

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**



MAESTRIA EN MICROBIOLOGIA E INOCUIDAD DE ALIMENTOS

**EVALUACION DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE HORTALIZAS PRODUCIDAS BAJO
MANEJO ORGANICO EN TRES SISTEMAS AGROECOLOGICOS**

**TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO(A)
EN MICROBIOLOGIA E INOCUIDAD DE ALIMENTOS**

**PRESENTADO POR
BEATRIZ GABRIELA LOPEZ LINARES
OSCAR ALEJANDRO LEMUS**

JUNIO DE 2023

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. Roger Armando Arias Alvarado

SECRETARIO GENERAL

MSc. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANA

Licda. Reina Maribel Galdámez

SECRETARIO

Licda. Eugenia Sorto Lemus

HOJA DE APROBACIÓN DE ANTEPROYECTO DE TESIS

Evaluación de la calidad microbiológica de hortalizas producidas bajo manejo orgánico en tres sistemas agroecológicos.

COMITÉ DE TESIS

Ing. Agr. MSc. Sigfredo Ramos Cortez

Docente Asesor

MSc. Coralia de los Ángeles González de Díaz

Miembro de Tribunal evaluador

Ing. Agr. MSc. Wilber Samuel Escoto Umaña

Miembro de Tribunal evaluador

MSc. Jessica Tatiana Burgos Sierra

Coordinadora Maestría

MSc. Edith Torres de Cantón

Coordinadora Posgrado

Estudiantes

Licda. Beatriz Gabriela López Linares,

Ing. Óscar Alejandro Lemus.

Fecha de Entrega: 3 de junio de 2023

Fecha de aprobación: 29 de junio de 2023

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por habernos dado la sabiduría y las fuerzas para culminar exitosamente nuestra maestría.

MSc. Coralia de los Ángeles González de Díaz e Ing. Agr. MSc. Wilber Samuel Escoto Umaña, por el tiempo y esfuerzos que dedicaron a examinar, evaluar, corregir y validar nuestro trabajo de graduación.

Ing. Agr. MSc. Sigfredo Ramos Cortez, por guiarnos en este trabajo, por su tiempo y dedicación al asesorarnos durante todo el proyecto, sus consejos nos permitieron culminar con éxito.

Agradecemos por todo el apoyo y colaboración que nos brindaron en **el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal**, en especial a **Ing. Manuel de Jesús Osorio, Licda. Sonia Edith Solórzano Pacheco**.

A los productores de hortalizas, que nos permitieron visitar sus parcelas y extraer las muestras para realizar los análisis, por la hospitalidad con la que fuimos recibidos.

A todos los docentes, que a lo largo de la maestría nos enseñaron porque han contribuido en nuestra formación académica.

A nuestras familias, que nos apoyaron y empujaron para culminar este nuevo esfuerzo académico.

Beatriz Gabriela López Linares

Oscar Alejandro Lemus

INDICE GENERAL

Tabla de contenido

RESUMEN	16
ABSTRACT	17
CAPITULO I	18
INTRODUCCIÓN	18
1. INTRODUCCIÓN	19
CAPITULO II	21
OBJETIVOS	21
2. OBJETIVOS	22
2.1. Objetivo General.	22
2.2. Objetivos Específicos.	22
CAPITULO III	23
MARCO TEÓRICO	23
3. MARCO TEÓRICO	24
3.1. Los sistemas agroecológicos, definición.....	24
3.2. Las cadenas alimentarias.....	26
3.3. Contexto de la agricultura orgánica.	28
3.4. Elaboración de composta tipo Bocashi.....	34
3.5. La producción hortícola en El Salvador.	43
3.6. Descripción y manejo agronómico del cultivo de tomate (<i>Lycopersicon</i> esculentum).....	47
3.7. Descripción y manejo agronómico del cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	54
3.8. Descripción y manejo agronómico del cultivo de Rábano (<i>Raphanus sativus</i>).....	62

3.9. Inocuidad de los productos hortícolas.	68
3.10. Reglamento Técnico Centroamericano.....	73
3.11. Microorganismos a determinar.	74
3.12. Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).....	80
3.13. Sanitización de hortalizas con hipoclorito de sodio.	85
3.14. Calidad microbiológica del agua.	86
3.15. Reglamento Técnico Salvadoreño 13.02.01:14. Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de calidad e inocuidad.	88
CAPITULO IV	89
METODOLOGIA.....	89
4. METODOLOGÍA.....	90
4.1. Ubicación del área de estudio.	90
4.2. Tipo de estudio.....	95
4.3. Universo y muestra.	96
4.4. Recolección de muestras.	98
4.5. Transporte e identificación de muestras.	98
4.6. Parte experimental de laboratorio.....	99
CAPITULO V	111
RESULTADOS Y ANÁLISIS	111
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS	112
5.1. Zona 1: Cantón El Rosario, Municipio de Tacuba, Departamento de Ahuachapán	113
5.2. Zona 2: Eco-Finca, Cantón El Conacaste, Caserío San Rafael, Municipio de Comasagua, Departamento de La Libertad.....	121

5.3. Zona 3: Cantón San Antonio Jiboa, Municipio de Verapaz, departamento de San

Vicente	127
LOCALIDAD.....	135
CONCENTRACION PROMEDIO DE <i>E. coli</i> EN AGUA	135
MUESTRAS NO ACEPTABLES HORTALIZAS.....	135
RESULTADO DEL ANALISIS DE COVARIANZA.....	135
Tacuba	135
1100.....	135
60.....	135
Comasagua	135
780.....	135
58.....	135
Verapaz.....	135
9	135
27.....	135
CAPÍTULO VI	138
CONCLUSIONES	138
6. CONCLUSIONES	139
CAPÍTULO VII	141
RECOMENDACIONES.....	141
7. RECOMENDACIONES.....	142
ANEXOS.....	153

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>ANEXO 1. Esquema de la Toma de Muestra en Parcelas Hortícolas.....</i>	<i>154</i>
<i>ANEXO 2. Disposición de los Cultivos a Intervenir con la Investigación.</i>	<i>155</i>
<i>ANEXO 3. Esquema del Procedimiento de Toma de Muestra del Agua de Riego.</i>	<i>156</i>
<i>ANEXO 4. Esquema del Procedimiento de Preparación de la Muestra (Hortalizas).....</i>	<i>157</i>
<i>ANEXO 5. Esquema del Procedimiento de Desinfección de Hortalizas.....</i>	<i>158</i>
<i>ANEXO 6. Esquema del Procedimiento de Preparación de la Muestra de Fertilizante Orgánico.....</i>	<i>159</i>
<i>ANEXO 7. Esquema del Procedimiento para Determinar Coliformes Totales, Fecales y E. coli O157:H7.....</i>	<i>160</i>
<i>ANEXO 8. Esquema del Procedimiento para Determinar Salmonella spp.....</i>	<i>161</i>
<i>ANEXO 9. Esquema del Procedimiento para Determinar Coliformes Totales, Fecales y E. coli. en el Agua de Riego.....</i>	<i>162</i>
<i>ANEXO 10. Tablas Military Standard MIL-STD-105E.....</i>	<i>163</i>
<i>ANEXO 11. Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.50:17.....</i>	<i>166</i>
<i>ANEXO 12. Guía Uso y Manejo de Abonos Orgánicos.....</i>	<i>168</i>
<i>ANEXO 13. REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO 13.02.01:14.....</i>	<i>174</i>
<i>ANEXO 14. Guía para uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies en establecimientos</i>	<i>183</i>
<i>ANEXO 15. INFORMES DE RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DE LAS HORTALIZAS.....</i>	<i>191</i>
<i>ANEXO 16. NOTIFICACION DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES DIRGIDA A ACTORES INSTITUCIONALES RELACIONADOS A LA INVESTIGACION.....</i>	<i>200</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hoja de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>).....	49
Figura 2. Flor de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>).....	49
Figura 3. Fruto y semillas del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>).....	50
Figura 4. Ciclo fenológico del cultivo de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>).	51
Figura 5. Distintos estados de desarrollo morfológico de la planta de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.), a) Plántula o plantín de siembra en pleno desarrollo de su follaje y sistema radicular, b) Planta en desarrollo ya cosechada, c) Planta desarrollada plenamente y en floración destinada para la producción de semilla.....	56
Figura 6. Imágenes ampliadas de a) Flor y b) Semilla lista para ser cosechada, ambas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).	57
Figura 7. Ciclo fenológico del cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).	58
Figura 8. Ciclo fenológico del cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).	60
Figura 9. Cosecha de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	61
Figura 10. Rábanos (<i>Raphanus sativus</i>) recién cosechados.	63
Figura 11. El fruto del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) es una capsula dehiscente llamado silícula que luego de alcanzar la madurez se seca y se abre expulsando la semilla contenida en su interior (al fondo se puede apreciar la imagen de la flor de este cultivo).	64
Figura 12. Ciclo fenológico del cultivo de rábano (<i>Raphanus sativus</i>).	66
Figura 13. Localidades donde se recolectaron muestras (Fuente Google maps, 2021).....	90
Figura 14. Recolección de muestras de hortalizas A) Comasagua. B) Tacuba.....	101
Figura 15. Recolección de muestras de fertilizante A) Llenado de etiqueta B) Toma de submuestras para formar una muestra compuesta.	103
Figura 16. Toma de muestras de agua de riego. Método para agua estancada.	104
Figura 17. A) Lavado de hortalizas con agua B) Preparación de diluciones.	106
Figura 18. Hortalizas sumergidas en agua con hipoclorito de sodio.	107

Figura 19. A) Adición de reactivo de Kovacs B) Exposición de tubos a luz UV.....	109
Figura 20. A) Anillo de indol en el primer tubo de la dilución 10^{-1} lechuga lavada con agua. B) Ausencia de la formación de anillo de indol en lechuga desinfectada, Tacuba, 2022.....	116
Figura 21. Agar SS, presencia de Salmonella en muestras de rábano, Tacuba, 2022.	116
Figura 22. A) Caldo Rapid HiColiform™ inoculado con fertilizante. B) Caldo Rapid HiColiform™ inoculado con fertilizante foliar, Tacuba, 2022.....	117
Figura 23. Tubos de LST, izquierda sin inocular, derecha inoculado con agua de río, Tacuba, 2022.....	119
Figura 24. Presencia de Salmonella en agua estancada, Tacuba, 2022.	120
Figura 25. A) Agar SS, presencia de Salmonella en muestras de lechuga, B) TSI confirmación Salmonella, Comasagua, 2022.	123
Figura 26. A) Anillo de indol en todas las diluciones de muestra de lechuga solo enjuagada. B) Anillo de indol solo en la dilución 10^{-1} lechuga desinfectada Comasagua, 2022.....	124
Figura 27. A) Caldo Rapid HiColiform™ inoculado con fertilizante microorganismo sólido. B) Agar SS y Rambach™, presencia de Salmonella en muestra de fertilizante, Comasagua, 2022.	125
Figura 28. A) Anillo de indol hasta la dilución 10^{-2} de rábano enjuagado con agua B) Ausencia de la formación de anillo de indol en rábano desinfectado, Verapaz, 2022.	129
Figura 29. A) Caldo Rapid HiColiform™ inoculado con fertilizante bocashi. B) Agar SS, presencia de Salmonella en muestra de bocashi, Verapaz, 2022.	130
Figura 30. Relación entre la Concentración de E. coli en el Agua de Riego y la No Aceptación de las Hortalizas	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestras de ensalada fresca recolectadas en mercados municipales, no aptas para consumo humano por presencia de <i>Escherichia coli</i> y <i>Salmonella sp.</i>	83
Tabla 2. Número promedio de plantas por cultivo y por localidad.	96
Tabla 3. Cantidad de muestras de hortalizas por localidad.	97
Tabla 4. Total de muestras por localidades.	98
Tabla 5. Tipo de muestras analizadas y las determinaciones microbiológicas realizadas.	100
Tabla 6. Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas que fueron solo lavadas con agua, Tacuba, 2022.	114
Tabla 7. Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio, Tacuba, 2022.....	115
Tabla 8. Determinación de la calidad microbiológica de los fertilizantes orgánicos elaborados en Tacuba, 2022.....	118
Tabla 9. Determinación de la calidad microbiológica del agua de riego para las hortalizas de Tacuba, 2022.....	120
Tabla 10. Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas que fueron solo lavadas con agua, Comasagua, 2022.	121
Tabla 11. Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio, Comasagua, 2022.	122
Tabla 12. Determinación de la calidad microbiológica de los fertilizantes orgánicos elaborados en Comasagua, 2022.....	125
Tabla 13. Determinación de la calidad microbiológica del agua de riego para las hortalizas de Comasagua, 2022.....	126
Tabla 14. Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas que fueron solo lavadas con agua, Verapaz, 2022.	127

Tabla 15. Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio, Verapaz, 2022.	128
Tabla 16. Determinación de la calidad microbiológica de los fertilizantes orgánicos elaborados en Verapaz, 2022.....	130
Tabla 17. Determinación de la calidad microbiológica del agua de riego para las hortalizas de Verapaz, 2022.....	131
Tabla 18. Análisis de covarianza para la evaluación de la influencia de la carga de <i>E. coli</i> en agua de riego sobre los rechazos de hortalizas.....	135

ABREVIATURAS

AFP:	Agencia Francesa de Prensa.
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo.
CARITAS:	Caritas Internationalis organización de la Iglesia Católica.
CDC:	Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos de América.
CEDESAN:	Centro de Documentación y Exhibición de la Seguridad Alimentaria y Nutricional y Desarrollo Local, dependencia de la Alcaldía Municipal.
CEFICAS:	Centro de Formación Integral y de Capacitación en Agricultura Sostenible.
CENTA:	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova".
CLUSA:	Liga de Cooperativas de los Estados Unidos de América.
COMIECO:	Consejo Intersectorial de Ministros de Integración Económica.
CONACYT:	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
CTNR:	Acciones de Cooperación Técnica No Reembolsable.
EM:	Microorganismos Efectivos.
ETAS:	Enfermedades Transmitidas por Alimentos.
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
FUNDESYRAM:	Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y la Restauración Ambiental.
HHS:	Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos de América.
IICA:	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, dependencia de la Organización de Estados Americanos.
MAG:	Ministerio de Agricultura y Ganadería.

MIL-STD:	Método Estándar de Prueba del Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América.
MINEC:	Ministerio de Economía.
MINSA:	Ministerio de Salud del Perú.
MINSAL:	Ministerio de Salud – El Salvador.
NMP:	Número Más Probable.
NSO:	Norma Salvadoreña Obligatoria.
OIRSA:	Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria.
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
ONG:	Organización No Gubernamental.
OPS:	Organización Panamericana de la Salud.
PRESANCA:	Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica.
PRISMA:	Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente.
RTCA:	Reglamento Técnico Centroamericano.
RTS:	Reglamento Técnico Salvadoreño.
SAGARPA:	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretaría de Estado de México.
SHU:	Síndrome Hemolítico Urémico.
SICA:	Sistema de la Integración Centroamericana.
SPA:	Sistemas de Producción Agroecológicos.
SPF:	Socorro Popular Francés.
UE:	Unión Europea.
UFC:	Unidades Formadoras de Colonias.

RESUMEN

Ante la preocupación por la inocuidad de los alimentos, los vegetales orgánicos producidos en sistemas agroecológicos son considerados por los consumidores, una opción sana; existiendo incertidumbre al respecto. El objetivo principal de la investigación fue evaluar la calidad microbiológica de hortalizas de consumo en fresco, producidas en tres distintas regiones de El Salvador, determinando su carga microbiana.

Se muestrearon hortalizas cultivadas en distintos estratos de desarrollo en la planta, con y sin proceso de desinfección previo a su consumo; los resultados se compararon con los criterios del Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.50:17. Se analizaron también los abonos orgánicos y el agua de riego utilizados, considerados fuentes potenciales de microorganismos patógenos, contrastando los resultados con los parámetros definidos por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) de México y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de El Salvador, respectivamente.

Determinándose que, el 100% de las hortalizas cosechadas de la parte aérea de las plantas, eran aceptables para la normativa microbiológica, pero el 33% de muestra de los cosechadas en sitios con contacto con el suelo, incumplieron las normas de inocuidad.

Los abonos analizados, cumplieron con la normativa, al contener cantidades bajas de coliformes y ausencia de *Salmonella* spp., no así las muestras de agua analizadas, determinándose por análisis de covarianza que, la concentración de coliformes fecales de las hortalizas tenía relación directa con la concentración de coliformes fecales del agua de riego.

Concluyéndose que, el mayor factor de contaminación microbiológica fue el agua y no los fertilizantes orgánicos.

Palabras claves: calidad microbiológica, agroecológico, abono orgánico, inocuidad, coliformes, patógenos.

ABSTRACT

Given the concern for food safety, organic vegetables produced in agroecological systems are considered by consumers as a healthy option; there is uncertainty about it. The main objective of the research was to evaluate the microbiological quality of vegetables for fresh consumption, produced in three different regions of El Salvador, determining their microbial load.

Vegetables grown in different stages of development in the plant were sampled, with and without a disinfection process prior to consumption; the results were compared with the criteria of the Central American Technical Regulation 67.04.50:17. The organic fertilizers and irrigation water used, considered potential sources of pathogenic microorganisms, were also analyzed, contrasting the results with the parameters defined by the Ministry of Agriculture and Rural Development (SAGARPA) of Mexico and the Ministry of Agriculture and Livestock (MAG) from El Salvador, respectively.

*It was determined that 100% of the vegetables harvested from the aerial part of the plants were acceptable for the microbiological regulations, but 33% of the sample of those harvested in places with contact with the soil, failed to comply with the safety regulations. The fertilizers analyzed complied with the regulations, as they contained low amounts of coliforms and the absence of *Salmonella* spp., but not the water samples analyzed, determining by analysis of covariance that the concentration of fecal coliforms in vegetables was directly related to the concentration of fecal coliforms in irrigation water.*

Concluding that the greatest factor of microbiological contamination was water and not organic fertilizers.

Keywords: microbiological quality, agroecological, organic fertilizer, safety, coliforms, pathogens.

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de vegetales orgánicos ha ido ganando mayor auge entre el sector consumidor (Casey, 2023) que, preocupado por su salud física y nutricional, por razones culturales, económicas, sociales, ambientales y hasta políticas; dan preferencia a frutas y hortalizas generados en sistemas agroecológicos de producción.

Sea cual sea, la razón de este incremento en la demanda existe duda razonable en cuanto a la existencia de un potencial riesgo microbiológico asociado con el consumo de productos frescos o procesados generados bajo prácticas de manejo orgánico (Lupin & Rodríguez, 2009). El hecho de que en los sistemas de producción agroecológicos se empleen fertilizantes o sustratos que entre sus componentes de elaboración contienen desechos vegetales, estiércol de animales herbívoros y aves de corral, da pie a las sospechas de que los productos agrícolas generados sean una fuente de contaminación microbiológica en los alimentos preparados con ellos y por tanto, que no sean inocuos para la salud de los consumidores quienes estarían en potencial riesgo de padecer una enfermedad transmitida por alimentos (ETA).

Lo anterior motivó a evaluar la calidad microbiológica de tres tipos de hortalizas producidas bajo prácticas de manejo orgánico, que no solo son consideradas de alto consumo en fresco por la población salvadoreña, sino que también son representativas de los distintos estratos de desarrollo y crecimiento en la planta respecto al suelo (tallo (parte aérea), cuello (subsuelo) y raíz (parte subterránea)) a fin de determinar si el riesgo es inherente al producto a partir de la carga microbiológica propiciada por el sustrato que sirve de medio de desarrollo o si el riesgo depende del manejo previo al consumo.

Para el estudio se analizaron tres tipos de hortalizas que se diferencian entre sí, por la parte comestible, siendo estas la lechuga, el tomate y el rábano; hortalizas cuya parte comestible es la hoja, el fruto y la raíz respectivamente. Las hortalizas se recolectaron de tres

distintas zonas de producción agroecológica establecidas en la zona rural de los municipios de Tacuba departamento de Ahuachapán, Verapaz en el departamento de San Vicente y Comasagua del departamento de La Libertad.

Para verificar la calidad microbiológica de las hortalizas se utilizaron los criterios del Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:17. como parámetros de evaluación.

Además, por considerarlos factores determinantes de la carga microbiológica de las hortalizas, se analizaron los fertilizantes orgánicos preparados por los tres productores, respetando sus formulaciones y métodos de preparación, los resultados fueron comparados con los parámetros adoptados por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) de México; a su vez se procedió también a hacer el análisis microbiológico de las aguas de los ríos utilizados como fuente de irrigación de los cultivos, comparando los resultados con el Reglamento Técnico Salvadoreño 13.02.01:14.

La investigación se ejecutó durante los años 2021 y 2022, realizándose la parte de análisis microbiológicos en las instalaciones del Laboratorio de Microbiología Agrícola del CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova").

CAPITULO II

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1. *Objetivo General.*

Evaluar la calidad microbiológica de hortalizas producidas bajo manejo orgánico en tres sistemas agroecológicos.

2.2. *Objetivos Específicos.*

2.2.1. Verificar la calidad microbiológica de hortalizas cultivadas bajo manejo orgánico y cosechadas en distintos estratos de desarrollo en la planta, con y sin proceso de lavado previo a su consumo; utilizando los criterios del Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:17. como parámetros de evaluación.

2.2.2. Determinar la calidad microbiológica de los fertilizantes orgánicos utilizados en tres sistemas agroecológicos, basándose en parámetros adoptados por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) de México.

2.2.3. Valorar la calidad microbiológica del agua de riego utilizada en los tres sistemas agroecológicos comprendidos en el estudio, basándose en parámetros adoptados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de El Salvador.

CAPITULO III
MARCO TEÓRICO

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Los sistemas agroecológicos, definición.

El uso contemporáneo del término agroecología data de los años 70, pero la ciencia y la práctica de la agroecología son tan antiguos como los orígenes de la agricultura. A medida que los investigadores exploran las agriculturas indígenas, las que son reliquias modificadas de formas agronómicas más antiguas, se hace más notorio que muchos sistemas agrícolas desarrollados a nivel local incorporan rutinariamente mecanismos para acomodar los cultivos a las variables del medio ambiente natural, y para protegerlos de la depredación y la competencia.

Estos mecanismos utilizan insumos renovables existentes en las regiones, así como los rasgos ecológicos y estructurales propios de los campos, los barbechos y la vegetación circundante. En estas condiciones la agricultura involucra la administración de otros recursos además del cultivo propio.

Los registros cada vez más numerosos evidencian que la mayoría de los sistemas productivos campesinos están basados en el bajo uso de insumos químicos. Entre los indígenas Kayapó del Amazonas, los rendimientos son casi 200% mayores que los sistemas de modernos de los colonos amazónicos que utilizan productos agroquímicos (Hecht, 2009).

Los agroecosistemas pueden abarcar infraestructuras tales como trabajos en terrazas, zanjas e irrigación; el conocimiento agronómico descentralizado y desarrollado localmente es de importancia fundamental para el desarrollo continuado de estos sistemas de producción. La agroecología es la ciencia y la aplicación práctica de conceptos y principios ecológicos, el diseño y la gestión de las interacciones ecológicas en los sistemas agropecuarios.

Estos sistemas de producción fueron desarrollados para disminuir riesgos ambientales y económicos manteniendo la base productiva de la agricultura a través del tiempo (Altieri, 2018), lo anterior es el principio básico de la sostenibilidad que no solo plantea que el poder desarrollar

una actividad económica debe estar sustentado en la factibilidad, sino que también su desarrollo o ejecución no altere las condiciones para el buen vivir de las futuras generaciones.

No obstante, la FAO promulga que la agroecología no necesariamente se refiere a la prohibición estricta del uso de insumos sintéticos (FAO, 2009), entendiéndose que, su uso debe ser el último recurso por emplear para garantizar la seguridad alimentaria de las personas y animales.

Cevallos, Urdaneta & Jaimes, se refieren a los Sistemas de Producción Agroecológicos (SPA), caracterizándoles como pequeñas unidades productivas, arraigados en la racionalidad ecológica de la agricultura tradicional, con tecnologías y prácticas de manejo de los recursos naturales relacionadas a su cosmovisión cultural (vinculo que se establece entre el ser humano y la naturaleza), con propias formas de organización para el trabajo y comercialización, basado en dinámicas sociales de cooperación y asociatividad; más allá, Ruiz (2006), Altieri y Toledo (2011) manifiestan que estas características de los SPA, permiten visualizarlos como Sistemas Socio Ecológicos (Suarez, Marco Cevallos; Ortega, Fátima Urdaneta; Jaimes, Edgar, 2019); además citan a otros autores que enuncian:

“Estos sistemas de producción, brindan gran aporte en la obtención de alimentos sanos, cuidado del ambiente y mejora en la salud de las familias campesinas y consumidores”. (M. Cevallos, f. Urdameta & E. Jaimes, 2019).

“Los sistemas de producción agroecológicos son biodiversos, resilientes, eficientes energéticamente, socialmente justos y constituyen la base de una estrategia energética y productiva fuertemente vinculada a la soberanía alimentaria”. (Coronel, 2019).

Los sistemas agroecológicos, consisten en conservar la tierra, el agua, los recursos genéticos vegetales y animales, sin degradar el medio ambiente.

Es mejorar la base de los recursos naturales mediante la regeneración y conservación del agua y suelo, poniendo énfasis en el control de la erosión, manejo de agua, reforestación, biodiversidad, entre otros aspectos ambientales. (D. Pearce, P. Turner, 1995).

En El Salvador existen experiencias agroecológicas que han sido apoyadas por diversas organizaciones sociales y gremios de productores y productoras, pero sin un marco institucional lo suficientemente robusto para ampliar la escala de aplicación de estas prácticas, de modo que puedan convertirse en una alternativa sostenible para la producción de alimentos, la restauración de los bienes y servicios ecosistémicos, y la dinamización productiva de los territorios rurales. En los últimos años las acciones de política pública han estado enfocadas a enfrentar un contexto de crisis socio económica que se expresa en situaciones como la inseguridad alimentaria y la vulnerabilidad ambiental incrementada por la variabilidad climática, frente a lo cual se han ido produciendo nuevos enfoques, programas y estrategias de acción, al mismo tiempo que se han ido impulsando espacios de diálogo de políticas, mesas técnicas y nuevas investigaciones que también apuntan a la urgente necesidad de un cambio de paradigma en la agricultura (PRISMA, 2016). Esta confluencia entre la acción de las organizaciones sociales y apertura de las políticas públicas permite que existan nuevas oportunidades para que las iniciativas sociales que apuestan y practican la agroecología sean parte de una amplia estrategia que permita avanzar hacia una agricultura familiar agroecológica como opción de agricultura sostenible (Elías Escobar, Wilfredo Morán e Ileana Gómez, 2016).

3.2. Las cadenas alimentarias.

Las cadenas alimentarias varían desde las muy cortas y sencillas hasta las muy largas y complejas. Dentro de esta escala, las más cortas son aquellas en que las familias de agricultores o pescadores preparan y consumen los alimentos que cultivan o capturan. Las más largas son aquellas en que los alimentos pueden ser preparados a partir de una gran variedad

de ingredientes, algunos de los cuales pueden haber sido cultivados en un país, transformados o elaborados en otro y transportados y vendidos en los supermercados de un tercero antes de ser consumidos finalmente (Montecinos, 2021).

Las cadenas alimentarias pueden ser estructuradas o no estructuradas, o consistir en una combinación de ambos tipos. En el caso de las cadenas no estructuradas, un agricultor que actúa como intermediario o comerciante puede vender directamente a los consumidores productos frescos o cocinados en la vía pública. Los mercados callejeros recurren con frecuencia a cadenas alimentarias tanto estructuradas como no estructuradas para ofrecer a los consumidores una variedad de alimentos. Las cadenas alimentarias estructuradas se caracterizan por transacciones comerciales documentadas, realizadas con frecuencia con arreglo a operaciones autorizadas, reglamentaciones comerciales reconocidas y especificaciones convenidas entre compradores y vendedores (FAO, 2005).

A efectos de la inocuidad de los alimentos, suele admitirse que las cadenas alimentarias abarcan todos los insumos utilizados en la producción de un alimento, incluidos los piensos, los tratamientos químicos en las fases de producción y post cosecha, e incluso la tierra o el agua de donde se obtiene dicho alimento (FAO, 2005).

El valor de los nutrientes puede variar también en función de las especies y de las diferentes condiciones de cultivo, con los consiguientes efectos en el nivel de nutrición que cabe esperar de los alimentos de distintas procedencias. El enfoque basado en la cadena alimentaria debe tener también en cuenta los sistemas de producción y comercialización urbanos y periurbanos, que plantean problemas especiales debido en parte al riguroso confinamiento de la producción, la proximidad a los asentamientos humanos, la falta de condiciones sanitarias adecuadas, la utilización de agua no apta para el consumo y la ausencia de sistemas de apoyo técnico a la agricultura (FAO, 2005).

La cadena alimentaria es el conjunto de etapas que sufre un alimento desde su lugar de origen hasta el lugar de consumo ; los distintos escalones de los que consta la cadena alimentaria son: i) Origen: Es el lugar donde se obtienen los alimentos (granja, explotación, otros), ii) Transformación: Son las manipulaciones a que se someten algunos alimentos para cambiar sus características o aumentar su duración y de esta forma producir más variedad de alimentos y permitir un mejor aprovechamiento de los mismos; no todos los alimentos sufren transformación, hay muchos alimentos que se consumen en fresco, sin haber sufrido transformación alguna, iii) Almacenamiento: Es el depósito temporal de los alimentos previo a su distribución, iv) Transporte: Es el medio que une todos los elementos de la cadena alimentaria y en él se deben respetar las características de conservación de cada alimento, v) Venta: Es la etapa que pone los alimentos a disposición del consumidor: supermercados, carnicerías, pescaderías, etc., vi) Consumo: Es el destino final de los alimentos. Los lugares donde se lleva a cabo son: hogares, restaurantes, comedores escolares, etc. (ELIKA, 2017).

3.3. Contexto de la agricultura orgánica.

La agricultura orgánica se identifica, generalmente, como una técnica que evita el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos; sin embargo, sus objetivos van más allá, puesto que con ella se pretende una gestión holística del sistema de producción agropecuario. Hasta hoy, no existe, y posiblemente nunca exista, una definición única de agricultura orgánica, ya que hay muchas formas de implementar esta técnica productiva, las cuales se basan en aspectos muy diversos que van desde posiciones filosóficas hasta consideraciones de los ecosistemas particulares (Cussianovich, 2001). Sin embargo, todas mantienen una serie de principios básicos que caracterizan la actividad, entre ellos:

i) Proteger el ambiente y promover la salud. El proceso productivo y el procesamiento de productos orgánicos no deben ser contaminantes del ambiente. La agricultura orgánica

elimina el uso de productos sintéticos que dañan los organismos benéficos del suelo, agotan los recursos no renovables, comprometen la calidad del agua y del aire y arriesgan la salud de los productores y consumidores. La producción agroindustrial bajo condiciones orgánicas debe realizarse con productos de origen orgánico y debe, además, evitar la contaminación del ambiente con desechos del proceso,

ii) Mantener la fertilidad del suelo en el largo plazo mediante la optimización de condiciones para la actividad biológica. La salud del suelo es un componente integral para la seguridad del agroecosistema; en un sistema de producción orgánico se debe mantener un balance de recursos físicos, químicos y biológicos para optimizar la cantidad y diversidad de organismos del suelo y mejorar su fertilidad. El mejoramiento de la calidad del suelo incluye prácticas tales como cubiertas con residuos de cosechas, rotación de cosechas, cultivos intercalados, abono verde, abonos orgánicos procesados a base de desechos de plantas y animales, métodos de labranza mínima adecuados a las condiciones morfológicas y climáticas, y la aplicación de suplementos nutritivos permitidos por las normas orgánicas,

iii) Favorecer la biodiversidad en la unidad productiva y sus alrededores. La diversidad biológica es también esencial para la estabilidad y sustentabilidad de los agroecosistemas; es promovida en todos los aspectos de la producción orgánica por medio de la selección de variedades de cultivos apropiadas, combinadas con ganadería de crianza, ciclos de rotación, estrategias de control biológico para el manejo de plagas y enfermedades, entre otras prácticas permitidas. Los organismos manejados genéticamente y/o modificados, o sus productos, no son compatibles con la filosofía orgánica; su uso es prohibido en cualquier aspecto de la producción, procesamiento o industrialización de productos orgánicos, básicamente por la posible amenaza contra la biodiversidad,

iv) Promover el reciclaje de materiales de la unidad productiva. La agricultura orgánica promueve el uso intensivo de la unidad productiva utilizando la mayor cantidad de productos

biológicos en lugar de sintéticos. Los suelos agotados por las cosechas deben ser reaprovisionados con nutrientes que provengan de desechos vegetales y animales de la misma unidad productiva; además, se debe minimizar el uso de materiales no renovables. Esto tiene, especialmente en países tropicales, un impacto positivo sobre la eficiencia económica del sistema productivo en el largo plazo,

v) Crear condiciones óptimas para la explotación pecuaria. La producción pecuaria orgánica previene enfermedades y promueve el bienestar de los animales mediante la combinación de una dieta balanceada producida orgánicamente, albergue adecuado y prácticas de manejo que reducen el estrés del animal y su propensión a enfermarse,

vi) Mantener la integridad de alimentos y productos procesados orgánicos desde la producción inicial hasta el punto de venta. Los productos orgánicos primarios y procesados, sus ingredientes y aditivos, deben ser producidos y manejados bajo normas que no comprometan la salud de los consumidores; por ejemplo, en el caso de los productos procesados, las normas de procesamiento orgánico no permiten la radiación de los alimentos.

Con el objeto de mantener la calidad del producto, se han establecido también normas para las etapas posteriores a la producción o transformación, como el transporte, la manipulación y el almacenamiento. Una característica que diferencia a la producción orgánica de la producción convencional y de otros sistemas alternativos de producción, es la existencia de normas de producción y procedimientos de certificación. En los inicios del resurgimiento de la producción orgánica, la comercialización se realizaba en forma directa entre consumidor y comprador; la garantía de que el producto había sido producido bajo un sistema orgánico se fundamentaba, en buena medida, en la “confianza” que depositaba el consumidor en el productor (Cussianovich, 2001).

En Costa Rica, en Europa, Estados Unidos y muchos otros países del mundo, es ilegal vender un producto rotulado o etiquetado como “orgánico” si no está certificado, esta

certificación es la garantía de que un cultivo se manejó siguiendo las normas de la producción orgánica. Un productor orgánico no requiere de certificación si vende a vecinos y amigos, ya sea en la finca o a domicilio, sin usar rótulos o etiquetas que dicen “orgánico” y sus clientes los conocen y saben que su producción es orgánica. Solamente las agencias de certificación acreditadas ante el Ministerio de Agricultura de cada país tienen el derecho de certificar; sin embargo, existe otra forma de certificarse que es la certificación participativa, la que involucra la participación de consumidores y productores (Soto, Gabriela; Descamps, Phillipe, 2011).

En El Salvador, un grupo de cooperativas agrícolas con visión de futuro ha descubierto un mercado para frutas y verduras orgánicas a la misma puerta de su casa. Como parte de un proyecto parcialmente financiado por el Fondo Multilateral de Inversiones del BID, estas cooperativas están vendiendo, en la misma capital del país, sus frutas y verduras a restaurantes, hoteles y supermercados que valoran una alimentación saludable. Y lo que es aún mejor, estas cooperativas están creando nuevos y mejor remunerados puestos de trabajo para hombres y mujeres del campo, al tiempo que protegen y regeneran las escasas tierras de cultivo. Una de estas cooperativas opera dentro de un gran cobertizo en el municipio salvadoreño de La Palma, a pocos kilómetros de la frontera con Honduras. En una jornada de trabajo típica, mujeres de pie tras sus mesas inspeccionan zanahorias, cebollinos, tomates, fresas y granadillas traídas por los agricultores locales; todos los productos se lavan, clasifican y empaquetan. Algunas frutas, como las fresas, se procesan y embotellan para mermeladas y se les aplica un código de barras que las cajas registradoras de los supermercados puedan identificarlas más tarde (BID, 2001).

El Salvador cuenta con más de 4,900 ha. de producción orgánica, de las que en 2001 solo 11.2 ha. correspondían a cultivos de hortalizas diversas; la producción orgánica certificada empezó en El Salvador en el año 1992 con el esfuerzo encabezado por la Liga de Cooperativas de los Estados Unidos de América (CLUSA por sus siglas en inglés). La agricultura orgánica

puede denominarse igualmente con los términos “biológico,” y “biodinámica, se distingue de otros términos como “agroecología,” “agricultura sostenible” o “agricultura alternativa” por la característica de ser verificable mediante normas que rigen todas las etapas desde la producción hasta llegar al consumidor final. La agricultura orgánica es muy importante y beneficiosa por no contaminar los suelos y aguas, y más bien es una forma de recuperar los suelos degradados a través de la rotación de cultivos, compost verde, y abonos orgánicos como estiércol, gallinaza y pulpa de café; para las plagas y enfermedades, se depende mucho de la salud de las mismas plantas y sí la salud y vitalidad de las plantas están fortalecidas, es lógico que se vuelvan más resistentes contra plagas y enfermedades, así como el cuerpo humano es más resistente a enfermedades cuando está sano (Angel, 2004).

La producción orgánica certificada empezó en El Salvador en el año 1992 con el esfuerzo encabezado por la Liga de Cooperativas de los Estados Unidos de América (CLUSA por sus siglas en inglés); el conflicto armado había dado pie al nacimiento del movimiento orgánico en El Salvador, debido al hecho que no se aplicó ningún químico sintético a muchas áreas agrícolas durante el conflicto y muchas plantaciones estaban en semi abandono. Aunque para los productos orgánicos, residuos y aditivos no son de mayor consecuencia, algunos productos frescos pueden ser más propensos a contaminación bacteriana por el tipo de abonos utilizados en su cultivo (Angel, 2004).

Este periodo fue el paso para diferenciar la agricultura orgánica de la agricultura agroecológica como estrategia de agricultura sostenible desarrollada por distintas parroquias de la Iglesia Católica y el Centro de Formación Integral y de Capacitación en Agricultura Sostenible (CEFICAS) que llegó a ser clausurado para convertirse en centro de refugio para la población desplazada por el conflicto, hasta retomar sus funciones en 1994 una vez finalizada la guerra civil (CARITAS, 2012).

El marco legal de la administración sanitaria en El Salvador es la Ley de Sanidad Vegetal y Animal de 1995. El 27 de agosto de 2004, se oficializó el “Reglamento para la Producción, Procesamiento y Certificación de Productos Orgánicos”.

Para ser reconocido formalmente como orgánico, un producto tiene que ser certificado por una entidad o agencia certificadora, usualmente internacionalmente reconocida. El costo de certificación representa una barrera a muchos productores para entrar a la producción orgánica (Angel, 2004).

Según Primavesi, A.1994, la materia orgánica es toda sustancia de origen vegetal o animal que se encuentra en el suelo, cuando proviene de plantas estará conformada por hojas, troncos y raíces, o bien al originarse de animales e incluso microorganismos, por lo que estará formada por cuerpos muertos y sus excretas. Es importante entender que la materia orgánica no solo aporta nutrientes, sino que el humus, producto final de la degradación y capaz de mejorar la estructura y fertilidad del suelo, solo se produce a partir de materiales ricos en carbono y de lenta degradación, no se origina a partir de los estiércoles y leguminosas, materias que principalmente actúan como abono en el corto plazo (Alfaro, 2016).

Citando a Lamkin, 1998 y Kéller Andreas, 2002, Salazar & otros en 2007 dicen: Para transformar los desechos orgánicos en fertilizantes seguros (abono), es preciso seguir un método que reduzca la presencia de bacterias patógenas. La creación de abono es un proceso natural, biológico, mediante el cual el material orgánico se degrada y descompone. El proceso de transformación en abono es llevado a cabo por bacterias y hongos que fermentan el material orgánico y lo reducen a un humus estable. Debido a que el proceso de fermentación genera mucho calor, reduce o elimina los riesgos biológicos en la materia orgánica (Salazar Sosa, E. et al., 2007).

El Bocashi ha sido utilizado como abono orgánico por los agricultores japoneses desde hace ya muchos años. Bocashi es una palabra japonesa que significa “materia orgánica

fermentada”. Este abono se deja descomponer en un proceso aeróbico de materiales de origen animal o vegetal. Su uso activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, así como mejora sus características físicas y suple a las plantas con nutrimentos.

La composta tipo Bocashi es un abono orgánico que se puede elaborar con materiales locales, por lo que se pueden hacer variaciones de acuerdo a la materia prima disponible en la región (Ramos A, David y Terry E., 2014).

El Bocashi vino a revolucionar la manera de elaborar el abono orgánico al brindar una técnica de preparación rápida de composta, que dejó atrás el método pasivo de elaboración permitiendo que el periodo de 6 a 8 meses para su obtención se acortara a solo 21 o 28 días; en El Salvador y además de las enseñanzas del colombiano Jairo Restrepo esta tecnología se fue disseminando y adoptando entre los agricultores desde finales de los años 90's. Hay que recalcar que una buena adopción de esta tecnología es considerada como garantía de la inocuidad del abono orgánico.

3.4. Elaboración de composta tipo Bocashi.

En 2007, Restrepo, J. en su obra “El ABC de la Agricultura Orgánica”, dice: La elaboración de los abonos orgánicos fermentados se puede entender como un proceso de semi-descomposición aeróbica de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos que existen en los propios residuos que son utilizados como insumos para el abono y otros microorganismos provenientes de zonas libres de contaminantes donde el control biológico mantiene el equilibrio natural entre microorganismos patógenos y benéficos resguardando con ello la sanidad del suelo; que a la vez son capaces de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir la tierra. Las ventajas que presenta el proceso de elaboración del abono orgánico fermentado son: a) No se forman gases tóxicos ni surgen malos olores debido a los controles que se realizan en cada etapa del proceso de la fermentación, evitándose cualquier inicio de

putrefacción, b) Se puede elaborar, almacenar o transportar en pequeños o grandes volúmenes, dependiendo de la cantidad de material disponible para su elaboración y la capacidad económica de cada productor, c) Se pueden elaborar en la mayoría de los ambientes y climas, d) Se autorregulan “agentes patogénicos” en la tierra, por medio de la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras, entre otros, e) Se da la posibilidad de utilizar el producto final en los cultivos, en un período relativamente corto y a costos muy bajos. f) Por medio de la inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los suelos locales y levaduras, los materiales se transforman gradualmente en nutrientes de excelente calidad disponibles para la tierra, las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica. g) El crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fito hormonas y fitorreguladores naturales que se activan a través de los abonos fermentados, h) Los materiales con los que se elaboran son muy conocidos por los productores y fáciles de conseguir localmente, y g) La creatividad de los campesinos, hace que se puedan variar las formulaciones o las recetas, haciéndolas más apropiadas a cada actividad agropecuaria o condición rural.

En el proceso de la elaboración del abono orgánico fermentado puede decirse que existen dos etapas bien definidas: La primera etapa es la de estabilización, en la que la temperatura puede llegar a alcanzar aproximadamente entre 70°C y 75°C debido al incremento de la actividad microbiana. Posteriormente, la temperatura del abono comienza a caer nuevamente, dado el agotamiento o la disminución de la fuente energética que retroalimentaba el proceso. En este momento empieza la estabilización del abono y solamente sobresalen los materiales que presentan una mayor dificultad para su degradación a corto plazo. A partir de aquí, el abono pasa a la segunda etapa, que es la maduración, en la cual la degradación de los materiales orgánicos que todavía permanecen es más lenta, para luego llegar a su estado ideal para su inmediata utilización.

3.4.1. Principales factores que afectan el proceso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados.

La temperatura: Está en función del incremento de la actividad microbiológica, que comienza aproximadamente después de la mezcla de todos los ingredientes, el abono debe presentar temperaturas que pueden superar fácilmente los 50 °C.

El pH de la mezcla: Se requiere que el pH oscile entre un 6 y 7.5, ya que los valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso de la degradación de los materiales.

La humedad: Para lograr la máxima eficiencia del proceso de la fermentación del abono, la humedad óptima oscila entre el 50% y el 60% (en peso). Cuando la humedad es inferior al 35%, se da una descomposición aeróbica muy lenta de los materiales orgánicos que hacen parte del compuesto; por otro lado, cuando la humedad supera el 60%, se dificulta la oxigenación de la fermentación, resultando un proceso anaeróbico putrefacto generando un insumo de mala calidad caracterizado por despedir hedor.

La aireación: La presencia del oxígeno es necesaria para que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Se calcula que como mínimo debe existir de un 5% a un 10% de concentración de oxígeno en los macro poros de la masa.

El tamaño de las partículas de los ingredientes: Partículas de tamaño medio facilitan mayor superficie en contacto con la actividad microbiana facilitando su degradación, no obstante, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar fácilmente a una compactación que favorece un proceso anaeróbico que afectara la fermentación. En algunos casos, la compactación se corrige o se evita mezclando al abono materiales de relleno de partículas mayores, como son pedazos picados de maderas, carbón vegetal grueso, etc.

La forma de preparar el Bocashi es variada y se ajusta a las condiciones y a los materiales que cada campesino dispone en su finca o comunidad, no existe una única receta o fórmula para hacer los abonos.

3.4.2. Ingredientes utilizados para elaborar Bocashi.

La Gallinaza y otros estiércoles: Son la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados; su aporte básico consiste en mejorar la fertilidad de la tierra con nutrientes, principalmente nitrógeno fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros. Dependiendo de su origen, puede aportar inóculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad. Además de la gallinaza los estiércoles más empleados son los de bovinos, cabra, caballo, conejo, ovejas y lombriz de tierra; nunca deberá emplearse estiércoles frescos de humano, perro o cerdo ya que pueden contener parásitos y patógenos que deben ser eliminados con procesamientos previos.

El carbón vegetal: Mejora las características físicas del suelo, como su estructura, lo que facilita una mejor distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor (energía). Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra.

La cascarilla de arroz: Mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes, la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas.

La melaza de caña, conocida también como miel de purga: Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos, favorece la multiplicación de la actividad microbiológica; es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio; y contiene micronutrientes, principalmente boro, zinc, manganeso y hierro. La melaza se puede sustituir con miel de atado de dulce de caña.

Levadura, tierra de floresta virgen o manto forestal y Bocashi: Estos tres ingredientes constituyen la principal fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, se consideran la semilla de la fermentación. Los agricultores centroamericanos, para desarrollar su primera experiencia en la elaboración de los abonos fermentados, utilizaron con éxito la levadura para pan en barra o en polvo y tierra de bosque. Después, y ya con la experiencia, seleccionaron una buena cantidad de su mejor abono curtido, tipo bocashi, para utilizarlo constantemente como su principal fuente de inoculación, acompañado de una determinada cantidad de levadura; eliminaron así el uso de la tierra de floresta virgen, evitando consecuencias graves para el deterioro del suelo y del manto de los bosques.

La tierra común de la localidad: En muchos casos, ocupa hasta una tercera parte del volumen total del abono que se desea elaborar. Tiene la función de darle una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica de los abonos y, consecuentemente, lograr una buena fermentación.

El carbonato de calcio (cal) o la cal agrícola: Regula la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación, cuando se está elaborando el abono orgánico.

La pulidura o salvado de arroz o afrecho: Es uno de los ingredientes que favorecen, en alto grado, la fermentación de los abonos, la cual se incrementa por la presencia de vitaminas complejas en la pulidura arroz. Aporta activación hormonal, nitrógeno y es muy rica en otros nutrientes muy complejos cuando sus carbohidratos se fermentan, los minerales, tales como fósforo, potasio, calcio y magnesio también están presentes.

Otros materiales empleados son: Cascarones de huevo como fuente de Calcio, hojas frescas de árboles y plantas preferiblemente leguminosas para incrementar la cantidad de Nitrógeno disponible, hojarasca y rastrojos que se puedan obtener en el lugar proveen fibra que

permite la aireación del abono y del suelo, además de ejercer como una esponja que favorece el efecto tampón para retener los minerales producidos durante la degradación de los materiales, suero de leche y cerveza como fuente de lactobacilos y levaduras, no solo favoreciendo el aumento de la flora microbiana benéfica sino también inoculando microorganismos controladores de otros que son patógenos (Lemus, Guia de Capacitacion "Elaboracion de Abonos Organicos", 1999).

Restrepo (Restrepo Rivera, 2007), cita que el concepto de microorganismos efectivos (EM) fue desarrollado en los años ochenta por el doctor Teguo Higa, profesor de horticultura en la Universidad de Ryukyu, en Okinawa, Japón. Un EM es un cultivo mixto de microorganismos benéficos que se encuentran en la naturaleza y que pueden ser aplicados directamente al suelo o a las plantas para aumentar la diversidad microbiológica o bien ser inoculados a través del Bocashi. Los EM contienen especies seleccionadas de microorganismos, entre ellas poblaciones predominantes de lactobacillus, levaduras y un número menor de bacterias fotosintéticas, actinomicetos y otros tipos de organismos.

Entre los microorganismos que se inoculan a partir de manto boscoso y posteriormente con Bocashi, están: *Streptomyces albus albus*, *Rhodopseudomonas sphaeroides*, *Lactobacillus plantarum*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Streptococcus lactis*, *S. faecalis*, *Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Cándida utilis* y *C. oleophila*.

3.4.3. Ingredientes para la preparación del abono fermentado tipo Bocashi básico.

2 quintales o costales de tierra local cernida.

2 quintales o costales de cascarilla de arroz o café o paja picada.

2 quintales o costales de gallinaza o estiércol de vaca u otro animal herbívoro.

1 quintal o costal de carbón bien quebrado.

10 libras de pulidura o salvado de arroz.

10 libras de cal dolomita, cal agrícola o ceniza de fogón.

10 libras de tierra negra de bosque o Bocashi curtido.

3 galones de melaza.

100 gramos de levadura para pan, granulada o en barra.

2 galones de suero de leche.

Agua.

Las cantidades de estos materiales pueden variar de acuerdo a su disponibilidad o la cantidad de abono que se desea obtener, en todo caso su variación en la mezcla debe ser proporcional a las cantidades arriba indicadas.

3.4.4. Preparación o elaboración del abono orgánico fermentado tipo Bocashi.

Fermento: 15 días antes de la elaboración del Bocashi, en una cubeta de 5 Galones (19 litros) se deben colocar dos partes de pulidura de arroz (se puede sustituir con harina de maíz o arroz) mezclada con una parte de manto boscoso y 1 cucharadita de levadura de pan; proceder a humedecer con aguamiel ($\frac{1}{2}$ litro de melaza disuelto en 1 Galón de agua y $\frac{1}{2}$ litro de suero de leche y 1 cerveza (350 mL). Una vez humedecido el sustrato tapar y dejar reposar; debiendo obtener al final del proceso una masa algodonosa de color blanco de olor agradable. Coloraciones anaranjadas o negras y mal olor son claros índices de falla en el proceso.

Mezcla líquida: En un barril de 55 Galones (208 litros) verter los 3 Galones de melaza), agregar 1 Galón de suero de leche, los 100 gramos de levadura de pan, 1 cerveza grande (750 mL) y 10 libras del fermento preparado con anticipación; el contenido del barril se completa con agua limpia, fresca y reposada de manera que no contenga cloro y luego se homogeniza batiendo la mezcla con una paleta de madera.

Mezcla de los ingredientes solidos: Lo más generalizado es que los productores coloquen cada uno de los ingredientes en capas o camadas alternas una sobre la otra; para lograr una mejor homogenización cada capa no debe de exceder los 20 cm de espesor. El orden de los materiales es indistinto, aunque lo más común es que se inicie con la capa de tierra local, pero si debe tenerse cuidado que la capa de cal o ceniza no quede junto a la capa de mezcla liquida; un ejemplo de este arreglo es:

Tierra → Estiércoles → Cal → Hojas Secas y Cascarilla →

Carbón → Hojas Frescas → Pulidura de Arroz → Mezcla Liquida →

Se repite el orden de las capas.

Homogenización: Una vez se ha acabado el material, se procede a homogenizar revolviéndolo con el uso de palas y azadones hasta que quede una cama de materiales mezclados que debe tener una consistencia casi pastosa, no liquida, ni con escurrimiento de líquido si esto último sucediera se deberá agregar más tierra de manera que quede húmedo, no mojado; pero si al contrario la mezcla está muy seca, deberá humedecerse aplicando más mezcla liquida o en su defecto agua limpia.

Etapas de la fermentación: Una vez terminada la etapa de la mezcla de todos los ingredientes del abono y controlada la uniformidad de la humedad, la masa se deja en el piso, de tal forma que la altura de la pila que constituye el lote tenga un máximo de 1.40 metros los primeros 3 días, después gradualmente se va bajando la pila hasta que tenga una altura 0.50 a 0.30 metros en el octavo día.

Algunos agricultores acostumbran a cubrir el abono con sacos de fibra durante los tres primeros días de la fermentación, con el objetivo de acelerarla.

La temperatura del abono debe controlarse todos los días con un termómetro o introduciendo la mano en el mismo, a partir del segundo día de su elaboración. No es

recomendable que la temperatura sobrepase de los 65°C. Lo ideal es manejar temperaturas en torno al límite de los cincuenta grados (50°C). La temperatura debe ser controlada volteando o mezclando todo el lote dos veces al día cuando sea necesario (una vez en la mañana y otra en la tarde), lo que permite darle una mayor aireación y enfriamiento al abono.

Después del octavo día, la temperatura del abono empieza a ser más baja y se comienza a estabilizar, siendo necesario revolverlo solamente una vez al día.

Entre los 12 y los 15 días (hasta un máximo de 21 días), el abono orgánico fermentado ya ha logrado su maduración y su temperatura es igual a la temperatura ambiente, su color es gris claro, y queda seco con un aspecto de polvo arenoso y de consistencia suelta.

Es importante saber que si el abono es preparado al aire libre en época lluviosa la cama o pila de materiales mezclados deberá protegerse una vez se tenga indicio de lluvia para evitar pudriciones que a la vez de generar hedor atraerá moscas u otros insectos; en todo caso lo ideal es trabajar dentro de una galera bien techada.

Almacenamiento: Una vez el abono este madurado o curtido estará listo para ser empleado, por lo que deberá ser almacenado ya sea en sacos o a granel o llevado directamente a la parcela para ser empleado; es importante asegurarse de que el abono ya esté totalmente frío y no genere calor al ser humedecido, lo que indicaría que aún no ha madurado.

3.4.5. Utilización de la composta fermentada o abono orgánico tipo Bocashi.

En pre siembra el Bocashi puede ser empleado de tres maneras: 1) Distribuyéndolo en toda el área de cultivo para luego ser incorporado al suelo mediante el paso de rastra o arado, 2) Colocándolo al fondo del surco de siembra y cubriéndolo con una pequeña capa de tierra, y 3) Colocando una cantidad (lo más que se pueda) al fondo de cada postura de siembra. Cabe recalcar que debido a la inseguridad que el agricultor tenga de que el Bocashi pueda reiniciar el

proceso de fermentación al tener contacto con la humedad ambiental o el agua de riego, la mayoría prefiere colocar una capa de tierra sobre el Bocashi para que la semilla o la raíz de la plántula trasplantada no esté en contacto directo los primeros días; de haber seguido un buen proceso de elaboración esta práctica sería innecesaria, pero trae tranquilidad al agricultor.

Si la siembra ya está establecida, el Bocashi se pondrá alrededor del tallo de cada planta o bien en hileras en la base de los surcos (Lemus, Guia de Capacitacion "Elaboracion de Abonos Organicos", 1999).

3.5. La producción hortícola en El Salvador.

La producción es la función esencial en toda cadena productiva, ya que es aquí donde se producen las hortalizas para suplir a los diferentes mercados y agroindustrias; esta función está en manos de aproximadamente 8,000 productores que están distribuidos en todo el país, quienes trabajan parcelas de entre 0.25 a 5 manzanas estimándose un área de 11,900 Hectáreas, en su mayoría (unos 5,045 productores) cultivan en la época de invierno (estación lluviosa) de manera tradicional y escasamente reciben asistencia técnica debido a la falta de organización. En este grupo puede incluirse a los productores que trabajan en las áreas en las que en la época seca se reduce el nivel del agua, conocidos como cultivos de humedad y es la única etapa del año que se puede cultivar; en los dos casos la producción es estacionaria. Se estima que existe otro grupo de 2,225 productores que producen hortalizas bajo riego, que cuentan con mayores niveles tecnológicos y que tienen acceso a asistencia técnica gubernamental y no gubernamental, rompiendo en cierta manera la estacionalidad de la producción, algunos de ellos producen de manera escalonada durante todo el año. Vale la pena mencionar que en este grupo hay productores dedicados a la producción orgánica de hortalizas, quienes se autoabastecen con la mayoría de los insumos utilizados, como el "Bocashi", pesticidas de origen botánico, etc. Cuentan con una mayor organización en la

producción y en la comercialización, así como acceso a asistencia técnica en su mayoría de ONG'S y el enfoque es que a la vez que se obtienen mejores precios se produce sin deteriorar el medio ambiente.

Los productores consideran que han evolucionado en sus formas de producción, ya que hoy producen sus plantines bajo condiciones protegidas; se está diseminando el uso del "Agril" (IIGA-MAG, 2011) que es una tela sintética con la que se extiende una barrera mecánica que protege los cultivos de la incidencia de insectos, esporas y golpe directo de las gotas de lluvia y rayos UV, su uso se extiende a los primeros 50 días de vida del cultivo; igualmente y aunque en agroecología se preferencia el uso de semillas nativas, no se puede omitir que hoy en día hay más disponibilidad de híbridos resistentes a plagas y enfermedades y adaptados a diferentes condiciones climáticas; consideran que la producción y productividad ha ido aumentando, a pesar de todas las dificultades y limitaciones que enfrentan.

La superficie de hortalizas según lo reportado por los productores es 18,093 Mz.; con una producción de 4,433,311 QQ. Chalatenango, La Libertad y La Paz son los Departamentos con la mayor producción a nivel nacional; Los principales cultivos de hortalizas con mayor producción y superficie son: la sandía, la yuca, el repollo y el tomate.

Reportándose para el Ciclo Agrícola 2006 -2007, una superficie aproximada de 818.3 has de cultivo de tomate y una producción que ascendió a las 21,336 Ton, mientras que se reportaron 216 Has de cultivo de rábano que produjeron alrededor de 4,900 Ton (MAG-MINEC, 2009).

La actividad hortícola salvadoreña se incrementa durante la época de verano, pues se cultiva un área de 7,236.22 hectáreas; mientras que en la época lluviosa decrece hasta 4,61410. La mayor producción durante el verano se debe a la baja incidencia de plagas en el cultivo (Portillo, Lilian; Rojas, Evelyn, 2004).

En general y desde el fin del conflicto armado, la agricultura orgánica certificada o practicada en sistemas agroecológicos se ha difundido por todo el territorio salvadoreño y sus experiencias se multiplican desde diversos puntos de El Salvador, sobresaliendo distintas experiencias, como se aprecia a continuación.

Un novedoso sistema que combina la producción agrícola orgánica y la comercialización anticipada se ha convertido en la esperanza de un pueblo del oeste de El Salvador (Comasagua) empobrecido por la decadencia de sus productos tradicionales como maíz, frijol y café. La "Canasta Campesina", como se conoce a la iniciativa, involucra a 150 mujeres y 50 jóvenes de Comasagua, un fresco poblado de 12.000 habitantes enclavado en la cordillera El Bálsamo, a 1.070 metros de altitud y a 30 km al suroeste de San Salvador.

Las familias pioneras de este plan han abandonado los cultivos tradicionales y ahora siembran frutas y hortalizas por medios orgánicos. Las embajadas de Francia, España y Japón, la representación de la Unión Europea, la cooperación japonesa, oficinas de Naciones Unidas y el Liceo Francés, entre otras instituciones, son algunos de los clientes que consumen vegetales producidos bajo este novedoso sistema (AFP, 2013).

El Centro de Documentación y Exhibición de la Seguridad Alimentaria y Nutricional y Desarrollo Local (CEDESAN), dependencia de la Alcaldía Municipal de Ahuachapán, y a cargo de la Dra. Roxana Mabel Linares, se coordinó con un grupo de líderes y lideresas extensionistas comunitarios la visita a las instalaciones de FUNDESYRAM, en Tacuba, el pasado 9 de diciembre en curso, y quienes se encargarán de replicar las buenas prácticas aprendidas en el intercambio de experiencias que esta Fundación lleva a cabo en el proceso de implementación del proyecto de Agricultura Orgánica Urbana en los municipios de: El Trapiche, La Gloria, Los Girones, Colonia María Auxiliadora, El Progreso, Barrio El Calvario, Barrio El Centro, que son comunidades del municipio de Ahuachapán y con el apoyo de Jóvenes del Ecoclub Los Ausoles.

Durante la visita a FUNDESYRAM, además de conocer los alcances del proyecto de Agricultura Orgánica Urbana, así como los invernaderos y los cultivos de huertos caseros que se han impulsado en el municipio de Tacuba; asimismo, se analizó el proceso de producción de abono orgánico tipo Bocashi, el uso y manejo de repelentes orgánicos y sus diferentes aplicaciones para una variedad de cultivos. En base a estos conocimientos, se espera iniciar en el corto plazo un plan piloto de 90 familias ahuachapanecas, y que estará a cargo del grupo de extensionistas comunitarios y quienes replicarán las buenas prácticas aprendidas en el cultivo de alimentos.

El PRESANCA, del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) con el financiamiento de la Unión Europea (UE), contribuye a atenuar las situaciones de crisis de inseguridad alimentaria y nutricional en las comunidades más vulnerables de El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua (PRESANCA, 2009)

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), a través de la agencia de extensión en Tacuba, desarrolló una jornada de capacitación, relacionada con la reproducción de microorganismos de montaña sólidos en la que participaron cerca de 35 productores del caserío La Fundación, cantón San Rafael, en el municipio de Tacuba del departamento de Ahuachapán. La actividad se desarrolló en la parcela del productor Hernán Cortez, y tuvo como objetivos fortalecer los conocimientos de los productores en agricultura orgánica y hacerles conciencia acerca de la importancia de la recuperación de los suelos, realizando prácticas orgánicas, siendo una de ellas la reproducción de microorganismos sólidos.

Estas acciones de agricultura orgánica que se desarrollan con los productores son apoyadas por el proyecto “Biofertilizantes en cultivo de maíz, frijol y café como alternativa agroecológica para una producción sostenible en El Salvador”, donde Tacuba es uno de los 30 municipios contemplados en el proyecto (El Metropolitano Digital, 2018).

El grupo de Productores de las micro regiones (en el sur del departamento de San Vicente, municipios de Tecoluca, San Nicolás y San Carlos Lempa) está constituido por un total de 3, 125 familias. De los 61 productores entrevistados, 35 de ellos (57%) son orgánicos o están en procesos de transición y los otros 26 productores (43%) hacen uso de una agricultura convencional. Precisamente, aquellos productores orgánicos o de transición, incorporan en sus sistemas de producción, una o más de una de las siguientes estrategias productivas: conservación de suelos, corrección de suelos (pH), elaboración y/o aplicación de insumos (Bocashi, Gallinaza en composta, estiércol de ganado y otros), manejo de los potreros libres de productos químicos convencionales (Hernandez & Hernandez, 2006).

Lo anterior fija como conveniente y necesario prestar mayor interés por garantizar la inocuidad de los productos hortícolas que se están consumiendo en El Salvador y determinar su calidad microbiológica, para hacer las recomendaciones idóneas y evitar sean la causa de ETA, en caso de ser necesarias.

3.6. Descripción y manejo agronómico del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*).

Clasificación Taxonómica.

Nombre común:	Tomate
Familia:	Solanaceae
Subfamilia:	Solanoideae
Tribu:	Solaneae
Género:	Lycopersicon
Especie:	Esculentum

Importancia del Cultivo.

El tomate se cultiva por sus frutos que se consumen como verduras y en ensaladas, utilizándose también para preparar condimentos, salsas y zumos. El tomate maduro, además

de agua, posee carbohidratos, potasio, fósforo, magnesio, vitaminas B1, B2, B5 y C (23 mg por cada 100 g de tomate que se consumen en crudo); también presenta carotenoides como el licopeno, el que junto a la vitamina C son antioxidantes. El licopeno es la sustancia responsable del color rojo del tomate y que se usa para tratar presión arterial alta, colesterol, cáncer y muchas otras condiciones.

Morfología.

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

Sistema Radicular. Raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias.

Tallo Principal. Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación semi helicoidal) e inflorescencias.

Hoja. Compuesta e imparipinnada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alterna sobre el tallo (Ver la Figura 1).

Figura 1.

Hoja de tomate (Lycopersicon esculentum)



Flor. Es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135° . Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

Figura 2.

Flor de tomate (Lycopersicon esculentum).



Fruto. Baya que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos dependiendo de la variedad.

Figura 3.

Fruto y semillas del tomate (Lycopersicon esculentum).



Semilla. Es plana y ovalada con dimensiones aproximadas de 3x2x1 mm. Si se almacena por periodos prolongados se recomienda hacerlo a una humedad de 5.5 %. Una semilla de calidad deberá tener al menos el 95 % de germinación.

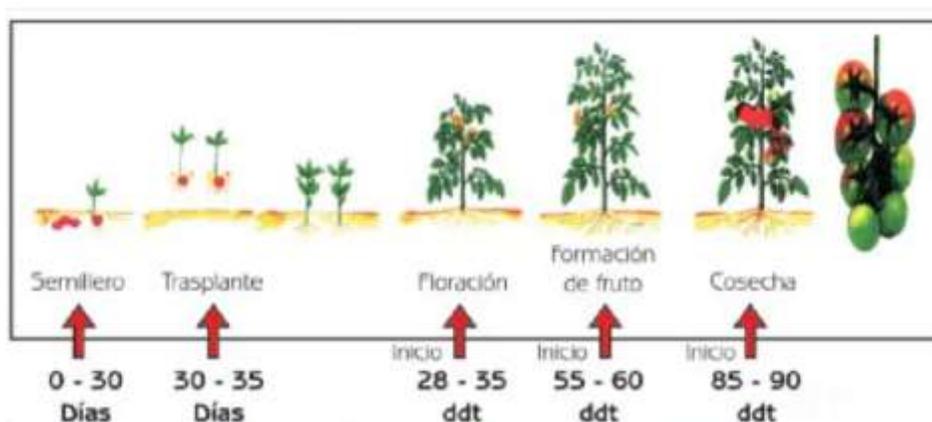
Fenología.

- La fenología del tomate en forma general se inicia con la germinación de la semilla, que en general, estará comprendido entre 5 y 8 días después de la siembra.
- Desarrollo de la plántula en el semillero por un espacio de 3 a 4 semanas (20 a 25 días).
- Trasplante, cuando tienen una altura adecuada aproximadamente 10 cc, se trasplantan, pasando a su etapa vegetativa por unos 30 a 35 días.
- Después de ese tiempo pasa a la etapa de floración; La etapa reproductiva se extiende por unos 32 a 40 días.

- La cosecha, se inicia a los 62 o 75 días después del trasplante, suele ser más larga en variedades indeterminadas extendiéndose entre 150 – 300 días después del trasplante para cultivos al aire libre y en invernadero respectivamente.

Figura 4.

Ciclo fenológico del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*).



Exigencias Climáticas.

Temperatura. La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20°C y 30 ° C durante el día y entre 1°C y 17 °C durante la noche; temperaturas superiores a los 30°C-35 °C afectan la fructificación.

Humedad. La humedad relativa óptima oscila entre un 60 % y un 80 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores

Luminosidad. Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta.

Dióxido de carbono (CO₂): aproximadamente 200 ppm

Viento. Provoca una reacción casi siempre negativa en el tomate, ya que intensifica la transpiración, agravando el déficit hídrico.

Las variedades de tomate que se producen en El Salvador se adaptan mejor a altitudes entre 0 y 1,500 m. SNM, estrato en el que se propician las condiciones arriba indicadas.

Exigencias Nutricionales.

Las plantas requieren de 16 elementos esenciales que se clasifican en:

Elementos Mayores. Denominados así porque normalmente las plantas los necesitan en cantidades grandes, requiriendo que el cultivador complemente el suministro del suelo, estos son: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).

Elementos Secundarios. Se llaman así porque las plantas los consumen en cantidades intermedias, pero son muy importantes, estos son: Calcio (Ca), Azufre (S) y Magnesio (Mg).

Elementos Menores. Se les llama así porque las plantas los necesitan en cantidades pequeñas, pero son fundamentales ellos son: Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Boro (Bo), Molibdeno (Mo) y Cloro (Cl).

Exigencias Edáficas.

El cultivo requiere suelos profundos, francos o franco-arcillosos, ricos en materia orgánica y suelos ligeramente ácidos, con pH entre 6 y 7. A pH menor de 5.5 o mayor de 7 se recomienda realizar las enmiendas con Cal Dolomítica.

Labores Culturales.

Preparación del Terreno. Esta práctica es fundamental y hay que realizarla de 30 a 40 días antes del trasplante o al momento de sembrar el semillero. Para sembrar hortalizas

especialmente tomate es necesario y fundamental preparar bien el terreno definitivo, con una aradura de 0.3 a 0.35 m. de profundidad, dejando el terreno bien suelto, mullido y nivelado. Diez días antes del trasplante hacer surqueado en contra de la dirección de la pendiente y preparar camellones a un distanciamiento de 1 a 1.25 m. entre camellón y colocar 2 libras de abono orgánico en el lugar definitivo de cada plántula cada 0.5 m.

Plantación y reproducción. Hacer un semillero o almácigo, es decir, plantar las semillas en camas de siembra, bandejas o macetas y luego, cuando tengan unos 15 cm. trasplantar al suelo las plantitas en el lugar definitivo del cultivo, ya sea al aire libre o en invernadero; plantar en la cabecera del camellón a un distanciamiento de 0.5 m entre planta.

Control de Malezas. Cada 15 días o antes, si es necesario; se hace de manera mecánica mediante la chapoda de los espacios entre plantas y entre calles; utilizando machete, cuma o azadón.

Aporco. Reconstruir los camellones para cubrir las raíces y fijar el tallo, esto 15 días después del trasplante, coincidiendo con la primera limpieza.

Tutoreo. Colocando estacas o varas de 1.50 a 2 m de altura y a una distancia de 2.5 m. Colocar pita o rafia entre los tutores para que la planta vaya guiando la dirección de su crecimiento de una manera ordenada, colocar nuevas líneas de pita cada 0.4m.

Poda. Principalmente en variedades indeterminadas, eliminando brotes débiles o en dirección no deseada, permite además mayor aireación de la planta reduciendo la humedad y la proliferación de enfermedades en el cultivo.

Abonado. 15 y 45 días después del trasplante colocar 2 lb de abono orgánico a la base de cada planta. Aplicar a discreción, fertilizante orgánico foliar con microelementos; estos pueden ser: Sulfato de Zn, B y Mn; ácidos húmicos y Té de abonos orgánicos.

Riego. La humedad es importante principalmente en las etapas de crecimiento vegetativo, floración y llenado de fruto; en promedio se debe aplicar un volumen de 1.5 litros de

agua/planta/día por lo que debe revisarse el suelo del camellón cada 2 días y comprobar que este húmedo, debe tenerse en cuenta que un exceso de humedad solo provocara el apareamiento de enfermedades, por lo que el riego es una actividad de sumo cuidado.

El exceso de humedad provocará que frutos verdes y maduros se rajen debido a la turgencia de las células, habrá mayor susceptibilidad a enfermedades fungosas y bacteriosis, excesivo crecimiento apical y poco grosor del tallo.

La deficiencia de humedad es causa de caída de frutos y flores, coloración amarilla a violácea en tallos y hojas, detención del crecimiento vegetativo y del fruto, necrosis en puntas de hojas y extremos apicales (CENTA, 2018)

3.7. Descripción y manejo agronómico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.).

Clasificación Taxonómica.

Nombre común:	Lechuga.
Familia:	Asteraceae
Subfamilia:	Cichorioideae
Tribu:	Lactuceae
Género:	Lactuca
Especie:	<i>Lactuca sativa</i> L.

Importancia del Cultivo.

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una hortaliza que se consume en fresco, principalmente en ensaladas, su contenido de agua es alto, además posee un bajo valor energético, por lo que puede utilizarse en las dietas hipocalóricas, posee un alto componente diurético debido a sus altas dosis de potasio. Es muy recomendable en dietas de adelgazamiento, obesidad, hipertensión y para bajar el nivel de azúcar en sangre.

La lechuga es un alimento con altas dosis de calcio y fósforo que ayudan a tener unos huesos sanos y fuertes. Además, es una gran fuente de oligoelementos no muy habituales en el mundo vegetal, como es el selenio, un antioxidante natural que ayuda a evitar el envejecimiento prematuro y previene el cáncer de colon, próstata y pulmones; y hasta puede ayudar a combatir la caspa.

Concentra gran cantidad de aminoácidos que el cuerpo transforma en proteínas; como la alanina, imprescindible en la creación de músculos y tejido nervioso.

La glicina, para el sistema inmunológico. Además de contener gran cantidad de vitamina C, E y betacarotenos que el organismo transforma en vitamina A, si se come cruda ayudará a mejorar la circulación sanguínea además de prevenir la arteriosclerosis y disminuir el colesterol. Pero sus efectos van más allá pues es un buen remedio para relajarnos, ya que contiene grandes dosis de lactucina, un tranquilizante natural.

Morfología.

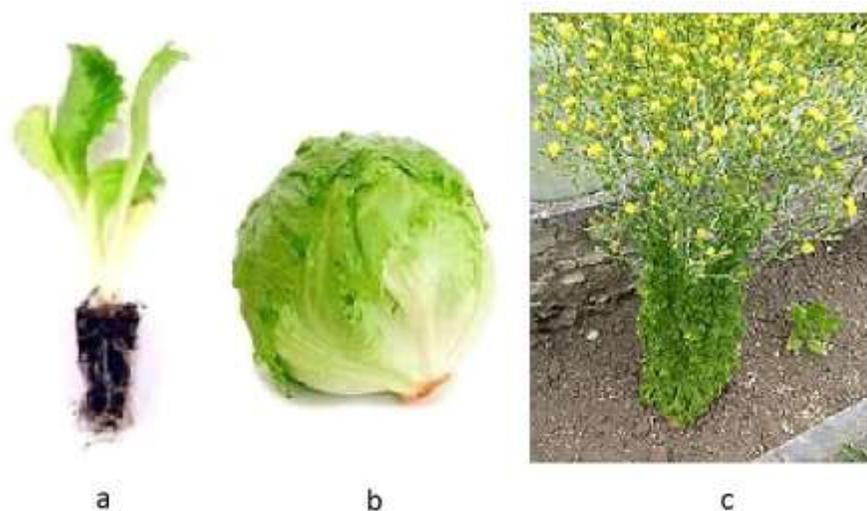
La lechuga es una planta anual y autógena (de autofecundación), pueden llegar a medir hasta 1 m de altura.

Sistema radicular. Con raíces que no llegan a sobrepasar los 0.25 m. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.

Tallo. Cilíndrico y ramificado.

Figura 5.

Distintos estados de desarrollo morfológico de la planta de lechuga (Lactuca sativa L.), a) Plántula o plantín de siembra en pleno desarrollo de su follaje y sistema radicular, b) Planta en desarrollo ya cosechada, c) Planta desarrollada plenamente y en floración destinada para la producción de semilla.



Hoja. Las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.

Flor. Las inflorescencias son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos.

Semillas. La semilla de lechuga proviene de plantas de lechuga. Las plantas de lechuga producen un tallo floral, conocido como "perno", que la planta envía desde el centro de la planta cuando el clima se calienta. El perno produce flores, que una vez polinizadas, se secan y producen semillas provistas de un vilano o apéndice plumoso que rodea a las flores.

Figura 6.

Imágenes ampliadas de a) Flor y b) Semilla lista para ser cosechada, ambas de lechuga (Lactuca sativa L.).



a

b

Fenología.

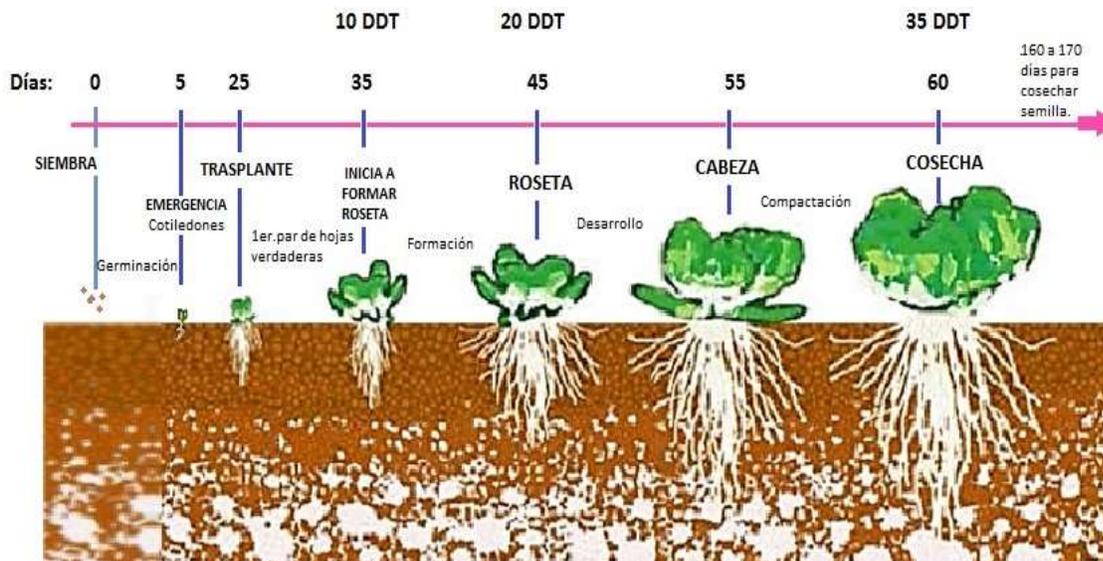
Semanas 1 y 2, posteriores a la siembra. En esta etapa se rompe la latencia de la semilla, germina, emerge la plántula y se desarrolla el sistema radicular.

De la semana 2 a la semana 14. En este periodo se desarrollan las hojas y brotes laterales que sirven como agarre de la planta; en este periodo de desarrollo vegetativo se producen las señales que propician la cosecha de la lechuga destinada a consumo.

De las semanas 10 a la 24. Durante este periodo la planta emite la inflorescencia, ocurre la polinización, desarrollo de las vainas y maduración de las semillas.

Figura 7.

Ciclo fenológico del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.).



Exigencias Climáticas.

Temperatura. Los rangos de temperatura donde la planta de lechuga crece en forma óptima, se encuentra entre los 15°C y 18 °C, con temperatura máxima de 24 °C y mínima de 7 °C.

Humedad. La humedad relativa indicada para el cultivo es entre el 60 y 80%, aunque en determinados momentos puede soportar menos del 60%.

Luminosidad. Las temperaturas alrededor de los 20°C y fuerte iluminación, así como poca luminosidad y temperaturas menores a 10°C favorecen el acogollado; periodos largos de poca luminosidad provocaran la acumulación de nitrógeno en las hojas y con ello un sabor amargo desagradable.

Viento. Provoca una reacción casi siempre negativa en el cultivo, ya que intensifica la transpiración, agravando el déficit hídrico.

Exigencias Nutricionales.

Durante la etapa de germinación y emergencia, el cultivo de lechuga ejerce una mayor demanda de Fosforo (P) a causa del rápido desarrollo radicular que la planta tiene para garantizar su desarrollo.

Durante la etapa de crecimiento y desarrollo de la planta se observa un incremento mayor de elementos como. N, P, K, Cu, Zn, B, Mn, Fe y S; preparando a la planta no solo para el desarrollo de la parte vegetativa (hojas, tallo y perno) sino también para la etapa de floración y producción de semilla.

Exigencias Edáficas.

El suelo deberá ser fértil, de textura franco a franco arenosa y con buena cantidad de materia orgánica, con alta capacidad de retención de agua, debido a que el sistema radicular de la lechuga es muy superficial, el pH óptimo para el desarrollo de la lechuga es 6.7 y 7.4

Preparación del terreno.

30 a 40 días antes del trasplante, se procede al surcado del terreno a 0.30 a 0.35 m de profundidad, especialmente en el caso de zonas encharcadas; luego, se realiza el mullido o desterronado, la nivelación y formación de camas de siembra o camellones en sentido transversal a la pendiente con una distancia de 0.5 a 0.75 m. entre camellón. Además, se recomienda hacer una aplicación de abono orgánico y biofermentos 10 a 15 días antes del trasplante.

Plantación y reproducción.

Hacer un semillero o almácigo, es decir, plantar las semillas en camas de siembra, bandejas o macetas colocando la semilla a una profundidad máxima de 5 mm, luego transcurridos 30-40 días después de la siembra.

Las plántulas de lechuga serán trasplantadas teniendo el cuidado que tengan de 5 a 6 hojas verdaderas y una altura de 0.08 m, desde el cuello del tallo hasta las puntas de las hojas y a una distancia de 0.25 m entre planta (ver figura 8).

Figura 8.

Ciclo fenológico del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.).



Labores culturales.

Control de malezas, cada 7 días o cada vez que sea necesario, evitando la competencia por nutrientes y humedad, así como reservorios de plagas y enfermedades.

Aporco. Reconstruir los camellones para cubrir las raíces y fijar el tallo y mantener la capacidad de drenaje.

Abonado. El 60-65% de todos los nutrientes son absorbidos en el periodo de formación del cogollo, por lo que la aplicación de nutrientes, se deben suspender al menos una semana antes de la recolección. El aporte de abono orgánico en el cultivo de lechuga se realiza a razón de 3 kg/m² o 100 g/planta/mes y la aplicación de Te de abonos orgánicos o violes cada 4 días.

Riego. El suministro de agua deberá ser frecuente y en poca cantidad de manera que el suelo quede aparentemente seco en la parte superficial, para evitar podredumbres del cuello y de la vegetación que toma contacto con el suelo. Tras la plantación definitiva, regar diariamente durante 4-5 días para facilitar el enraizamiento de las plantas, aplicar agua a razón de 2 litros/m². A continuación, y hasta el estado de 16-18 hojas se regará 3 veces/semana con dosis bajas de 4 a 8 litros/m². Posteriormente, hasta el final del cultivo, deben utilizarse dosis de riego de 8 a 20 litros/m².

La lechuga se empieza a cosechar a los 30 días después del trasplante, cortando cada 8 días y en el cuarto corte se arrancan todas las plantas, debido que al llegar a la madurez se amargan las hojas.

La cosecha está basada en la compactación de la cabeza; una cabeza muy suelta está inmadura y una muy firme o extremadamente dura es considerada sobre madura (infoAgro.com, 2021)

Figura 9.

Cosecha de lechuga (Lactuca sativa L.).



3.8. Descripción y manejo agronómico del cultivo de Rábano (*Raphanus sativus*).

Clasificación Taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Brassicales
Familia:	Brassicaceae
Género:	Raphanus
Especie:	R. sativus
Nombre científico:	<i>Raphanus sativus</i>

Importancia del Cultivo

El rábano es una de las hortalizas más conocidas y más populares en la alimentación de la población salvadoreña que lo consume fresco, en ensaladas o encurtidos. Es rico en vitaminas del grupo B, y vitamina C. Contiene yodo, magnesio y azufre. Las propiedades medicinales de los rábanos se deben, ante todo, a su virtud para cuidar del hígado y la vesícula.

Morfología

Sistema radicular. Raíz gruesa, carnosa, muy variable en cuanto a la forma y al tamaño, de piel roja, rosada, blanca, pardo-oscura o manchada de diversos colores (Figura 10).

Figura 10.

Rábanos (Raphanus sativus) recién cosechados.



Tallo. Breve antes de la floración, con una roseta de hojas, posteriormente, cuando florece la planta, se alarga alcanzando una altura de (0.50 a 1) m, de color glauco (verde claro) y moderadamente pubescente.

Hojas. Basales, pecioladas, glabras o con unos pocos pelos hirsutos, de lámina palmeada, limbo dividido en lóbulos que pueden llegar a sobrepasar la mitad del limbo, pero no llegar al centro (pinnatipartidas), con 1-3 pares de segmentos laterales de borde irregularmente dentado; el segmento terminal es orbicular y más grande que los laterales; hojas caulinas (que salen del tallo) escasas, pequeñas, oblongas, glaucas, algo pubescentes, menos lobuladas y dentadas que las basales.

Flores: Dispuestas sobre pedicelos delgados, ascendentes, en racimos grandes y abiertos; sépalos erguidos; pétalos casi siempre blancos, a veces rosados o amarillentos, con nervios violáceos o púrpura; 6 estambres libres; estilo delgado con un estigma ligeramente lobulado.

Fruto. Silícula de 3-10 cm de longitud, esponjoso, indehiscente, con un pico largo, con un tinte amarillento; cada fruto contiene de 1 a 10 semillas globosas o casi globosas, rosadas o castaño-claras incluidas en un tejido esponjoso (Ver Figura 11)

Figura 11.

*El fruto del rábano (*Raphanus sativus*) es una capsula dehiscente llamado silícula que luego de alcanzar la madurez se seca y se abre expulsando la semilla contenida en su interior (al fondo se puede apreciar la imagen de la flor de este cultivo).*



Requerimientos Edafo-Climáticos.

Prefiere los climas templados, el ciclo del cultivo depende de las condiciones climáticas, en El Salvador desde 20 días. El desarrollo vegetativo tiene lugar entre los 6°C y los 30°C, el óptimo se encuentra entre 18-22°C. La temperatura óptima de germinación está entre 20-25°C. Se adapta a cualquier tipo de suelo, aunque prefiere los suelos profundos, arcillosos con un pH entre 5.5 y 6.8; no tolera la salinidad.

Requerimiento de Riego.

El cultivo de rábano necesita una buena cantidad de agua, distribuida uniformemente y con lapsos de riego bien ajustados. La humedad del suelo deberá encontrarse entre un 60% a 65% de la capacidad de campo durante el ciclo vegetativo. La discontinuidad en el suministro de agua provocara la rajadura de las raíces comestibles, perdiéndose su valor comercial.

Fenología.

Siembra y germinación. La semilla de rábano se siembra directamente al suelo en eras o camas de siembra levantadas en el lugar definitivo; germina a los 2 días de plantada y la plántula emerge del suelo el día 3.

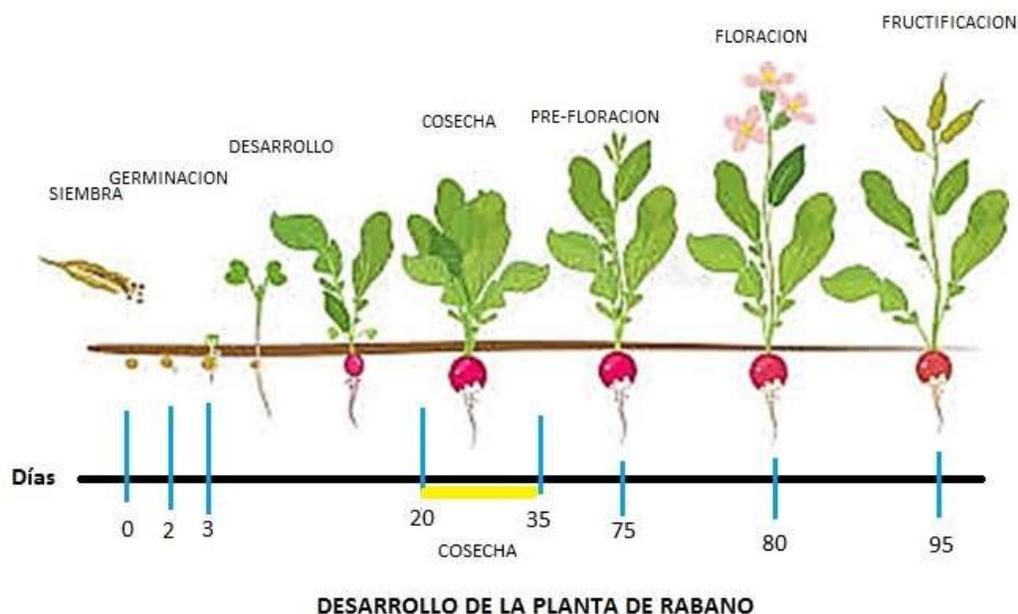
Crecimiento y Desarrollo. La etapa de crecimiento vegetativo se extiende hasta el día 75 cuando la planta tiene una altura de hasta 1 m o más, en este momento en que se inicia la inflorescencia (para el consumo el rábano es cosechado desde el día 20 hasta el día 35 como máximo).

Etapa reproductiva. Inicia cuando las flores ya están abiertas (Día 80) y la silícula empieza a llenar (Día 95). La semilla se puede cosechar cuando la silícula o vaina tenga un color café claro efecto que sucede entre los días 110 y 120.

Una descripción grafica del ciclo fenológico puede verse a continuación en la figura 12.

Figura 12.

Ciclo fenológico del cultivo de rábano (Raphanus sativus).



Particularidades del Cultivo.

Preparación del terreno. La profundidad de arado debe ser de 0.35 m utilizando para ello arado de vertedera, seguido del paso de un arado de disco y el paso de cultivador. A continuación, se hacen bancales de siembra en sentido transversal de la pendiente, estos deben medir aproximadamente 1.80 m. de ancho x 0.2 m. de altura y longitud variable, según la cantidad de semilla a plantar, los bancales deberán estar separados entre sí por un callejón de 1 m de ancho, de esta manera el agricultor fácilmente puede desarrollar labores de cultivo a ambos lados del bancal.

Siembra. sobre el bancal se trazan pequeños surcos con un máximo de 0.02 m. de profundidad separados entre sí a 0.1 cm. La semilla se siembra dentro de los surcos a chorro seguido o separada a 0.5 m. por postura (se utilizan 12 kg de semilla por hectárea).

Posteriormente se recubren con tierra los surcos procurando que la semilla no quede muy cubierta y luego se tira mucho sobre el bancal.

Labores Culturales.

Cobertura. Inmediatamente después de la siembra, los surcos se recubren con tierra procurando que la semilla no quede muy soterrada, pero si protegida de insectos, pájaros y el salpique del agua, para procurar mayor protección el bancal es recubierto con mulch (zacate seco picado).

Aporco, raleo y limpieza: 3 días después de emergida las plántulas se elimina el exceso de ellas, procurando que quede una planta cada 0.05 m. como máximo. Igualmente se realiza la escarda del suelo, eliminando plantas, piedras u objetos no deseados y luego se hace el aporco de las plantitas que quedan, de manera que con las yemas de los dedos se recubra de tierra la raíz de cada planta, con lo que se incentiva la formación del bulbo. Se realizarán 1 o 2 escardas y un ligero aporcado en los 20 días que dura el cultivo.

Abonado: Se recomienda la aplicación de abono orgánico a razón de 100 kg por cada 10 m de banco de siembra o la adición al momento de la preparación de terreno (mínimo 20 días antes de la siembra) de 30 Ton/ha de gallinaza o estiércol de rumiantes, además de la adición de cal dolomítica a razón de 400 kg/ha. El rábano es una planta exigente en boro, por lo que puede ser conveniente la adición de bórax en el abonado de fondo en dosis moderadas (menos de 15 kg/ha).

Se puede asperjar te de abono foliar enriquecido con micronutrientes potásicos, recordando que el exceso de nitrógeno facilitara el desarrollo de la parte aérea de la planta, pero lo que se necesita es el crecimiento de la raíz.

Cosecha: Como ya se ha apuntado la cosecha se inicia a los 20 días y se puede extender hasta los 35 días; mientras que la cosecha de frutos para la obtención de semillas es hasta los 110 días (infoAgro, 2021).

3.9. Inocuidad de los productos hortícolas.

La inocuidad alimentaria se refiere a la producción de alimentos sanos o limpios libres de contaminación microbiológica, química o física. La preocupación por estos aspectos de inocuidad de los alimentos frescos tiene diversos orígenes. En primer lugar, el incremento en el comercio internacional de frutas y hortalizas frescas ha hecho posible su disponibilidad en el mercado durante todo el año; estas provienen de muy diferentes sistemas de producción que implican prácticas agrícolas muy diversas. En segundo lugar, su consumo se ha incrementado de manera notoria en los países desarrollados a raíz de las recomendaciones médicas que insisten en la necesidad de comer más verduras para prevenir enfermedades, y tres, ya no son cultivadas por quien las consume (Fortis, Manuel; Leos, Juan; otros., 2009).

Gonzales, C. en 2006, con el objetivo de identificar vulnerabilidades que afectarían la inocuidad biológica de los productos hortícolas durante toda la cadena de producción y distribución, así como el impacto sobre la salud pública por el consumo de vegetales frescos, procedió a la recopilación de información a fin de determinar no solo los puntos críticos donde puedan surgir riesgos a la inocuidad en los distintos eslabones de la cadena de producción, comercialización y distribución, sino también en distintos centros de atención médica del sector público para determinar los agentes biológicos vinculados a las patologías gastrointestinales y parasitarias más recurrentes y que servirían como parámetros de evaluación. La investigación práctica mediante análisis para detectar la presencia de microorganismos tales como, coliformes totales, fecales, *Escherichia coli*, *Salmonella* y parásitos; para tal fin, analizó un total de 162 muestras de 9 diferentes clases de hortalizas que habitualmente se consumen crudas.

Las muestras fueron tomadas equitativamente en época seca y en la época lluviosa, dichas muestras procedían tanto de mercados como supermercados abastecidos principalmente por productores de las zonas agrícolas previamente inspeccionadas y fueron procesadas en el laboratorio de Microbiología de Alimentos del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud, (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador.

Como resultados de la investigación, determinó que no existía diferencia significativa entre los niveles de coliformes fecales y *Escherichia coli* encontrados en las hortalizas tanto en época seca como lluviosa, no así la cantidad de huevos de distintos parásitos intestinales, cantidad que se incrementaba durante la época seca; además, pudo observar que en las zonas de producción no se guardan todas las prácticas de manejo de cultivos de cara a garantizar la inocuidad de los productos. Otra observación fue que la carga microbiológica en las hortalizas se reducía en los comercios formales (súper mercados), sentándose la hipótesis de que el nivel de inocuidad de los vegetales se vincula más al manejo postcosecha (González, 2006).

Hernández, S & Escoto, W (2016), procedieron a la evaluación microbiológica de hortalizas orgánicas producidas en el cantón Los Planes del municipio de La Palma en Chalatenango y empacadas en la planta procesadora de la Asociación Cooperativa de productos Orgánicos (ACOPO de R.L.), procediendo al análisis de 88 muestras provenientes de productos vegetales, superficies vivas e inertes, así como del agua utilizada en los procesos; todas recolectadas en 4 fechas distintas entre la época seca y la época lluviosa. Y tomando como parámetros de comparación los establecidos en el Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.50:08 Grupo de Alimento: Frutas y Vegetales, la Guía Técnica para el Análisis Microbiológico de Superficies en contacto con alimentos y bebidas N° 6461-2007 MINSA del Perú, y la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01 – 2009; concluyeron que existían deficiencias en cuanto a prácticas de sanitización y limpieza en todas las áreas de

trabajo en planta, enfatizando en la falta de sanitización de mesas de trabajo y la higiene personal de los manipuladores, en el deficiente manejo de las materias primas (hortalizas provenientes del campo) y del producto terminado (hortalizas empacadas) cuyos recipientes contenedores por igual eran colocados directamente en el piso sin ningún tipo de protección aun con los problemas de limpieza arriba mencionados.

Llegando a las conclusiones antes mencionadas a partir de que los análisis microbiológicos determinaron que de las veinte hortalizas analizadas el 55% de las muestras tuvieron una calidad sanitaria insatisfactoria ya que presentaron recuentos de coliformes totales entre 10^4 y 10^5 UFC/g, el 5% de las hortalizas no cumplen con la normativa vigente ya que presentaron recuentos de *Escherichia coli* superiores a 10^2 UFC/g, mientras que el 100% de los análisis para superficies vivas presentaron valores de coliformes totales superiores a 100UFC/manos, y en las superficies inertes el 55% de la muestras se encontraron fuera de las especificaciones hallándose valores mayores a 1UFC/cm² y contrario a lo esperado se encontró un aumento de los indicadores de falta de higiene en época seca en hortalizas y superficies vivas e inertes, asociado no a condiciones de campo sino principalmente a la contaminación cruzada y la falta de inducción y aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura por parte de los manipuladores en planta (Hernández & Escoto, 2016) .

Vargas, H (2015), junto a otros investigadores definieron el “Perfil de riesgo de contaminación microbiológica y química en la cadena de producción de nueve productos hortícolas para consumo fresco, de un grupo de empresas agrícolas del Valle Central de Costa Rica”, para ello estudiaron cada uno de los procesos de producción de hortalizas en 164 empresas agrícolas. La cuantificación del riesgo se calculó por medio de una encuesta de 46 ítems realizada a los gerentes de las empresas incluidas en el estudio. El cálculo de riesgo de contaminación microbiológica de cada proceso, se determinó mediante la fórmula validada por los investigadores en estudios anteriores, esto incluyo desde las labores de preparación de

terreno y siembra, manejo cultural del cultivo, control fitosanitario, cosecha, empaque y el factor humano ligado tanto a la actividad netamente agrícola como el vinculado a las actividades de pos-cosecha, particularmente el empaque, obteniéndose en este último factor la mayor la calificación de riesgo, seguido por el proceso de manejo cultural del cultivo; luego aparece el proceso de cosecha. En todos los procesos donde se cuantificó el riesgo, los resultados presentan valores cercanos o superiores a 50 en una escala de riesgo de 0 a 100%; concluyendo que estos resultados deben alertar a los productores y consumidores de hortalizas para consumo fresco.

Se observó además el efecto del comprador sobre los valores de riesgo en el empaque; cuando el productor es proveedor de una cadena de supermercados, los valores de riesgo disminuyen al compararlos con productores que no son proveedores de esas cadenas.

Se considera que los resultados en cuanto a la hipótesis de que el tamaño de la carga microbiológica determinante del grado de inocuidad de los productos depende no solo de una diferenciación entre el tipo manejo agrícola, orgánico o convencional, sino de las exigencias del mercado al que se destina (Vargas, Guillermo; Duran, Alfredo; Gonzalez, María; otros., 2015) .

Rivera, F (2018), en su tesis “Prácticas agrícolas realizadas en la cadena de producción y comercialización del cultivo de repollo (*Brassica Oleracea, L*) su efecto en la calidad e inocuidad del producto final”. El objetivo del estudio fue generar conocimiento que contribuya a disminuir los riesgos de contaminación en el cultivo de repollo (*Brassica oleracea, L*) a través del estudio de la cadena de producción y comercialización en dos zonas de producción ubicadas en los departamentos de Masaya y Jinotega en la Republica de Nicaragua, para lo cual se describieron las prácticas agronómicas que se implementan en el proceso de producción y cuáles de estas implican un riego que afecte la inocuidad del producto final. La investigación se realizó en dos etapas, una de campo y una de laboratorio.

Con el objetivo de describir las prácticas agronómicas que implementaron los productores de repollo en ambas zonas de estudio se elaboró una encuesta que fue aplicada en ambas comunidades, durante la etapa de campo se corrieron las encuestas a 18 productores para conocer su percepción de la problemática y las prácticas que implementan, se seleccionaron cuatro fincas para conocer la problemática fitosanitaria y las prácticas implementadas. Para conocer los posibles peligros que afectan la inocuidad del repollo se tomaron muestras de suelo, agua y cabezas de repollo las cuales fueron sometidas a análisis de laboratorio para detectar contaminantes químicos y microbiológicos. Los principales resultados indican que existe contaminación microbiológica en el producto final (cabeza de repollo) en ambas zonas de estudio, siendo las fuentes de contaminación el agua utilizada para riego en el caso de Tomatoya y la manipulación inadecuada del producto en el caso de Temua. Se detectó *Echerichia coli* en concentración mayor que la permitida en normas internacionales.

El estudio concluyó principalmente que el producto que se está comercializando procedente de ambas zonas de estudio no es inocuo e implica alto riesgo para la salud de las personas; planteando como inherente al cultivo un bajo nivel de inocuidad, debido a los factores ambientales de la zona pero principalmente los ligados al agua de riego que aunado a un deficiente manejo pos-cosecha implican un riesgo para la inocuidad ya que no se implementan medidas de higiene que garanticen la calidad e inocuidad. Estos resultados justifican la necesidad de analizar las condiciones agroecológicas de los distintos sistemas de producción agroecológica, del producto final y de las prácticas de manejo durante toda la cadena productiva y de comercialización a fin de tener resultados y conclusiones confiables (Rivera Umazor, 2018).

3.10. Reglamento Técnico Centroamericano.

El Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:17 Alimentos. Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de los Alimentos establece los parámetros microbiológicos de la inocuidad de los alimentos y sus límites de aceptación para el registro sanitario y la vigilancia en los puntos de comercialización y aplica a todo alimento para consumo final en los puntos de comercialización dentro del territorio de los países de la región centroamericana.

El criterio microbiológico de inocuidad define la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento basado en la ausencia o presencia, o en la cantidad de microorganismos, por unidad o unidades de masa, volumen, superficie o lote y es aplicable a productos comercializados, sin embargo, para fines de este RTCA no aplica lo relacionado a otros contaminantes microbiológicos como toxinas y sus metabolitos.

En el RTCA los alimentos se agrupan según la matriz primaria, el grupo 4, corresponde a frutas y vegetales: esta categoría se divide en: frutas y hortalizas (incluidas raíces, tubérculos, legumbres y leguminosas y áloe vera) frescas empacadas y procesadas, hongos comestibles y setas, algas marinas. La clasificación de tipo de alimento obedece a la necesidad de priorizar los análisis microbiológicos para el registro y la vigilancia de los alimentos, basándose en la probabilidad de causar daño a la salud. Además, los alimentos se clasifican en tres categorías que se describen a continuación:

Alimento tipo A: comprende los alimentos que por su naturaleza, composición, proceso, manipulación y población a la que va dirigida, tienen una alta probabilidad de causar daño a la salud.

Alimento tipo B: comprende los alimentos que por su naturaleza, composición, proceso, manipulación y población a la que va dirigida, tienen una mediana probabilidad de causar daño a la salud.

Alimento tipo C: comprende los alimentos que por su naturaleza, composición, proceso, manipulación y población a la que va dirigida, tienen una baja probabilidad de causar daño a la salud; el grupo 4.1 de frutas y vegetales frescos se clasifica como alimento de tipo C.

El RTCA clasifica los alimentos por los distintos factores de riesgo, siendo el grupo 4.1 clasificado como categoría 10 Peligro serio: incapacitante pero usualmente no es un peligro para la vida, secuelas son poco frecuentes, duración moderada. Los microorganismos patógenos que se evalúan en las frutas y vegetales frescos son la *Salmonella spp.* y *Escherichia coli* (CTNR-COMIECO, 2017)

3.11. Microorganismos a determinar.

3.11.1. Salmonella.

Salmonella, es un género bacteriano perteneciente a la familia Enterobacteriaceae constituido por bacilos gramnegativos, anaerobios facultativos con flagelos peritricos. Constituye un grupo importante de patógenos para animales y personas. Está compuesto por dos especies: *S. entérica* y *S. bongori* de las cuales la *S. entérica* representa la especie de mayor patogenicidad. *Salmonella entérica* es la especie tipo y se divide en seis subespecies que incluye sobre 2500 serotipos.

Es un agente productor de zoonosis de distribución universal. Se transmite por contacto directo o contaminación cruzada durante la manipulación, en el hogar. El hábitat natural de estas especies normalmente es en los intestinos de cualquier tipo de animal homeotermo (incluidos los seres humanos). *Salmonella* es una bacteria omnipresente y resistente que puede sobrevivir durante varias semanas en un ambiente seco y varios meses en agua.

***Salmonella* y las enfermedades de transmisión alimentaria.**

Las enfermedades de transmisión alimentaria pueden ser graves, en especial cuando afectan a los niños pequeños. Los alimentos insalubres son la causa más común de las

enfermedades diarreicas. Cada año enferman 550 millones de personas, de las cuales 220 millones son niños menores de 5 años. *Salmonella* es una de las cuatro causas principales de enfermedades diarreicas a nivel mundial. La salmonelosis, que generalmente se caracteriza por la aparición brusca de fiebre, dolor abdominal, diarrea, náusea y, a veces, vómitos, es una enfermedad provocada por *Salmonella*.

Los síntomas de la enfermedad comienzan a manifestarse entre 6 y 72 horas (generalmente 12 a 36 horas) después de la ingesta de *Salmonella*, y la enfermedad dura entre 2 y 7 días. En la mayoría de los casos, los síntomas de salmonelosis son relativamente leves y los pacientes se recuperan sin tratamiento específico. Sin embargo, en algunos casos, particularmente en niños pequeños y en ancianos, la deshidratación causada por la enfermedad puede ser grave y poner en peligro la vida.

Si la infección por *Salmonella* ingresa al torrente sanguíneo (bacteriemia) puede infectar tejidos en todo el cuerpo, entre ellos:

- Los tejidos que rodean el cerebro y la médula espinal (meningitis)
- El revestimiento del corazón o las válvulas (endocarditis)
- Los huesos o médula ósea (osteomielitis)
- Si bien los grandes brotes de *Salmonella* suelen atraer la atención de los medios informativos, entre el 60% y el 80% de los casos de salmonelosis no se registran como parte de un brote conocido y se clasifican como casos esporádicos, o ni siquiera se diagnostican.

Fuentes y transmisión. Las salmonellas están muy presentes en animales domésticos y salvajes. Son prevalentes en animales comestibles como las aves de corral, los porcinos y vacunos, y también en mascotas, como gatos, perros, pájaros y reptiles como las tortugas.

Las salmonellas pueden atravesar toda la cadena alimentaria, desde los piensos para animales y la producción primaria hasta los hogares o los establecimientos e instituciones de

servicios de comidas. Por lo general, las personas contraen la salmonelosis a través del consumo de alimentos contaminados de origen animal (principalmente huevos, carne, aves de corral y leche), aunque también hay otros alimentos que se han vinculado a la transmisión, como por ejemplo las hortalizas contaminadas por estiércol.

Algunos productos agrícolas frescos, en especial, las variedades importadas, pueden haber sido hidratados en el campo o lavados durante el procesamiento con agua contaminada con salmonella. La contaminación también puede ocurrir en la cocina cuando los jugos de la carne cruda de res o de ave entran en contacto con alimentos sin cocinar, como las ensaladas.

Tratamiento. En los casos graves de salmonelosis, el tratamiento es la reposición de los electrolitos perdidos a raíz de los vómitos y la diarrea (suministro de electrolitos como iones de sodio, potasio y cloruro) y la rehidratación.

La terapia antimicrobiana sistemática no está recomendada para casos leves o moderados en personas sanas. Esto se debe a que los antimicrobianos podrían no eliminar completamente la bacteria y seleccionar cepas resistentes, con lo cual el fármaco se volvería ineficaz.

Sin embargo, los grupos de riesgo, como los lactantes, los ancianos y los pacientes inmunodeprimidos, podrían necesitar tratamiento antimicrobiano. Los antimicrobianos se administran también si la infección se propaga desde el intestino a otras partes del organismo.

Ante el aumento de la resistencia a los antimicrobianos a nivel mundial, las directrices de tratamiento deberían revisarse periódicamente, teniendo en cuenta los patrones de resistencia de la bacteria en función del sistema local de vigilancia.

Métodos de prevención. La prevención exige medidas de control en todas las etapas de la cadena alimentaria, desde la producción agrícola hasta la elaboración, fabricación y preparación de alimentos, tanto en establecimientos comerciales como en los hogares.

Las medidas de prevención en relación con *Salmonella* en el hogar son similares a las adoptadas contra otras enfermedades bacterianas de transmisión alimentaria.

Es preciso supervisar atentamente el contacto entre lactantes/niños pequeños y mascotas (como gatos, perros y tortugas), que pueden transmitir *Salmonella* (OMS, *Salmonella* (no tifoidea), 2018).

3.11.2. *Escherichia coli*

Escherichia coli es una bacteria miembro de la familia de las enterobacterias y forma parte de la microbiota del tracto gastrointestinal de animales homeotermos, como por ejemplo el ser humano. Es un bacilo gramnegativo, no exigente, oxidasa negativa, catalasa positiva, anaerobio facultativo, cuya temperatura de crecimiento preferente es a 37 °C (mesófilo), fimbriado y comúnmente es móvil por flagelos peritricos.

E. coli es la bacteria anaerobia facultativa comensal más abundante de la microbiota del tracto gastrointestinal en donde junto con otros microorganismos es esencial para el funcionamiento correcto del proceso digestivo, *E. coli* además participa en la producción de las vitaminas B y K. Sin embargo, se han descrito diferentes procesos de patoadaptación o mutaciones que funcionan como factores de virulencia, estos determinan la patogenicidad y virulencia de las cepas en diferentes tipos de enfermedades. Las cepas asociadas a las infecciones gastrointestinales son denominadas *E. coli* Diarreogénicas o Intestinales, mientras que las asociadas a infecciones en otros aparatos y sistemas, como, por ejemplo, el tracto urinario, sanguíneo y nervioso, son denominadas *E. coli* Patogénicas Extraintestinales (ExPEC). La alta morbilidad, así como la variedad en síndromes y cuadros clínicos asociados a las infecciones por *E. coli*, hacen de esta bacteria uno de los patógenos más versátiles y de gran relevancia para el ser humano.

Escherichia coli es un organismo modelo utilizado frecuentemente en el laboratorio por su velocidad de crecimiento, pocos requerimientos nutricionales y a su amplia bibliografía. Además, *E. coli* es usada en experimentos de genética y biología molecular debido a que la estructura de su genoma es altamente flexible, permitiendo la movilidad de material genético por medio de transposones, secuencias de inserción, bacteriófagos y plásmidos.

Fue descrita por primera vez en 1885 por Theodore von Escherich, bacteriólogo alemán, quien la denominó *Bacterium coli commune*. Posteriormente la taxonomía le adjudicó el nombre de *Escherichia coli*, en honor a su descubridor. A pesar de que ambas compartan abreviatura, no se debe confundir la bacteria *Escherichia coli* con la ameba *Entamoeba coli* (*E. coli*) (OMS, *E. coli*, 2018).

***E. coli* y las enfermedades de transmisión alimentaria.**

Entre los síntomas de la enfermedad causada por *E. coli* destacan los calambres abdominales y la diarrea, que puede progresar en algunos casos a diarrea sanguinolenta (colitis hemorrágica). También puede haber fiebre y vómitos. El periodo de incubación varía entre tres y ocho días, con una mediana de tres a cuatro días. La mayoría de los pacientes se recuperan en el término de diez días, pero en un pequeño porcentaje de los casos (especialmente niños pequeños y ancianos) la infección puede conducir a una enfermedad potencialmente mortal, como el síndrome hemolítico urémico (SHU). El SHU se caracteriza por una insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica y trombocitopenia (deficiencia de plaquetas).

Se estima que hasta un 10% de los pacientes con infección por *E. coli* productora de toxina Shiga pueden desarrollar síndrome hemolítico urémico, con una tasa de letalidad de 3%-5%. Globalmente, el SHU es la causa más común de insuficiencia renal aguda en los niños de corta edad. Pueden aparecer también complicaciones neurológicas (como convulsiones, accidente cerebrovascular y coma) en el 25% de los pacientes con SHU, así como secuelas

renales crónicas, generalmente leves, en aproximadamente un 50% de los supervivientes (Fagundo, y otros, 2003).

Fuentes y transmisión. El reservorio de este patógeno es principalmente el ganado bovino. También se consideran reservorios importantes otros ruminantes, como ovejas, cabras y ciervos, y se ha detectado la infección en otros mamíferos (como cerdos, caballos, conejos, perros y gatos) y aves (como pollos y pavos).

E. coli se transmite al hombre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, como productos de carne picada cruda o poco cocida y leche cruda. La contaminación fecal del agua y de otros alimentos, así como la contaminación cruzada durante la preparación de estos (con carne de vacuno y otros productos cárnicos, superficies y utensilios de cocina contaminados), también es causa de infecciones.

Un número creciente de brotes se asocian al consumo de frutas y verduras (como las coles de Bruselas, las espinacas, la lechuga, las ensaladas de col y de otro tipo) contaminadas por el contacto con las heces de animales domésticos o salvajes en algún momento durante su cultivo o manipulación. También se ha aislado *E. coli* en masas de agua (estanques y arroyos), pozos y abrevaderos, y se ha observado que puede sobrevivir durante meses en el estiércol y en los sedimentos de recipientes de agua. Se ha informado de casos de transmisión por el agua, tanto por agua de bebida contaminada como por aguas de recreo.

Los contactos de persona a persona son una forma de transmisión importante por vía oral-fecal. Se ha informado de un estado de portador asintomático, en el que la persona no muestra signos clínicos de la enfermedad, pero puede infectar a otros. La excreción de *E. coli* dura aproximadamente una semana o menos en los adultos, pero puede prolongarse más en los niños. Se ha observado que otro factor de riesgo importante de infección por *E. coli* son las visitas a granjas y otros lugares donde el público en general puede entrar en contacto directo con el ganado (Centro Clínico de Investigación., 2019).

3.12. Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).

Un brote de ETA es definido como un incidente en el que dos o más personas presentan una enfermedad semejante después de la ingestión de un mismo alimento, y los análisis epidemiológicos apuntan al alimento como el origen de la enfermedad. Los brotes pueden involucrar números diferenciados de casos (un individuo afectado es lo que se entiende como "caso"). Un único caso de botulismo, envenenamiento químico o de una enfermedad que no se encuentre en el país, puede ser suficiente para desencadenar acciones relativas a un brote epidémico, debido a la gravedad de la enfermedad provocada por esos agentes. Además, es importante observar que pueden ocurrir casos aislados de enfermedades de origen alimentario.

Los brotes y casos de ETA registrados representan apenas la "punta del iceberg". La probabilidad de que un brote o caso se reconozca y notifique por las autoridades de salud depende, entre otros factores, de la comunicación de los consumidores, del relato de los médicos y de las actividades de vigilancia sanitaria de las secretarías municipales, departamentales y provinciales de salud.

Los alimentos involucrados con más frecuencia en las epidemias y casos de ETA son aquellos de origen animal. En el 48% de las epidemias ocurridas entre 1973 y 1987 en los EUA, donde se identificó el vehículo, los productos involucrados eran carne bovina, huevos, carne porcina, carne de aves, pescados, crustáceos, moluscos, o productos lácteos.

Para que ocurra una ETA, el patógeno o sus toxinas deben estar presentes en el alimento. Sin embargo, la sola presencia del patógeno no significa que la enfermedad ocurrirá. En la mayoría de los casos de ETA:

El patógeno debe estar presente en cantidad suficiente como para causar una infección o para producir toxinas.

- El alimento debe ser capaz de sustentar el crecimiento de los patógenos, o sea, debe presentar características intrínsecas que favorezcan el desarrollo del agente.
- El alimento debe permanecer en la zona de peligro de temperatura durante tiempo suficiente como para que el organismo patógeno se multiplique y/o produzca toxina. Otras condiciones extrínsecas deben prevalecer para que esta multiplicación y/o producción de toxina sea favorecida.
- Debe ingerirse una cantidad (porción) suficiente del alimento conteniendo el agente, para que la barrera de susceptibilidad del individuo sea sobrepasada.

Las ETA pueden clasificarse en infecciones, intoxicaciones o infecciones mediadas por toxina. La infección transmitida por alimentos es una enfermedad que resulta de la ingestión de alimentos conteniendo microorganismos patógenos vivos, como *Salmonella*, *Shigella*, el virus de la hepatitis A, *Trichinella spirallis* y otros. La intoxicación causada por alimento ocurre cuando las toxinas producidas por bacterias o mohos están presentes en el alimento ingerido o elementos químicos en cantidades que afecten la salud (OPS, 2021) .

3.12.1. Enfermedades Transmitidas por Alimentos en El Salvador

En El Salvador los alimentos elaborados a nivel popular o en forma artesanal son considerados de obtención rápida y de bajo costo y eventualmente son una solución para parte de la población que enfrenta problemas de carácter socioeconómico. Esto obliga a que las personas que laboran en los centros urbanos y sus alrededores tengan que recurrir a los alimentos que se venden en pequeños comedores, en los mercados o en la vía pública. En estos casos, la mayoría de las bebidas y alimentos consumidos, especialmente aquellos que se consumen crudos, se ven expuestos a contaminación por las condiciones ambientales de los establecimientos, la deficiente calidad del agua y por ser preparados por personas que carecen, en su mayoría, de la capacitación adecuada para preparar y manipular alimentos.

Esto representa un grave riesgo para la salud de la población, principalmente cuando existen microorganismos patógenos o parásitos que pueden causar enfermedades de tipo gastrointestinal, así como intoxicaciones y envenenamientos de otros orígenes.

Se desconoce la incidencia exacta de las enfermedades ocasionadas por la ingestión de alimentos populares, debido en parte a limitaciones del servicio de información epidemiológica y a dificultades por parte de los laboratorios para identificar el o los agentes causales.

Una revisión de los casos de diarrea en relación con la edad encontró un predominio entre las edades de uno a cuatro años, lo cual coincide con otros informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS). La incidencia y las muertes por diarrea se manifiestan más intensamente en niños menores de cinco años y en la población joven y la causa más común es el consumo de alimentos contaminados (Calderón, 2009).

Espinoza y colaboradores en 1999, evaluaron la calidad microbiológica de ensaladas frescas elaboradas artesanalmente en los comedores de los mercados del área de San Salvador y Antigua Guatemala. El muestreo realizado fue de tipo aleatorio estratificado, tomando de cada estrato una submuestra mediante el proceso aleatorio simple. La muestra global se obtuvo combinando las submuestras de todos los estratos. El número de muestras analizadas fue de 120 pertenecientes a los 120 mercados de San Salvador y el mercado de Antigua Guatemala; en cada lugar se tomaron 100 gramos de muestra, en forma aséptica, se colocaron en frascos estériles y fueron debidamente refrigerados hasta el momento del análisis. Las determinaciones microbiológicas se basaron en el *Manual de Análisis Bacteriológico para: a) detección y recuento de Escherichia coli* (NMP/g), límite microbiológico NMP/g = 1 000 b) investigación de *Salmonella sp.*, límite microbiológico = ausencia en 25 g. Los resultados se encuentran en la Tabla 1. (Espinoza Alemán, 1999).

Tabla 1.

Muestras de ensalada fresca recolectadas en mercados municipales, no aptas para consumo humano por presencia de Escherichia coli y Salmonella sp.

Mercado	<i>Escherichia coli</i> (mínimo)	<i>Escherichia coli</i> (máximo)	Muestras no aptas para consumo por presencia de <i>Escherichia coli</i> (%)	Muestras no aptas para consumo por presencia de <i>Salmonella sp.</i>
Modelo	-	$>2,4 \times 10^3$	100	67
San Miguelito	-	$>2,4 \times 10^3$	100	67
Mejicanos	-	$>2,4 \times 10^3$	100	25
Zacamil	460	$>2,4 \times 10^3$	80	60
Tineti	<3	$>2,4 \times 10^3$	38	15
Ex cuartel	150	$>2,4 \times 10^3$	60	20
Antiguo Cuscatlán	95	$>2,4 \times 10^3$	89	-
Soyapango	<3	1100	40	-
Tiendona	<3	1100	30	-
San Jacinto	21	$>2,4 \times 10^3$	57	43
Sagrado Corazón	95	$>2,4 \times 10^3$	71	14
Central A	460	$>2,4 \times 10^3$	93	13
Central B	210	$>2,4 \times 10^3$	80	7
Central C	15	$>2,4 \times 10^3$	31	25

Fuente: Espinoza et al, 1999.

En términos generales, el análisis microbiológico de las 120 muestras de ensalada fresca presentó un elevado índice de contaminación con un alto porcentaje de no aptas para el consumo humano. Esto indica prácticas higiénicas inadecuadas como mala manipulación y

deficiente calidad sanitaria del agua que favorece la multiplicación microbiológica presentando un grave riesgo para la salud del consumidor.

3.12.2 Hortalizas y las Enfermedades Transmitidas por Alimentos

Los alimentos denominados hortalizas o verduras incluyen algunas frutas (por ejemplo, tomates y calabazas), hojas (amaranto y repollo), raíces (zanahorias y nabo) e inclusive tallos (apio) y flores (coliflor). Muchas de las plantas de las que se toman estas partes comestibles no tienen relación botánica entre sí. Sin embargo, hortaliza es un vocablo útil en nutrición y en terminología doméstica.

En los países en desarrollo, casi todos los tipos de hortalizas se consumen poco después de su cosecha; a diferencia de los cereales, los tubérculos, las raíces feculentas, las legumbres, las nueces, ellas rara vez se almacenan por períodos prolongados.

No es raro que las poblaciones rurales de Asia, América Latina y África, tengan que recolectar una proporción importante de las hortalizas que consumen. Sin embargo, con una mayor población, la disponibilidad de frutas y hortalizas silvestres está en disminución. Por lo tanto, las hortalizas se obtienen de la granja, la huerta casera, el mercado, los vecinos o de pequeños puestos al lado de la carretera. Cuando las familias rurales con un ingreso bajo se mudan a un entorno urbano, pueden sufrir al tener que comprar hortalizas, porque antes podían recogerlas silvestres o cultivarlas, y gastaban relativamente poco en este elemento de la dieta. De todos modos, las hortalizas rara vez son comidas de prestigio y en muy pocas sociedades ocupan un lugar destacado en la lista de preferencias alimentarias.

Las hortalizas son una parte muy importante de la dieta humana; casi todas son ricas en caroteno y vitamina C y contienen importantes cantidades de calcio, hierro y otros minerales. Su contenido de vitaminas B generalmente es pequeño. Por lo general, suministran sólo un

poco de energía y muy poca proteína. Una gran proporción de su contenido consiste en residuo no digerible, que agrega volumen o fibra a las heces.

Un aumento en el consumo de hojas verdes y otras hortalizas podría tener un papel importante en la reducción de la carencia de vitamina A, que es muy generalizada en los niños, y podría ayudar a disminuir la deficiencia de hierro en todos los segmentos de la población, pero sobre todo en mujeres en edad fértil. Un mayor consumo de hortalizas suministra además calcio y vitamina C adicionales, previene el escorbuto y quizá además ayuda a cicatrizar úlceras y heridas; la vitamina C también aumenta la absorción de hierro.

Las hortalizas que se cultivan en el hogar y en las huertas escolares pueden ser una fuente valiosa de alimentos y una contribución nutricional importante en la ingestión de micronutrientes (Latham, 2002).

Comer frutas y verduras frescas proporciona importantes beneficios para la salud, pero a veces estos productos crudos pueden contener microbios dañinos, como *Salmonella* y *E. coli*. Las frutas y verduras frescas se pueden contaminar en cualquier etapa de su trayectoria desde la granja a la mesa, incluso por la contaminación cruzada en la cocina. Las que se lavan son más seguras, y las que se cocinan bien son seguras (CDC/HHS/USA, 2020) .

3.13. Sanitización de hortalizas con hipoclorito de sodio.

La inocuidad de los alimentos incluye, dentro de las medidas primordiales para la reducción de riesgos de patógenos microbiológicos, la desinfección de superficies, alimentos, entre otros. Uno de los productos más utilizados por su eficacia y costo accesible es el cloro (hipoclorito de sodio). En ese sentido, los países de la región del OIRSA (2020) han manifestado la necesidad de una guía práctica, que detalle el uso correcto del cloro para la desinfección de frutas y hortalizas, especialmente de consumo fresco, equipos y superficies.

El Hipoclorito de sodio (NaClO) es utilizado a gran escala para la desinfección de superficies, equipos y mesas de trabajo que sean resistentes a la oxidación, eliminación de olores, desinfección de agua y tratamiento de alimentos. Entre sus muchas propiedades se incluye su amplia y rápida actividad antimicrobiana, relativa estabilidad, fácil uso y bajo costo. Cuando se mantiene en su recipiente original, a temperatura ambiente y sin destaparlo, puede conservarse durante un mes, pero cuando se ha usado para preparar soluciones, se debe cambiar diariamente. El hipoclorito de sodio es letal para varios microorganismos, virus y bacterias vegetativas, pero es menos efectivo contra esporas bacterianas, hongos y protozoarios.

Para la desinfección de vegetales de consumo fresco, en establecimientos de preparación de alimentos para venta al por menor y en hogares, se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1. Preparar la solución para la desinfección (0.5 mL de hipoclorito de sodio comercial /litro de agua).
2. Lavar los vegetales bajo el chorro de agua hasta eliminar todos los restos del suelo.
3. Introducir los vegetales para desinfectar inmediatamente después de preparar la solución.
4. Dejarlo en reposo durante 5 minutos.
5. Aclarar los vegetales bajo un chorro de agua potable corriente.
6. Escurrir los vegetales.
7. Trocear los vegetales, si procede.

3.14. Calidad microbiológica del agua.

El agua, alimento esencial para los animales incluido el hombre, frecuentemente actúa como vehículo de transmisión de microorganismos entéricos. La materia fecal puede

accidentalmente alcanzar una fuente de abastecimiento, siendo la forma más común el ingreso a través de los sistemas de pozo ciego a napas profundas.

Las normas internacionales, establecen o recomiendan requisitos de calidad para el agua de consumo humano. En general, la normativa establece que el agua es apta bacteriológicamente para consumo si se encuentra exenta de microorganismos patógenos de origen entérico y parasitario intestinal. Ellos transmiten enfermedades tales como salmonelosis (*Salmonella*), shigelosis (*Shigella*), cólera (*Vibrio Cholerae*), amebiasis (*Entamoeba histolytica*), alteraciones gastrointestinales (*Aeromonas mesófilas*, *Helicobacter pylori*, *Campylobacter*; giardiasis (*Giardia lamblia*), criptosporidiosis (*Cryptosporidium*), esquistosomiasis (*Schistosoma*), desórdenes hepáticos (virus de hepatitis), etc. La presencia de microorganismos patógenos en el agua de bebida es un riesgo que se incrementa en las áreas marginales de mayor densidad poblacional o en zonas sin disponibilidad de agua potable. La seguridad que un agua contaminada puede ser causal de enfermedades ha conducido a la necesidad de controlar rutinariamente la calidad microbiológica de muestras de diversos orígenes.

Los controles rutinarios de la totalidad de los microorganismos hídricos, potencialmente riesgosos para la salud, resultan difíciles de llevar a cabo debido a la gran variedad de bacterias patógenas cultivables, a la complejidad de los ensayos de aislamientos y a la presencia en baja concentración de varias especies altamente agresivas, sin que el orden detallado indique prioridad. Por esta razón, los análisis bacteriológicos apuntan a la búsqueda de microorganismos indicadores de contaminación fecal y se centralizan en la cuantificación de coliformes. Este grupo está integrado por enterobacterias, siendo *Escherichia coli* el indicador universal de contaminación fecal (Apella & Araujo, 2011).

3.15. Reglamento Técnico Salvadoreño 13.02.01:14. Agua. Agua de consumo humano.

Requisitos de calidad e inocuidad.

El agua para consumo humano no debe ser un vehículo de transmisión de enfermedades, por lo que es importante establecer parámetros y sus límites máximos permisibles para garantizar que sea sanitariamente segura.

Este reglamento, (Ver Anexo N° 12), tiene por objeto establecer los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua potable para proteger la salud pública. Esta norma aplica en todo el territorio nacional y considera todos los servicios públicos, municipales y privados sea cual fuere el sistema o red de distribución, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su estado físico. (RTS 13.02.01:14, 2018).

CAPITULO IV
METODOLOGIA

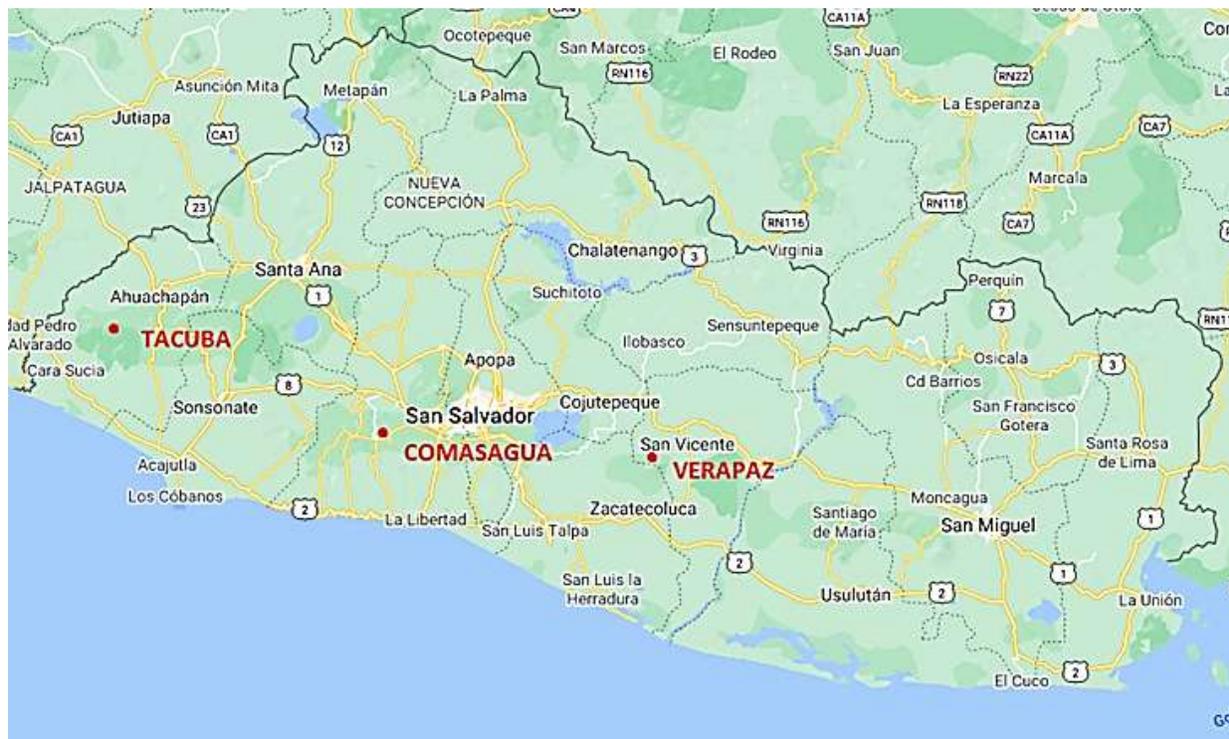
4. METODOLOGÍA

4.1. Ubicación del área de estudio.

Se realizó una investigación bibliográfica previa y una investigación de campo, en tres distintas zonas de producción agroecológica, establecidas en los municipios de Tacuba, departamento de Ahuachapán, Comasagua, departamento de La Libertad y Verapaz en el departamento de San Vicente. (Ver Figura 13).

Figura 13.

Localidades donde se recolectaron muestras (Fuente Google maps, 2021).



Las tres zonas intervenidas durante la fase de campo de la investigación fueron escogidas entre todo el conjunto de puntos focales distribuidos por el territorio salvadoreño en los que se practica la agricultura agroecológica sin certificación del manejo orgánico implementado y donde cada productor recurre a sus propias formulas y métodos de manejo orgánico.

Las parcelas de producción en cuestión fueron visitadas por el equipo investigador previamente con objetivos laborales o comerciales distintos a la investigación, pudiéndose apreciar el gran valor social y económico que representa para dichas comunidades el poder desarrollar una agricultura al alcance de sus posibilidades pero con sustento científicos diseminados en gran parte mediante el compartimiento horizontal de saberes entre agricultores y adoptados por los productores con distintos niveles de tecnificación pero obteniendo buenos resultados productivos y económicos en beneficio de la seguridad alimentaria de las familias; no obstante sobre el equipo investigador surgió la duda en cuanto a afectaciones a la inocuidad derivadas del uso de insumos probablemente preparados sin seguir adecuadamente las recomendaciones técnicas, así como por el uso de aguas para el riego provenientes de cuencas y microcuencas hidrográficas que atraviesan zonas pobladas y por tanto presumiblemente contaminadas.

Siendo que, la distribución de los productos originados en las tres zonas mencionadas ha alcanzado mercados allende de las comunidades y que por ser zonas productivas emergentes aún no se ha prestado mayor atención en el tema de inocuidad, se consideró oportuno acompañar el esfuerzo local de manera que los resultados obtenidos brinden más confianza a los productores en cuanto alcanzar nuevos mercados o bien les permita hacer las correcciones que les permitan tener a ellos y a sus cliente la seguridad de estar consumiendo productos con una calidad microbiológica que no ponga en riesgo su salud.

Los sistemas agrologicos incluidos en el estudio se diferencian entre sí, tanto por las condiciones climáticas, edáficas, hidrológicas y el manejo agronómico que sus cultivadores adoptan; una descripción particular de cada parcela y de todas estas las condiciones agrológicas es la siguiente.

Zona 1: Cantón El Rosario, Municipio de Tacuba, Departamento de Ahuachapán.

Ubicación geográfica

Latitud: 13° 53´ 50” N, Longitud: 89° 55´ 30” O

Altura SNM: 760 m

Distancia al centro de Tacuba: 2.2 km

Distancia al centro de San Salvador: 120 km

*Determinadas instrumentalmente por el equipo investigador.

Condiciones agro meteorológicas.

Enclavado al Nor-Occidente de la Cordillera de Apaneca –Ilamatepec el municipio de Tacuba describe una topografía montañosa bien diferenciada al paisaje de los valles interiores del departamento de Ahuachapán, teniendo a sus espaldas la planicie costera se propicia un clima tropical seco, caracterizado en la temporada de lluvia por un calor húmedo opresivo y un ambiente frío y nublado al alba; la temporada seca es calurosa y húmeda, ventosa y mayormente despejada. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 17 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube a más de 32 °C.

Los vientos. En la época más calmada (Mzo – Nov) alcanzan una velocidad máxima de 8.9 km/hora, mientras que en la época más ventosa (Nov –Ene) se han registrado hasta 18.9 km/hora.

Lluvia. Con un histórico de precipitaciones promedio de 1800 mm que contrasta con un intervalo de 700 a 900 mm registrado en la última década (Weather Spark, 2021).

Suelos. Andisoles; suelos negros de origen volcánico que típicamente se encuentran en zonas montañosas que permiten variedad de cultivos: caña de azúcar, tabaco, papa, té, hortalizas, trigo y arroz, entre otros (Rico N, M. A., 1986) .

Hasta la década de los 90´s el principal rubro productivo del municipio fue el café producido en fincas propiedad de terratenientes que no permitían a sus colonos la

implementación de otros cultivos (la producción de granos básicos se implementa en terrenos marginales influenciados por el calor de la costa); sin embargo, la crisis del rubro cafetalero propicio en el municipio una grave crisis económica y social que pudo ser paliada mediante la estrategia de diversificación agroproductiva, en la que la agricultura agroecológica permitió enfrentar en parte la crisis alimentaria.

Zona 2: Eco-Finca, Cantón El Conacaste, Caserío San Rafael, Municipio De Comasagua, Departamento de La Libertad.

Ubicación geográfica.

Latitud: 13° 36´ 35” N, Longitud: 89° 22´ 92” O

Altura SNM: 910 m

Distancia al centro de Comasagua: 4.3 km

Distancia al centro de San Salvador: 37 km

*Determinadas instrumentalmente por el equipo investigador.

Condiciones agrometeorológicas.

En Comasagua, el clima es tropical seco o de sabana, con un acumulado promedio de lluvias en la última década que alcanza los 742 mm, la temperatura máxima promedio en Comasagua es 33°C en marzo y de 29°C en octubre, mientras que las mínimas promedio son de 19 °C (Dic -Ene) y 20°C (Feb y Oct), con índice promedio de radiación de 6.5 UV (Weather Spark, 2021).

Suelos: Latosoles Arcillo Rojizos y Andisoles; los primeros caracterizados por ser arcillosos de color pardo, amarillento café y hasta rojizo son propios de lomas y montañas, son bien desarrollados con estructura en forma de bloques, siendo aptos para casi todos los cultivos. Mientras que los segundos son; suelos negros de origen volcánico que típicamente se

encuentran en zonas montañosas que permiten variedad de cultivos: caña de azúcar, tabaco, papa, té, hortalizas, trigo y arroz, entre otros (Rico N, M. A., 1986).

Comasagua fue un municipio altamente afectado por la crisis ocasionada por la caída de los precios internacionales del café, por estar situado en la parte alta de la Cordillera del Bálsamo, la situación económica se agravo aún más con el aislamiento sufrido por la destrucción de sus principales vías de acceso a causa de los terremotos de 2001, por lo que la adopción de una agricultura agroecológica se volvió no solo fuente de trabajo para muchas familias, sino que permitió asegurar el sustento de las familias, aunque las parcelas productivas se encuentran aguas abajo de las zonas urbanas del municipio .

Zona 3: Municipio de Verapaz, departamento de San Vicente

Ubicación geográfica.

Latitud: 13° 41' 04" N, Longitud: 88° 52' 41" O

Altura SNM: 670 m

Distancia al centro de Verapaz: 1.7 km

Distancia al centro de San Salvador: 58.8 km

*Determinadas instrumentalmente por el equipo investigador.

Condiciones agrometeorológicas.

En Verapaz, el clima es de sabana (Tropical – Seco); hace calor todos los meses, tanto en la estación seca como en la de lluvias. La temperatura media anual es 31°C, con un clima cálido o clima caluroso; la temperatura máxima promedio es 34°C en marzo y de 30°C en octubre, con moderada precipitación ya que no llueve durante 176 días/año, alcanzando una media anual de 739 mm, la humedad media es del 73% y el Índice UV es 6 (Weather Spark, 2021).

En el municipio se producen granos básicos, caña de azúcar, Frutas y hortalizas; localmente la agricultura orgánica es una práctica reciente, las primeras experiencias de cultivos hortícolas tecnificados y bajo manejo orgánico fueron severamente afectadas por el derrumbe ocurrido en octubre de 2009 a causa de la Tormenta Ida, estos eventos cambiaron la capacidad productiva del suelo y ha sido las practicas agroecológica una estrategia atinada para lograr su recuperación.

Suelos. Andisoles; suelos negros de origen volcánico que típicamente se encuentran en zonas montañosas que permiten variedad de cultivos: caña de azúcar, tabaco, papa, té, hortalizas, trigo y arroz, entre otros (Rico N, M. A., 1986).

4.2. Tipo de estudio.

De campo, debido a que se hicieron visitas a las zonas de cultivo para determinar el promedio de hortalizas cultivadas por parcela y establecer el número de muestras a emplear en la investigación.

Experimental, debido a que se realizó la evaluación de la calidad microbiológica de hortalizas orgánicas cosechadas cuya parte comestible corresponde a distintos estratos de la planta respecto al suelo (raíz - subsuelo, hoja - superficie y baya -parte aérea) y producidas en tres sistemas agroecológicos que se diferencian entre sí tanto por su ubicación geográfica, las condiciones agrológicas imperantes, así como por el tipo de manejo brindado. Se determinó la calidad microbiológica del fertilizante orgánico utilizado en los tres sistemas de producción basándose para ello en los parámetros que establece la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) de México (A la fecha, el MAG de El Salvador no ha establecido parámetros que normen la calidad de los insumos orgánicos) y se valoró la calidad microbiológica del agua para riego utilizada, según lo definido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador.

4.3. Universo y muestra.

Universo:

Estuvo conformado por el total de plantas cultivadas en cada parcela de producción hortícola en las que se desarrolló la fase de campo de la investigación, estas se ubican en tres distintas zonas agroecológicas ubicadas en los municipios de Tacuba departamento de Ahuachapán, Comasagua, departamento de La Libertad y Verapaz, departamento de San Vicente. Según el cultivo y el tamaño de la parcela, el estimado de plantas por parcela fue el que se ilustra a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2.

Número promedio de plantas por cultivo y por localidad.

CULTIVO	NÚMERO PROMEDIO DE PLANTAS POR LOCALIDAD		
	Tacuba	Comasagua	Verapaz
Rábano	140	95	125
Tomate	150	130	145
Lechuga	125	150	100

Además, se consideró como parte de este universo:

- El agua de riego proveniente de fuentes superficiales (Rio Guayapa en Tacuba, Rio San Antonio en Comasagua, y Rio Jiboa en Verapaz).
- El fertilizante orgánico preparado por los productores de las hortalizas, que son de diversos tipos, debido a que cada productor elabora sus propias formulaciones de fertilizantes.

Muestra:

- Rábano (*Raphanus sativus*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) y lechuga (*Lactuca sativa L.*), se seleccionaron por ser hortalizas que se producen en El Salvador durante todo el año y ser de alta demanda para el consumo en fresco por la población.
- Agua de riego de puntos seleccionados, recolectada en frascos de polietileno estéril.
- Fertilizante orgánico preparado por cada productor de las parcelas seleccionadas.

Tamaño de la muestra, según MIL-STD:

Ya que las muestras de hortalizas se tomaron a partir de un universo muestral finito y que se conocía su tamaño, se determinó el tamaño de la muestra utilizando las tablas Military Standard 105E (USDOD, 2004), utilizando el nivel de inspección II o normal (Anexo 10).

Debido a que el número promedio de plantas fue de 129, se seleccionó la letra código “F”, que indica que el tamaño de muestra debe ser 20; de allí que el número de muestras fue el que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3.

Cantidad de muestras de hortalizas por localidad.

HORTALIZA	n
Rábano	20
Tomate	20
Lechuga	20
Número de muestras de hortalizas por locación:	60
Repeticiones debido al número de locaciones:	3
Repeticiones en la misma parcela	2
Total de muestras de hortalizas:	360

Además de las 360 muestras de hortalizas se recolectaron muestras del agua utilizada para regar las parcelas, así como de cada formulación de abono orgánico desarrollada por los productores.

- Total, de muestras de agua de riego: 6
- Total, de muestras de fertilizante orgánico: 6

4.4. Recolección de muestras.

Para la toma de muestras representativas en las tres localidades de estudio, se utilizó el muestreo al azar en zigzag (Anexo 1), se procedió a tomar el número calculado de muestras por parcela de cada cultivo para hacer un total de 60 muestras por finca o sistema agroecológico, a la vez se recolectaron dos muestras del agua de riego suministrada a cada parcela y dos muestras del fertilizante orgánico utilizado (en Comasagua se colectaron 4 muestras de fertilizantes, debido a que simultáneamente estaban utilizando 4 formulaciones distintas); haciendo un total de 374 muestras durante toda la investigación (Ver Tabla 4).

Tabla 4.

Total, de muestras por localidades.

Muestras de	Localidades			Repeticiones	Total
	Tacuba	Comasagua	Verapaz		
Hortalizas	60	60	60	2	360
Agua	2	2	2	1	6
Fertilizante	2	4	2	1	8
Total					374

4.5. Transporte e identificación de muestras.

Las muestras de hortalizas y de fertilizante orgánico se recolectaron en bolsas plásticas estériles, las muestras de agua en frascos de polietileno estéril, cada muestra se etiquetó e identificó con los siguientes datos:

- Nombre de muestra.
- Localidad.
- Fecha de recolección.
- Hora de recolección.
- Nombre de colector.

Las muestras se trasladaron en el menor tiempo posible al Laboratorio de Microbiología Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, para ello se utilizó una hielera previamente desinfectada y al llegar al laboratorio se mantuvieron a una temperatura entre 4 – 10°C hasta el momento de su análisis.

4.6. Parte experimental de laboratorio

Esta fase se realizó siguiendo los protocolos necesarios para generar resultados confiables, se garantizó no solo la cuidadosa preparación de las muestras, sino se contó también con el equipo adecuado y bien calibrado, se guardaron los tiempos técnicamente recomendados, y se evitó cualquier interferencia que afectara el proceso, guardando precisión en la determinación y presentación de los resultados.

En la tabla 5, se muestra el tipo de muestras que se analizaron, las determinaciones microbiológicas con su respectiva norma de referencia con la que se ha realizado la comparación.

Tabla 5.

Tipo de muestras analizadas y las determinaciones microbiológicas realizadas.

TIPO DE MUESTRAS	DETERMINACIONES	NORMATIVA DE REFERENCIA COMPARATIVA
Hortalizas	<i>E. coli</i> O157:H7. <i>Salmonella</i> spp.	Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:17 para el grupo 4.0 de frutas y vegetales frescos. NTS No. 071-MINSA/DIGESA-V.01
	Coliformes totales y fecales <i>Escherichia coli</i> .	Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMSF), 1983.
Fertilizante orgánico	<i>Salmonella</i> spp. Coliformes totales y fecales.	Guía Uso y Manejo de Abonos Orgánicos, 2017, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) de México.
Agua de riego	<i>Escherichia coli</i> . Coliformes totales y fecales.	Ministerio de Agricultura y Ganadería. Reglamento Técnico Salvadoreño 13.02.01:14. Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de calidad e inocuidad.

Ante la ausencia de parámetros de evaluación para coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* genérica en el RTCA 67.04.50:17 para el grupo 4.0 de frutas y vegetales frescos, se procedió a la búsqueda y comparación de normativas que definieran los límites microbiológicos de estos, encontrando que tanto la “Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano” NTS No. 071-MINSA/DIGESA-V.01 de la República del Perú, como también los límites microbiológicos definidos en 1983 por la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos – conocida por sus siglas en inglés- ICMSF, hacían referencia a dichos parámetros.

Adoptándose para la presente investigación los parámetros de evaluación de la calidad microbiológica definidos por la ICMSF para *E. coli*, ya que no solo resultan ser similares que los definidos en la NTS No. 071-MINSA/DIGESA-V.01, sino que también fueron los parámetros adoptados por González, C. en el estudio “Rastreabilidad de Hortalizas para Determinar su Inocuidad Biológica” el cual fue realizado en 2006, en condiciones similares por analizar muestras de productos obtenidas en mercados de El Salvador.

4.6.1. Procedimiento para la preparación de muestras.

Toma de muestra de hortalizas. Se utilizaron bolsas estériles, una para cada muestra de hortaliza, en total fueron 360 hortalizas recolectadas.

Figura 14.

Recolección de muestras de hortalizas A) Comasagua. B) Tacuba.



A

B

Toma de muestra de fertilizante orgánico. Se utilizaron bolsas estériles, una para cada muestra de abono, en total fueron 8 muestras de fertilizante recolectadas a partir del número total de sacos de abono orgánico fermentado tipo Bocashi, con que se contaba en cada finca, se escogieron al azar los sacos de los que se tomaría un número significativo de

submuestras que sirvieron para definir una sola muestra compuesta siguiendo el procedimiento que se describe a continuación.

Método de conformación de muestra compuesta:

1. Al azar se escogieron un número de sacos de abono orgánico, correspondiendo estos al 30% del lote de abono elaborado bajo la misma formulación utilizada durante ese periodo de cultivo.
2. Cada muestra sencilla tenía un peso aproximado de 1 kg (2.2 lbs) y se tomó en la parte central del saco, embolsándose, numerándose e identificando su procedencia.
3. Una vez en la zona de análisis, cada una de las submuestras fue vertida sobre una carpeta de plástico nueva, procediendo luego a juntarlas y formar con ellas un solo lote o "batch", que fue mezclado hasta que no se mostraran diferencias de coloración y textura; considerando que en ese momento ya se contaba con un material homogenizado.
4. Del material homogenizado se tomó y vertió dentro de una bolsa estéril una cantidad que se pesó hasta quedar un peso 1 kg, esta constituiría la muestra compuesta.
5. La muestra compuesta se volvió a etiquetar colocando lugar de procedencia, hora y fecha de la obtención, cantidad y tomador de muestra.
6. La muestra fue llevada al laboratorio, donde fue refrigerada hasta llegar el momento de hacer las preparaciones para su análisis.

Cabe recalcar que todos los equipos y materiales utilizados habían sido esterilizados o sanitizados previamente y que igualmente el manipulador utilizó implementos adecuados para evitar la contaminación de las muestras.

Este procedimiento se realizó para el material proveniente de cada una de las tres zonas de estudio y se efectuó a más tardar 4 horas que fue el tiempo promedio que llevó el viaje desde la zona de obtención al laboratorio.

Figura 15.

Recolección de muestras de fertilizante A) Llenado de etiqueta B) Toma de submuestras para formar una muestra compuesta.



A

B

Toma de muestra de agua de riego. Se tomaron 6 muestras, utilizando frascos estériles, de boca de ancha con tapón de rosca con capacidad de 100 mL. y se procedió a tomar la muestra de las siguientes maneras:

Método para grifos:

- Se abrió la válvula de control del sistema de riego alimentado directamente desde un río, por 2 minutos y se dejó correr el agua.
- Con una torunda de algodón impregnada de alcohol se limpió el grifo.
- Se colocó el frasco de plástico estéril de capacidad de 100 mL. y se llenó hasta los hombros del frasco.
- Se colocó en una hielera y se transportó a una temperatura entre 4°C y 10°C.

Método para agua estancada:

- Se sumergió el frasco de plástico estéril de capacidad de 100 mL y se llenó hasta los hombros del frasco.
- Se colocó en una hielera y se transportó a una temperatura entre 4°C – 10°C.

Figura 16.

Toma de muestras de agua de riego. Método para agua estancada.

**4.6.2. Procedimiento para la preparación de la muestra (Hortalizas).**

Las hortalizas que no fueron tratadas con hipoclorito de sodio solamente fueron lavadas con agua previo a la preparación de las diluciones.

Preparación de diluciones. BAM (2015)

- Para la dilución 10^{-1} . Se pesó en forma directa y aséptica 25 gramos de muestra contenida en una bolsa Stomacher™ estéril, agregando posteriormente 225 mL. de agua peptonada y homogenizando por medio de Stomacher™.
- Dilución 10^{-2} . Inmediatamente después de homogenizada la muestra se tomó una porción de 10 mL. de la dilución anterior, con una pipeta estéril despuntada y se agrega a un frasco de dilución que contiene 90 mL de solución diluyente estéril, evitando el contacto entre la pipeta y el diluyente.
- Dilución 10^{-3} . Se tomó con una pipeta 10 mL de la dilución 10^{-2} y se agregó a otro frasco conteniendo 90 mL de la solución diluyente.

Cada dilución se agitó antes de su inoculación, transcurriendo un tiempo no mayor de 15 minutos entre la dilución de la muestra y su inoculación.

Este procedimiento se aplicó también a las hortalizas que se desinfectaron con hipoclorito de sodio y se evaluó la diferencia en los resultados de análisis microbiológicos con las hortalizas sin desinfectar.

Figura 17.

A) Lavado de hortalizas con agua. B) Preparación de diluciones.

**A****B**

4.6.3. Procedimiento de desinfección de hortalizas. OIRSA (2020).

- Se lavaron las hortalizas con agua potable hasta que la superficie se encontró visualmente limpia,
- Se sumergieron las hortalizas en agua con hipoclorito de sodio (NaClO) a razón de 10 gotas NaClO por litro de agua, dejándolas por un tiempo de 5 minutos.
- Al final se lavaron con agua potable para barrer los residuos del hipoclorito de sodio.

Figura 18.

Hortalizas sumergidas en agua con hipoclorito de sodio.



4.6.4. Procedimiento para la preparación de la muestra de Fertilizante Orgánico.

Preparación de diluciones. Frioni (2005).

- Se diluyeron 10 gramos o 10 mL. de fertilizante orgánico en 90 mL. de agua estéril.
- Utilizando el agitador de Plataforma Orbital se agitaron las muestras por 10 minutos a 225 rpm
- Se tomó una alícuota de 0.1 mL. de la dilución y se mezcló con 0.9 mL de agua estéril en tubos Eppendorf, desde la dilución 10^{-2} a 10^{-3} .

4.6.5. Prueba para bacterias coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*

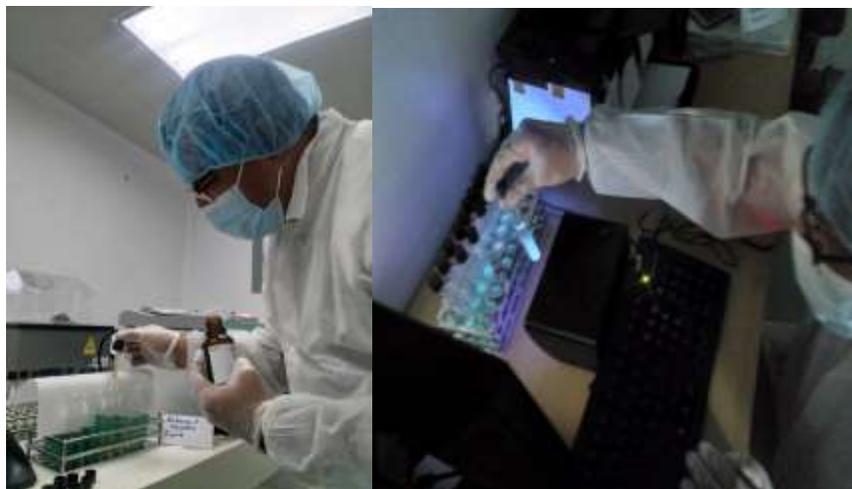
***O157:H7*, BAM (2002) y Downes F. P. y Ito K. (2001).**

- De cada una de las diluciones se transfirió 1 mililitro a tres tubos que contienen caldo Rapid HiColiform™.
- Se incubaron los tubos a $35 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 24 horas.

- Los tubos que transcurridas las 24 horas presentaron color azul verdoso, indicaron prueba positiva para coliformes totales. Posteriormente se examinaron bajo luz ultravioleta en un cuarto oscuro, utilizando lámpara fluorescente. La producción de un pigmento fluorescente constituye una prueba positiva para *Escherichia coli*.
- Para confirmar la presencia de *Escherichia coli* se añadieron dos gotas de reactivo de Kovacs, una coloración roja indicó prueba positiva.
- Se tomaron dos asadas de los tubos que presentaron fluorescencia y se sembraron en tubos que contenían caldo EC (caldo *Escherichia coli*), incubándolos en baño de agua a 44.5°C por 24 horas, la presencia de gas indicó prueba positiva para coliformes fecales.
- Se tomaron dos asadas de los tubos que presentaron color azul verdoso y se sembraron sobre una superficie HiCrome™ EC O157:H7 Agar, Modificado.
- Se incubaron a 35-37°C por un tiempo de 18 a 24 horas.
- Si se hubieran observado colonias color magenta o púrpura oscuro en las placas luego de la incubación, se hubiera reportado como presencia de *Escherichia coli* O157:H7 no obstante ninguna de las muestras resultó positiva para este serotipo.

Figura 19.

A) Adición de reactivo de Kovacs. B) Exposición de tubos a luz UV.

**A****B**

4.6.6. Determinación de *Salmonella* spp. Método modificado BAM (2015).

- De la dilución 10^{-1} se tomaron dos asadas y se colocaron en tubos que contenían caldo Tetrionato y en tubos con caldo Rappaport Vassiliadis.
- Se incubaron los tubos inoculados a 35°C por 24 horas.
- Se tomaron dos asadas y se sembraron sobre una superficie de Agar SS (*Salmonella-Shigella*) y Agar Rambach™.
- Se Incubaron a 35°C por 24 horas.
- Se seleccionaron las colonias negras y rosadas, translucidas o ligeramente opacas en el Agar SS y Rambach™, para realizarles pruebas bioquímicas para su confirmación.

Resultados de pruebas bioquímicas: Los cultivos que presentaron un fondo amarillo con gas en agar TSI y H_2S positivas, bisel sin alteración o rojo, indicaron presencia de *Salmonella* spp.

4.6.7. Determinación de coliformes totales, fecales, y *Escherichia coli* en agua.

CONACYT (2009).

Prueba presuntiva:

- Se inocularon 20 mL. de la muestra en cinco tubos con Lauril Sulfato a Triple concentración (LST) y se agitó suavemente.
- Los tubos se incubaron a (35 ± 0.5) °C en incubadora por (48 ± 2) horas.
- Se observaron los tubos de LST para ver si había formación de gas en el tubo Durham, turbiedad y fermentación.

CAPITULO V
RESULTADOS Y ANÁLISIS

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con el fin de verificar la calidad microbiológica de hortalizas cultivadas bajo manejo orgánico y cosechadas en distintos estratos de desarrollo en la planta, se realizaron determinaciones microbiológicas en 3 zonas distintas, representadas por igual número de fincas agroecológicas ubicadas en las siguientes localidades:

Zona 1: Caserío Santa Teresa, Cantón El Rosario, Municipio de Tacuba, Departamento de Ahuachapán.

Zona 2: Eco-Finca, Cantón El Conacaste, Caserío San Rafael, Municipio De Comasagua, Departamento de La Libertad.

Zona 3: Cantón San Antonio Jiboa, Municipio de Verapaz, departamento de San Vicente.

Además, se determinó la calidad microbiológica de los fertilizantes orgánicos elaborados y utilizados por los productores de cada localidad, y la calidad microbiológica del agua que utilizan para regar cada cultivo evaluado.

Los parámetros de comparación utilizados para determinar la inocuidad de los productos hortícolas provenientes de las fincas agroecológicas que constituyeron las tres zonas de estudio para el presente trabajo son el dado por el RTCA 67.04.50:17 Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos, Grupo de Alimento 4: Frutas y Vegetales, Sub grupo 4.1. Frutas y vegetales frescos, que requiere la ausencia de *Salmonella spp* y *Escherichia coli* O157:H7 por cada 25 g de muestra, como límite permitido y ante la no mención de *Escherichia coli* genérica, coliformes totales y fecales en el referido RTCA, se adoptó el criterio de la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMSF, 1983) que define como aceptable la presencia de *E. coli* en un rango de ≤ 1000 NMP/g de muestra de hortaliza (similar al requerimiento de 10^3 /g de muestra normado por la NTS No. 071-MINSA/DIGESA-V.01 del Perú). Por otro lado para los fertilizantes los resultados se han

comparado con la Guía uso y manejo de abonos orgánicos, 2017, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) de México que establece que *Salmonella* debe estar ausente y las coliformes fecales menos de 1000 NMP/g, así como para el análisis de agua se utilizó el Reglamento Técnico Salvadoreño 13.02.01:14, que establece que tanto para bacterias coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* las muestras deben contener menos de 1.1 NMP/100 mL y según la (ICMSF, 2011), las pruebas a aguas de riego y otras aguas agrícolas para garantizar la seguridad y calidad de los vegetales se establece un límite máximo de $10^2/100$ mL de *E. coli*.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

5.1. Zona 1: Cantón El Rosario, Municipio de Tacuba, Departamento de Ahuachapán

A) Hortalizas

Las muestras de lechuga y rábano que solo se lavaron con agua, contienen abundantes coliformes totales, mientras que las muestras de tomate contienen una cantidad tanto de coliformes totales y fecales que es aceptable y no se registra presencia de la cepa enterohemorrágica O157:H7 de *E. coli*. Se puede inferir de estos resultados que la distancia en que se encuentra la parte comestible de las hortalizas con respecto al suelo tiene una relación directa con su contaminación y esto se puede observar en los resultados, ya que rábano y lechuga están en contacto directo con el suelo y resultaron contaminados con coliformes totales abundantes.

Los tomates a pesar de solamente ser lavados solo con agua para retirar los restos visibles de suciedad cumplieron con las normas siendo todas las muestras aceptadas (Tabla 6). Las muestras de lechuga no cumplieron con el parámetro mínimo de coliformes totales cuando se les realizó el proceso de lavado solamente con agua.

Tabla 6.

Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas que fueron solo lavadas con agua, Tacuba, 2022.

Hortalizas lavadas con agua					
Tomate	Coliformes totales*	Coliformes fecales*	<i>Escherichia coli</i>*	<i>E. coli</i> 0157:H7**	<i>Salmonella spp.</i>**
Muestra aceptable	20	20	20	20	20
Muestra no aceptable	0	0	0	0	0
Hortalizas lavadas con agua					
Lechuga	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella spp.</i>
Muestra aceptable	0	20	20	20	20
Muestra no aceptable	20	0	0	0	0
Hortalizas lavadas con agua					
Rábano	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella spp.</i>
Muestra aceptable	0	0	0	20	0
Muestra no aceptable	20	20	20	0	20

* Respecto a lo establecido por ICMSF, 1983.

** Respecto a lo establecido por el RTCA 67.04.50:17.

La carga de coliformes totales de las muestras de lechuga de Tacuba (Figura 20) al ser desinfectadas con hipoclorito de sodio disminuye, mientras que las muestras de rábano aún después del proceso de desinfección continúan siendo inaceptables los valores de coliformes totales, fecales y *E. coli* (Tabla 7). La alta carga microbiana de las muestras de rábano puede estar influenciado por la alta carga de microorganismos patógenos del agua de riego, (Tabla 9) ya que esta además de estar contaminada es aplicada por inundación, entrando en contacto directo con la planta y permaneciendo húmeda por más tiempo.

Tabla 7.

Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio, Tacuba, 2022.

Hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio					
Tomate	Coliformes totales*	Coliformes fecales*	<i>Escherichia coli</i>*	<i>E. coli</i> 0157:H7**	<i>Salmonella spp.**</i>
Muestra aceptable	20	20	20	20	20
Muestra no aceptable	0	0	0	0	0
Hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio					
Lechuga	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella spp.</i>
Muestra aceptable	20	20	20	20	20
Muestra no aceptable	0	0	0	0	0
Hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio					
Rábano	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella spp.</i>
Muestra aceptable	0	0	0	20	20
Muestra no aceptable	20	20	20	0	0

* Respecto a lo establecido por ICMSF, 1983.

** Respecto a lo establecido por el RTCA 67.04.50:17.

Figura 20.

A) Anillo de indol en el primer tubo de la dilución 10^{-1} lechuga lavada con agua. B) Ausencia de la formación de anillo de indol en lechuga desinfectada, Tacuba, 2022.



A

B

Si bien es cierto que algunas muestras poseen cargas significativas de *E. coli* ninguna es del serotipo O157:H7. Los rábanos lavados solamente con agua dieron positivo a *Salmonella spp.*, pero luego de ser desinfectados con hipoclorito de sodio el resultado fue negativo.

Figura 21.

Agar SS, presencia de *Salmonella* en muestras de rábano, Tacuba, 2022.



B) Fertilizante orgánico

Figura 22.

A) Caldo Rapid HiColiform™ inoculado con fertilizante. B) Caldo Rapid HiColiform™ inoculado con fertilizante foliar, Tacuba, 2022.



A

B

Los fertilizantes orgánicos formulados y utilizados por los agricultores de la localidad de Tacuba, cumplen con los lineamientos microbiológicos de SAGARPA, debido a que el Bocashi que utilizan pasa por un proceso de aceleración de fermentación al cubrir el abono con sacos de fibra durante los tres primeros días después de formulado.

La temperatura del abono se controla durante todos los días a 50°C, ajustando mediante volteos y mezclando todo el lote dos veces al día, hasta que logran su maduración y la temperatura es igual a la temperatura ambiente, su color es gris claro, y queda seco con un aspecto de polvo arenoso y de consistencia suelta.

Al realizar correctamente el proceso de elaboración y fermentación del bocashi se aseguran de eliminar cualquier patógeno que pudo estar presente en las materias primas.

En cuanto al fertilizante orgánico foliar, las materias primas son cáscaras de frutas que al mezclarse con melaza y estar en un sistema anaerobio, se fermentan y alcanzan pH de 3.0 que no es favorable para las bacterias entéricas porque obtienen un fertilizante que cumple con los parámetros de SAGARPA.

Tabla 8.

Determinación de la calidad microbiológica de los fertilizantes orgánicos elaborados en Tacuba, 2022.

Localidad	Nombre del abono	Concentración de coliformes totales (NMP/g)	Concentración de <i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	Estándar microbiológico SAGARPA, 2017
Tacuba	Bocashi	23	Ausencia	Ausencia	<i>Salmonella</i> ausente, menos de 1000 NMP/g coliformes fecales
	Bocashi	23	Ausencia	Ausencia	
	Foliar	<3	Ausencia	Ausencia	
	Foliar	<3	Ausencia	Ausencia	

C) Agua

En la zona de Tacuba, se realizaron muestreos de agua de río, del punto de recolección para riego y de un estanque tipo pileta, las cuales se utilizaron para inocular tubos de LST a nivel de laboratorio (Figura 23).

Figura 23.

Tubos de LST, izquierda sin inocular, derecha inoculado con agua de río, Tacuba, 2022.



Ninguna de las muestras de agua de Tacuba cumplió los parámetros dados por el RTS 13.02.01:14 ni los parámetros definidos por el ICMSF, 2011; convirtiéndose entonces el agua en un agente transportador de coliformes totales, fecales, *E. coli* y *Salmonella* para los cultivos establecidos en los sistemas agroforestales incluidos en la presente investigación (Tabla 9 y figura 24).

Tabla 9.

Determinación de la calidad microbiológica del agua de riego para las hortalizas de Tacuba, 2022.

Localidad	Nombre de muestra	Concentración de coliformes totales (NMP/100 mL)	Concentración de <i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	<i>Salmonella</i> spp.
Tacuba	Agua río	> 1100	> 1100	Positivo
	Agua río	> 1100	> 1100	Positivo
	Estanque	> 1100	> 1100	Positivo
	Estanque	> 1100	> 1100	Positivo
RTS 13.02.01:14	Coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> <1.1 NMP/100 mL			
ICMSF,2011	Pruebas para aguas de riego y otras aguas agrícolas para la seguridad y calidad de los vegetales. <i>E. coli</i> Límite máximo 10 ² /100 mL			

Figura 24.

Presencia de Salmonella en agua estancada, Tacuba, 2022.



5.2. Zona 2: Eco-Finca, Cantón El Conacaste, Caserío San Rafael, Municipio de Comasagua, Departamento de La Libertad.

A) Hortalizas

De las hortalizas de Comasagua, que solo fueron enjuagadas con agua, los tomates cumplieron con todos los parámetros de evaluación y el rábano no cumplió en relación con la cantidad de coliformes totales. En el caso de la lechuga no fue aceptable por la presencia de coliformes y de *Salmonella* (Tabla 10).

Tabla 10.

Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas que fueron solo lavadas con agua, Comasagua, 2022.

Hortalizas lavadas con agua					
Tomate	Coliformes totales*	Coliformes fecales*	<i>Escherichia coli</i>*	<i>E. coli</i> 0157:H7**	<i>Salmonella</i> spp.**
Muestra aceptable	20	20	20	20	20
Muestra no aceptable	0	0	0	0	0
Hortalizas lavadas con agua					
Lechuga	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella</i> spp.
Muestra aceptable	0	0	0	20	0
Muestra no aceptable	20	20	20	0	20
Hortalizas lavadas con agua					
Rábano	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella</i> spp.
Muestra aceptable	2	20	20	20	20
Muestra no aceptable	18	0	0	0	0

* Respecto a lo establecido por ICMSF, 1983.

** Respecto a lo establecido por el RTCA 67.04.50:17.

Todas las muestras de tomate y rábano de Comasagua después de haber sido desinfectadas con lejía cumplieron con todos los parámetros microbiológicos (Tabla 11), mientras que las muestras de lechuga aún después de haber sido desinfectada siguieron sin cumplir la cantidad de coliformes totales y mantuvieron presencia de *Salmonella spp.* (Figura 25).

Tabla 11.

Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio, Comasagua, 2022.

Hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio					
Tomate	Coliformes totales*	Coliformes fecales*	<i>Escherichia coli</i>*	<i>E. coli</i> 0157:H7**	<i>Salmonella spp.</i>**
Muestra aceptable	20	20	20	20	20
Muestra no aceptable	0	0	0	0	0
Hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio					
Lechuga	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella spp.</i>
Muestra aceptable	0	20	20	20	0
Muestra no aceptable	20	0	0	0	20
Hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio					
Rábano	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella spp.</i>
Muestra aceptable	20	20	20	20	20
Muestra no aceptable	0	0	0	0	0

* Respecto a lo establecido por ICMSF, 1983.

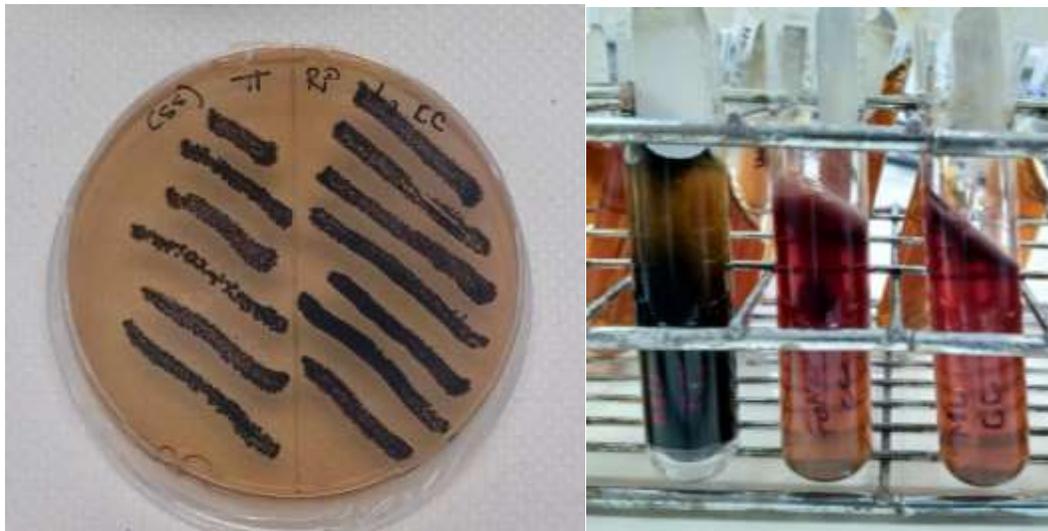
** Respecto a lo establecido por el RTCA 67.04.50:17.

Otros estudios han demostrado que *E. coli* O157:H7 puede internarse dentro de las semillas y raíces, y luego migrar a otros tejidos (Ávila et al., 2010). El movimiento puede ser

desde las raíces hacia el follaje, como se demostró en un experimento realizado por (Solomon et al., 2002) en lechuga. En este experimento el suelo contenía estiércol contaminado y después de dos días, la bacteria pudo ser aislada del tejido foliar de la lechuga.

Figura 25.

A) Agar SS, presencia de *Salmonella* en muestras de lechuga, B) TSI confirmación *Salmonella*, Comasagua, 2022.



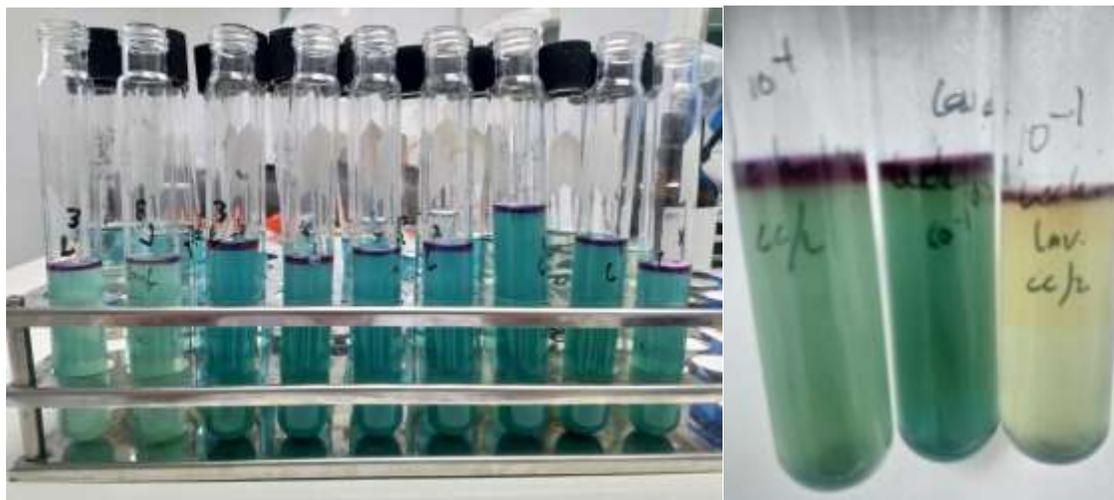
A

B

A pesar de que las pruebas indicaron la presencia de *E. coli* (Figura 26), al realizar el análisis para determinar la presencia del serotipo O157:H7, el resultado fue negativo.

Figura 26.

A) Anillo de indol en todas las diluciones de muestra de lechuga solo enjuagada. B) Anillo de indol solo en la dilución 10^{-1} lechuga desinfectada Comasagua, 2022.

**A****B**

B) Fertilizante orgánico

En la localidad de Comasagua fabrican y utilizan 4 tipos de fertilizantes orgánicos, Bocashi, los microorganismos líquidos y el foliar cumplen con los parámetros microbiológicos establecidos por SAGARPA (Tabla 12), mientras que los microorganismos sólidos, conocidos como microorganismos de montaña, no cumplen debido a que poseen alta concentración de coliformes fecales y también presencia de *Salmonella spp.* (Figura 27).

Aclaremos que los microorganismos sólidos no se aplican directamente como fertilizante, sino que sirven de inoculantes para la fabricación de los microorganismos líquidos y como se puede observar en la Tabla 12, al pasar por el proceso de fermentación anaeróbica la concentración de coliformes totales y fecales disminuye y se elimina la *Salmonella* que provenía de la gallinaza.

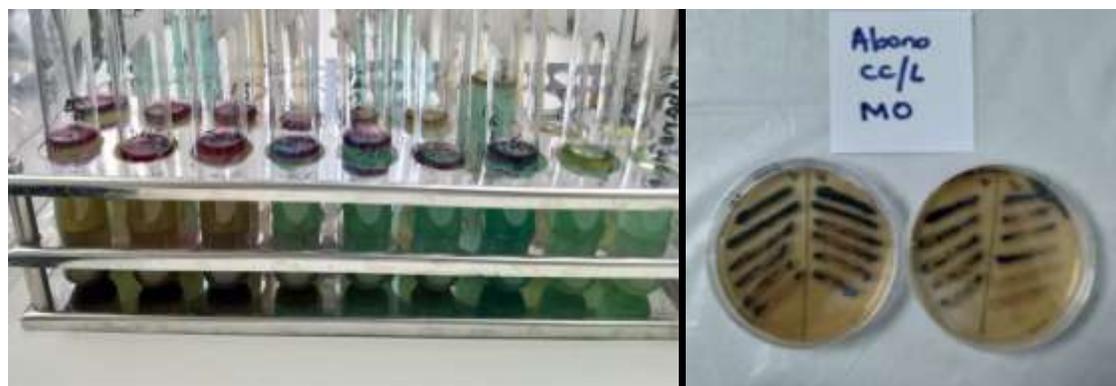
Tabla 12.

Determinación de la calidad microbiológica de los fertilizantes orgánicos elaborados en Comasagua, 2022.

Localidad	Nombre del fertilizante	Concentración de coliformes totales (NMP/g)	Concentración de <i>E. coli</i> (NMP/g)	<i>Salmonella</i> spp.	Estándar microbiológico SAGARPA, 2017
Comasagua	Microorganism o sólido	> 1100	1100	Presencia	<i>Salmonella</i> ausente, menos de 1000 NMP coliformes fecales
	Microorganism o sólido	> 1100	1100	Presencia	
	Bocashi	> 1100	460	Ausencia	
	Bocashi	> 1100	460	Ausencia	
	Microorganism o líquidos	240	93	Ausencia	
	Microorganism o líquidos	240	93	Ausencia	
	Foliar	460	<3	Ausencia	
	Foliar	460	<3	Ausencia	

Figura 27.

A) Caldo Rapid HiColiform™ inoculado con fertilizante microorganismo sólido. B) Agar SS y Rambach™, presencia de *Salmonella* en muestra de fertilizante, Comasagua, 2022.



A

B

C) Agua

En Comasagua se colectaron muestras de agua de río y también de una cisterna plástica donde almacenan agua proveniente del mismo río (Tabla 13).

Tabla 13.

Determinación de la calidad microbiológica del agua de riego para las hortalizas de Comasagua, 2022.

Localidad	Nombre de muestra	Concentración de coliformes totales (NMP/100 mL)	Concentración de <i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	<i>Salmonella spp.</i>
Comasagua	Agua río	> 1100	1100	Ausencia
	Agua río	> 1100	1100	Ausencia
	Cisterna	> 1100	460	Ausencia
	Cisterna	> 1100	460	Ausencia
RTS 13.02.01:14	Coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> <1.1 NMP/100 mL			
ICMSF, 2011	Pruebas para aguas de riego y otras aguas agrícolas para la seguridad y calidad de los vegetales.			
<i>E. coli</i> Límite máximo 10 ² /100 mL				

Todas las muestras analizadas contenían más coliformes fecales de los permitidos por el RTS 13.02.01:14 y el (ICMSF,2011), pero, se observa una diferencia entre la cantidad encontrada en el agua de río y la de la cisterna, esta discrepancia de resultados se podría deber a que este tipo de reservorio contienen una novedosa tecnología que inhibe la reproducción de bacterias (Tecnología Expel), esta se encuentra en la capa interna de los tanques de agua Rotoplas, para evitar que los microorganismos se peguen a la pared y que vivan en el agua. Estos tanques de almacenamiento de agua también se encuentran equipados con un dispositivo de filtrado de agua, el cual retiene la tierra y los sedimentos, evitando que entren partículas que pudieran atraer o ser conductos de microorganismos. (Rotoplas, 2022).

5.3. Zona 3: Cantón San Antonio Jiboa, Municipio de Verapaz, departamento de San Vicente

A) Hortalizas

A diferencia de otras localidades, las muestras de rábano obtenidas en el municipio de Verapaz, a pesar de solo ser lavadas con agua cumplieron con todos los criterios microbiológicos de comparación (Tabla 14).

Tabla 14.

Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas que fueron solo lavadas con agua, Verapaz, 2022.

Hortalizas lavadas con agua					
Tomate	Coliformes totales*	Coliformes fecales*	<i>Escherichia coli</i>*	<i>E. coli</i> 0157:H7**	<i>Salmonella</i> spp.**
Muestra aceptable	13	20	20	20	20
Muestra no aceptable	7	0	0	0	0
Hortalizas lavadas con agua					
Lechuga	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella</i> spp.
Muestra aceptable	0	20	20	20	20
Muestra no aceptable	20	0	0	0	0
Hortalizas lavadas con agua					
Rábano	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella</i> spp.
Muestra aceptable	20	20	20	20	20
Muestra no aceptable	0	0	0	0	0

* Respecto a lo establecido por ICMSF, 1983.

** Respecto a lo establecido por el RTCA 67.04.50:17.

La carga microbiológica de las hortalizas enjuagadas con agua, provenientes de Verapaz, estuvieron dentro de los límites aceptados por el RTCA 67.04.50:17; al ser desinfectadas con hipoclorito de sodio, esta carga microbiana disminuyó aún más (Figura 28), cumpliendo en todos los parámetros analizados (Tabla 15).

Tabla 15.

Verificación de la calidad microbiológica de las hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio, Verapaz, 2022.

Hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio					
Tomate	Coliformes totales*	Coliformes fecales*	<i>Escherichia coli</i>*	<i>E. coli</i> 0157:H7**	<i>Salmonella</i> spp.**
Muestra aceptable	20	20	20	20	20
Muestra no aceptable	0	0	0	0	0
Hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio					
Lechuga	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella</i> spp.
Muestra aceptable	20	20	20	20	20
Muestra no aceptable	0	0	0	0	0
Hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio					
Rábano	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i> 0157:H7	<i>Salmonella</i> spp.
Muestra aceptable	20	20	20	20	20
Muestra no aceptable	0	0	0	0	0

* Respecto a lo establecido por ICMSF, 1983.

** Respecto a lo establecido por el RTCA 67.04.50:17.

Figura 28.

A) Anillo de indol hasta la dilución 10^{-2} de rábano enjuagado con agua B) Ausencia de la formación de anillo de indol en rábano desinfectado, Verapaz, 2022.

**A****B****B) Fertilizante orgánico**

En Verapaz, utilizan un abono tipo bocashi que el productor elabora y un fertilizante foliar orgánico comercial cuya formulación y procedencia no se especifica en la bolsa.

El abono comercial cumple con los parámetros establecidos por SAGARPA, mientras que el abono preparado por el agricultor no cumple debido a la presencia de *Salmonella spp.* (Tabla 16).

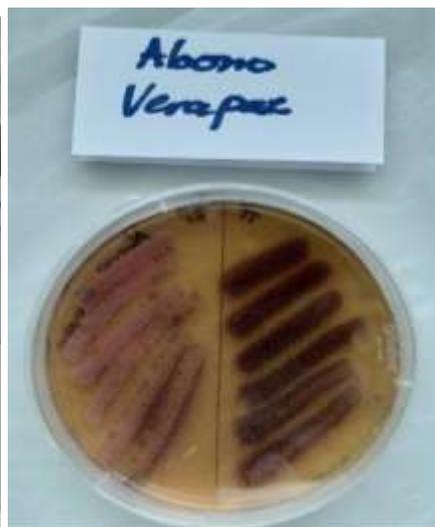
Tabla 16.

Determinación de la calidad microbiológica de los fertilizantes orgánicos elaborados en Verapaz, 2022.

Localidad	Nombre del fertilizante	Concentración de coliformes totales (NMP/g)	Concentración de <i>E. coli</i> (NMP/g)	<i>Salmonella</i> spp.	Estándar microbiológico SAGARPA, 2017
Verapaz	Bocashi	460	4	Positivo	<i>Salmonella</i> ausente, menos de 1000 NMP coliformes fecales
	Bocashi	460	4	Positivo	
	Orgánico comercial	93	0	Negativo	
	Orgánico comercial	93	0	Negativo	

Figura 29.

A) Caldo Rapid HiColiform™ inoculado con fertilizante bocashi. B) Agar SS, presencia de Salmonella en muestra de bocashi, Verapaz, 2022.

**A****B**

C) Agua

En la localidad de Verapaz, se recolectaron muestras del río Jiboa, y de un estanque rústico fabricado por el mismo agricultor utilizando madera y plásticos donde se almacena el agua bombeada directamente del río (Tabla 17).

Tabla 17.

Determinación de la calidad microbiológica del agua de riego para las hortalizas de Verapaz, 2022.

Localidad	Nombre de muestra	Concentración de coliformes totales (NMP/100 mL)	Concentración de <i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	<i>Salmonella</i> spp.
Verapaz	Agua río	> 1100	9	Negativo
	Agua río	> 1100	9	Negativo
	Estanque	> 1100	9	Negativo
	Estanque	> 1100	9	Negativo
RTS 13.02.01:14	Coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> <1.1 NMP/100 mL Ausencia de organismos patógenos			
ICMSF,2011	Pruebas para aguas de riego y otras aguas agrícolas para la seguridad y calidad de los vegetales. <i>E. coli</i> Límite máximo 10 ² /100 mL			

Todas las muestras de agua de Verapaz no cumplen con los parámetros establecidos por el RTS 13.02.01:14 ni con el (ICMSF,2011).

Luego de la evaluación microbiológica se puede decir que el 100% de las hortalizas cosechadas de la parte área de la planta (representado por los tomates) está dentro de los parámetros aceptables definidos por la normativa, aun cuando la única práctica de manejo postcosecha fue el lavado con agua, este resultado se obtuvo en las tres zonas de estudio. La razón de estos resultados se considera es, que en este estrato la carga microbiológica se reduce por efecto de la incidencia de rayos solares y aireación sobre los tomates, además de

estar los frutos más alejados del nivel del suelo, lo que disminuye las condiciones de adhesión, penetración y reproducción de microorganismos.

Otra condición que afecta la internalización de patógenos en sistemas modelo ha sido la presencia o ausencia de suelo y el acompañamiento de flora microbiana endógena que podría actuar como competidora de los patógenos alimentarios (M.C., Doyle M.P y Erickson, 2007).

El 33.3% de las muestras de lechuga, cultivo al ras del suelo, no cumplió con los parámetros de calidad microbiológica normados (antes y después del proceso de desinfección con lejía), las muestras que no cumplieron fueron cosechas de la zona de Comasagua, siendo el único factor diferencial con respecto a las otras dos zonas, la existencia de una letrina ubicada directamente en la parte alta del terreno y contiguo a la zona del cultivo, considerando que esta es la mayor fuente de contaminación.

Se ha documentado que el agua subterránea es menos probable de ser contaminada que las aguas superficiales, pues la calidad del agua superficial se afecta por los patrones de uso de la tierra en la cuenca. Estos patrones se pueden afectar por la presencia de heces de humanos y animales en el agua, tal como en el punto de origen (aguas residuales) y fuera del punto de origen, así como por la topografía y las fluctuaciones en las precipitaciones (León J.S, 2009)

El hecho de que *Salmonella spp.* estuviera presente en la lechuga aún después del proceso de desinfección con lejía demuestra que algunos microorganismos utilizan las señales del Quorum Sensing (QS) para comunicarse con las plantas, y para regular la expresión de genes de virulencia y genes flagelares (Carey C.M., 2009), que les permiten reconocimiento y movilidad en plantas. Una vez que las bacterias se adhieren a una planta, inicia un proceso de reconocimiento en la superficie de esta. Un estudio realizado por (Cooley M.B., 2003), demostró la capacidad de *E. coli* para migrar desde el suelo inoculado con el patógeno hacia el tallo y superficies de *Arabidopsis thaliana*. En este experimento, después de un tiempo la

bacteria pudo ser aislada de hojas y flores. Esto indica que la bacteria puede moverse con facilidad en toda la superficie de la planta bajo condiciones controladas. (Saldaña Z., 2011), reportan que *E. coli* O157:H7 utiliza el sistema de secreción tipo III, específicamente T3SS, para abrir las células guarda de los estomas de hojas de espinaca, esta acción permite la internalización de la bacteria en el tejido vegetal, una vez que las bacterias se encuentran dentro de la planta, y las células de guarda se cierran, las bacterias quedan protegidas de la mayoría de los sanitizantes superficiales (Gomes C., Da Silva P., Moreira R.G., Castell-Pérez E., Ellis E.A. y Pendleton M., 2009).

En cuanto a las muestras de hortalizas cultivadas a nivel de subsuelo (rábano), fue el 33.3% proveniente de la zona de Tacuba las que incumplieron los parámetros normados de inocuidad, cuando solo habían sido sometidos a lavado con agua, se considera que el alto nivel de la carga microbiológica encontrada se debió a condiciones de campo propias de esa área de cultivo, ya que la toma de agua coincide con el agua de recogimiento de aguas provenientes de la zona poblacional más prominente del caserío y que el tipo de riego adoptado es por inundación, estando el cultivo de rábano propenso a condiciones de encharcamiento, no así, los otros cultivos dispuestos en zona de ladera.

Jablasone et al., 2005, reportaron que las bacterias colonizan preferentemente las uniones de la raíz. Puesto que las uniones de raíz son sitios que liberan exudados, se convierten en posibles puertas para que las bacterias inicien el proceso de internalización. Lugtenberg et al., 2001 sugiere que, en las zonas de unión en la raíz, las bacterias pueden tener más acceso a los nutrientes que otros sitios, y por lo tanto cuando las bacterias se mantienen por un largo periodo sobre las plantas, las posibilidades de ingresar a la plántula en desarrollo incrementan. Muchos estudios han demostrado que patógenos de humanos (*E. coli* y *Salmonella spp.*) son capaces de entrar por las aberturas naturales en la epidermis de la planta. Por lo tanto, mientras un patógeno posee la capacidad de entrar en los tejidos

vegetales, los riesgos a la salud humana están latentes (Deering A.J, Mauer L.J. and Pruitt R.E., 2012), puesto que el patógeno está protegido del proceso de lavado y de muchos desinfectantes industriales. (S.L. Burnet and L.R. Beuchat, 2000)

Los fertilizantes orgánicos analizados, formulados como líquidos foliares cumplen con la normativa de comparación, al contener cantidades bajas de coliformes y ausencia de *Salmonella spp.*, debido a la acidez de las formulaciones (pH 3.0-3.8) que inhibe el crecimiento de microorganismos entéricos. Siendo que el cultivo de microorganismos de montaña es utilizado como inóculo tanto para el fertilizante sólido como líquido y debido a que el fertilizante sólido arrojó presencia de *Salmonella spp.* se deduce que esta proviene de la gallinaza ocupada como insumo de preparación, así como a mal procedimientos de fermentación (niveles de humedad, niveles de aireación que no generan las temperaturas de esterilización).

Sobre la inocuidad de las fuentes de agua, ninguna de las muestras analizadas de las tres zonas cumplen con los parámetros microbiológicos de comparación, esto seguramente debido a las condiciones descritas anteriormente que derivan de la alta incidencia poblacional sobre los puntos donde se ubican los boca toma de las tuberías de riego, es de hacer notar que las aguas con menor concentración de coliformes fecales fueron precisamente las tomadas de la zona de Verapaz, donde el equipo de bombeo está colocado directamente a un afluente del río Jiboa (nacimiento de agua), ubicado en una zona bastante aislada de la población.

Al igual que (Rivera Umanzor, 2018), se considera que las mayores fuentes de contaminación son el agua utilizada para riego y que tal como (González, 2006), se observó que en las zonas de producción no se guardan todas las prácticas de manejo de cultivos de cara a garantizar la inocuidad de los productos. Concordamos con (González, 2006) y (Hernández & Escoto, 2016) en que la carga microbiológica de las hortalizas está relacionada con el manejo postcosecha y que si se aplican buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manufactura es más probable obtener hortalizas que cumplen con estándares de inocuidad.

La afirmación de que la mayor fuente de contaminación para las hortalizas es el agua utilizada para riego, quedo estadísticamente confirmada cuando a través del análisis de covarianza efectuado sobre la cantidad de muestras de hortalizas rechazadas por no cumplir los parámetros de inocuidad señalados en el RTCA 67.04.50:17 Alimentos, comparadas con la concentración de *E. coli* detectada en las muestras de agua de los tres municipios determinó una relación directamente proporcional, entre las concentraciones de *E. coli* encontradas en cada municipio y la cantidad de rechazos.

Utilizando la fórmula de Covarianza Muestral para dos series de datos.

$$Cov(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}$$

Donde:

Cov (X, Y): Covarianza Muestral de las series X y Y.

X: Concentración de *E. coli* encontrada en el agua de riego

Y: Muestras no aceptables de hortalizas.

X_i, Y_i: Datos individuales de cada serie.

\bar{x} , \bar{y} : Promedios de cada serie de datos

n: Número de muestras.

Los datos de las series y los resultados de la evaluación estadística fueron:

Tabla 18.

Análisis de covarianza para la evaluación de la influencia de la carga de E. coli en agua de riego sobre los rechazos de hortalizas.

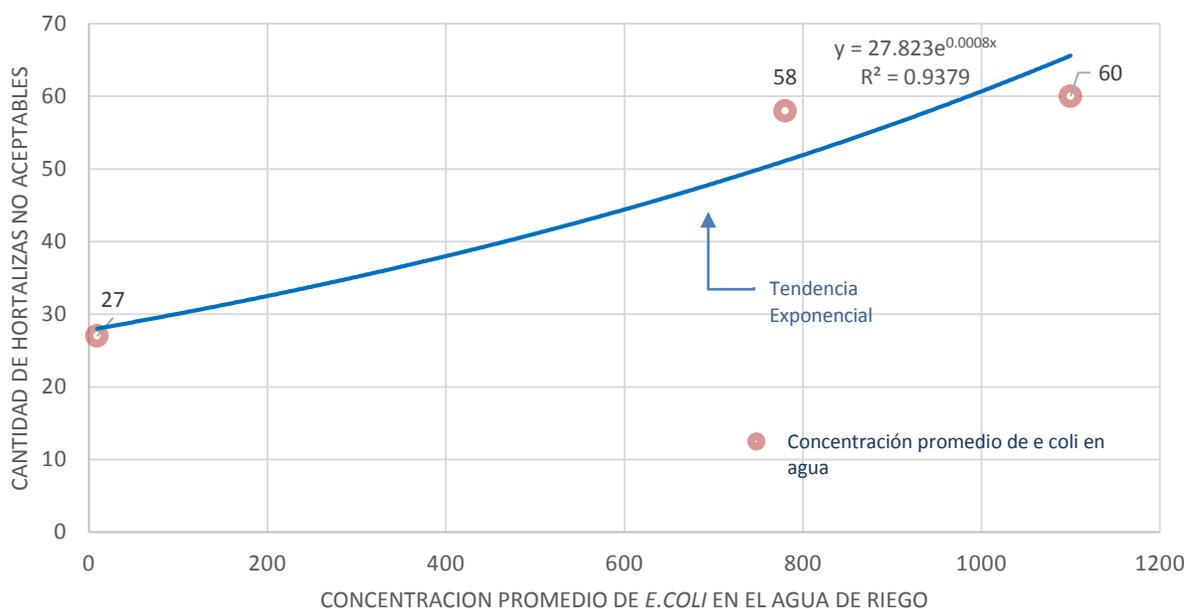
LOCALIDAD	CONCENTRACION PROMEDIO DE <i>E. coli</i> EN AGUA	MUESTRAS NO ACEPTABLES HORTALIZAS	RESULTADO DEL ANALISIS DE COVARIANZA
Tacuba	1100	60	6,727.1
Comasagua	780	58	
Verapaz	9	27	

Determinándose que el valor de la covarianza es mayor a 1, lo que implica una correlación no solo significativa, sino directamente proporcional; es decir a mayor concentración de *Escherichia coli* en el agua utilizada en la actividad de riego, se encontrará una mayor carga microbiana en las hortalizas.

Gráficamente el resultado del análisis de covarianza fue el siguiente:

Figura 30.

Relación entre la Concentración de E. coli en el Agua de Riego y la No Aceptación de las Hortalizas



Observándose que no solo existe una relación de proporcionalidad directa, sino que hay una tendencia que indica que, a incrementos relativamente pequeños en la carga microbiana

los incumplimientos serán cada vez mayores, razón misma para que los productores tengan cuidado especial en evitar fuentes de contaminación fecal para sus cultivos.

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

De las hortalizas cosechadas en los tres sistemas agroecológicos de producción bajo estudio, solo las provenientes del municipio de Verapaz cumplieron con los parámetros de calidad estipulados por el RTCA 67.04.50:08 Grupo de Alimento: Frutas y Vegetales aún con un simple lavado con agua, pero incumplen lo establecido por el ICMSF al contener coliformes totales.

Al realizar el análisis de covarianza, se determinó que la concentración de coliformes fecales de las hortalizas tiene relación directa con la concentración de coliformes fecales del agua de riego, a mayor contaminación del agua mayor contaminación de las hortalizas.

La evaluación microbiológica determinó que las cargas microbiológicas varían de acuerdo con el estrato de producción (sistema suelo-planta), siendo que el 88.33% de las hortalizas cosechadas del estrato aéreo de la planta, arrojaron mejores niveles de aceptación y cumplimiento de lo normado por el RTCA 67.04.50:08 Grupo de Alimento: Frutas y Vegetales; aun cuando se recomienda hacer siempre la desinfección previa a su consumo.

La calidad microbiológica del fertilizante orgánico artesanal de Verapaz y los microorganismos sólidos de Comasagua no cumplieron los parámetros de calidad definidos en Guía Uso y Manejo de Abonos Orgánicos, 2017 de la SAGARPA de México, utilizada como referencia para el presente estudio. Infiriéndose que existen deficiencias en su elaboración y manejo, derivadas de un proceso de fermentación incompleto por lo que no se generan condiciones de temperatura arriba de los 50°C, idóneas para la eliminación de microorganismos patógenos provenientes de las materias primas, principalmente de los estiércoles de origen animal.

Ninguna de las muestras de agua se encuentra dentro de los parámetros de aceptación requeridos en el Reglamento Técnico Salvadoreño: RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad. Considerándose que la alta densidad poblacional

en las zonas muestreadas es el principal factor de contaminación microbiológica del agua utilizada para regar los cultivos.

En los tres sistemas agroecológicos estudiados el mayor factor de contaminación microbiológica fue el agua utilizada para el riego y no los fertilizantes orgánicos.

La inocuidad de las hortalizas producidas bajo manejo orgánico dependerá de las condiciones propias existentes en cada sistema agroecológico de producción y de las buenas prácticas agrícolas y postcosecha que adopten los agricultores; por lo que, los niveles de inocuidad se pueden mejorar al corregir los errores en el manejo de los fertilizantes orgánicos y eliminando la contaminación de las aguas usadas para riego.

CAPÍTULO VII
RECOMENDACIONES

7. RECOMENDACIONES

Todo producto hortícola cosechado en sistemas agroecológicos o convencionales debe someterse a un protocolo de desinfección previo a su consumo a fin de lograr los parámetros de inocuidad establecidos en la normativa dada por el RTCA 67.04.50:17.

Para seguridad de los consumidores, el Ministerio de Agricultura y Ganadería en coordinación con el Ministerio de Salud deberían normar y supervisar que, en El Salvador la lechuga que se comercialice para consumo, se produzca en sitios con ambiente controlado y preferentemente bajo la técnica de hidroponía, utilizando estrictamente para irrigación agua previamente potabilizada, a fin de reducir o evitar la contaminación microbiológica intracelular repetidamente detectada en esa hortaliza.

Que, en todos los sistemas de producción hortícola, convencionales o agroecológicos, los productores adopten el uso de tanques donde se apliquen tratamientos desinfectantes, como un paso intermedio, entre las fuentes de agua de riego y el cultivo, a fin de mejorar la calidad microbiológica de sus productos.

En las fincas agroecológicas que fueron definidas como objeto de investigación en los municipios de Comasagua y Tacuba deberán retirarse las letrinas de su actual ubicación ya que, al encontrarse en la zona más alta del terreno, desfavorecen los niveles de inocuidad de los productos, poniendo en riesgo a los consumidores.

Se recomienda a las ONG o instituciones de apoyo que capaciten a los productores usuarios de sus servicios en la temática de Buenas Prácticas de Manejo e inocuidad de los alimentos, y concientizarlos de la importancia de desarrollar bien los procesos de elaboración de fertilizantes orgánicos fermentados, ya que como lo demuestra la experiencia de Tacuba, eso es garante para tener calidad microbiológica.

En futuras investigaciones aislar de fuentes orgánicas microorganismos controladores específicos de *E. coli* y *Salmonella spp.*, para reproducirlos y utilizarlos como inoculante en abonos orgánicos sólidos y líquidos.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería debe definir parámetros que normen la calidad de los insumos orgánicos utilizados como fertilizantes orgánicos o biofertilizantes.

El equipo investigador ha hecho de su conocimiento estas recomendaciones a los técnicos de campo de las instituciones y organismos no gubernamentales involucrados en el quehacer agrícola en los sistemas de producción agroecológica vinculados a la investigación (Anexo 16).

REFERENCIAS

- AFP. (19 de noviembre de 2013). *El Salvador: luchan contra la pobreza con agricultura orgánica*. Obtenido de <https://www.estrategiaynegocios.net/lasclavesdeldia/464416-330/el-salvador-luchan-contra-la-pobreza-con-agricultura-organica>
- Alfaro, J. G. (2016). *EL SUELO Y LOS ABONOS ORGÁNICOS*. San José, C.R.: Comité INTA.
- Altieri, M. A. (2018). *Agroecología B-Ases Científicas*. Montevideo, Uruguay: Nordan.
- Angel, A. (diciembre de 2004). *LOS PRODUCTOS ORGANICOS EN EL SALVADOR, Marco Regulatorio*. Obtenido de <https://docplayer.es/13861580-Marco-regulatorio-apoyos-institucionales-y-acceso-a-mercados.html>
- Apella, M. C., & Araujo, P. Z. (2011). *Microbiología de agua. Conceptos básicos*. Buenos Aires, Rep. Argentina: Solar Safe Water.
- BID. (1 de mayo de 2001). *WEB STORIES: Los cultivos orgánicos ganan terreno en El Salvador*. Obtenido de <https://www.iadb.org/es/noticias/articulos/2001-05-01/los-cultivos-organicos-ganan-terreno-en-el-salvador%2C8431.html>
- Calderón, G. (2009). *Enfermedades Transmitidas por Alimentos en El Salvador*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i0480s/i0480s03.pdf>
- Carey C.M., K. M. (2009). *Escherichia coli O157:H7 stress and virulence gene expression on romaine lettuce using comparative real-time PCR*. Journal of Microbiological Methods. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.mimet.2009.02.010>
- CARITAS. (octubre de 2012). *Vivaria de Promocion Humana*. Obtenido de <http://veph-agricultura.blogspot.com/2012/08/nuestra-historia.html>
- Casey, C. (15 de Mayo de 2023). *Las ventas de alimentos organicos alcanzaron un record en 2022*. (Industry Dive, Editor) Obtenido de FOOD DIVE Free Newsletter.: <https://www.fooddive.com/news/organic-food-sales-hit-a-record-in-2022-topping-60b-for-the-first-time/649935/>

- CDC/HHS/USA. (21 de enero de 2020). *Alimentos asociados a enfermedades*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/foodsafety/es/foods-linked-illness-es.html>
- CENTA. (2018). *CULTIVO DEL TOMATE*. Obtenido de http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019.pdf
- Centro Clinico de Investigación. (18 de diciembre de 2019). *Centro Clínico de Investigación*. Obtenido de <https://www.centroclinicodeinvestigacion.com/post/e-coli>
- Cevallos, M. C., & Jaimes, F. U. (2019). <https://www.redalyc.org/journal/280/28060161012/html/>. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/280/28060161012/html/>
- CONACYT. (12 de junio de 2009). *NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.01:08 Agua, Agua Potable*. Obtenido de <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/norma-salvadorena-obligatoria-nso-13-07-0108-agua-agua-potable-segunda-actualizacion/>
- Cooley M.B., M. W. (2003). *Colonization of Arabidopsis thaliana with Salmonella enteric and enterohemorrhagic Escherichia coli O157:H7 and competition by Enterobacter asburiae*. Applied Environmental Microbiology.
- Coronel, T. (2019). Los sistemas de producción agroecológica y su resiliencia frente al cambio climático en la parroquia San Lucas, provincia de Loja. *Tesis de Maestría*. Quito, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar.
- CTNR-COMIECO. (2017). *REGLAMENTO TECNICO CENTROAMERICANO 67.04.50:17*. Obtenido de https://members.wto.org/crnattachments/2017/SPS/CRI/17_2611_00_s.pdf
- Cussianovich, P. (2001). Una aproximación a la agricultura orgánica. *Comunica*, 3 7.
- D. Pearce, P. Turner. (1995). *Economía de los recursos naturales y del medioambiente*. Madrid, España: Celeste Editores.
- Deering A.J, Mauer L.J. and Pruitt R.E. (2012). *Internalization of E. coli O157:H7 and Salmonella spp. in plants*. *Food Research International* .

Deras, H. O., Vidal, M. E., & Barahona, R. A. (2013). *TESIS COMPARACION DE LAS BUENAS PRACTICAS HIGIENICO-SANITARIAS*. San Salvador: Universidad de El Salvador.

El Metropolitano Digital. (19 de junio de 2018). Obtenido de

<https://www.elmetropolitano.com/2018/06/tacuba-una-practica-organica-para-el-cuido-del-suelo/>

Elías Escobar, Wilfredo Morán e Ileana Gómez. (junio de 2016). https://www.prisma.org.sv/wp-content/uploads/2020/02/mapeo_experiencias_agroecologicas_El_Salvador.pdf.

Obtenido de [https://www.prisma.org.sv/wp-](https://www.prisma.org.sv/wp-content/uploads/2020/02/mapeo_experiencias_agroecologicas_El_Salvador.pdf)

[content/uploads/2020/02/mapeo_experiencias_agroecologicas_El_Salvador.pdf](https://www.prisma.org.sv/wp-content/uploads/2020/02/mapeo_experiencias_agroecologicas_El_Salvador.pdf)

ELIKA. (2 de octubre de 2017). [https://alimentos.elika.eus/wp-](https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/1.La-Cadena-Alimentaria.pdf)

[content/uploads/sites/2/2017/10/1.La-Cadena-Alimentaria.pdf](https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/1.La-Cadena-Alimentaria.pdf). Obtenido de

[https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/1.La-Cadena-](https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/1.La-Cadena-Alimentaria.pdf)

[Alimentaria.pdf](https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/1.La-Cadena-Alimentaria.pdf)

Espinoza Alemán, C. B. (1999). *Evaluación de la calidad microbiológica de ensaladas frescas elaboradas artesanalmente en los comedores de los mercados del área de San Salvador y Antiguo Cuscatlán*. San Salvador: Universidad de El Salvador.

Fagundo, J. C., Giniebra, Y. D., González, D. C., Morán, V. P., Pérez, A. G., & Mallo, L. A.

(2003). *Síndrome hemolítico urémico*. Obtenido de Scielo:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892003000200002

FAO. (2005). *Asegurar la cadena alimentaria. Enfoque*.

FAO. (16 de abril de 2005). *Estrategia de la FAO para un suministro de alimentos inocuos y nutritivos*. Obtenido de FAO - COMITÉ DE AGRICULTURA:

<http://www.fao.org/3/j4195s/j4195s.htm>

FAO. (2009). *Glosario de Agricultura Organica*. Obtenido de

<http://www.fao.org/3/k4987t/k4987t00.htm>: <http://www.fao.org/3/k4987t/k4987t00.htm>

- Fortis, Manuel; Leos, Juan; otros. (2009). *Agricultura Orgánica*. Mexico: Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED,.
- Garcia, L. E., & Torres, E. C. (octubre de 2004). "ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA EXPORTACION DE HORTALIZAS. Obtenido de <http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/1993/1/FCELEM000004.pdf>
- Gomes C., Da Silva P., Moreira R.G., Castell-Pérez E., Ellis E.A. y Pendleton M. (2009). *Understanding E. coli internalization in lettuce leaves for optimization of irradiation treatment*. International Journal of Food Microbiology.
- González, C. d. (2006). *Rastreabilidad de hortalizas para determinar su inocuidad biológica*. San Salvador.: Universidad de El Salvador.
- Hecht, S. B. (2009). Kayap , Manejo de la sabana: incendios, suelos e islas forestales en un bioma amenazado. En W. I. Woods, W. Teixeira, J. Lehmann, C. Steiner, A. WinklerPrins, & L. Rebellato, *Tierras oscuras amazónicas: la visión de Wim Sombroek* (págs. 143 - 162). Springer Holanda.
- Hernandez, F., & Hernandez, A. (2006). *TESIS SISTEMATIZACION DE FINCAS EN LA ZONA DEL BAJO LEMPA,*. Universidad de El Salvador.
- Hernández, S., & Escoto, W. (2016). *Evaluación microbiológica de hortalizas orgánicas empacadas por la Planta Procesadora ACOPO de R.L. Los Planes, La Palma, Chalatenango*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Humana, V. d. (agosto de 2012). <http://veph-agricultura.blogspot.com/2012/08/nuestra-historia.html>. Obtenido de <http://veph-agricultura.blogspot.com/2012/08/nuestra-historia.html>
- Humana, V. d. (agosto de 2012). *Nuestra Historia, Caritas del Arzobispado de San Salvador*. Obtenido de <http://veph-agricultura.blogspot.com/2012/08/nuestra-historia.html>
- IIGA-MAG. (2011). *PAF Cadenas Productivas*. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B4159e/B4159e.pdf>

- infoAgro. (2021). *Ecosistemas Hortícolas / RABANITO*. Obtenido de <https://agroempresario.com/publicacion/49628/el-cultivo-del-rabano/>
- infoAgro.com. (2021). *HORTALIZAS: EL CULTIVO DE LA LECHUGA*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>)
- Latham, M. C. (2002). *NUTRICIÓN HUMANA EN EL MUNDO, Cap 28*. Roma: FAO-ONU.
- Lemus, O. A. (1999). *Guía de Capacitación "Elaboración de Abonos Orgánicos"*. Tacuba,Ahuachapán: SEd.
- Lemus, O. A. (1999). *Guía de Capacitación "Elaboración de Abonos Orgánicos"*. Tacuba,Ahuachapán.
- León J.S, J. L. (2009). *Food safety issues and the microbiology of fruits and vegetables*. Microbiologically safe foods. John Wiley & Sons, Inc.: New Jersey, USA.
- Lupin, B., & Rodríguez, E. M. (2009). El consumo de hortalizas orgánicas: atributos valorados de calidad. *FACES*, 25 - 41. Obtenido de http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1304/1/FACES_n32-33_25-47.pdf
- M. Cevallos, f. Urdameta & E. Jaimes. (2019). Desarrollo de Sistemas de Producción Agroecológica: Dimensiones e indicadores para su estudio. *Revista de Ciencias Sociales*, XXV(3), 172-185.
- M.C., Doyle M.P y Erickson. (2007). *Summer meeting 2007. The problems with fresh produce: an overview*. Journal of Applied Microbiology.
- MAG-CR. (2007). *AGROCADENA DE TOMATE*. Alajuela, Costa Rica.: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- MAG-CR. (2007). *PLAN ESTRATEGICO DE LA CADENA DE TOMATE*. San Jose, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería,.
- MAG-MINEC. (2009). *IV Censo Agropecuario 2007-2008*. Santa Tecla: MAG.
- MINSA. (30 de junio de 2021). <https://www.salud.gob.sv> › boletines-epidemiologicos-2021. Obtenido de <https://www.salud.gob.sv> › boletines-epidemiologicos-2021

MINSAL. (30 de junio de 2021). <https://www.salud.gob.sv> › *boletines-epidemiologicos-2021*.

Obtenido de <https://www.salud.gob.sv> › boletines-epidemiologicos-2021

MINSALUD. (30 de julio de 2019).

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/abece-eta-final.pdf>. Obtenido de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/abece-eta-final.pdf>

Montecinos, A. (5 de mayo de 2021). Turismo y Gastronomía con Economía Circular

Sostenible. *pressreader*.

OMS. (7 de febrero de 2018). *E. coli*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

OMS. (7 de febrero de 2018). *E. coli*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

OMS. (20 de febrero de 2018). *Salmonella (no tifoidea)*. Obtenido de

[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))

OMS. (30 de abril de 2020). , <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.

Obtenido de , <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>

OPS. (2021). *Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)*. Obtenido de

https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&Itemid=41432&lang=es

Perez, H. H. (2006). *TESIS ESTIMACION DE EVAPOTRANSPIRACION REAL EN EL*

CULTIVO DETOMATE. Coahuila, Mexico.: Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro".

Portillo, Lilian; Rojas, Evelyn. (octubre de 2004). *"ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA*

EXPORTACION DE HORTALIZAS. Obtenido de

<http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/1993/1/FCELEM000004.pdf>

PRESANCA. (16 de diciembre de 2009). *ntercambio de experiencias y visita a las instalaciones de FUNDESYRAM en Tacuba*. Obtenido de

<https://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=44300&IDCat=3&IdEnt=115>

PRISMA. (7 de junio de 2016). [https://www.prisma.org.sv/wp-](https://www.prisma.org.sv/wp-content/uploads/2020/02/mapeo_taller_agroecologico.pptx)

[content/uploads/2020/02/mapeo_taller_agroecologico.pptx](https://www.prisma.org.sv/wp-content/uploads/2020/02/mapeo_taller_agroecologico.pptx)). . Obtenido de

[\[content/uploads/2020/02/mapeo_taller_agroecologico.pptx\]\(https://www.prisma.org.sv/wp-content/uploads/2020/02/mapeo_taller_agroecologico.pptx\)\).](https://www.prisma.org.sv/wp-</p></div><div data-bbox=)

Ramos A, David y Terry E. (diciembre de 2014). *Scielo.cuba*. Obtenido de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007

Restrepo Rivera, J. (2007). *El ABC de la agricultura orgánica y*. Managua, Nic.: SIMAS.

Rico N, M. A. (1986). Suelos. En M. d. Salvador., *Geografía de El Salvador, Tomo I* (págs. 89 - 121). San Salvador: Dirección de Publicaciones.

Rivera Umazor, F. (2018). *Prácticas agrícolas realizadas en la cadena de producción y comercialización del cultivo de repollo (Brassica Oleracea, L) su efecto en la calidad e inocuidad del producto final, Temua, Masaya y Tomatoya, Jinotega, Nicaragua 2016*.

Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/3888/>

S.L. Burnet and L.R. Beuchat. (2000). *Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. doi:[http:// dx.doi.org/10.1038/sj.jim.7000106](http://dx.doi.org/10.1038/sj.jim.7000106)

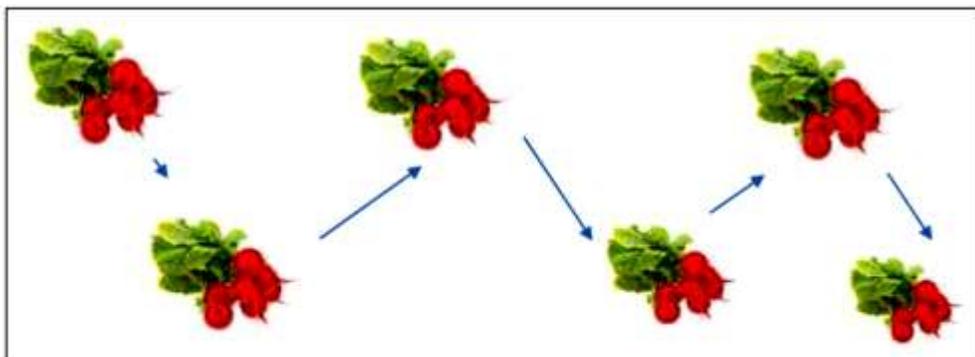
Salazar Sosa, E. et al. (2007). *Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad*. Mexico D.F.: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

Saldaña Z., S. E.-C. (2011). *Surface structures involved in plant stomata and leaf colonization by Shiga-toxigenic Escherichia coli O157:H7*. *Frontiers in Microbiology*.

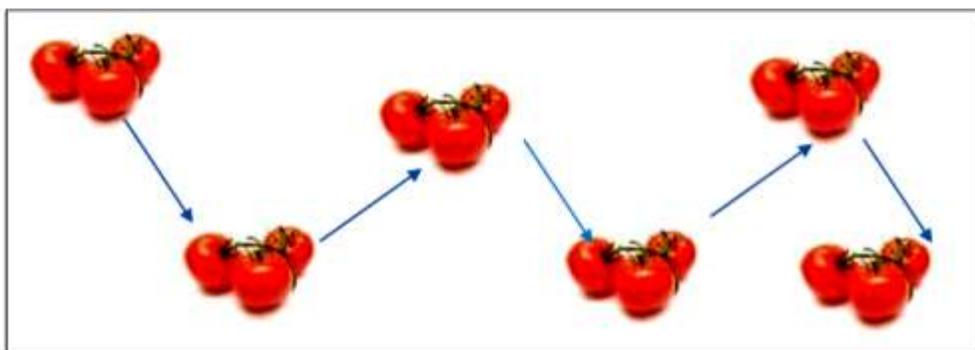
Salvador, M. E. (30 de junio de 2021). <https://www.salud.gob.sv> › *boletines-epidemiologicos-2021*. Obtenido de <https://www.salud.gob.sv> › *boletines-epidemiologicos-2021*

- Soto, Gabriela; Descamps, Phillipe. (2011). *CERTIFICACIÓN ORGÁNICA, CATIE*. Obtenido de https://www.ciaorganico.net/documypublic/235_ES_A7365ECertificacionO.PDF
- Suarez, M. C., Ortega, F. U., & Jaimes, E. (2019). Desarrollo de sistemas de producción agroecológica: Dimensiones e indicadores para su estudio. *RCS Universidad del Zulia*.
- Suarez, Marco Cevallos; Ortega, Fátima Urdaneta; Jaimes, Edgar. (2019). Desarrollo de sistemas de producción agroecológica: Dimensiones e indicadores para su estudio. *RCS Universidad del Zulia*, 172-185.
- USDOD. (18 de octubre de 2004). *Tabla Militar Estándar para muestreo por lotes (105-D), Rev.2004*. Obtenido de https://archive.org/details/MIL-STD-105E_1
- Vargas, Guillermo; Duran, Alfredo; Gonzalez, María; otros. (San José, Costa Rica de 2015). *Perfil de riesgos de contaminación microbiológica y química en la cadena de producción de nueve productos hortícolas para consumo fresco, de un grupo de empresas agrícolas del Valle Central de Costa Rica*. Obtenido de SCIELO: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242015000200105&script=sci_abstract&tIng=es
- Vasca, e. F. (2 de octubre de 2017). <https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/1.La-Cadena-Alimentaria.pdf>. Obtenido de <https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/1.La-Cadena-Alimentaria.pdf>
- Weather Spark. (2021). *Weather Spark, el clima y el tiempo*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/12236/Clima-promedio-en-Tacuba-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

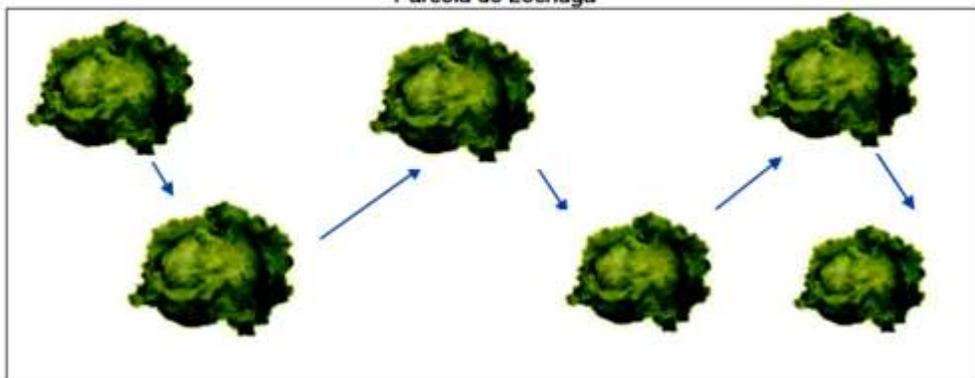
ANEXOS

ANEXO 1. Esquema de la Toma de Muestra en Parcelas Hortícolas.

Parcela de Tomate



Parcela de Lechuga

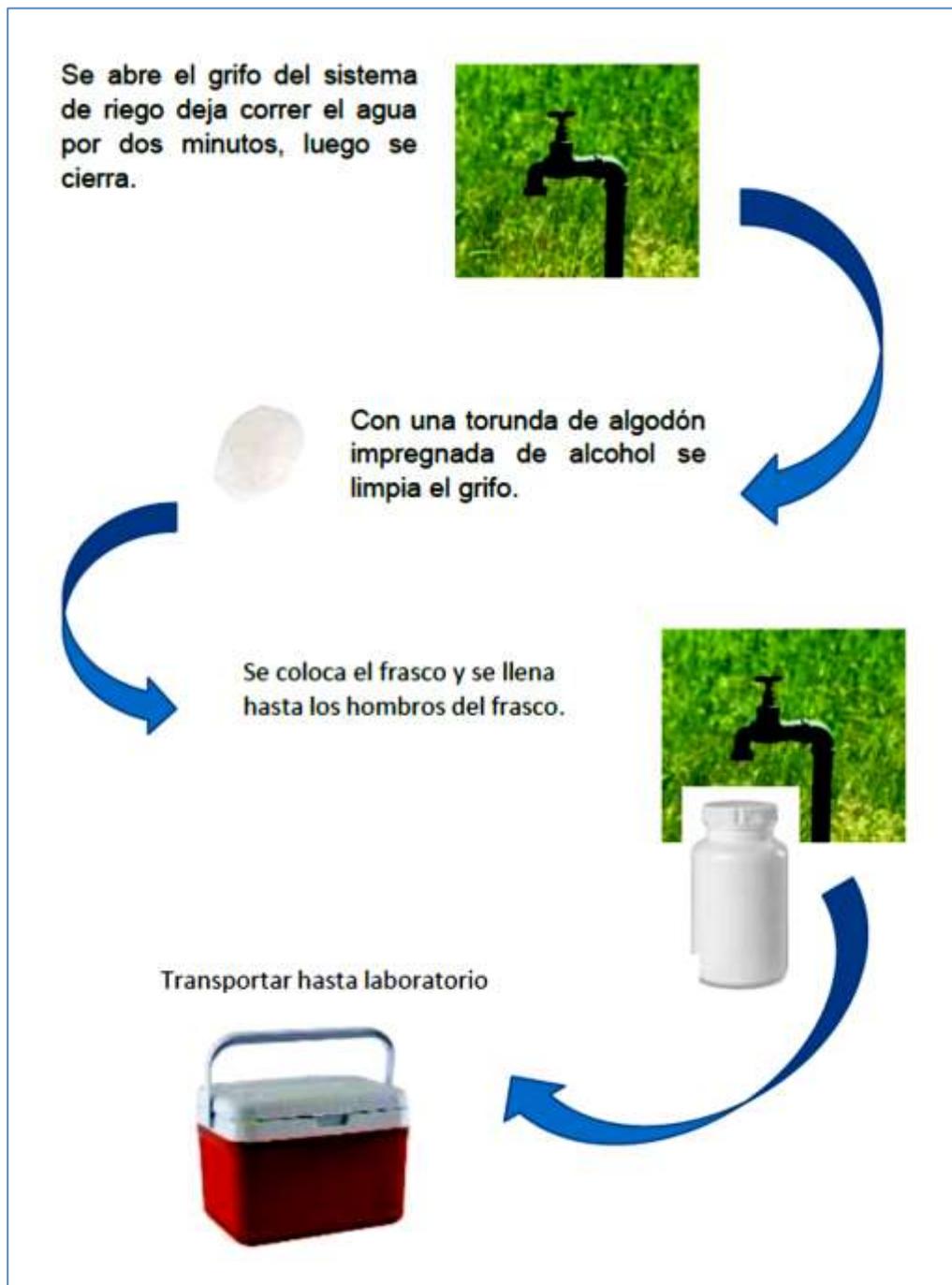


ANEXO 2. Disposición de los Cultivos a Intervenir con la Investigación.

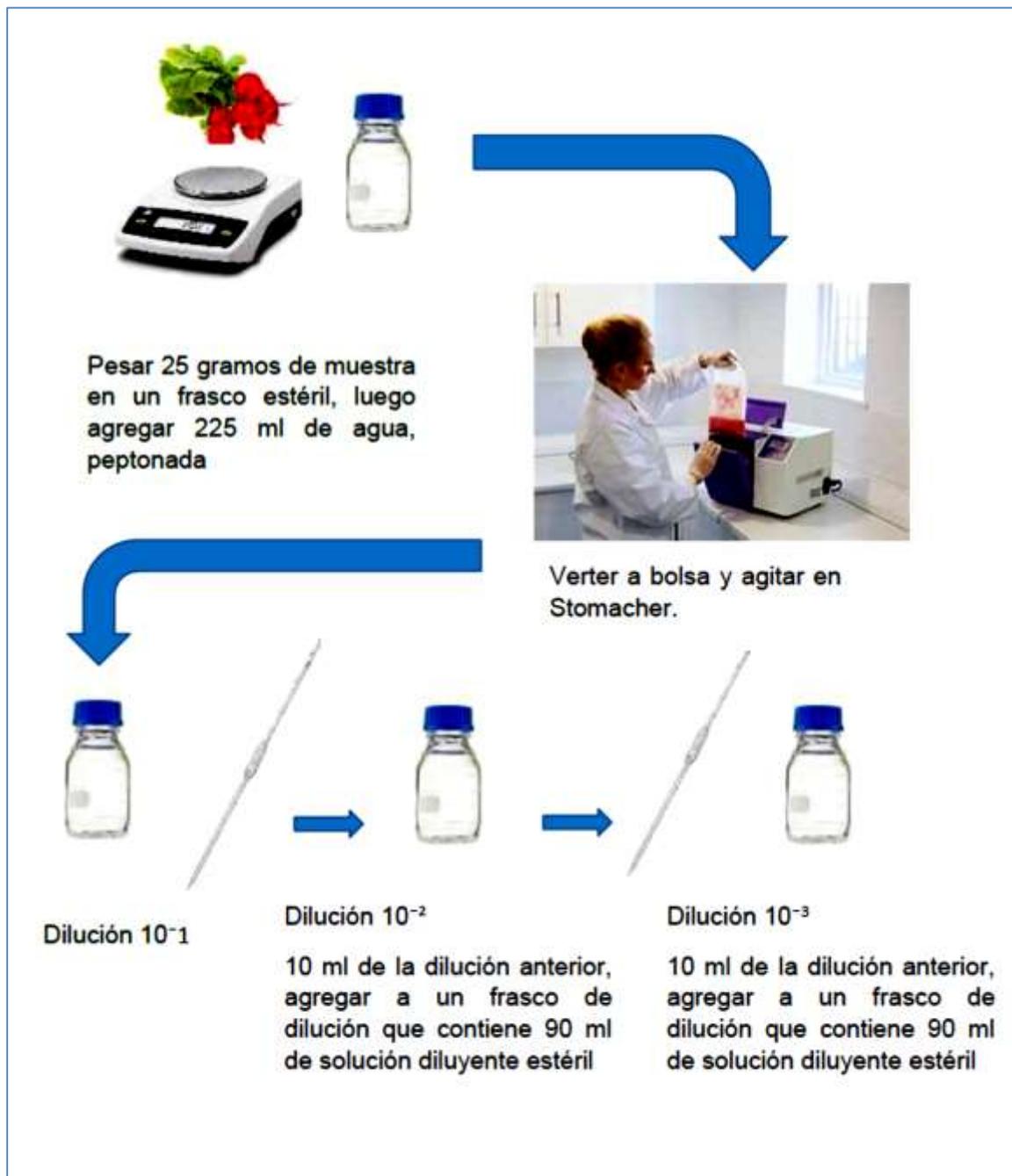
Cultivo: Rábano (*Raphanus sativus*).
Área de cultivo: 5 m²
Distanciamientos: 0.10 m (Entre Planta). 0.15 m (Entre Surco).
Número de plantas (Universo): 120 plantas.

Cultivo: Tomate (*Solanum lycopersicum*).
Área de cultivo: 30 m²
Distanciamientos: 0.50 m (Entre Planta). 1.25 m (Entre Surco).
Número de plantas (Universo): 142 plantas.

Cultivo: Lechuga (*Lactuca sativa*).
Área de cultivo: 30 m²
Distanciamientos: 0.25 m (Entre Planta). 0.50 m (Entre Surco).
Número de plantas (Universo): 125 plantas.

ANEXO 3. Esquema del Procedimiento de Toma de Muestra del Agua de Riego.

ANEXO 4. Esquema del Procedimiento de Preparación de la Muestra (Hortalizas).



ANEXO 5. Esquema del Procedimiento de Desinfección de Hortalizas.

Lavar las hortalizas con agua potable hasta que la superficie se encuentra visualmente limpia

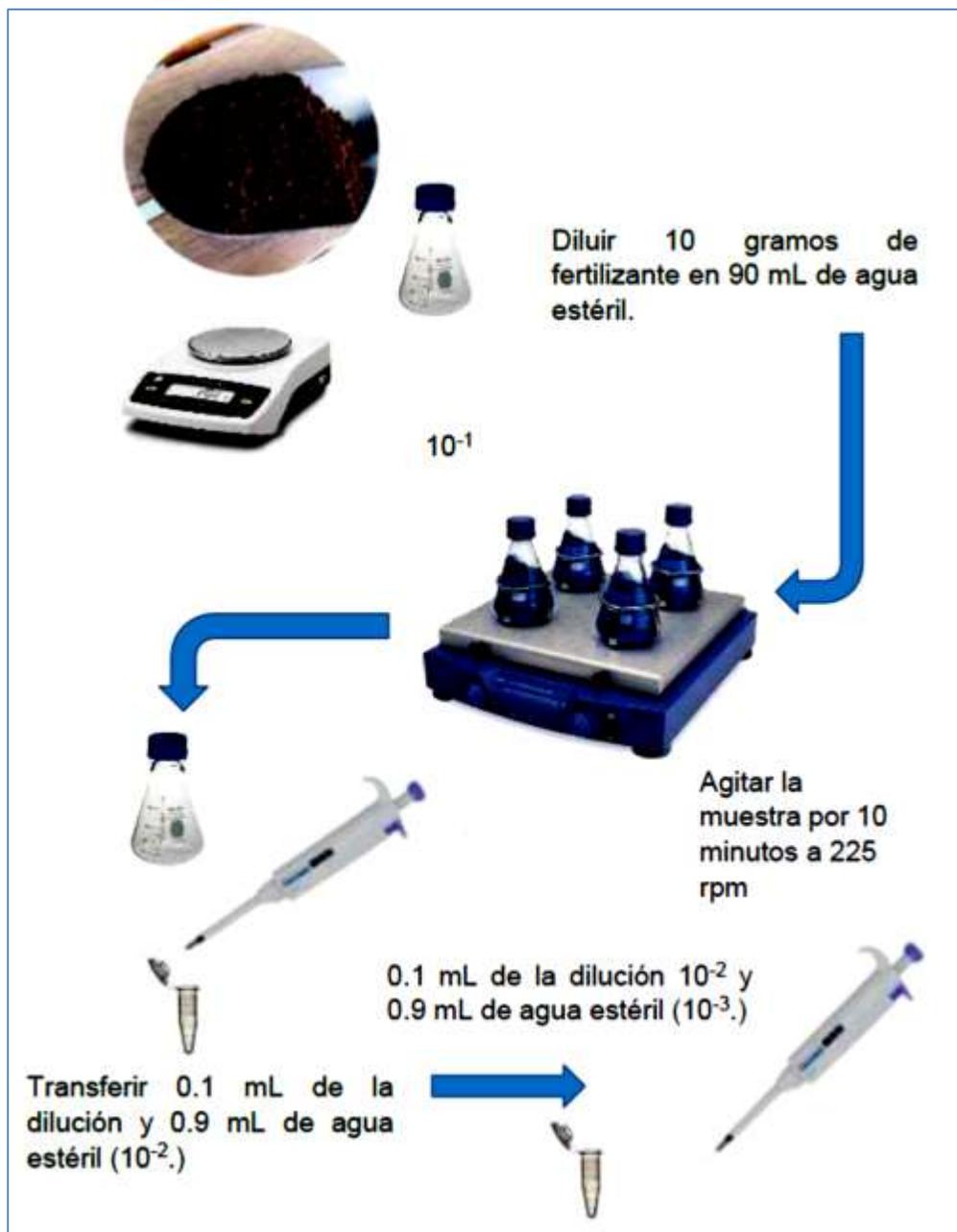


Sumergir las hortalizas en agua con hipoclorito de sodio (10 gotas por litro de agua) por un tiempo de 5 minutos

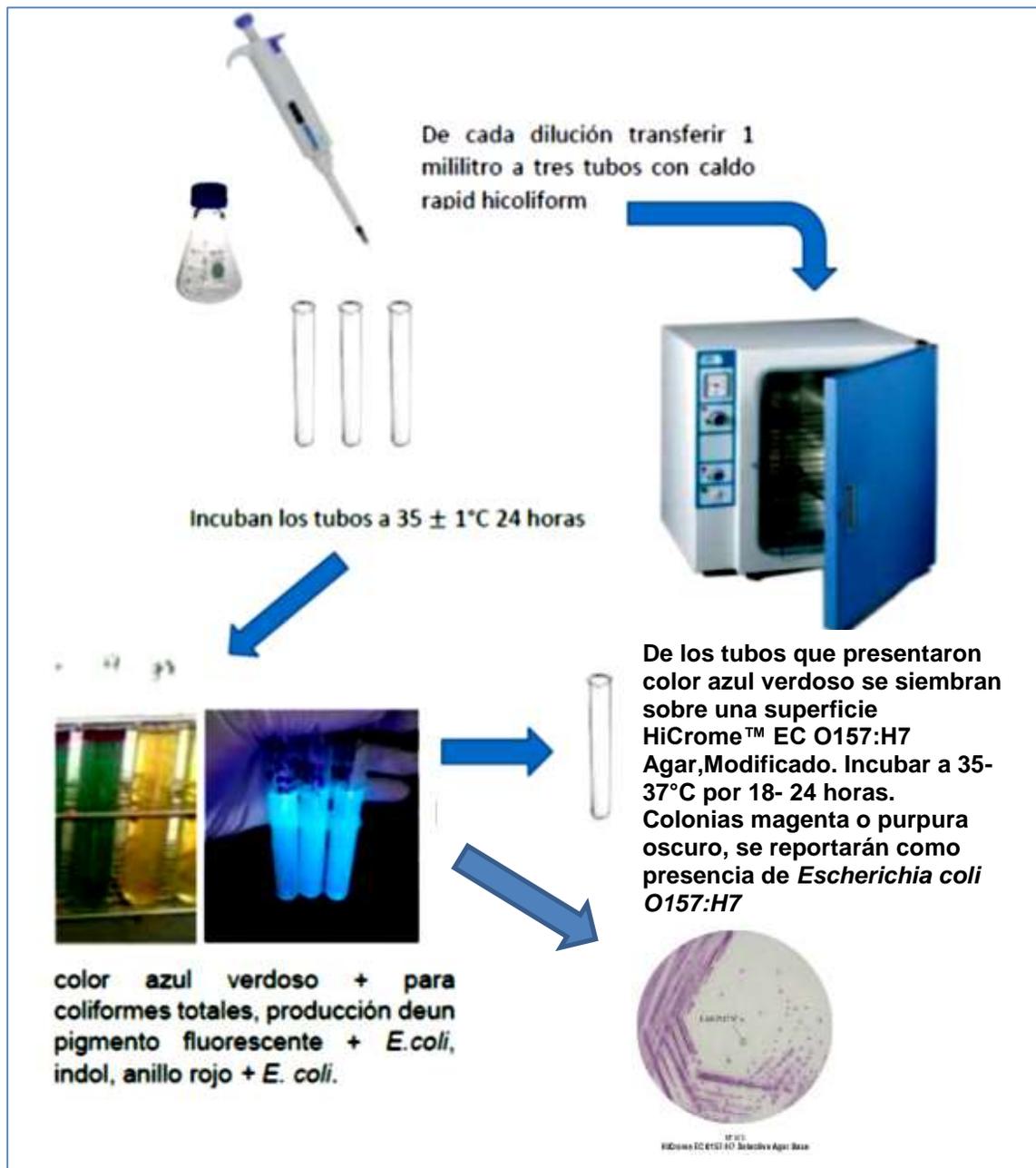


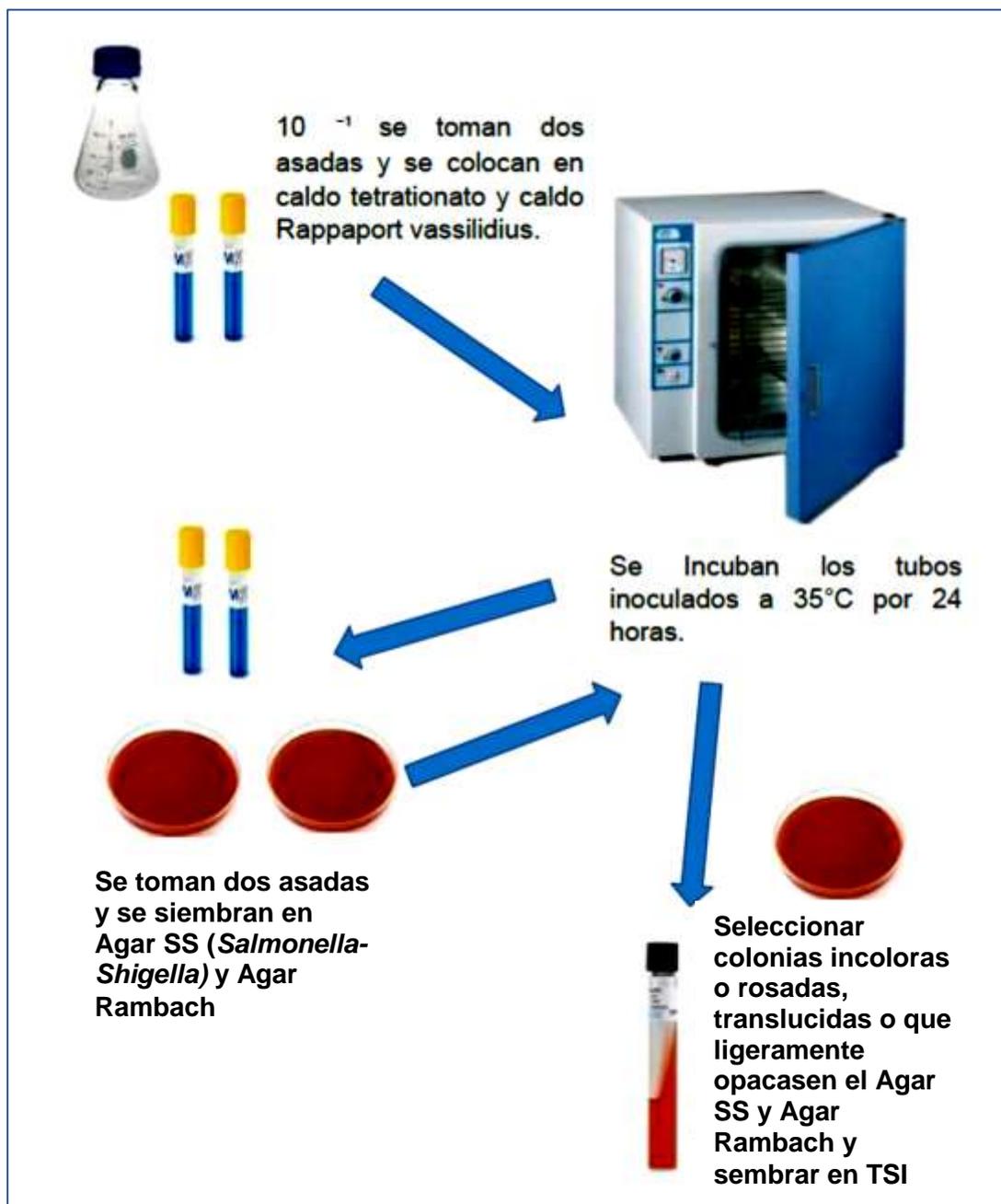
Lavar con agua potable para barrer los residuos de hipoclorito de sodio.

ANEXO 6. Esquema del Procedimiento de Preparación de la Muestra de Fertilizante Orgánico.

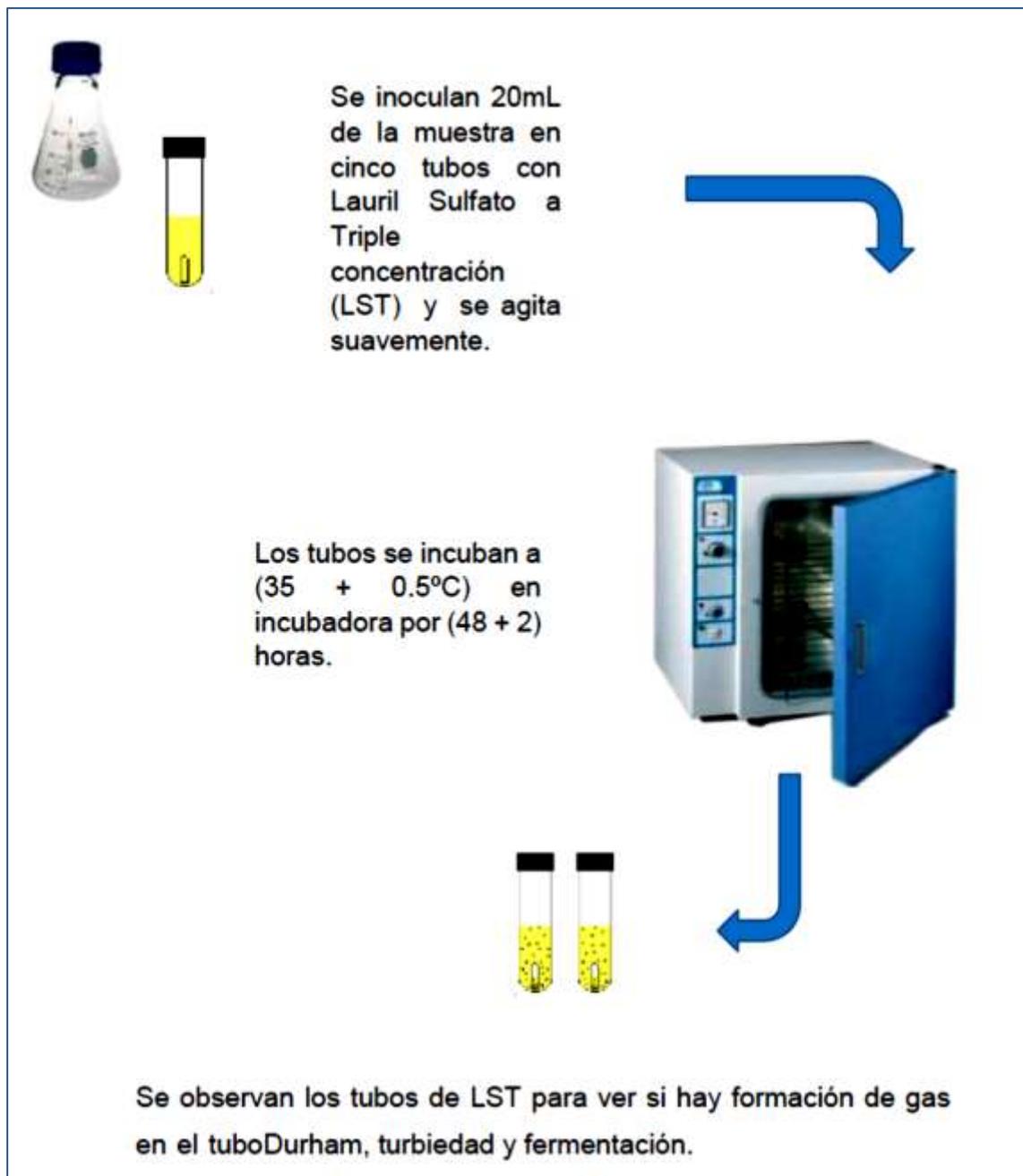


ANEXO 7. Esquema del Procedimiento para Determinar Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* O157:H7.



ANEXO 8. Esquema del Procedimiento para Determinar *Salmonella* spp.

ANEXO 9. Esquema del Procedimiento para Determinar Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* en el Agua de Riego.



ANEXO 10. Tablas Military Standard MIL-STD-105E**MIL-STD-105E****Page 1 of 74**

NOT MEASUREMENT SENSITIVE

MIL-STD-105E

10 MAY 1989

SUPERSEDING

MIL-STD-105D

29 APRIL 1963

MILITARY STANDARD
SAMPLING PROCEDURES AND TABLES FOR
INSPECTION BY ATTRIBUTES



AMSC N/A

AREA QCIC

DISTRIBUTION STATEMENT A. Approved for public release; distribution is unlimited

TABLE I – Sample Size code letters									
<i>(See 4.9.1 and 4.9.2)</i>									
Lot or batch size			Special inspection levels				General inspection levels		
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	To	8	A	A	A	A	A	A	B
9	To	15	A	A	A	A	A	B	C
16	To	25	A	A	B	B	B	C	D
26	To	50	A	B	B	C	C	D	E
51	To	90	B	B	C	D	D	F	G
91	To	150	B	B	C	D	D	F	G
151	To	280	B	C	D	E	E	G	H
281	To	500	B	C	D	E	F	H	J
501	To	1200	C	C	E	F	G	J	H
1201	To	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	To	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	To	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	To	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	To	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500000	And	Over	D	E	H	K	N	Q	R

CODE LETTERS

ML-STD-105E

TABLE II-A - Single sampling plans for normal inspection (Master table)

See 4.9.3. and 4.9.4)

Sample size Code Letters	Acceptable Quality Levels (Normal Inspection)																																	
	0.010		0.015		0.025		0.040		0.065		0.10		0.15		0.25		0.40		0.65		1.00		1.50		2.50		4.00		6.50		10.00			
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
A	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→			
B	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
C	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
D	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
E	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
F	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
G	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
H	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
I	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
J	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
K	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
L	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
M	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
N	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
P	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
O	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	
R	→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→		→	

→ Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspection.

↔ Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number

Re = Rejection number

SINGLE
NORMAL

ANEXO 11. Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.50:17

Anexo de la Resolución No. 402-2018 (COMIECO-LXXXIII)

**REGLAMENTO TÉCNICO
CENTROAMERICANO****RTCA 67.04.50:17
ICS 67.050
1^{ra} Revisión**

**ALIMENTOS. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA LA
INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS**

CORRESPONDENCIA: Este Reglamento Técnico no tiene correspondencia con una norma internacional.

Reglamento Técnico Centroamericano, editado por:

- Ministerio de Economía, MINECO
 - Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica, OSARTEC
 - Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, MIFIC
 - Secretaría de Desarrollo Económico, SDE
 - Ministerio de Economía Industria y Comercio, MEIC
 - Ministerio de Comercio e Industrias, MICI
-

3.3 Subgrupo del alimento: helados elaborados a base de agua con constituyentes lácteos.

Parámetro	Categoría	Tipo de alimento	Límite Permitido
<i>Enterobacteriaceae</i>	5	A	10 UFC/g
<i>Salmonella spp.</i>	10		Ausencia/25 g

4.0. Grupo de Alimento: frutas y vegetales**4.1. Frutas y vegetales frescos****4.1.1. Subgrupo del alimento: enteros empacados.**

Parámetro	Categoría	Tipo de alimento	Límite Permitido
<i>Salmonella spp.</i>	10	C	Ausencia/25 g
<i>Escherichia coli O157:H7</i>	10		Ausencia/25g

4.1.2 Subgrupo del alimento: pelados y cortados, empacados.

Parámetro	Categoría	Tipo de alimento	Límite Permitido
<i>Salmonella spp.</i>	10	B	Ausencia/25 g
<i>Escherichia coli O157:H7</i> (sólo en vegetales)	10		Ausencia/25 g
<i>Listeria monocytogenes</i>	10		Ausencia/25 g

4.2. Subgrupo del alimento: frutas y vegetales procesados.**4.2.1. Subgrupo del alimento: frutas y vegetales congelados (enteros, pelados o troceados).**

Parámetro	Categoría	Tipo de alimento	Límite Permitido
<i>Escherichia coli</i>	5	B	10 UFC/g
<i>Salmonella spp.</i>	10		Ausencia/25 g
<i>Listeria monocytogenes</i>	10		Ausencia/25 g

4.2.2. Subgrupo del alimento: frutas y vegetales desecados o deshidratados.

Parámetro	Categoría	Tipo de alimento	Límite Permitido
<i>Escherichia coli</i>	6	B	10 ² UFC/g
<i>Salmonella spp.</i>	10		Ausencia/25 g

ANEXO 12. Guía Uso y Manejo de Abonos Orgánicos



Los abonos biológicos (orgánicos) que se agregan intencionalmente al suelo pueden mejorar y promover el crecimiento y desarrollo de la planta.

Sin embargo, los abonos orgánicos pueden representar un riesgo para la inocuidad del producto, sobre todo los abonos orgánicos de origen animal y particularmente aquellos que contienen estiércol sin tratar.

- 1** Es importante que conozca el tipo de abono orgánico o mejorador de suelo que maneja, y determine si está considerado como abono tratado o sin tratar. El tipo de tratamiento y los estándares microbiológicos que debe cumplir determinan las consideraciones en las que debe ser aplicado y el intervalo en días entre la aplicación y la cosecha del producto.

(a)

Un abono se considera tratado cuando recibió un proceso para reducir los microorganismos que causan daño a la salud y su intervalo de aplicación será de cero días.

(b)

Para el caso de los abonos orgánicos de origen animal que no son tratados (estiércol), el Reglamento no indica un intervalo de aplicación, es una situación que está siendo revisada por la FDA.

En el siguiente cuadro se aclaran estas condiciones para su uso:

Tipo de Abono	Tipo de Tratamiento/ Estándar Microbiológico que debe cumplir	El abono orgánico de origen animal debe ser aplicado	Entonces el intervalo mínimo de aplicación.
Abonos de origen animal sin tratamiento.			
(i) no tratado		De una manera que no tenga contacto con el producto durante la aplicación y minimice el potencial contacto con el producto después de la aplicación.	(Reservado)
(ii) no tratado		De una manera que no tenga contacto con el producto durante y después de la aplicación.	0 días
Tratado por un proceso físico, químico controlado y validado científicamente, o la combinación de estos que sea validado científicamente, de acuerdo con los requerimientos y cumplen con el estándar microbiológico establecido para este tipo de tratamiento.	<p>Tipo de tratamiento:</p> <p>(1) compostaje estático manteniendo condiciones aeróbicas (oxigenación) a una temperatura mínima de 55 °C (131 °F) por 3 días consecutivos y seguido de un adecuado curado.</p> <p>(2) Compostaje con volteo (bila móvil) manteniendo condiciones aeróbicas a un mínimo de 55 °C (131 °F) por 15 días (los cuales no tiene que ser continuos), con un mínimo de 5 vueltas o giros, y seguido por un curado adecuado.</p> <p>Estándar microbiológico que debe cumplir:</p> <p><i>Salmonella</i> no detectable por 4 gramos de sólidos totales (base seca) y menos de 1000 NMP para <i>Coliformes fecales</i> (base seca). Empleando un método capaz de detectar 3 NMP.</p>	De una manera que no tenga contacto con el producto durante la aplicación y minimice el potencial contacto con el producto después de la aplicación.	0 días

2 Está prohibido utilizar desechos humanos en la producción de cualquier cultivo al que le aplique el reglamento (excepto Bio sólidos que cumplan con la regulación de EPA).

3 Durante el manejo, transporte y aplicación del abono orgánico de origen animal y/o vegetal, se deben seguir las siguientes medidas:

(a)

No transporte, maneje o aplique el abono tratado con producto no tratado.

(b)

No maneje o procese el abono no tratado cerca de fuentes o sistemas de distribución del agua que pudieran contaminarse.

(c)

No maneje, transporte o aplique el abono no tratado cerca o sobre las superficies de contacto con los productos agrícolas.

(d)

Mantenga el producto no tratado lejos de las áreas de proceso del producto.



4 Si sospecha que el abono ya tratado pudo contaminarse o tener contacto con abono no tratado, deberá manejarse en todo momento como si se tratara de un abono orgánico no tratado.

5 Si compra el abono ya tratado, deberá contar con un certificado o documentos que demuestren que el proceso utilizado es válido, que se monitoreó adecuadamente, y que se hizo lo necesario para evitar la contaminación cruzada con otros productos no tratados.

6 En caso de preparar el abono orgánico dentro de la unidad de producción, deberá tener registros del tratamiento que se da y que incluyan al menos temperatura, tiempo, rotación aplicados.

7 Debe tener también registros relacionados con la aplicación del abono que contenga la fecha, nombre y ubicación del campo, cultivos o variedad y marca, y estar firmados por la persona que realiza la actividad.





SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PECUARIO Y ALIMENTARIO



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD
AGROALIMENTARIA

ACHIPIA
Agencia Chilena para la Inocuidad
y Calidad Alimentaria

Esta guía fue elaborada con la finalidad de apoyar el cumplimiento de los requisitos de la Food Safety Modernization Act (FSMA) de los Estados Unidos de América. No es un documento oficial producido por la Food and Drug Administration (FDA).

El documento fue elaborado por la Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria, ACHIPIA y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) en el marco del proyecto de cooperación sur-sur titulado "Intercambio de experiencias y fortalecimiento de capacidades para el desarrollo de una estrategia para el cumplimiento de la normativa en inocuidad alimentaria de Estados Unidos (Food Safety Modernization Act, FSMA)", financiado por el Fondo de Cooperación Chile-México, AGCID. Octubre 2017.

Se agradece la colaboración en esta iniciativa a los representantes técnicos de ASOEX y SAG.

Colaboradores

ASOEX
ASOCIACIÓN NACIONAL DE EXPORTADORES DE OLEO DE SEMILLA DE GIRASOL S.A.
Juntos hacemos más cosas buenas



ANEXO 13. REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO 13.02.01:14

**REGLAMENTO TÉCNICO
SALVADOREÑO**

RTS 13.02.01:14

Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419, de fecha 4 de abril de 2018

**AGUA. AGUA DE CONSUMO HUMANO. REQUISITOS DE CALIDAD E
INOCUIDAD.**

Correspondencia: este reglamento técnico salvadoreño tiene correspondencia parcial con las *Guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud*.

ICS 13.060.20

RTS 13.02.01:14

Editada por el Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica, ubicado en 1ª Calle Poniente, Final 41 Av. Norte, N.º 18 San Salvador, Col. Flor Blanca. San Salvador, El Salvador. Teléfono (503) 2590-5323 y (503) 2590-5335. Sitio web: <http://www.osartec.gob.sv/>

Derechos Reservados

REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO**RTS 13.02.01:14**

Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419, de fecha 4 de abril de 2018

INFORME

Los comités nacionales de reglamentación técnica conformados en el Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica, son las instancias encargadas de la elaboración de Reglamentos Técnicos Salvadoreños. Están integrados por representantes de la empresa privada, gobierno, Defensoría del Consumidor y sector académico universitario.

Con el fin de garantizar un consenso nacional e internacional, los proyectos elaborados por los comités nacionales de reglamentación técnica se someten a un período de consulta pública nacional y notificación internacional, durante el cual, cualquier parte interesada puede formular observaciones.

El estudio elaborado fue aprobado como RTS 13.02.01:14 AGUA. AGUA DE CONSUMO HUMANO. REQUISITOS DE CALIDAD E INOCUIDAD, por el Comité Nacional de Reglamentación Técnica. La oficialización del reglamento conlleva el acuerdo ejecutivo del ministerio correspondiente de su vigilancia y aplicación.

El presente reglamento técnico salvadoreño está sujeto a permanente revisión con el objetivo que responda en todo momento a las necesidades y exigencias de la técnica moderna.

REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO**RTS****13.02.01:14****Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419, de fecha 4 de abril de 2018**

ACUERDO No. 606

San Salvador, 20 de Marzo de 2018.

EL ÓRGANO EJECUTIVO EN EL RAMO DE SALUD.

CONSIDERANDO:

- I. Que la *Constitución de la República de El Salvador* en el artículo 65 establece que «la salud de los habitantes constituye un bien público. El Estado y las personas están obligados a velar por su conservación y restablecimiento. El Estado además determinará la política nacional de salud, controlará y supervisará su aplicación.» El derecho a saneamiento se encuentra implícito en el derecho a la salud consagrado en este principio constitucional. También se reconoce en el artículo 69, que el Estado controlará la calidad de los productos alimenticios y las condiciones ambientales que puedan afectar la salud y el bienestar humano.
- II. Que según el *Reglamento Interno del Órgano Ejecutivo* en el artículo 42, numeral 2, es competencia del Ministerio de Salud: «Dictar las normas técnicas en materia de salud y ordenar las medidas y disposiciones que sean necesarias para resguardar la salud de la población».
- III. Que de conformidad al artículo 65 del *Código de Salud*, un reglamento determinará las condiciones técnicas y legales de los servicios de agua potable, así como la calidad de la misma al consumo humano, debiendo establecer el Ministerio de Salud, dicha calidad sanitaria, de acuerdo al art. 63 del mismo cuerpo normativo,
- IV. Que la *Ley de Creación del Sistema Salvadoreño para la Calidad*, faculta al Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica para ayudar en la conducción de la elaboración de reglamentos técnicos que otras dependencias institucionales realizan.

POR TANTO: En uso de las facultades legales conferidas, ACUERDA dictar el siguiente:

“RTS 13.02.01:14 AGUA. AGUA DE CONSUMO HUMANO. REQUISITOS DE CALIDAD E INOCUIDAD”

REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO**RTS****13.02.01:14****Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419, de fecha 4 de abril de 2018****1. OBJETO**

Establecer los límites permisibles de los parámetros microbiológicos, físicos, químicos y radiológicos que debe cumplir el agua para el consumo humano.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Aplica a toda persona natural o jurídica que administra, abastece y opera un sistema de abastecimiento de agua de consumo humano sea público, privado o mixto.

3. DEFINICIONES

- 3.1. Administrador, abastecedor u operador del sistema de agua:** persona natural o jurídica pública, privada, municipales, comunitario o mixta que tiene responsabilidad, participación o interviene en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, distribución, suministro y control del sistema de abastecimiento de agua de consumo humano.
- 3.2. Agua para el consumo humano:** agua que cumple con los valores de los parámetros microbiológicos, físicos, químicos y radiológicos establecidos en el presente reglamento y que puede ser utilizada para todo uso doméstico, incluida la higiene personal y no represente riesgos para la salud.
- 3.3. Coliforme fecal:** bacilos gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Son indicadores de contaminación fecal proveniente de humanos y animales de sangre caliente.
- 3.4. Coliforme total:** bacilos gram-negativos, no esporulados, facultativos que fermentan la lactosa con formación de gas dentro de 48 horas de incubación a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Es indicador de contaminación microbiana.
- 3.5. Desinfección del agua:** eliminación de microorganismos patógenos a través de métodos físicos y químicos para obtener agua de consumo humano.
- 3.6. *Escherichia coli*:** bacteria aerobia o anaerobia facultativa, gram-negativa, no formadora de esporas. Es un coliforme termotolerante utilizado como indicador de contaminación fecal.
- 3.7. Fuente de abastecimiento:** agua de origen natural desde donde se derivan los caudales para abastecer a la población.
- 3.8. Inspección sanitaria:** conjunto de actividades que se realizan con el objetivo de exigir el cumplimiento de los requisitos sanitarios.

REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO**RTS****13.02.01:14****Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419, de fecha 4 de abril de 2018**

- 3.9. Límite Máximo Permisible (LMP):** concentración máxima de las características físicas, químicas, y microbiológicas que no causa daño a la salud humana.
- 3.10. Número Más Probable (NMP):** estimación estadística de la población probable en un medio líquido, mediante la dilución y determinación de los puntos finales para el crecimiento microbiano.
- 3.11. Parámetro:** características físicas, químicas, microbiológicas y radiológicas, que son sometidas a medición para determinar condiciones de calidad e inocuidad en el agua.
- 3.12. Plaguicida:** cualquier sustancia o mezcla de sustancias químicas destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o las especies de plantas y animales indeseables que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de bienes de consumo.
- 3.13. Radioactividad:** cambio espontáneo y gradual, dentro del núcleo de un átomo inestable (radionúclido), que resulta en la emisión de energía en forma de partículas en movimiento o de ondas electromagnéticas, las cuales constituyen la radiación ionizante.
- 3.14. Radionúclido:** forma inestable de un elemento químico que libera radiación ionizante a medida que se descompone y se vuelve más estable. Los radionúclidos, también llamados radioisótopos, se pueden presentar en la naturaleza o producir en el laboratorio.
- 3.15. Radiológico:** término que hace referencia a la radiación ionizante o que se asocia con la radioactividad.
- 3.16. Residuos de plaguicidas:** sustancia o sustancias que se encuentran en los alimentos para consumo humano o de animales como consecuencia del empleo de un plaguicida. Abarca asimismo, derivados especificados como por ejemplo, impurezas, productos de degradación y transformación, los metabolitos y los productos de sus reacciones que se consideren de importancia toxicológicas
- 3.17. Sistema de abastecimiento de agua:** conjunto de elementos integrados por las obras hidráulicas de captación, conducción, potabilización, almacenamiento y distribución.
- 3.18. Turbidez:** expresión de la propiedad óptica de la muestra, que causa que los rayos de luz se dispersen y absorban, en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra, debido a la presencia de sólidos suspendidos en el agua.
- 3.19. Unidades Formadoras de Colonias (UFC):** número de microorganismos que pueden formar colonias cuando son cultivadas por esparcido o vertido en placa.

REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO**RTS****13.02.01:14**

Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419, de fecha 4 de abril de 2018

4. ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

- APHA	American Public Health Association
- ARCAL	Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe
- ASTM	American Society for Testing and Materials
- AWWA	American Water Works Association
- Bq/L:	Becquerel por litro
- Bq:	Becquerel
- DDD	Diclorodifenildicloroetano
- DDE	Diclorodifenildicloroetileno
- DDT	Diclorodifeniltricloroetano
- FDA	Food and Drug Administration
- LMP:	Limite máximo permisible
- mg/L:	Miligramo por litro
- MINSAL:	Ministerio de Salud
- mL:	Mililitro
- N/A:	No Aplica
- NMP:	Número Más Probable
- OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
- OMS:	Organización Mundial de la Salud
- OSA:	Organismo Salvadoreño de Acreditación
- P/A:	Presencia/Ausencia
- Pt-Co:	Escala Platino Cobalto
- RTS:	Reglamento Técnico Salvadoreño
- THM:	Trihalometanos
- UFC:	Unidad Formadora de Colonias
- UNT:	Unidades Nefelométricas de Turbidez
- US-EPA	United States Environmental Protection Agency
- WPCF	Water Pollution Control Facility

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**5.1. Desinfección del agua utilizando cloro**

5.1.1. Los sistemas de abastecimiento de agua deben cumplir con una concentración de cloro residual libre en el rango de 0,3 mg/L (acometida más alejada del punto de cloración) a 1,1 mg/L (acometida más cercana del punto de cloración) en todos los puntos de la red de distribución.

5.1.2. Cuando la autoridad competente determine que existen brotes o amenazas de enfermedades de origen hídrico, y en casos de emergencias y desastres, el valor de cloro residual libre debe mantenerse entre un límite máximo permisible de 1,5 mg/L y un límite mínimo permisible de 0,6 mg/L en todos los puntos de la red de distribución.

REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO**RTS****13.02.01:14****Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419, de fecha 4 de abril de 2018**

5.1.3. La autoridad competente debe notificar a todos los abastecedores cuando declare una situación de emergencia, de igual forma darle seguimiento para declarar la finalización de la misma.

5.2. Requisitos de calidad**5.2.1. Requisitos microbiológicos**

Tabla 1. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos para agua de consumo humano

N°	Parámetro	LÍMITES MÁXIMOS		
		Técnica de filtración por membranas	Técnica de tubos múltiples	Método cualitativo (presencia/ausencia)
1	Bacterias coliformes totales	< 1 UFC/100 mL	< 1,1 NMP/100 mL	N/A
2	Bacterias coliformes fecales	<1 UFC/100 mL	< 1,1 NMP/100 mL	N/A
3	<i>Escherichia coli</i>	<1 UFC/100 mL	< 1,1 NMP/100 mL	Ausencia

Fuente: Guías para la calidad del agua potable, 4.ª edición, OMS, 2011.

5.2.2. Requisitos fisico-químicos

Tabla 2. Límites máximos permisibles de parámetros fisico-químicos para agua de consumo humano

N°	Parámetros	Límite Máximo Permissible (mg/L)
Fisico-químicos		
1	Cianuro	0,07
2	Cloro residual libre*	(0,3 a 1,1)
3	Color aparente	15 (Pt-Co)
4	Dureza	500
5	Fluoruros	1,5
6	Nitratos**	50
7	Nitritos**	3
8	Olor***	No rechazable
9	pH	6,0 – 8,5
10	Sólidos totales disueltos	1000
11	Sulfatos	250,0
12	Turbidez	5 UNT
Metales		
13	Aluminio	0,2
14	Antimonio	0,02

REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO**RTS****13.02.01:14**

Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419, de fecha 4 de abril de 2018

15	Arsénico	0,01
16	Bario	0,7
17	Boro	2,4
18	Cadmio	0,003

Fuente: *Guías para la calidad del agua potable*, 4.ª edición, OMS, 2011.**Tabla 2. Límites máximos permisibles de parámetros físico-químicos para agua de consumo humano (continuación)**

Nº	Parámetros	Límite Máximo Permissible (mg/L)
19	Cobre	2,0
20	Cromo	0,05
21	Hierro****	0,3
22	Manganeso****	0,1
23	Mercurio	0,006
24	Níquel	0,07
25	Plomo	0,01
26	Selenio	0,04
27	Zinc	4,0
Plaguicidas		
Organoclorados		
28	Aldrin/Dialdrin*****	0,00003
29	DDT / DDD / DDE*****	0,001
30	Endosulfan I / Endosulfan II / Endosulfan Sulfato	0,02
31	Heptaclor*****	0,0004
32	Hexaclorobenceno*****	0,001
33	Lindano ^{7,6}	0,002
Carbamatos		
34	Aldicarb	0,01
35	Aldicarb sulfóxido	0,01
36	Aldicarb sulfona	0,01
37	Carbofuran	0,007
38	Carbaril	0,09
39	Metiocarb ^{7,7}	0,005
40	Naftol ^{7,7}	0,03
41	Oxamil	0,2
42	Metomil ^{7,7}	0,08
43	Propoxur ^{7,7}	0,028
44	Hidroxicarbofuran	0,005
45	Paracuat ^{7,6}	0,01
46	Dicuat	0,02

REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO**RTS****13.02.01:14****Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419, de fecha 4 de abril de 2018**

GLIFOSATOS		
47	AMPA ^{7,14}	0,7
48	Glifosato ^{7,14}	0,7
OTROS		
El MINSAL solicitará en situaciones especiales otros parámetros que considere representen riesgos para la salud de la población, ver anexo.		

Fuente: *Guías para la calidad del agua potable*, 4.ª edición, OMS, 2011.

* Ver apartado 5.1.2

** Dado que los nitratos y los nitritos pueden estar simultáneamente presentes en el agua de consumo humano, la suma de las razones de cada uno de ellos y su respectivo LMP no debe superar la unidad, es decir

$$\frac{NO_3}{LMA.NO_3} + \frac{NO_2}{LMA.NO_2} \leq 1$$

Donde:

LMP= Límite Máximo Permisible

NO₃ = Nitrato

Nitrito

NO₂ = Nitrito

*** Esta prueba se realizará organolépticamente

**** Cuando los valores de Hierro y Manganeso superen el límite máximo permitido establecido en este RTS y no sobrepasen la concentración de 2,0 mg/L para Hierro y de 0,5 mg/L para Manganeso, se permitirá el uso de quelantes para evitar los problemas de color, turbidez y sabor que se generan.

***** Estos parámetros se incluyen en el presente reglamento técnico debido a que en análisis realizados por el MINSAL se ha demostrado la residualidad de dichos parámetros, sin perjuicio de lo establecido en el *Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes* relacionado a la prohibición de su uso.

5.2.3. Seguimiento a muestras por parte del administrador

Cuando en una muestra se determinen parámetros microbiológicos, físico-químicos, fuera de lo establecido en el presente RTS, el administrador del sistema de abastecimiento, debe dar seguimiento inmediato y tomar medidas correctivas así como realizar el remuestreo para verificar que los parámetros se encuentren dentro de los LMP.

5.2.4. Otros parámetros de riesgo a la salud

El MINSAL realizará otros parámetros que considere representen riesgo para la salud de la población descritos en el anexo uno. Estos análisis se ejecutarán en situaciones especiales, tales como: derrames de plaguicidas, emergencias por fenómenos naturales, aspectos médicos y epidemiológicos, entre otros. Se consideran como valores de referencia, los que determine la *Guía para la calidad del agua potable de la OMS* en su edición vigente.

6. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD**6.1. Vigilancia Sanitaria**

6.1.1. Para evaluar la calidad e inocuidad del agua de consumo humano el personal delegado

ANEXO 14. Guía para uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies en establecimientos



ORGANISMO INTERNACIONAL
REGIONAL DE SANIDAD
AGROPECUARIA

**Guía para uso de cloro en
desinfección de frutas y
hortalizas de consumo fresco,
equipos y superficies en
establecimientos**

Dirección Regional de Inocuidad de los Alimentos

1.2 Hipoclorito de sodio



tóxico
(24).

El hipoclorito de sodio (cuya disolución en agua es conocida como lejía, cloro o lavandina, según la zona) es un compuesto químico, fuertemente oxidante de fórmula NaClO (24).

Se utiliza como desinfectante. Además, destruye muchos colorantes por lo que también es usado como blanqueador (24).

En disolución acuosa sólo es estable en pH básico. Al acidular en presencia de cloruro libera cloro elemental, que en condiciones normales se combina para formar el gas dicloro, tóxico. Por esto debe almacenarse alejado de cualquier ácido. Tampoco debe mezclarse con amoníaco, ya que puede formar cloramina, un gas muy

La solución acuosa es conocida –en Centroamérica y Perú– como lejía; cloro –en Chile, México, República Dominicana y Venezuela–; cloro, blanqueador, límpido –en Colombia– y como lavandina –en Argentina–. En Bolivia se conoce indistintamente como cloro o lavandina.

El hipoclorito de sodio generalmente se vende al público en una concentración entre (blanqueador casero, presentación comercial): 3-6 % (equivalente a 30,000-60,000 ppm) de cloro libre.

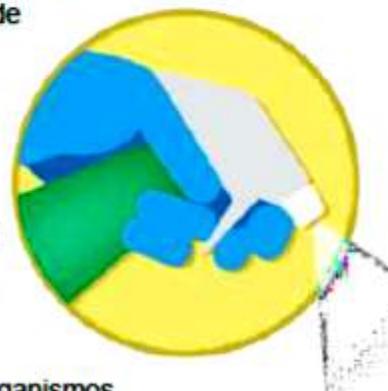
Puede ser utilizado en la desinfección y saneamiento de cocinas, pisos, utensilios y todo tipo de elementos que requieran de la eliminación de bacterias, hongos y cualquier microorganismo perjudicial para la salud humana.

1.2.1 Uso del hipoclorito de sodio como agente desinfectante

El Hipoclorito de sodio (NaClO) es utilizado a gran escala para la desinfección de superficies, equipos y mesas de trabajo que sean resistentes a la oxidación, eliminación de olores, desinfección de agua y tratamiento de alimentos. Entre sus muchas propiedades se incluye su amplia y rápida actividad antimicrobiana, relativa estabilidad, fácil uso y bajo costo.

El hipoclorito de sodio de uso doméstico viene normalmente en una concentración entre 3-6%. Cuando se mantiene en su recipiente original, a temperatura ambiente y sin destaparlo, puede conservarse durante un mes, pero cuando se ha usado para preparar soluciones, se debe cambiar diariamente (20).

El hipoclorito de sodio es letal para varios microorganismos, virus y bacterias vegetativas, pero es menos efectivo contra esporas bacterianas, hongos y protozoarios (20).



El cloro comercial, que contiene entre 3-6% de hipoclorito de sodio para ser utilizado en la desinfección, debe ser diluido para obtener una concentración final deseada de hipoclorito de sodio.

1.4 Formas de dilución del hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio

Para determinar la concentración de hipoclorito de sodio o calcio que se desea al momento de preparar una solución se debe:

- Conocer el uso de la solución (desinfección de superficies, desinfección de frutas y hortalizas, desinfección en el hogar).
- El volumen de agua que se va a usar para la dilución (en litros para establecimientos pequeños u hogares o en M³ para establecimientos medianos y grandes).
- Elegir el desinfectante (hipoclorito de sodio líquido o hipoclorito de calcio en polvo).
- Leer la etiqueta del producto comercial para determinar la concentración de cloro y las precauciones para su uso.
- Conocer la concentración de cloro que se desea en la dilución (puede ser en % o ppm).
- Conocer la concentración del producto comercial (leer etiqueta)



Existen muchas fórmulas para el cálculo de la cantidad del producto comercial que se debe agregar a la dilución, en la presente guía se recomienda la siguiente fórmula:

- **FÓRMULA** $D_{pc} = V_a \left(\frac{ppm_{pc} \cdot 1000}{\%C_{pc} / 100} \right)$ en donde:
- D_{pc} = Dosis de cloro para añadir a la solución (ml o gr)
- V_a = Volumen de agua de la solución (Lt o M³)
- ppm_{pc} = Parte por millón de cloro necesario para que tenga un efecto desinfectante.
- $\%C_{pc}$ = Concentración % del Cloro comercial (etiqueta (3-6 % líquido) (60-65% sólido)).

Ejemplo: determinar el volumen de cloro comercial para una dilución de 50 ppm de hipoclorito de sodio, al 4% en 5 litros de agua, para desinfectar tomates, lechugas, pepinos y repollo; que serán servidos en el almuerzo del personal del OIRSA en El Salvador.

FÓRMULA $D_{pc} = V_a \left(\frac{P_{ppw} / 1000}{\% \text{Cl}_2 / 100} \right)$

$$D_{pc} = (5) * (50 / 1000) / (4 / 100)$$

- $D_{pc} = (5) * (0.05) / (0.04)$
- $D_{pc} = (5) * (1.25)$
- $D_{pc} = 6.25$ ml o cc de producto comercial para agregar a los cuatro (4) litros de agua

2. Usos recomendados del hipoclorito

Cuando se agrega cloro al agua, una parte reacciona primero con los materiales orgánicos y metales presentes en el agua y no está disponible para desinfección. La concentración de cloro que queda después de que la demanda de cloro del agua se contabilice, se llama cloro total. El cloro total se divide en la cantidad de cloro que ha reaccionado con los nitratos y no está disponible para la desinfección (cloro combinado) y el cloro libre, que es el cloro disponible para la desinfección.

Por esta razón, si se usa agua potable para preparar la solución de cloro, el cloro residual disponible será aproximadamente el 100% de la dosis añadida a la solución.

2.1 Desinfección de frutas y hortalizas en establecimientos (empacadoras)

Las frutas y hortalizas frescas tienen riesgo de contaminarse con peligros biológicos (bacterias, virus y parásitos) en las diferentes fases de producción (cosecha y postcosecha) y en las fases posteriores (transporte, empaque, venta al por menor, preparación en establecimientos de expendio de comida o en hogares (8).

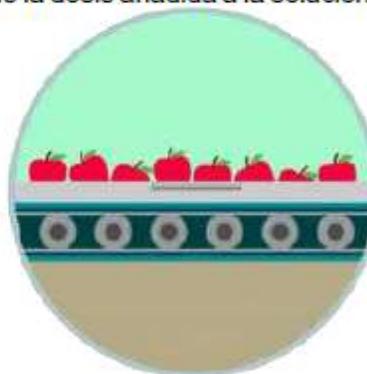


Tabla 1. Patógenos asociados a frutas y hortalizas causantes de enfermedades

<i>Aeromonas spp.</i>	Brotes de alfalfa, espárrago, brócoli, coliflor, lechuga, pimiento.
<i>Bacillus cereus</i>	Brotes de distintas especies
<i>Escherichia coli 0157:H7</i>	Repollo, apio, cilantro, lechuga, ananá, sidra de manzanas, brotes de alfalfa
<i>Listeria monocytogenes</i>	Brotes de poroto, repollo, pepino, repollo cortado, papa, rabanito, hongos comestibles, ensaladas, tomates y otras hortalizas
<i>Salmonella spp.</i>	Alcaucil, brotes de poroto, tomate, brotes de alfalfa, sidra de manzanas, coliflor, apio, berenjena, endivias, pimiento, melón cantalupo, sandía, lechuga, rabanito y diversas hortalizas

<i>Clostridium botulinum</i>	Repollo cortado
<i>Shigella spp.</i>	Perejil, hortalizas de hoja, lechuga cortada
<i>Cryptosporidium spp.</i>	Sidra de manzana
<i>Cyclospora spp.</i>	Frambuesa, albahaca, lechuga
Hepatitis A	Lechuga, frutilla, frutilla congelada

Fuente: Manual para la preparación y venta de Frutas y Hortalizas Frescas, FAO, 2003

El párrafo 1, de la sección 6.2.1, y el párrafo C, de la sección 5.2.2 del R.T.C.A. 67.06.55.09, señalan que los productos de limpieza y desinfección deben contar con registro emitido por la autoridad sanitaria competente en la industria alimentaria. Es decir que en los países centroamericanos los desinfectantes están permitidos con la condición de que el desinfectante cuente con el registro. El hipoclorito cuenta con registro en todos los países miembros del OIRSA (México, Belize, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y República Dominicana) (3).

En la Unión Europea, el cloro activo liberado de hipoclorito de sodio y de calcio, como sustancia activa para lavar frutas y hortalizas, está autorizado por el Reglamento (UE) 2017/1274. En Canadá, el Reglamento SOR / 2018-108 para alimentos seguros de la Agencia de inspección de alimentos permite una concentración entre 100-150 ppm de cloro total o entre 2 y 7 ppm de cloro residual libre con un pH entre 6 y 7 con un tiempo de contacto de 5 minutos (18).

Las concentraciones de hipoclorito de sodio entre 50 a 200 ppm., con un tiempo de contacto de 1 a 2 minutos, consiguen una reducción de la carga microbiana de entre 1 y 2 LogUFC/cm² (23). Para *E. coli* concentraciones de cloro de 100 ppm y 50 ppm con inmersión entre 2-5 minutos y temperatura de 5 °C lograron reducciones de 2.2-2.4 y 1.9-2.6 Log UFC, respectivamente (22).

En las operaciones de lavado e hidrogenfriado de productos vegetales se utilizan concentraciones entre 100-200 ppm, aunque concentraciones menores reducen la mayor parte de bacterias y hongos. Conviene comenzar las operaciones diarias con concentraciones bajas (100-150 ppm) para aumentar la cantidad de cloro en solución, a medida que el agua se va ensuciando con restos vegetales y por el incremento de la cantidad de esporas suspendidas en el agua (22).

Por las razones antes expuestas, los parámetros recomendados al aplicarse hipoclorito (de sodio o calcio) en las empacadoras deben tener presente la reutilización del agua, la constante aportación de materia orgánica a medida que se introduce más materia prima, el volumen de frutas y hortalizas que se manipula y la aportación de fluidos vegetales, dado que habitualmente se trocean frutas y hortalizas antes de su higienización.

Es preciso una exposición de entre 3 y 5 minutos para conseguir una desinfección adecuada, pero además del pH y de la cantidad de impurezas, también es importante la temperatura de la solución, puesto que el frío disminuye su eficacia.

Es recomendable lavados secuenciales; por ejemplo, con un lavado inicial para eliminar la tierra, suciedades y restos vegetales, seguido de una desinfección para acabar después con un aclarado. La agitación o cepillado contribuye a un mejor

Guía para uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies en

No es recomendable usar la solución después de 24 horas de preparada.

2.3 Desinfección de superficies y equipos en establecimientos de alimentos

El cloro y los productos basados en cloro componen el grupo más grande de agentes desinfectantes usados en establecimientos procesadores de alimentos, siendo también el grupo más común. Estos productos son eficaces contra muchos tipos de bacterias y hongos, actúan bien a temperatura ambiente, toleran agua calcárea, y son relativamente baratos (11).

Pujols Vargas (2016), utilizando hipoclorito de sodio como desinfectante a 200 ppm durante 20 minutos obtuvo una reducción de 6.8 LogUFC/50cm², con una desviación estándar de 1.25 LogUFC/50cm².

Las regulaciones federales (21 CFR Parte 178) permiten el uso de soluciones desinfectantes que contengan hipoclorito de sodio en equipos de procesamiento de alimentos y en artículos que tengan contacto con alimentos con las siguientes previsiones (25):

- El equipo o los artículos desinfectados con esta solución se deben drenar adecuadamente antes de estar en contacto con los alimentos.
- Las soluciones utilizadas para desinfectar el equipo no deben exceder las 200 partes por millón (ppm) de cloro disponible.



El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, en la Guía Técnica para Tratamiento y Desinfección de Agua para consumo humano, recomienda 50 ppm de cloro para la desinfección de pisos, pozos y tanques de agua (15).

La Dirección de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del Ministerio de Agroindustria de la República de Argentina, en la Guía de Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento, recomienda un enjuague durante 20 minutos en una solución de cloro, con una concentración de 5ppm, para desinfectar equipos y utensilios en contacto con los alimentos. De igual forma recomienda desinfección para paredes y pisos en almacenes con una solución rociadora conteniendo una concentración de 5 ppm de cloro y para los sanitarios recomienda desinfectar dos veces al día con una solución de 200 ppm de cloro (5).

Para el saneamiento del equipo limpio en establecimientos para el procesamiento de pescado se utilizan 200 mg/lt, es decir, 200 ppm de cloro. Sin embargo, para evitar la corrosión, a menudo se utilizan concentraciones menores de 50-100 mg/lt (50-100 ppm) y un tiempo de contacto más prolongado (10-20 minutos) (25).

Es recomendable, para realizar limpieza y desinfección, seguir los siguientes pasos:

1. Limpieza a seco para barrer partículas de alimentos y suciedades en la superficie.
2. Enjuague previo (rápido) para remover y retirar partículas que no fueron eliminadas durante la limpieza en seco.
3. Aplicación de detergente (puede incluir restregado) para ayudar a soltar la suciedad y las películas bacterianas.
4. Enjuague posterior para retirar el producto de limpieza y soltar la suciedad de las superficies de contacto.
5. Aplicación de desinfectante (100-200 ppm de hipoclorito) para eliminar, o por lo menos disminuir, las bacterias patógenas.
6. Enjuague final para retirar residuos del desinfectante.

Los establecimientos, sin importar tamaño, deben tener escrito un programa de limpieza y desinfección para garantizar la higiene adecuada de todo el establecimiento, así como del propio equipo usado para limpieza y desinfección.

Estos programas deben supervisarse de forma continua para verificar su adecuación y eficiencia. Deben ser documentados especificando:

- Áreas, partes del equipo y utensilios que deben limpiarse y desinfectarse.
- Responsable para las tareas específicas.
- Método y frecuencia de limpieza y desinfección.
- Organización de la supervisión.

Antes de usar desinfectante, tomar en cuenta lo establecido en los Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969), donde el Codex recomienda que la limpieza puede realizarse utilizando, por separado o conjuntamente, métodos físicos, por ejemplo; fregando, utilizando calor o una corriente turbulenta, aspiradoras u otros métodos que evitan el uso del agua, y métodos químicos, en los que se empleen detergentes, álcalis o ácidos (13).

2.4 Desinfección para prevenir contaminación con el SARS-CoV-2 (COVID-19)

La OMS (15 de mayo 2020) señala que las superficies ambientales en entornos hospitalarios son las que más probabilidades tienen de estar contaminadas por COVID-19 (20).

Señala, la OMS, que aún no hay estudios para comparar el riesgo de contaminación en entornos ambientales hospitalarios y no hospitalarios. Sin embargo, todavía es importante reducir el potencial del virus COVID-19 de la contaminación en entornos no sanitarios, como en el hogar, oficina, colegios, gimnasios o restaurantes (26).

Por estas razones, superficies de alto contacto en estos entornos, no relacionados con la atención médica, deben identificarse como prioritarios para desinfección. Estos incluyen



manijas de puertas y ventanas, cocina y áreas de preparación de alimentos, encimeras, superficies de baño, inodoros y grifos, dispositivos personales como pantalla táctil, teclado personal de computadora y superficies de trabajo.

En entornos no relacionados con la atención médica, la OMS recomienda el hipoclorito de sodio (lejía) a una concentración recomendada de 0.1% (1000 ppm) en la solución final para la desinfección, aunque reconoce que concentraciones al 0.05% (500 ppm) son efectivas para la desinfección del COVID-19 (26).

No se recomienda el uso de pulverizaciones o nebulizaciones en espacios interiores por el efecto adverso para la salud.

Tampoco es recomendable el uso de pulverizaciones o fumigación en espacios al aire libre, como calles o mercados para eliminar el COVID-19 con soluciones de cloro u otros químicos. Además, el uso de soluciones de cloro en superficies porosas, como calles o aceras es menos efectivo.

La pulverización de personas en túneles no se recomienda bajo ninguna circunstancia ya que el cloro puede provocar irritación de los ojos y la piel, provocar broncoespasmos y efectos gastrointestinales.

3. Riesgo para salud del uso de cloro en alimentos

El uso de hipoclorito de sodio a una concentración de cloro libre máxima de 80 ppm en formato de baño de cloración (80 mg/L, con un tiempo de contacto de 1 minuto a una temperatura de entre 2 °C y 15 °C y bajo condiciones de pH de entre 6 y 7,5, no presentó ningún riesgo para el consumidor (1).

Se consideró en estas estimaciones que una persona consume por término medio unos 20 gramos de ensalada al día y todas las ensaladas consumidas fueron tratadas con desinfectante, y los niveles de subproductos que podrían estar en todas las hortalizas eran iguales a los límites de cuantificación de los métodos analíticos.

Según FAO/OMS (2008), los residuos identificados de desinfectantes que contienen cloro y subproductos de desinfección no plantearon problemas de salud en función de las exposiciones alimentarias estimadas. Tampoco hay evidencia que indique que el uso de desinfectantes que contienen cloro y sus alternativas esté asociado con la resistencia antimicrobiana adquirida a los agentes terapéuticos.



ANEXO 15. INFORMES DE RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DE LAS HORTALIZAS

Verificación de coliformes totales en las hortalizas lavadas solamente con agua.						
Localidad	Tomate	NMP/g	Lechuga	NMP/g	Rábano	NMP/g
Tacuba	1	4	1	>1100	1	>1100
	2	<3	2	>1100	2	>1100
	3	4	3	1100	3	>1100
	4	<3	4	1100	4	>1100
	5	4	5	1100	5	>1100
	6	<3	6	1100	6	>1100
	7	<3	7	1100	7	>1100
	8	4	8	1100	8	>1100
	9	<3	9	>1100	9	>1100
	10	<3	10	1100	10	>1100
	11	<3	11	1100	11	>1100
	12	<3	12	1100	12	>1100
	13	<3	13	>1100	13	>1100
	14	<3	14	1100	14	>1100
	15	<3	15	1100	15	>1100
	16	4	16	>1100	16	>1100
	17	<3	17	>1100	17	>1100
	18	<3	18	>1100	18	>1100
	19	4	19	>1100	19	>1100
	20	<3	20	>1100	20	>1100

Verificación de coliformes totales en las hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio

Localidad	Tomate	NMP/g	Lechuga	NMP/g	Rábano 1 lavado	NMP/g
Tacuba	1	<3	1	23	1	>1100
	2	<3	2	23	2	>1100
	3	<3	3	43	3	>1100
	4	<3	4	43	4	>1100
	5	<3	5	23	5	>1100
	6	<3	6	23	6	>1100
	7	<3	7	23	7	>1100
	8	<3	8	23	8	>1100
	9	<3	9	23	9	>1100
	10	<3	10	23	10	>1100
	11	<3	11	23	11	>1100
	12	<3	12	23	12	>1100
	13	<3	13	23	13	>1100
	14	<3	14	23	14	>1100
	15	<3	15	23	15	>1100
	16	<3	16	23	16	>1100
	17	<3	17	23	17	>1100
	18	<3	18	43	18	>1100
	19	<3	19	23	19	>1100
	20	<3	20	23	20	>1100

Variación de coliformes fecales en las hortalizas lavadas con agua y las desinfectadas con hipoclorito de sodio

Localidad	Lechuga lavada con agua	NMP/g	Rábano lavado con agua	NMP/g	Rábano desinfectado con hipoclorito de sodio	NMP/g
Tacuba	1	9	1	>1100	1	>1100
	2	9	2	>1100	2	>1100
	3	4	3	>1100	3	>1100
	4	4	4	>1100	4	>1100
	5	4	5	>1100	5	>1100
	6	4	6	>1100	6	>1100
	7	4	7	>1100	7	>1100
	8	4	8	>1100	8	>1100
	9	9	9	>1100	9	>1100
	10	4	10	>1100	10	>1100
	11	4	11	>1100	11	>1100
	12	4	12	>1100	12	>1100
	13	9	13	>1100	13	>1100
	14	4	14	>1100	14	>1100
	15	4	15	>1100	15	>1100
	16	9	16	>1100	16	>1100
	17	9	17	>1100	17	>1100
	18	9	18	>1100	18	>1100
	19	9	19	>1100	19	>1100
	20	9	20	>1100	20	>1100

Verificación de coliformes totales en las hortalizas que solo fueron lavadas con agua.

Localidad	Tomate	NMP/g	Lechuga	NMP/g	Rábano	NMP/g
Comasagua	1	150	1	> 1100	1	> 1100
	2	150	2	> 1100	2	1100
	3	93	3	> 1100	3	1100
	4	93	4	> 1100	4	460
	5	460	5	> 1100	5	> 1100
	6	43	6	> 1100	6	> 1100
	7	43	7	> 1100	7	> 1100
	8	93	8	> 1100	8	> 1100
	9	150	9	> 1100	9	> 1100
	10	93	10	> 1100	10	> 1100
	11	43	11	> 1100	11	460
	12	43	12	> 1100	12	> 1100
	13	43	13	> 1100	13	> 1100
	14	4	14	> 1100	14	> 1100
	15	9	15	> 1100	15	> 1100
	16	93	16	> 1100	16	> 1100
	17	93	17	> 1100	17	> 1100
	18	43	18	> 1100	18	> 1100
	19	240	19	> 1100	19	> 1100
	20	93	20	> 1100	20	> 1100

Verificación de coliformes totales en las hortalizas desinfectadas con hipoclorito de sodio.

Localidad	Tomate	NMP/g	Lechuga	NMP/g	Rábano	NMP/g
Comasagua	1	4	1	> 1100	1	23
	2	23	2	> 1100	2	23
	3	4	3	> 1100	3	23
	4	4	4	> 1100	4	23
	5	<3	5	> 1100	5	23
	6	9	6	> 1100	6	23
	7	<3	7	> 1100	7	23
	8	4	8	> 1100	8	43
	9	4	9	> 1100	9	23
	10	<3	10	> 1100	10	23
	11	9	11	> 1100	11	93
	12	<3	12	> 1100	12	23
	13	<3	13	> 1100	13	23
	14	43	14	> 1100	14	23
	15	<3	15	> 1100	15	23
	16	<3	16	> 1100	16	93
	17	4	17	> 1100	17	23
	18	4	18	> 1100	18	23
	19	<3	19	> 1100	19	23
	20	4	20	> 1100	20	93

Variación de coliformes fecales en las hortalizas lavadas con agua y las desinfectadas con hipoclorito de sodio.

Localidad	Lechuga lavada con agua	NMP/g	Lechuga desinfectada	NMP / g	Rábano lavado	NMP / g	Rábano desinfectado	NMP / g
Comasagua	1	> 1100	1	43	1	23	1	4
	2	> 1100	2	23	2	23	2	4
	3	> 1100	3	43	3	23	3	4
	4	> 1100	4	43	4	23	4	4
	5	> 1100	5	23	5	23	5	4
	6	> 1100	6	23	6	23	6	4
	7	> 1100	7	23	7	23	7	9
	8	> 1100	8	23	8	23	8	4
	9	> 1100	9	23	9	23	9	4
	10	> 1100	10	43	10	23	10	4
	11	> 1100	11	23	11	23	11	4
	12	> 1100	12	43	12	23	12	4
	13	> 1100	13	23	13	23	13	9
	14	> 1100	14	23	14	23	14	4
	15	> 1100	15	23	15	23	15	4
	16	> 1100	16	23	16	23	16	4
	17	> 1100	17	23	17	23	17	4
	18	> 1100	18	23	18	23	18	4
	19	> 1100	19	23	19	23	19	4
	20	> 1100	20	23	20	23	20	4

Verificación de coliformes totales en las hortalizas que solo fueron lavadas con agua.

Localidad	Tomate	NMP/g	Lechuga	NMP/g	Rábano	NMP/g
Verapaz	1	240	1	>1100	1	240
	2	1100	2	>1100	2	240
	3	460	3	1100	3	240
	4	460	4	1100	4	240
	5	240	5	1100	5	240
	6	240	6	1100	6	93
	7	240	7	1100	7	460
	8	1100	8	1100	8	240
	9	460	9	>1100	9	240
	10	460	10	1100	10	240
	11	1100	11	1100	11	240
	12	1100	12	1100	12	240
	13	1100	13	>1100	13	240
	14	240	14	1100	14	240
	15	1100	15	1100	15	240
	16	1100	16	>1100	16	240
	17	240	17	>1100	17	240
	18	240	18	>1100	18	240
	19	240	19	>1100	19	93
	20	240	20	>1100	20	240

Verificación de coliformes totales en las hortalizas que fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio

Localidad	Tomate lavado	NMP/g	Lechuga lavada	NMP/g	Rábano lavado	NMP/g
Verapaz	1	<3	1	460	1	<3
	2	<3	2	240	2	<3
	3	<3	3	240	3	<3
	4	<3	4	240	4	<3
	5	<3	5	240	5	<3
	6	<3	6	240	6	<3
	7	<3	7	460	7	<3
	8	<3	8	460	8	<3
	9	<3	9	240	9	<3
	10	<3	10	240	10	<3
	11	<3	11	240	11	<3
	12	<3	12	240	12	<3
	13	<3	13	240	13	<3
	14	<3	14	460	14	<3
	15	<3	15	240	15	<3
	16	<3	16	240	16	<3
	17	<3	17	240	17	<3
	18	<3	18	240	18	<3
	19	<3	19	240	19	<3
	20	<3	20	460	20	<3

Variación de coliformes fecales en las hortalizas lavadas solamente con agua y las desinfectadas con hipoclorito de sodio.

Localidad	Lechuga enjuagado	NMP/g	Rábano enjuagado	NMP/g
Verapaz	1	43	1	43
	2	43	2	43
	3	43	3	43
	4	43	4	43
	5	43	5	43
	6	43	6	43
	7	43	7	43
	8	43	8	43
	9	43	9	43
	10	43	10	43
	11	43	11	43
	12	43	12	43
	13	43	13	43
	14	43	14	43
	15	43	15	43
	16	43	16	43
	17	43	17	43
	18	43	18	43
	19	43	19	43
	20	43	20	43

ANEXO 16. NOTIFICACION DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES DIRGIDA A ACTORES INSTITUCIONALES RELACIONADOS A LA INVESTIGACION.

Ciudad Universitaria Dr. Fabio Castillo Figueroa, 14 de julio de 2023.

PhD. Mario Parada Jaco
Gerente de Investigación y Desarrollo Tecnológico
CENTA

Reciba con la presente un cordial y respetuoso saludo.

Me dirijo a Ud. para informarle que, como parte del proceso de graduación de la Maestría en Microbiología e inocuidad de Alimentos impartida por la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, los maestrandos Lic. Beatriz Gabriela López Linares e Ing. Agr. Oscar Alejandro Lemus desarrollaron la investigación "EVALUACION DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE HORTALIZAS PRODUCIDAS BAJO MANEJO ORGANICO EN TRES SISTEMAS AGROECOLOGICOS " desarrollando análisis de laboratorio sobre muestras de hortalizas producidas bajo manejo orgánico en parcelas de cultivo localizadas en los municipios de Tacuba del departamento de Ahuachapán, Comasagua del departamento de La Libertad y Verapaz del departamento de San Vicente. El objetivo de la investigación fue determinar la calidad microbiológica de las hortalizas producidas con insumos orgánico y más específicamente de los abonos orgánicos fabricados y empleados por los mismos productores, de manera que analizando tres hortalizas como el tomate (*Lycopersicon esculentum*), la lechuga (*Lactuca sativa L*) y el rábano (*Raphanus sativus*) que son productos de gran demanda por parte de la población salvadoreña y que son consumidos en fresco, se pudiera definir si existe riesgo para la salud humana por el uso de abonos generalmente preparados con excretas de origen animal como la gallinaza, cerdaza o boñiga de bovinos o equinos entre otras.

Los resultados de los análisis de laboratorio fueron comparados con los parámetros dictados por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:17 para el grupo 4.0 de frutas y vegetales frescos, que coinciden con el CODEX Alimentarius de la FAO.

La investigación concluyo que:

- La concentración de microorganismos patógenos en las hortalizas más que provenir de los abonos orgánicos tipo Bocachi empleados por los productores provenia de las aguas utilizadas para el riego en sus parcelas. Además, que la carga microbiológica en las hortalizas guardaba relación directa con la concentración de coliformes fecales del agua de riego, es decir, a mayor contaminación del agua mayor contaminación de las hortalizas; principalmente de aquellas que tienen contacto con el suelo y reciben menos incidencia de los rayos solares y el viento.

Parada
14/7/23
AJ



- Los abonos orgánicos que no cumplieron con parámetros adecuados de inocuidad, fueron aquellos que se elaboraron con deficiencias de manejo, en los que no se realizó un proceso completo de fermentación que elevara la temperatura a 50 °C que es idónea para destruir microorganismos como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* y *E. coli* enterohemorrágica entre otras responsables de enfermedades de transmisión alimentaria (ETA). Por lo que la inocuidad de las hortalizas a raíz de abono orgánico tipo Bocachi se garantiza solo guardando el debido proceso de elaboración, como fue el caso de Tacuba.
- Las mayores cargas microbiológicas de *Salmonella spp.*, coincidieron con las parcelas que dentro de las áreas de trabajo tenían letrinas de fosa, sospechándose que la humedad existente en el terreno facilita el desplazamiento de la bacteria por el suelo hacia las plantas. Esto resulta más preocupante en el caso de la lechuga, que, por su estructura celular y el tiempo de contacto con el patógeno en el suelo son condiciones que favorecen la contaminación intracelular por lo que ni después de un proceso de desinfección con Hipoclorito de Sodio se logró eliminar.

Por todo lo anterior y de manera muy respetuosa se elevan ante Ud. las siguientes recomendaciones a fin de que pueda hacerlas extensivas a quien corresponda institucionalmente:

- Todo producto hortícola cosechado en sistemas agroecológicos o convencionales debe someterse a un protocolo de desinfección previo a su consumo a fin de lograr los parámetros de inocuidad establecidos en la normativa dada por el RTCA 67.04.50:17.
- Establecer para seguridad de los consumidores que, en El Salvador la lechuga que se produzca en sitios con ambiente controlado y preferentemente bajo la técnica de hidroponía, utilizando estrictamente para irrigación agua previamente potabilizada, a fin de reducir o evitar la contaminación microbiológica intracelular repetidamente detectada en esa hortaliza.
- Que, en todos los sistemas de producción hortícola, convencionales o agroecológicos, los productores adopten el uso de tanques donde se apliquen tratamientos desinfectantes, como un paso intermedio, entre las fuentes de agua de riego y el cultivo, a fin de mejorar la calidad microbiológica de sus productos.
- Supervisar el retiro de letrinas ubicadas dentro de parcelas de cultivo, principalmente aquellas ubicadas en la zona más alta del terreno, desfavorecen los niveles de inocuidad de los productos, poniendo en riesgo a los consumidores.
- Capacitar a los productores en Buenas Prácticas de Manejo e inocuidad de los alimentos, y concientizarlos de la importancia de desarrollar bien los procesos de elaboración de fertilizantes orgánicos fermentados, ya que como lo demuestra la experiencia de Tacuba, eso es garante para tener calidad microbiológica.

- Promover la investigación y aislamiento de microorganismos controladores específicos de *E. coli* y *Salmonella spp.*, para reproducirlos y utilizarlos como inoculante en abonos orgánicos sólidos y líquidos.
- Que el Ministerio de Agricultura y Ganadería defina parámetros que normen la calidad de los insumos orgánicos utilizados como fertilizantes orgánicos o biofertilizantes, ya que actualmente no existen debiendo auxiliarse de los definidos para países vecinos.

Esperando que estos resultados y recomendaciones sean de valor para el trabajo que la institución realiza.

Sin otro particular y agradeciendo la atención prestada se suscribe de Ud

Por el Equipo investigador, atte.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'B. López Linares', is written over a large, light blue oval shape that serves as a background or seal.

Licda. Beatriz Gabriela López Linares

Ciudad Universitaria Dr. Fabio Castillo Figueroa, 14 de julio de 2023.

Ing. Nelson Roberto Flores.
Coordinador de FUNDESYRAM- Micro Región Tacuba

Reciba con la presente un cordial y respetuoso saludo.

Como es de su conocimiento, los maestrandos Lic. Beatriz Gabriela López Linares e Ing. Agr. Oscar Alejandro Lemus desarrollamos la investigación "EVALUACION DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE HORTALIZAS PRODUCIDAS BAJO MANEJO ORGÁNICO EN TRES SISTEMAS AGROECOLÓGICOS" como parte del proceso de graduación de la Maestría en Microbiología e inocuidad de Alimentos impartida por la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, desarrollando análisis de laboratorio sobre muestras de hortalizas producidas bajo manejo orgánico en parcelas de cultivo localizadas en los municipios de Tacuba del departamento de Ahuachapán, Comasagua del departamento de La Libertad y Verapaz del departamento de San Vicente. El objetivo de la investigación fue determinar la calidad microbiológica de las hortalizas producidas con insumos orgánico y más específicamente de los abonos orgánicos fabricados y empleados por los mismos productores, de manera que analizando tres hortalizas como el tomate (*Lycopersicon esculentum*), la lechuga (*Lactuca sativa L*) y el rábano (*Raphanus sativus*) que son productos de gran demanda por parte de la población salvadoreña y que son consumidos en fresco, se pudiera definir si existe riesgo para la salud humana por el uso de abonos generalmente preparados con excretas de origen animal como la gallinaza, cerdaza o boñiga de bovinos o equinos entre otras.

Los resultados de los análisis de laboratorio fueron comparados con los parámetros dictados por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:17 para el grupo 4.0 de frutas y vegetales frescos, que coinciden con el CODEX Alimentarius de la FAO.

La investigación concluyo que:

- La concentración de microorganismos patógenos en las hortalizas más que provenir de los abonos orgánicos tipo Bocachi empleados por los productores provenía de las aguas utilizadas para el riego en sus parcelas. Además, que la carga microbiológica en las hortalizas guardaba relación directa con la concentración de coliformes fecales del agua de riego, es decir, a mayor contaminación del agua mayor contaminación de las hortalizas; principalmente de aquellas que tienen contacto con el suelo y reciben menos incidencia de los rayos solares y el viento.

- Los abonos orgánicos que no cumplieron con parámetros adecuados de inocuidad, fueron aquellos que se elaboraron con deficiencias de manejo, en los que no se realizó un proceso completo de fermentación que elevara la temperatura a 50 °C que es idónea para destruir microorganismos como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* y *E. coli* enterohemorrágica entre otras responsables de enfermedades de transmisión alimentaria (ETA). Por lo que la inocuidad de las hortalizas a raíz de abono orgánico tipo Bocachi se garantiza solo guardando e debido proceso de elaboración, como fue el caso de Tacuba cuyo abono orgánico cumplió los parámetros de inocuidad según la normativa de SAGARPA de México (ante la falta de una normativa salvadoreña).
- Las mayores cargas microbiológicas de *Salmonella spp.*, coincidieron con las parcelas que dentro de las áreas de trabajo tenían letrinas de fosa, sospechándose que la humedad existente en el terreno facilita el desplazamiento de la bacteria por el suelo hacia las plantas. Esto resulta más preocupante en el caso de la lechuga, que, por su estructura celular y el tiempo de contacto con el patógeno en el suelo son condiciones que favorecen la contaminación intracelular por lo que ni después de un proceso de desinfección con Hipoclorito de Sodio se logra eliminar.

Por todo lo anterior y de manera muy respetuosa se elevan ante Ud. las siguientes recomendaciones a fin de que pueda hacerlas extensivas a quien corresponda institucionalmente y en campo:

- Todo producto hortícola cosechado en sistemas agroecológicos o convencionales debe someterse a un protocolo de desinfección previo a su consumo a fin de lograr los parámetros de inocuidad establecidos en la normativa dada por el RTCA 67.04.50:17.
- Establecer para seguridad de los consumidores que, en El Salvador la lechuga que se produzca en sitios con ambiente controlado y preferentemente bajo la técnica de hidroponía, utilizando estrictamente para irrigación agua previamente potabilizada, a fin de reducir o evitar la contaminación microbiológica intracelular que repetidamente detectada en esa hortaliza. Puede adoptarse el uso de tanques donde se apliquen tratamientos desinfectantes, como un paso intermedio, entre las fuentes de agua de riego y el cultivo, a fin de mejorar la calidad microbiológica de sus productos.
- Supervisar el retiro de letrinas ubicadas dentro de parcelas de cultivo, principalmente aquellas ubicadas en la zona más alta del terreno, desfavorecen los niveles de inocuidad de los productos, poniendo en riesgo a los consumidores.
- Capacitar a los productores en Buenas Prácticas de Manejo e inocuidad de los alimentos, y concientizarlos de la importancia de desarrollar bien los procesos de elaboración de fertilizantes orgánicos fermentados, ya que como lo demuestra la experiencia de Tacuba, eso es garante para tener calidad microbiológica.

Esperando que estos resultados y recomendaciones sean de valor para el trabajo que la institución que Ud. dirige nos despedimos, no sin antes agradecer a su persona, al Técnico Exequias Méndez y productores que amablemente colaboraron con el desarrollo de investigación.

Sin otro particular y agradeciendo la atención prestada se suscribe de Ud.

Por el Equipo investigador, atte.



Oscar Alejandro Lemus

Ing. Agr. Oscar Alejandro Lemus.




Recibido 17/07/2023
Nelson R. Flores
FUNDESURAM, Taubate