

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Contaminantes microbiológicos en sistemas de producción de repollo (*Brassica oleraceae* L.) que aplican buenas prácticas agrícolas

Microbiological contaminants in cabbage (*Brassica oleraceae* L.) production systems that apply good agricultural practices

Freddy Rivera Umanzor¹, Juan Carlos Morán Centeno², Edgardo Salvador Jiménez-Martínez³

¹ MSc. Sanidad Vegetal, Dirección de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Agraria, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4533-5325> / freddy.rivera@ci.una.edu.ni

² MSc. Agroecología y Desarrollo Sostenible, Dirección de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Agraria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6135-7271> / juan.moran@ci.una.edu.ni

³ PhD. en Entomología, Docente investigador, Universidad Central de Nicaragua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1086-7380> / edgardo.jimenez@gmail.com

Autor para correspondencia: freddy.rivera@ci.una.edu.ni



RESUMEN

El repollo (*Brassica oleraceae* L.), por sus características, forma de consumo y por ser parte de la dieta de la población nicaragüense, debe de estar libre de microorganismos contaminantes que pongan en riesgo la salud humana. El objetivo de esta investigación es determinar la presencia de microorganismos contaminantes en el suelo, tejido vegetal y fuentes de agua usadas con fines de riego en sistemas de producción que emplean buenas prácticas agrícolas y que están ubicadas en el municipio de Jinotega, en la zona norte de Nicaragua; el período de estudio fue de diciembre del 2024 a enero del 2025. Se seleccionaron 10 sistemas productivos en los que se colectaron muestras de suelo, agua y tejido de repollo, las muestras se trasladaron al laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria para su análisis, cuantificando los aerobios mesófilos, coliformes totales, y coliformes fecales, así como la presencia de hongos y bacteria, empleando el método de número más probable y unidades formadoras de colonias. La presencia de hongos y bacterias fue diversa, se encontró la presencia de salmonela en el tejido de repollo en una sola muestra (10 % de las fincas). En tejido se identificaron

ABSTRACT

Cabbage (*Brassica oleraceae* L.), due to its characteristics, consumption method, and because it is part of the Nicaraguan population's diet, must be free of contaminating microorganisms that pose a risk to human health. The objective of this research is to determine the presence of contaminating microorganisms in the soil, plant tissue, and water sources used for irrigation in production systems that employ good agricultural practices and are in the municipality of Jinotega, in northern Nicaragua. The study period was from December 2024 to January 2025. Ten production systems were selected, where soil, water, and cabbage tissue samples were collected. The samples were transferred to the microbiology laboratory of the National Agrarian University for analysis. Mesophilic aerobes, total coliforms, and fecal coliforms were quantified, as well as the presence of fungi and bacteria, using the Most Probable Number and Colony Forming Units method. The presence of fungi and bacteria was diverse; the presence of Salmonella was found in the cabbage tissue in a single sample (10 % of the farms). Seven genera of bacteria and six genera of fungi were identified in the tissue, of which *Bacillus* sp and

Recibido: 28 de marzo del 2025
Aceptado: 25 de junio del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

CIENCIA DE LAS PLANTAS

siete géneros de bacterias y seis de hongos, de estos predominaron las bacterias *Bacillus* sp y *Pseudomonas* sp., y entre los hongos *Fusarium* sp., y *Colletotrichum* sp. La principal fuente de contaminación microbiológica se asocia al uso de agua para riego, con la presencia de coliformes totales y fecales, representado por *Escherichia coli*. En ocho sistemas de producción se determinó que tuvieron cargas microbianas altas de coliformes totales y fecales, por lo que se debe revisar la implementación de las buenas prácticas agrícolas mediante un análisis de riesgo, diseño de un plan de mejora y la aplicación de un plan de acción.

Palabras clave: inocuidad alimentaria, coliformes fecales, agua de riego, microorganismos patógenos, microbiología de suelo.

Pseudomonas sp. were predominant, and among the fungi, *Fusarium* sp. and *Colletotrichum* sp. The main source of microbiological contamination is associated with the use of water for irrigation, with the presence of total and fecal coliforms, represented by *Escherichia coli*. Eight production systems were found to have high microbial loads of total and fecal coliforms, so the implementation of good agricultural practices should be reviewed through a risk analysis, designing of an improvement plan and the application of an action plan.

Keywords: Food safety, fecal coliforms, irrigation water, pathogenic microorganisms, soil microbiology.

El consumo inocuo de repollo (*Brassica oleraceae* L.) en Nicaragua es fundamental para proteger la salud pública, especialmente considerando que esta hortaliza es ampliamente consumida en crudo como ensalada, y se ha detectado contaminación microbiológica en cabezas de repollo comercializadas, debido al uso de agua contaminada para riego y manipulación inadecuada durante la cosecha y postcosecha. Esto puede provocar enfermedades gastrointestinales e infecciones por *Escherichia coli* o *Salmonella* (Rivera Umazor, 2018).

En el municipio de Jinotega en los últimos 10 años, el Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA), ha trabajado en coordinación con pequeños productores de hortalizas, buscando alternativas productivas que incrementen el volumen de cosecha, los ingresos económicos y disminuyan el uso de agrotóxico. Las buenas prácticas agrícolas (BPA) consisten en la aplicación de un conjunto de prácticas de sanidad vegetal que tienen como finalidad reducir a niveles aceptables los riesgos físicos, microbiológicos y químicos en los sistemas de producción de cultivo, cosecha y transporte, según parámetros establecidos en normas aceptadas internacionalmente de acuerdo con el código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas (cac/rep 53-2003) (Diezma Iglesia, 2016).

Un factor importante para salvaguardar la inocuidad del repollo es la planificación de programas de aseguramiento de la calidad a lo largo de la cadena alimentaria, tales como las buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manufactura (BPM); siendo un requisito previo para la comercialización y distribución en los diferentes mercados. En la actualidad, se ha observado un mayor interés en la sociedad por incrementar el consumo de alimentos frescos de origen vegetal y, en beneficio de la salud pública (Fernández y Peña, 2012).

La cadena alimentaria se basa en la prevención de contaminantes durante la fase de campo, cosecha,

almacenamiento, transporte y comercialización, de tal manera que todos los individuos que intervienen compartan la responsabilidad de abastecer alimentos inocuos, sanos y nutritivos, sin embargo, hoy en día la inocuidad de los alimentos, y en el caso de las hortalizas frescas, los mecanismos de controles no son muy eficientes, especialmente en la eliminación de patógenos, ya que se trata de alimentos que se consumen crudos y presentan un riesgo elevado para la salud de los consumidores (Vélez y Ortega, 2013).

Reportes de la Organización Mundial de la Salud [OMS], (2016), indican que se ha presentado un incremento en la frecuencia de brotes de enfermedades gastrointestinales causadas por ingestión de alimentos contaminados por microorganismos patógenos, denominadas por la entidad como enfermedades transmitidas por alimentos (ETA); dichas enfermedades se encuentran asociadas al consumo de frutas y hortalizas contaminadas por patógenos que afectan la flora intestinal humana.

Existe una alta contaminación de productos vegetales debido a que el sistema de producción es abierto a muchos factores contaminantes ambientales y es además poco controlado por los productores, lo que incrementa la presencia de agentes contaminantes importantes provenientes del suelo, fuentes hídricas, aire, organismos asociados a la producción agrícola (animales domésticos y producción pecuaria), insectos y actividades humanas inadecuadas como la fertilización con materias orgánicas no descompuestas y contaminadas, o prácticas incorrectas en la manipulación de alimentos tanto en el ciclo productivo como en las prácticas de cosecha y postcosecha (Ávila *et al.*, 2008).

Por la importancia de este cultivo en la dieta de los nicaragüenses, tipo de consumo (principalmente crudos o mínimamente procesados), alto riesgo de contaminarse durante la producción y constituir una vía de transmisión de parásitos y bacterias patógenas para los humanos, esta investigación tiene por objetivo determinar

CIENCIA DE LAS PLANTAS

la contaminación microbiológica del repollo en sistemas productivos que implementan buenas prácticas agrícolas en el municipio de Jinotega, en relación con las principales fuentes de contaminación en las áreas de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio. El estudio se efectuó en diez sistemas de producción en el municipio de Jinotega ubicado en las coordenadas 13°80'24" de latitud norte y 85°46'05" de longitud oeste, a 142 km de Managua, capital de Nicaragua; se ubica a una altitud de 1 004 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 21.7 °C, y precipitaciones en el rango de 1 200 mm a 1 800 mm (Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos [INIDE], 2011). Los sistemas de producción seleccionados emplean buenas prácticas agrícolas en la producción de repollo y se encuentran en la zona costera del lago de Apanas ubicada en este mismo municipio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación geográfica, altitud y área cultivada por sistema de producción

Sistemas de producción	Comunidad	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)	Área cultivada (ha)
Chagüitillo	Chagüite Grande 1	13°08'57"	86°02'50"	966	0.50
Las Lomas	Chagüite Grande 1	13°14'68"	86°04'50"	976	1.50
El Chilamate	Chagüite Grande 1	13°14'06"	86°04'59"	979	1.00
El Porvenir	Tomatoya	13°14'90"	86°05'77"	985	0.50
Las Azucenas	San Antonio de Sisle	13°23'27"	86°03'25"	1 234	1.50
El Matapalo	Sasle	13°20'18"	86°04'08"	1 117	0.50
La Ensenada	Chagüite Grande 1	13°14'70"	86°04'54"	974	1.50
Anita	El Carril	13°22'34"	86°05'32"	1 252	3.00
Los Potrillos	Sisle 1	13°17'39"	86°02'06"	1 024	0.75
Los Cipreses	El Yanke	13°22'04"	85°98'07"	1 004	1.00

Diseño metodológico. El estudio fue de tipo no experimental, transversal, prospectivo, descriptivo (Hernández y Mendoza, 2018); para la selección de los sistemas productivos de repollo que aplican buenas prácticas agrícolas, se empleó un muestreo no probabilístico, mediante la técnica de bola de nieve (Cantoni, 2009), en las que se realizó muestreo de suelo, agua y tejido vegetal. Las muestras se obtuvieron a partir de dos visitas que se realizaron en diciembre del 2024 y en enero del 2025.

Muestreo. El muestreo se efectuó en suelo, fuentes de agua para riego y tejido vegetal; cada muestra fue resguardada en termos con hielo, para su traslado al laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria, en Managua, y procesadas dentro de las 12 horas después de colectadas. Todas las muestras fueron debidamente rotuladas (nombre de la finca, fecha de muestreo y nombre del recolector), empacadas y conservadas hasta su ingreso en los laboratorios.

Muestreo de suelo. En cada sistema de producción se colectaron 20 submuestras de suelo, con un barreno helicoidal, a una

profundidad de 25 cm para conformar una muestra compuesta de un kilogramo.

Muestreo de tejido vegetal. Se seleccionaron dos unidades (cabezas de repollo), por cada sistema de producción con un peso promedio de 1 kg, estas fueron empacadas para su traslado al laboratorio en bolsa plásticas con capacidad de 10 kg.

Muestreo en fuentes de agua para riego. En cada sistema de producción se identificó la fuente de agua que se utiliza con fines de riego, como ríos, caños y quebradas; se colectó una muestra de 1 000 ml, vertida en recipientes plásticos esterelizados.

Determinación de bacterias y hongos en suelo y tejido vegetal. Se empleó el método de dilución seriada, el cuál es un procedimiento, cuya finalidad es disminuir la cantidad de soluto por unidad de volumen. Este procedimiento se logra mediante la adición de una cantidad específica de diluyente en una

cantidad determinada de soluto para generar una mezcla homogénea entre dos o más sustancias (Agrios, 2005).

La sustancia con la cantidad más alta es el solvente, y la sustancia con la cantidad más pequeña se llama soluto, a través de este método se realizó el análisis de suelo; para el aislamiento de microorganismo

(hongos y bacterias), se homogenizó la muestra y se pesaron 10 g de suelo que fueron disueltos en un Erlenmeyer que contenía 90 ml de agua destilada estéril. Luego haciendo uso de una micropipeta se realizó la técnica de diluciones seriadas de 10² hasta 10⁵ concentración de soluto. Se colocó 1 ml de la muestra en tubos que contenían 9 ml de agua destilada estéril. Se realizó la inoculación de las muestras en medio de papa dextrosa agar (PDA) y agar nutritivo (AN). Se colocaron 200 µl de la muestra de las diluciones 10³ y 10⁴ en medio PDA para observar el crecimiento de hongos, y 100 µl de las diluciones 10⁴ y 10⁵ en medio AN para observar el crecimiento de bacterias. Las placas Petri con los medios fueron incubados a temperatura ambiente, el medio agar nutritivo fue revisado a las 48 horas y los medios con papa dextrosa agar fueron revisados a los cinco y siete días para realizar la identificación.

Para la siembra de tejido de repollo y aislamiento de microorganismo (hongos y bacterias), se realizaron cortes entre 3 mm y 5 mm, luego fueron desinfectados por dos minutos con hipoclorito de sodio al 1 %, y se aplicó alcohol histológico al 95 % por un minuto; se realizaron dos lavados con agua destilada estéril por 30 segundos. Se efectuó la siembra de tejido en

CIENCIA DE LAS PLANTAS

medio PDA para hongos y AN para bacterias, incubándose a temperatura ambiente, las lecturas para determinar bacterias se efectuaron a las 48 horas, sin embargo, para hongos se realizó hasta los cinco y siete días, según procedimientos propuestos por Agrios (2005).

Coliformes totales y coliformes fecales en tejido vegetal.

Se realizó mediante el método de recuento en placa, técnica utilizada para estimar el número de organismos viables en una muestra. Este número de organismos se cuantifica como unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de muestra (Reyes Nuñez, 2021). Las muestras se analizaron mediante la técnica de dilución seriada, que consiste en macerar 10 gramos de tejido e inocular en 90 ml de agua peptonada bufferada estéril, realizando diluciones seriadas hasta 10^{-5} ; de las diluciones 10^{-5} y 10^{-4} y se inoculó 1 ml en placas Petri conteniendo agar bilis rojo violeta, posteriormente se incubaron a 37 °C para coliformes totales y a 42 °C para coliformes fecales, en ambos casos, por un período de incubación de 24 o 48 horas.

Coliformes totales y coliformes fecales en agua. Se determinó mediante el método del número más probable (NPM); se basa en el principio de dilución seriada, en la que se diluye la muestra original para reducir la concentración y poder identificar las bacterias presentes (Cavalcante y Döbereiner, 1988).

Las muestras se analizaron según las indicaciones en la ISO 4831:2006, que consiste en inocular cinco tubos de ensayos con caldo lactosado doble concentración con 10 ml de muestra de agua, cinco con 1 ml de agua y cinco con 0.1 ml del agua en caldo lactosado simple; se incubaron a 37 °C durante 48 horas. Finalizada la incubación, de los tubos que presentaron turbidez y presencia de gas, se extrajo una muestra para su inoculación en caldos específicos usando el medio caldo bilis verde brillante por 48 horas a 35 °C para la determinación y confirmación de coliformes totales; y medio de cultivo EC (EC Broth), durante 24 horas a 42 °C, para la identificación de coliformes fecales, específicamente *Escherichia coli* (Adams, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bacterias y hongos en suelo. El análisis microbiológico de suelo indica mayor presencia de bacterias del género *Bacillus* (Cuadro 2), este género es uno de los más comunes de bacterias de vida libre en el suelo. Se puede encontrar

desde las capas más superficiales hasta las más profundas, normalmente colonizando la rizosfera de las plantas. También se observó que los *Actinomyces* sp., es la segunda bacteria de mayor presencia; de acuerdo con Díaz *et al.* (2001), estas bacterias contribuyen al mejoramiento del suelo y al enraizamiento de las plantas. Los efectos beneficiosos que ejercen estas bacterias en los cultivos, están relacionados a la producción de reguladores del crecimiento como auxinas, giberelinas y citoquininas, los que mejoran procesos fisiológicos relacionados con la germinación, la absorción de agua, nutrientes y crecimiento radicular (Siquiera y Franco, 1988, como se citó en Santillana, 2006). De forma general no existe una cantidad de unidades formadoras de colonia (UFC) definida como riesgo en la producción de este cultivo, ya que sus afectaciones se relacionan con diversos factores (Carrillo Quezada, 2016). La presencia de estas bacterias en el suelo, no constituyen una amenaza en la producción de repollo.

Cuadro 2. Bacterias y hongos en muestras de suelos

Sistema de producción	Género de bacteria	Muestras de suelo	Género de hongo	Muestras de suelo	
		UFC g ⁻¹		UFC g ⁻¹	
Chagüitillo	<i>Bacillus</i> sp	40 000	<i>Trichoderma</i> sp	1000	
	<i>Actinomyces</i> sp	20 000		<i>Penicillium</i> sp	5 000
Las Lomas	<i>Bacillus</i> sp	30 000	<i>Pythium</i> sp	2 000	
	<i>Actinomyces</i> sp	400 000			
El Chilamate	<i>Bacillus</i> sp	600 000	<i>Penicillium</i> sp	10 000	
	<i>Moraxella</i> sp	200 000			
	<i>Pseudomonas</i> sp	100 000			
El Porvenir	<i>Bacillus</i> sp	90 000	<i>Pythium</i> sp	2 000	
	<i>Actinomyces</i> sp	10 000		<i>Colletotrichum</i> sp	1 000
Las Azucenas	<i>Pseudomonas</i> sp	10 000	<i>Colletotrichum</i> sp	1 000	
	<i>Bacillus</i> sp	50 000			
	<i>Staphylococcus</i> sp	400 000			
El Matapalo	<i>Bacillus</i> sp	500 000	<i>Pythium</i> sp	10 000	
	<i>Actinomyces</i> sp	300 000			
La Ensenada	<i>Bacillus</i> sp	300 000	<i>Trichoderma</i> sp	2 000	
	<i>Staphylococcus</i> sp	200 000		<i>Fusarium</i> sp	1 000
Anita	<i>Bacillus</i> sp	100 000	<i>Fusarium</i> sp	1 000	
	<i>Actinomyces</i> sp	600 000			
Los Potrillos	<i>Bacillus</i> sp	800 000	<i>Penicillium</i> sp	4 000	
	<i>Actinomyces</i> sp	1 300 000			
	<i>Staphylococcus</i> sp	100 000			
Los Cipreses	<i>Bacillus</i> sp	800 000	<i>Paecilomyces</i> sp	1 000	
	<i>Actinomyces</i> sp	40 000		<i>Verticillium</i> sp	1 000

En los sistemas de producción se identificaron siete géneros de hongos asociados, en algunos casos, a funciones benéficas, y en otros a un rol negativo en la agricultura. Según Luna Feijoo y Mesa, (2017), estos organismos viven naturalmente en el suelo y cumplen múltiples funciones, especialmente degradando y/o transformando diversos materiales para que sean aprovechados en la nutrición de las plantas. Intervienen además en los ciclos biogeoquímicos en la naturaleza (Cuadro 2).

Bacteria y hongos en tejido vegetal. La bacteria del género *Bacillus* sp., fue identificada en nueve de los 10 sistemas productivos y *Pseudomonas* sp., en cuatro. En relación con los hongos, los de mayor frecuencia fueron *Fusarium* sp; y *Colletotrichum* sp. A pesar de que todos los hongos (Cuadro

CIENCIA DE LAS PLANTAS

3) fueron aislados del tejido del repollo, no constituyen un contaminante microbiológico o una amenaza para la salud humana; según Rivas, (2004), un microorganismo contaminante es aquel que causa enfermedades en humanos y representan un peligro a la salud pública.

Cuadro 3. Bacterias y hongos en muestras de tejido

Grupo	Género	Sistemas de producción de repollo									
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Bacterias	<i>Bacillus</i> sp	x	x	x		x	x	x	x	x	x
	<i>Micrococcus</i> sp	x									
	<i>Serratia</i> sp	x	x								
	<i>Pseudomonas</i> sp	x	x	x	x						
	<i>Xanthomonas</i> sp			x							
	<i>Staphylococcus</i> sp			x			x				
	<i>Paenibacillus</i> sp							x			
Hongos	<i>Colletotrichum</i> sp	x		x				x			x
	<i>Clavadosporium</i> sp		x	x							
	<i>Fusarium</i> sp		x	x	x		x		x	x	x
	<i>Phoma</i> sp		x								
	<i>Curvularia</i> sp				x						
	<i>Macrophomina</i> sp								x		

X= Presencia del género de microorganismos; F1= Chagüitillo, F2= Las Lomas, F3= El Chilamate, F4= El Provenir, F5= Las Azucenas, F6= El Matapalo, F7= La Ensenada, F8= Anita, F9= Los Potrillos, F10= Los Cipreses.

Díaz *et al.* (2001) indican que un gran número de bacterias y hongos de vida libre o asociativas, benefician a los sistemas productivos por su potencial como biofertilizantes, en cambio Pan *et al.* (1999) amplían el aporte de esto microorganismos al señalar que producen y segregan reguladores de crecimiento como auxinas, giberelinas y citoquininas, mejorando procesos como la germinación, nutrición, desarrollo de raíces y uso del agua. La presencia, cantidad y diversidad de microorganismos en el suelo, es favorecido por la implementación de buenas prácticas agrícolas.

Coliformes totales y coliformes fecales en tejido vegetal.

La presencia de coliformes totales en el tejido se presentó en siete sistemas productivos con un rango de 10 000 UFC a 7 400 000 UFC, y coliformes fecales en ocho sistemas (Cuadro 4); estos datos son considerados como altos según MINECO *et al.* (2022), quienes indican que la cantidad de coliformes permitidos se encuentra entre 100 UFC y 10 000 UFC. Estos organismos viven en el ambiente de forma libre, en suelo, agua y vegetación, sin embargo, cuando se encuentran presente en grandes cantidades y en alimentos no procesados, se incrementan el riesgo de desarrollar enfermedades gastrointestinales, convirtiéndose en un riesgo para la salud pública (Condezo Melgarejo y Marchan López, 2025).

Coliformes totales y coliformes fecales en agua. La presencia de microorganismos en fuentes hídricas que son utilizadas para la irrigación de cultivos, puede constituirse en una causa de proliferación de enfermedades transmitidas

por alimentos (ETA), estas son patologías ocasionadas por la ingesta de alimentos o agua contaminada por agentes etiológicos que, según sus concentraciones, afectan la salud, siendo más frecuentes las causadas por bacterias y parásitos (Peña *et al.*, 2013). Estas enfermedades constituyen una problemática de salud pública (Gil *et al.*, 2010).

Los resultados en esta investigación indican, según el número más probable (NMP), que la cantidad de coliformes totales y coliformes fecales están en el rango de cero a nueve (Figura 1). Según el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:18 (MINECO *et al.*, 2022), estos valores constituyen un factor de riesgo a la salud de los consumidores; Redondo-Solano y Arias Echandi, (2011), mencionan que promedios altos de coliformes totales, incrementan la probabilidad de encontrar coliformes fecales, lo que se debe considerar al momento de emplear agua en la irrigación de los cultivos agrícolas, principalmente en aquellos de consumo fresco, para evitar problemas de salud pública.

Cuadro 4. Coliformes en muestras de tejido

Sistemas de producción	Coliformes totales	Coliformes fecales
	UFC g ⁻¹ de tejido	
Chagüitillo	0	0
Las Lomas	0	0
El Chilamate	1 200 000	130 000
El Provenir	7 400 000	490 000
Las Azucenas	1 000 000	50 000
El Matapalo	900 000	400 000
La Ensenada	20 000	100 000
Anita	0	30 000
Los Potrillos	10 000	40 000
Los Cipreses	10 000	90 000

UFC= Unidades formadoras de colonias.

En los sistemas de producción Chagüitillo y El Provenir, se identificó la presencia de *Escherichia coli*, y en Las Lomas se registró *Salmonella* sp. OMS (2024) menciona que los agentes causales más comunes de enfermedades relacionadas con la ingesta de alimentos son especies de *Salmonella*, *Escherichia coli*, entre otros. Estos coliformes se consideran importantes indicadores de contaminación del agua y los alimentos (Madigan *et al.*, 2009; da Silva *et al.*, 2019; Erkmen y Bozoglu, 2016; MINECO *et al.*, 2022).

CIENCIA DE LAS PLANTAS

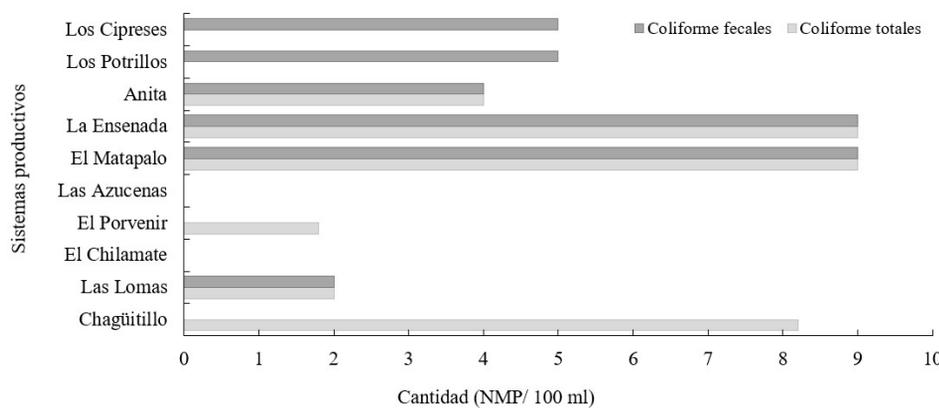


Figura 1. Coliformes totales y coliformes fecales en muestras de agua para riego.

Los coliformes totales también son considerados un indicador importante en la calidad del agua y los alimentos (Madigan *et al.*, 2009; Ouyang *et al.*, 2016). Según los resultados en este estudio, los sistemas La Ensenada y El Matapalo, mostraron mayor presencia de coliformes totales y fecales, lo que podría estar asociado a la presencia de animales domésticos que transitan sin control por las áreas de

cultivo y que tienen acceso a las fuentes hídricas.

CONCLUSIONES

En ocho sistemas de producción se determinaron valores de coliformes fecales por encima de los rangos permisibles, sin embargo, no en todos los sistemas la presencia de coliformes está directamente relacionada con el uso del agua, lo que sugiere una revisión de la aplicación correcta de las buenas prácticas agrícolas en estos sistemas de producción,

mediante un análisis de riesgo, diseño de un plan de mejora y la aplicación de un plan de acción.

En los sistemas de producción se identificaron bacterias en su mayoría relacionadas a un rol benéfico en el sistema suelo, en cambio los géneros de hongos están mayormente asociados a una función negativa en la agricultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. <https://books.google.es/books?id=CnzbgZgby60C>

Adams, V. D. (2017). *Water and wastewater examination manual*. Routledge. <https://doi.org/10.1201/9780203734131>

Ávila, G., Sánchez, E., Muñoz, E. y Martínez, L. R. (2008). Diagnóstico de la calidad microbiológica de frutas y hortalizas en Chihuahua, México. *Revista Phytón*, 77, 129–136. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-56572008000100011&script=sci_arttext&tlng=en

Cantoni Rabolini, N. M. (2009). Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. *Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*, 7(2), 1555–1669. https://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm

Carrillo Quezada, G. E. (2016). *Determinación microbiológica y de metales pesados en lechuga de repollo (Lactuca sativa), expendidos en los diferentes mercados del Distrito Metropolitano de Quito* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13230>

Cavalcante, V. A. y Döbereiner, J. (1988). A new acid-tolerant nitrogen fixing bacterium associated with sugarcane. *Plant and Soil*, 108(1), 23–31. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/111640766/new-acid-tolerant-nitrogen-fixing-bacterium-associated-with-sugarcane-libre.pdf>

Condezo Melgarejo, L. M. y Marchan López, L. L. (2025). *Calidad microbiológica de jugos de fruta comercializados en los alrededores de una universidad particular de Huancayo, 2023-2024*. Universidad Peruana Los Andes. https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/9866/T037_47361168_45095580_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

da Silva, N., Taniwaki, M., Junqueira, V., Silveira, N., Okazaki, M. y Gomes, R. (2019). *Microbiological examination methods of food and water* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315165011>

Díaz, P., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J. y Alcántara, G. (2001). Inoculation of plant growth-promoting bacteria in lettuce. *Terra*, 19, 327–333. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20023054758>

Diezma Iglesias, B. (2016). Control de calidad de productos de IV gama. *Simiente*, 86(3–4), 1–8. https://oa.upm.es/45649/1/INVE_MEM_2016_248062.pdf

Erkmen, O. & Bozoglu, T. F. (2016). *Food microbiology, 2 volume set: Principles into practice* (Vol. 2). John Wiley & Sons. <https://books.google.es/books?id=pxDRCwAAQBAJ>

Fernández, E. y Peña, C. (2012). *Riesgos microbianos en la producción de alimentos frescos en áreas urbanas y periurbanas de América Latina*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. https://www.researchgate.net/profile/Sergio-De-Los-Santos-Villalobos/publication/233895830_RIESGOS_MICROBIANOS_EN_LA_PRODUCION_DE_ALIMENTOS_FRESCOS_EN_AREAS_URBANAS_Y_PERIURBANAS_DE_AMERICA_LATINA/links/0fcfd50c9eb5a78805000000/RIESGOS-MICROBIANOS-EN-LA-PRODUCCION-DE-ALIMENTOS-FRESCOS-EN-AREAS-URBANAS-Y-PERIURBANAS-DE-AMERICA-LATINA.pdf

CIENCIA DE LAS PLANTAS

- Gil, A., Morón, A. y Gaesrte, Y. (2010). Calidad microbiológica en frutas de conchas comestibles expandidas en mercados populares de los municipios Valencia y San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 30, 24–28. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_vm/article/view/611
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1ª ed.). McGraw-Hill Education. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INIDE). (2011). *Censo Nacional Agropecuario: Informe final*. <http://www.inide.gob.ni/Cenagro/INFIVCENAGRO/informefinal.html#1>
- Luna Feijoo, I. M. A. y Mesa Reinaldo, M. J. R. (2017). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31–40. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84>
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Dunlap, P. V. y Clark, D. P. (2009). *Brock. Biología de los microorganismos* (12.ª ed.). Pearson.
- Ministerio de Economía, Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica, Secretaría de Desarrollo Económico, Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, Ministerio de Economía, Industria y Comercio y Ministerio de Comercio e Industria. (2020). *Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:18. Alimentos y bebidas procesados. Aditivos alimentarios*. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28976_B/77728.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Enfermedades de transmisión alimentaria*. <https://www.who.int/>
- Organización Mundial de la Salud. (2024). *Inocuidad de los alimentos*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Ouyang, Y., Nkedi-Kizza, P., Wu, Q. T., Shinde, D. & Huang, C. H. (2016). Assessment of seasonal variations in surface water quality. *Water Research*, 40(20), 3800–3810. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.08.030>
- Pan, B., Bai, Y., Leibovitch, S. & Smith, D. (1999). Plant-growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short-growing-season area. *European Journal of Agronomy*, 11, 179–186. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(99\)00029-5](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(99)00029-5)
- Peña, Y., Leyva, V., Robert, B. y Pérez, Y. (2013). Agentes bacterianos asociados a brotes de enfermedades transmitidas por alimentos en La Habana, 2006–2010. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 55(1), 74–83. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-671305>
- Reyes Núñez, A. E. (2021). *Estudio comparativo entre técnicas de recuento en placa tradicional y placas 3M™ Petrifilm™ para la enumeración de mohos y levaduras en matrices alimentarias* [Tesis de grado, Universidad de Pamplona]. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/3268/1/Reyes_2020_TG.pdf
- Rivas, L. (2004). *Presencia de parásitos intestinales en hortalizas que se consumen crudas, expandidas en el Mercado Central de la Ciudad de Guatemala* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2190.pdf
- Rivera Umanzor, F. (2018). *Prácticas agrícolas realizadas en la cadena de producción y comercialización del cultivo de repollo (Brassica oleracea, L) y su efecto en la calidad e inocuidad del producto final, Temua, Masaya y Tomatoya, Jinotega, Nicaragua 2016* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3888/1/tnf01r621p.pdf>
- Redondo-Solano, M. y Ehandi, M. L. A. (2011). Comparación de métodos para el análisis de coliformes totales y fecales en muestras de agua mediante la técnica de Número Más Probable (NMP). *UNED Research Journal*, 3(2), 41–43. <https://d1wqtxts1xzl7.cloudfront.net/49436485/151-68-1-PB-libre.pdf>
- Santillana Villanueva, N. (2006). Producción de biofertilizantes utilizando Pseudomonas sp. *Ecología Aplicada*, 5(1-2), 87-91. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162006000100012&lang=es
- Vélez Bravo, A. P. y Ortega González, J. E. (2013). *Determinación de coliformes totales y E. coli en muestras de lechuga expandidas en cuatro mercados de la ciudad de Cuenca* [Tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4301/1/TESIS.pdf>