

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

ESPÁRRAGOS (Asparagus officinalis) COMO VECTOR DE TRANSMISIÓN DE PARASITOS INTESTINALES: ESTUDIO PILOTO

Por:

QBC. Manuel Castro García

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN DE NUTRICIÓN

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Manuel Castro García, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias.

Dr. Luis Quihui Cota Director de Tesis

M.C. Gloria Guadalupe Morales Figueroa Asesor

> Dr. Julián Esparza Romero Asesor

Dr. Miguel Ángel Martínez Téllez Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director de tesis.

Dr. Pablo Wong González

Director General

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado durante 2 años con el cual pude culminar una etapa más en mi formación profesional.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD) por la oportunidad, las instalaciones y las facilidades otorgadas para poder realizar mi estudio de posgrado.

A mi director de tesis el Dr. Luis Quihui Cota, primeramente por haberme aceptado como su estudiante, además por sus consejos, por su tiempo, por convertirse también en un amigo y por supuesto por las llamadas de atención, que en conjunto me guiaron por el camino correcto.

A los miembros del comité, a la M. en C. Gloria Guadalupe Morales Figueroa por su amistad y todos los empujoncitos a lo largo de este camino, al Dr. Julián Esparza Romero que me hizo sentir como si fuera de sus estudiantes Comcáac y al Dr. Miguel Ángel Martínez Téllez por el conocimiento y asesoramiento brindado para la realización de esta tesis.

De igual manera, agradezco a los campos agrícolas de la región de Caborca que participaron, al personal de la Unidad de Control Sanitario de Caborca, a la Junta Local de Sanidad Vegetal de Caborca y del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora.

A los profesores que nos transmitieron sus conocimientos, así como al personal de CIAD con la que tuve la dicha de entablar una amistad.

A mis amigos, a los de CIAD y a los de siempre, que me estrecharon su mano y me ayudaron a hacer este camino más llevadero. Tener estos amigos ha sido de las mejores cosas que me ha pasado en la vida.

DEDICATORIA

Primeramente quiero dedicarle y agradecerle a Dios por haberme guiado hasta este punto en mi vida y darme esta satisfacción por haber concluido otra meta más. Asimismo, por haberme puesto con las personas indicadas.

Quiero dedicarle este trabajo a mi apa Jesús Manuel Castro Lozoya y a mi ama Martha Beatriz García Lizárraga, que siempre han estado conmigo, me han apoyado y han hecho sacrificios a lo largo de toda mi vida, tanto en lo profesional como en lo personal. Mejores padres no me pudieron haber tocado. Lo han hecho excelente... Todo lo que soy se los debo a ustedes.

De igual modo, a mis familiares que siempre han estado pendientes y se han preocupado por mí, no solo en esta etapa sino en todas las que nos ha tocado vivir. ¡Les deseo lo mismo y que se les multiplique!

CONTENIDO

		Página
	LISTA DE FIGURAS	viii
	LISTA DE TABLAS	ix
	RESUMEN	Х
	ABSTRACT	xi
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	3
II.1.	Consumo de Frutas y Hortalizas	3
II.1.1.	En el Mundo	4
II.1.2.	En Latinoamérica	4
II.1.3.	En México	5
II.1.4.	Producción de Espárragos en el País	5
II.1.5.	Comercialización de Espárragos en Caborca	6
II.2.	Fuentes de Contaminación de Frutas y Hortalizas	8
II.2.1.	Fase de Pre-cosecha	9
II.2.2.	Fase de Pos-cosecha	10
II.3.	Parásitos Intestinales Transmitidos por Frutas y Hortalizas	11
II.4.	Parásitos Intestinales	14
II.4.1.	Parásitos Intestinales Transmitidos más Frecuentemente por Frutas y Hortalizas	16
II.4.1.1.	Giardia spp.	17
II.4.1.2.	Cryptosporidium spp.	17
II.4.1.3.	Cyclospora spp.	18
II.5.	Importancia de las Enfermedades Gastrointestinales en Salud Pública	19
II.5.1.	Situación Mundial	20
II.5.2.	Situación en México	22
II.5.3.	Enfermedades Gastrointestinales y Desnutrición	22
III.	HIPÓTESIS	25
III.1.	Hipótesis Secundarias	25
IV.	OBJETIVO GENERAL	26
IV.1.	Objetivos Específicos	26
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
V.1.	Área de Estudio	27
V.2.	Diseño y Muestreo del Estudio	28
V.2.1.	Espárragos de Exportación (Unidades Experimentales)	29
V.2.2.	Espárragos de Rezaga (Unidades Experimentales)	30

CONTENIDO (CONTINUACIÓN)

		Página
V.2.3.	Espárragos de Mercados Ambulantes (Unidades Experimentales)	31
V.3.	Análisis de la Muestra	32
V.4.	Procesamiento de la Muestra	32
V.4.1.	Técnica de Faust	33
V.4.2.	Técnica de Kinyoun para Detección de <i>Cryptosporidium</i> spp. y <i>Cyclospora</i> spp.	33
V.4.3.	Método de ELISA para la Detección de <i>Cryptosporidium</i> parvum	34
V.5.	Identificación de Variables en Este Estudio	35
V.6.	Análisis Estadístico	35
VI.	RESULTADOS	37
VI.1.	Prevalencia de Parásitos en las Muestras Analizadas por Tipo de Mercado	37
VII.	DISCUSIÓN	41
VIII.	CONCLUSIONES	45
IX.	RECOMENDACIONES	47
IX.1.	Para Mercados Ambulantes	47
IX.2.	Para Productores Agrícolas	47
	REFERENCIAS	48

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Proceso de cosecha y empaque de espárrago, hasta su venta en mercados ambulantes de Caborca.	8
2	Línea de tiempo durante la colecta de muestras del 31 de Enero al 19 de Abril de 2015 y número de muestras colectadas de espárragos de exportación (E), espárragos de rezaga (R) y espárragos de mercados ambulantes (A).	28
3	"Empacadores" en banda transportadora llenando cajas con mazos de espárragos.	29
4	Espárrago de rezaga saliendo del empaque y camiones cargando espárrago de rezaga destinado como alimento para ganado.	30
5	Exhibición de espárragos en venta en los mercados ambulantes.	31
6	Prevalencia de parasitismo en espárragos de mercados ambulantes, espárragos de rezaga y espárragos de exportación.	37

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Patógenos humanos involucrados en brotes asociados con frutas y verduras durante el 2003 al 2010 Estados Unidos.	12
2	Prevalencia de parasitismo en espárragos de mercados ambulantes, espárragos de rezaga y espárragos de exportación.	16
3	Prevalencia de parásitos intestinales en espárragos de mercados ambulantes, espárragos de rezaga.	39

RESUMEN

El consumir frutas y hortalizas crudas y/o escasamente cocidas es considerado un factor asociado a brotes de enfermedades transmitidas por alimentos. Estudios en productos frescos vendidos en distintos tipos de mercados (públicos y privados) demostraron la presencia de protozoarios y helmintos. Los brotes por contaminación de agua o alimentos están asociados a Giardia spp., Cyclospora spp. y Cryptosporidium spp. En Caborca, Sonora la Secretaría de Salud reportó un incremento de enfermedades gastrointestinales en un 58% desde el año 2009 al 2012. Además, se ha reportado que los productos frescos de mercados al aire libre tienen mayor prevalencia de contaminación parasitaria que en supermercados, probablemente a la diferencia en las condiciones a las que son expuestos, como la presencia de mocas, polvo y agua. Por lo anterior, consideramos que un programa de control y vigilancia sanitaria a vendedores ambulantes de frutas y hortalizas en esa ciudad sería necesaria. El objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia de parásitos intestinales en espárragos comercializados en la región Caborca, Sonora. Un total de 150 muestras de espárragos de tres unidades de muestreo fueron seleccionadas aleatoriamente y se detectó la presencia de parásitos intestinales mediante el método de Faust, Kinyoun y kit ELISA. El 40% de las muestras analizadas resultó con la presencia de al menos un parásito intestinal. El análisis Post hoc indicó que no hubo diferencia significativa en la prevalencia de parasitismo en espárragos de mercados ambulantes (64%) cuando se comparó con espárragos de rezaga (52%) (P=0.155). Además, las prevalencias de parasitismo en espárragos de mercados ambulantes (64%) y de rezaga (52%) fueron mayor que en espárragos de exportación (4%) (P=0.0001 y P=0.0001, respectivamente). Nuestra información demuestra que los espárragos vendidos en mercados ambulantes

podrían ser un riesgo como vector mecánico para la transmisión de parásitos intestinales en la población general.

Palabras clave: Parásitos intestinales, vegetales, contaminación, Caborca.

ABSTRACT

Tendency of eating raw or lightly cooked vegetables is considered a key factor in the vegetable and fruit-borne outbreaks of gastroenteritis. Some studies in fresh produce sold in public and private markets have revealed protozoan and helminth contamination. Foodborne and waterborne outbreaks have frequently been associated with Giardia spp., Cyclospora spp. and Cryptosporidium spp. In Caborca Sonora, the Secretaría de Salud published an increase of 58% of gastrointestinal diseases from 2009 to 2012. Furthermore, fresh produce of openair markets have shown more parasitic contamination levels than those of supermarkets, probably associated to exposition factors such as flies, dust and water. Based on this, we considered that a monitoring and health surveillance to street vendors of fruits and vegetables in this city was developed. The objective of this study was to determine the prevalence of parasitic contamination in the asparagus at local trade in Caborca, Sonora. A total of 150 of asparagus samples from three collection sites were randomly collected to determine the presence of intestinal parasites using the Faust, Kinyoun and the ELISA techniques. Forty percent of the analyzed samples were positive with at least one intestinal parasite. The Post hoc analysis indicated that there was no statistical significance in the prevalence of parasitic contamination among the street vendors' asparagus (64%) with those selling rezaga's asparagus (52%) (P=0.155). In addition, the prevalence of parasitic contamination from street vendors' asparagus (64%) and rezaga's asparagus (52%) were significantly higher than that of export asparagus (4%) (P=0.0001 and P=0.0001, respectively). Our study demonstrated that asparagus sold by street vendors are a probably source of high parasite transmission risk to the general public.

Keywords: Intestinal parasites, vegetables, contamination, Caborca.

I. INTRODUCCIÓN

Las frutas y hortalizas son parte fundamental en la dieta del hombre por su valor nutricional. En el mundo se ha incrementado su consumo, lo que obliga a los mercados a satisfacer las necesidades y caprichos de la población mundial. En la actualidad gracias a la globalización y a los avances tecnológicos es posible consumir productos frescos aunque no se encuentren en temporada de cosecha o no sean originarios del país.

Desde que las frutas y hortalizas están en el campo y hasta que llegan al hogar se pueden contaminar por bacterias, virus o parásitos por factores de riesgo como agua de riego sin tratar, manipulación humana y equipo de trabajo. En Estados Unidos ocurren al año 76 millones de casos de enfermedades transmitidas por alimentos y el 12% es por productos frescos (Liu et al., 2013).

Los parásitos intestinales como *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. se pueden transmitir a través de alimentos o agua, provocando brotes de diarrea (Paziewska et al., 2007). Asimismo, *Cyclospora cayetanensis* fue el causante de ciclosporiosis en Estados de Estados Unidos por el consumo de cilantro fresco (CDC, 2015). Actualmente, los parásitos transmitidos por alimentos poco a poco han sido reconocidos como un grave problema de salud pública, sin embargo aún existe una percepción pobre en la industria alimentaria sobre la importancia de la contaminación parasitaria (Kotloff et al., 2013).

Por otro lado, México es el segundo exportador y tercer productor de espárrago a nivel mundial, donde el estado de Sonora genera el 66% del volumen de producción nacional de este producto (SAGARPA, 2013; SAGARPA/SIAP, 2014). En la región de Caborca, Sonora el principal producto fresco es el espárrago, cuya producción de mejor calidad es dirigida hacia el comercio

internacional, y el resto denominado como rezaga que puede ir a la comercialización en mercados ambulantes para su consumo humano local y alrededores, y otra porción dirigida a la alimentación del ganado. El camino que va hacia el consumo humano confronta con un número de riesgos que contribuyen a su contaminación tanto por la presencia de vectores mecánicos como por el manejo inadecuado del producto.

Las moscas, polvo y agua pueden acompañar a la venta de productos frescos en los mercados ambulantes de frutas y hortalizas (Sia Su et al., 2012) que aunado a la falta de control y vigilancia por parte de las autoridades aumenta el riesgo de contaminación por parásitos intestinales. En base a esta información, esta investigación se ha enfocado en determinar la prevalencia de parásitos intestinales en espárrago comercializado a nivel local e internacional en la ciudad de Caborca Sonora.

II. ANTECEDENTES

II.1. Consumo de Frutas y Hortalizas

Las frutas y hortalizas son parte esencial en una dieta saludable y balanceada en la población mundial, proveyendo nutrientes como vitaminas, antioxidantes y minerales. Es necesario consumir ≥400 g/día de éstos para alcanzar la ingesta de nutrientes recomendados para la población. Para lograr alcanzar el consumo de estas cantidades recomendadas se han implementado campañas en el Reino Unido para alentar a su población a consumir al menos 5 raciones de frutas y verduras cada día. El programa se llamó "Five-a-day" y lo introdujo la Agencia de Normas Alimentarias del Reino Unido y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Debido a este tipo de programas se ha incrementado su consumo en las últimas dos décadas (Goodburn y Wallace, 2013).

El consumo de frutas y verduras en México es menor a lo recomendado. En 2006, menos del 30% de la población tenía un consumo recomendado (Ramirez-Silva et al., 2009) pero en los últimos años el consumo de este grupo de alimentos ha ido en aumento según resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT). Análisis de la ENSANUT del año 2006 y 2012 demuestran que se duplicó el consumo de frutas y verduras, pasando de 110 g a 235 g por día. Una parte de estos resultados se debe al programa llamado "5 x Día" que desde el 2003 implementó la Fundación 5xDía (SECITI, 2014). Las ventajas de tener una alimentación a base de frutas y verduras se refleja en la protección contra cáncer y enfermedades crónicas como la enfermedad cardíaca coronaria (Goodburn y Wallace, 2013).

II.1.1. En el Mundo

El incremento en el consumo de frutas y verduras ha sido facilitado por comercio de importación y exportación. Esto incrementa las opciones disponibles para el consumidor. Debido a las tecnologías mejoradas, los productos frescos pueden ser ahora transportados en distancias largas dentro de periodos cortos (Matthews, 2014). Por ello, la producción mundial de productos frescos ha aumentado en un 38% durante la última década. Gracias a estos desarrollos, se conduce a la comercialización de frutas y hortalizas exóticas o fuera de temporadas procedentes de zonas lejanas (Kirezieva et al., 2015).

II.1.2. En Latinoamérica

Los países de Centroamérica como Guatemala, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Belice, Panamá y Costa Rica exportan sus productos frescos a varias partes del mundo, especialmente a Estados Unidos. Sin embargo, México es considerablemente el mayor exportador de frutas y hortalizas a Estados Unidos en comparación a Centroamérica.

Las hortalizas más comercializadas por México y Centroamérica son tomates, yuca, chile, chícharo, calabaza, cebolla, camote, pimiento, brócoli y pepino. En cuanto a frutas son aguacate, uvas, limas, *berries*, melones, mangos, papayas y piñas (Matthews, 2014).

La mayoría de las frutas y hortalizas crecen en ambientes naturales donde se vuelven vulnerables a contaminarse por varias fuentes como la tierra, agua de riego, animales, equipamiento y por el tratamiento y distribución en la poscosecha (Goodburn y Wallace, 2013), características que impactan directamente en el riesgo de contaminación a estos productos de exportación.

II.1.3. En México

En México 8.9 millones de personas generan y transforman alimentos, posicionándolo entre una de las diez potencias productoras de alimentos. La agricultura aporta el mayor porcentaje del valor total de producción con 57%, le sigue la ganadería con 40% y la pesca con el 3%. En el 2012 se cultivaron más de 500 especies de frutas y hortalizas en alrededor de 22 millones de hectáreas (has.), produciendo 235 millones de toneladas, que generaron 410 mil millones de pesos (SAGARPA, 2013).

México cuenta con 26,865,175 has. de superficie agrícola y Sonora representa el 3.3%. Sonora se encuentra en el 5º lugar nacional en valor de producción agrícola aportando el 6.9%. Los municipios más productivos del estado son Caborca, Cajeme, Hermosillo, Navojoa y San Luis Rio Colorado y las frutas y hortalizas como espárrago, uva y papa están entre los cinco productos agrícolas más destacados de la entidad (SIAP, 2013).

II.1.4. Producción de Espárrago en el País

En los últimos años ha incrementado el interés mundial por el espárrago debido a sus beneficios nutricionales y su sabor único (Weber et al., 2007). Su principal productor es China y México se posiciona en el tercer lugar. En el mundo uno de cada cien kilogramos de este producto proviene de México, colocándolo en uno de los lugares más sobresalientes en el mercado internacional. El 90% de la producción nacional es para satisfacer la demanda internacional, volviéndolo así, el segundo lugar mundial en exportación de espárrago. Los tres principales países a donde se exporta el espárrago son Estados Unidos, Reino Unido y Alemania, además Dinamarca y Suecia son mercados potenciales para el país (SAGARPA, 2013; SAGARPA/SIAP, 2014).

Tan solo del año 2011 al 2012 el espárrago tuvo un incremento en su volumen de producción del 40.2%. En el país cinco estados (Baja California, Baja California Sur, Guanajuato, Querétaro y Sonora) producen espárrago, entre ellos

sobresale Sonora, puesto que en sus campos se genera el 66% del volumen de la producción nacional y además genera el 70.3% del valor de producción nacional (SAGARPA, 2013; SAGARPA/SIAP, 2014).

En Caborca, Sonora, el principal cultivo de hortalizas de la región es el espárrago, puesto que es rentable y tiene un gran impacto socioeconómico, ya que genera trabajo para alrededor de 280 jornaleros por hectárea, principalmente durante la cosecha. Otra razón que lo hace un cultivo atractivo, es que tiene la capacidad de adaptarse al tipo de suelo salino y al agua de la región con contenido medio de sales (Fimbres, 2001; Fimbres y Lizárraga, 2009).

Por otro lado, la Unidad de Control Sanitario (UCS) de Caborca en conjunto con el Laboratorio Estatal de Salud Pública tienen una regulación, control y vigilancia sanitaria sobre productos como queso, pescado, pollo, carne de res, entre otros, pero no lo tienen para frutas y hortalizas. La UCS es quien entrega las licencias sanitarias a puestos semi-fijos, comedores agrícolas y expendios de alimentos, sin embargo a mercados ambulantes no se les entregan licencias sanitarias puesto que no están registrados en la UCS, además de no asistir al curso organizado por esta unidad donde se imparten las pláticas "Buenas prácticas de higiene en la preparación y venta de los alimentos en la vía pública" y "Enfermedades transmitidas por alimentos". Los mercados ambulantes (al aire libre) usualmente exhiben sus productos sin empaquetar y los exponen a temperaturas ambientes. Una actividad común en la venta de espárragos es agruparlos formando mazos y colocarlos en agua (solo en la base del turión) para que éstos mantengan su frescura y valor estético.

II.1.5. Comercialización de Espárrago en Caborca

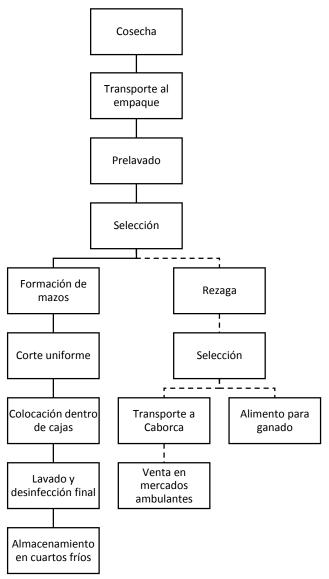
La principal forma de adquisición de espárragos para su consumo en la ciudad de Caborca es mediante mercados ambulantes quienes los obtienen directamente de los empaques de las empresas productoras. Estos espárragos fueron rechazados durante el proceso de empaque al no cumplir con las

características físicas del control de calidad y son llamados "rezaga". El propósito de la rezaga es alimentar al ganado pero personas ajenas al empaque se encargan de seleccionar el espárrago visualmente aceptable para su venta justo antes de caer dentro de contenedores.

El proceso de cosecha y empaque del espárrago inicia cuando el espárrago alcanza su tamaño ideal, entonces es cosechado con una navaja para cortar turiones y es colocado en cajas de plástico (Rodriguez, 2004). Estas cajas son apiladas sobre un camión que las transporta al empaque, ahí son descargadas en un área de espera. Después los espárragos son colocados sobre una banda transportadora y pasan por una tina de prelavado por mangueras con agua a presión conteniendo de 100 – 200 ppm (mg/L) de cloro. En otra sección, de un lado de la banda transportadora está personal encargado de seleccionar el espárrago por categorías. Los espárragos que no cumplen con los requisitos físicos del control de calidad son rechazados. Del otro lado de la banda están quienes se encargan de formar mazos de aproximadamente 10 espárragos y de cortarlos uniformemente. Por ultimo estas personas colocan los mazos en de cajas de polipropileno corrugado con capacidad de 11 libras (lbs). Las cajas se colocan de nuevo en la banda transportadora y son pesadas antes de pasar dentro de un enfriador de agua llamado "chiller", el cual está conectado con el cuarto frío. Dentro del "chiller" las cajas de espárrago son lavadas y desinfectadas con agua clorada (150 – 200 ppm) a aproximadamente 2°C. Por otro lado, estas cajas contienen en su parte inferior una almohadilla que se satura de agua para preservar la apariencia fresca de los espárragos. Una vez dentro del cuarto frío se forman tarimas y se almacenan hasta que sean cargadas en camiones y las llevan a su destino.

El proceso de cosecha y empaque del espárrago hasta llegar a su venta en mercados ambulantes de la ciudad de Caborca se describe en la **Figura 1.** El proceso de cosecha y empaque de espárrago debe implementar los Sistemas de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos para asegurar la inocuidad de los alimentos. Esto se logra en base a las Buenas Prácticas de Higiene (BPH) y

Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), además de cumplir con las normas y directrices públicas y privadas, nacionales e internacionales (Kirezieva et al., 2015).



Las líneas punteadas indican que el espárrago está fuera del proceso de cosecha y empaque.

Figura 1. Proceso de cosecha y empaque de espárrago, hasta su venta en mercados ambulantes de Caborca.

II.2. Fuentes de Contaminación de Frutas y Hortalizas

Las frutas y hortalizas pueden contaminarse durante cualquier punto de la cadena de producción a la que son sometidas, desde el campo hasta llegar a

nuestros hogares. En el campo, en el procesamiento inicial y durante la preparación final en la cocina son los tres periodos más probables de contaminación (Lynch et al., 2009). Esto puede ocurrir por materia fecal de animales, agua contaminada, fertilizantes sin tratar, falta de baños en los campos, vehículos de transporte sin desinfectar y la manipulación de los trabajadores (Matthews, 2014). El resultado de la contaminación de los productos frescos son los brotes de enfermedades. Espinoza-Medina et al. (2006), mencionan que las fuentes de contaminación en melones son el riego con aguas contaminadas usadas en el procesamiento y riego, falta de higiene de los trabajadores y una inadecuada limpieza y desinfección del equipo.

Un punto clave para prevenir la contaminación durante el proceso de cosecha y empaque de los productos agrícolas es el entrenamiento y capacitación del personal sobre los peligros biológicos en la agricultura, sin ello, los trabajadores pudieran contaminar involuntariamente los cultivos, agua y a otros trabajadores al no aplicar las prácticas de higiene (FAO, 2003).

II.2.1. Fase de Pre-cosecha

Las fuentes de contaminación por microorganismos patógenos durante la precosecha incluyen el suelo, estiércol o abono, agua usada para aplicación de pesticidas o de riego, insectos, heces de animales y la manipulación humana; como el uso de guantes de lana o algodón (Beuchat, 2002; Martínez-Téllez et al., 2007). Investigaciones en brotes de enfermedades transmitidas por germen de alfalfa, frijol mungo o rabanillos, revelaron que su punto de infección en la cadena alimentaria fue durante la pre-cosecha (Phua et al., 2014). Igualmente, casos de gastroenteritis en Suecia se relacionaron con pepinos contaminados por microsporidios (parásito intestinal) durante esta etapa (Decraene et al., 2012).

La forma más común de que se contamine el melón es cuando crecen en contacto directo con la tierra contaminada (Lopez-Velasco et al., 2012). De

mismo modo, la tierra de cultivo es una de las fuentes de mayor riesgo de contaminación bacteriológica del espárrago (Rodriguez, 2004).

El uso del estiércol de vacas, ovejas, puercos y pollos como fertilizante, implica transmitir los patógenos a las frutas y verduras cosechadas de las plantas. Estos animales son los mayores reservorios de *E. coli* O157:H7 y *Salmonella*, patógenos transmitidos por alimentos. Por ello, utilizar productos orgánicos podría resultar en una incidencia significativamente mayor de *E. coli* (Mukherjee et al., 2007). La contaminación por estos patógenos en cultivos de alfalfa se presenta durante la pre-cosecha, debido a que en ocasiones se dejan pastar animales en estos cultivos (Matthews, 2014).

La *U.S. Food and Drug Administration* (FDA) reconoce que parásitos intestinales como, *Giardia lamblia, Cryptosporidium parvum* y *Cyclospora cayetanensis* pueden ser trasmitidos a través del agua (FDA, 1998). En estudios en muestras de agua de riego en Estados Unidos y varios países de Centroamérica Thurston-Enriquez et al. (2002), encontraron una prevalencia del 60% para quistes de *Giardia* spp., y 26% para ooquistes de *Cryptosporidium* spp. Por ello, el agua utilizada para el riego es un riesgo significativo para que ocurra la contaminación durante la pre-cosecha (Materon et al., 2007), lo que además convierte a los suministros de agua en uno de los puntos más importantes a monitorear para asegurar la calidad microbiológica (Martínez-Téllez et al., 2007).

II.2.2. Fase de Pos-cosecha

Las fuentes de contaminación por microorganismos pueden ocurrir en varios puntos durante el sistema de pos-cosecha en el empaque. Las fuentes potenciales incluyen heces, manipulación humana, equipo para la cosecha y procesamiento, contenedores para el transporte, animales, insectos, polvo, agua de lavado, hielo o vehículos de transporte (Beuchat, 2002).

Durante la pos-cosecha los productos frescos se puede contaminar en su preparación en establecimientos de servicios de comida o incluso en el hogar (Parnell et al., 2005). Martínez-Téllez et al. (2007), describen que la contaminación de los productos puede ocurrir por contacto directo con trabajadores o por contaminación cruzada. Conjuntamente, enfatizan en que las buenas prácticas de sanidad a lo largo del proceso de empaque son la mejor herramienta para prevenir la contaminación de frutas y hortalizas.

La contaminación por parásitos intestinales en frutas y hortalizas, puede ocurrir de igual manera durante cualquier punto del sistema dentro del empaque, así como en mercados al aire libre de productos alimenticios o supermercados, principalmente por su manipulación con las manos, que después de defecar no han sido lavadas adecuadamente o por vectores mecánicos trasmisores de parásitos como moscas, polvo y agua (Sia Su et al., 2012). En productos frescos mínimamente procesados, los tratamientos de lavados con cloro son frecuentemente utilizados a concentraciones de 50 a 200 ppm por tiempos menores a 5 minutos (Ramos et al., 2013).

La inocuidad de las lechugas se puede comprometer por una inapropiada manipulación en el campo. Éstas al ser cosechadas se colocan en contenedores que están sobre la tierra y se apilan uno sobre otro permitiendo la transferencia de tierra del fondo de un contenedor a otro (Matthews, 2014). Esta actividad de colocar el producto en contenedores de plástico y apilar también es realizada durante la cosecha del espárrago, por lo que la probabilidad de contaminación es alta.

II.3. Parásitos Intestinales Transmitidos por Frutas y Hortalizas

Los brotes que han ocurrido en varias partes del mundo por enfermedades transmitidas por frutas y verduras frescas se han reconocido cada vez más. El riesgo de padecer una enfermedad por productos frescos se refleja en el alto número de enfermos en regiones de Europa, en Estados Unidos, Japón y Australia (Olaimat y Holley, 2012). El número de brotes del periodo de 2003 al 2010 por patógenos específicos del humanos asociados con frutas y verduras en Estados Unidos se encuentra resumido en la **Tabla 1** (Matthews, 2014). Los

patógenos con más presencia en los brotes fueron virus y bacterias, mientras que parásitos intestinales como *Cryptosporidium parvum* y *Cyclospora cayetanensis* tuvieron pocos brotes, sin embargo fueron dos brotes los que tuvieron un número de casos relevantes en 2004 y 2005, respectivamente.

Por otro lado, como lo muestra la **Tabla 1**, otros patógenos además de los parásitos intestinales pueden infectar al humano al consumir productos frescos,

Tabla 1			
	nos involucrados en brotes asociados o	con frutas y verdu	ıras durante el 2003 al 2010
Estados Unidos. ¹			
Año	Patógeno	Brotes	Casos
2003–2004	Norovirus	23	1,003
	Salmonella	14	883
	E. coli O157:H7	7	395
	Campylobacter jejuni	2	22
	Shigella sonnei	2	62
	Cryptosporidium parvum	2	356
	Hepatitis A	1	935
2005–2006	Norovirus	31	1,201
	Salmonella	16	607
	E. coli O157:H7	11	450
	Cyclospora cayetanensis	2	606
	Hepatitis A	1	40
	Staphylococcus aureus	1	35
2007–2008	Norovirus	53	1,388
	Salmonella	21	3,312
	E. coli O157:H7	9	172
	Shigella sonnei	2	116
	Cyclospora cayetanensis	2	62
	Listeria monocytogenes	2	49
	Bacillus cereus	1	25
	Hepatitis A	1	22
2009–2010	Salmonella	25	1,183
	Norovirus	24	755
	E. coli O157:H7	5	69
	E. coli O145	1	31
	Clostridium perfringens	1	19
	Cyclospora cayetanensis	1	8
	Hepatitis A	1	5
	Staphylococcus aureus	1	4
¹ Tabla modificada	a de Matthews (2014).		

como las bacterias y virus. Por ejemplo, en años recientes en Europa han ocurrido brotes por maíz importado contaminado con *Shigella* (Lewis et al., 2007), además de brotes de gastroenteritis causados por consumir frambuesas congeladas importadas por presencia de norovirus (Hjertqvist et al., 2006).

En Estados Unidos cada año aproximadamente 76 millones de personas sufren de una enfermedad transmitida por algún alimento y el 12% es debido a productos frescos, y del cuatro por ciento en Australia durante el periodo del 2001 al 2005. Una de las causas de las enfermedades por productos frescos es la contaminación por patógenos que vienen del estiércol, la tierra, las aguas residuales, las aguas superficiales o la fauna (heces) (Liu et al., 2013; Lynch et al., 2009).

Brotes por *Cyclospora cayetanensis* se han relacionado a *berries* importadas de países centroamericanos, convirtiendo este patógeno de gran preocupación para Estados Unidos (Hall et al., 2011). Otros brotes han ocurrido en países europeos como Alemania, Dinamarca y Finlandia se han relacionado a ensaladas con la presencia de los protozoarios *Cryptosporidium parvum, Crypotosporidium hominis* y *Cyclospora* spp. (Doller et al., 2002; Ethelberg et al., 2009; Ponka et al., 2009).

El brotes más reciente ocasionado por productos frescos causó infecciones de ciclosporiosis en Estados Unidos y fue producida por el protozoario *Cyclospora cayetanensis*. En el año de 2015, hasta el 15 de Septiembre el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) habría reportado 546 personas infectadas con *Cyclospora* de 31 estados (CDC, 2015). Una investigación por parte de la FDA en conjunto con funcionarios locales y estatales de Texas habría identificado al cilantro del Estado de Puebla, México como el vehículo sospechoso (FDA, 2015a).

En años anteriores (2013 y 2014) la CDC y funcionarios estatales asociaron al cilantro fresco de Puebla, México con brotes recurrentes de ciclosporiosis. Durante el 2015 la FDA emitió una alerta para detener el cilantro

fresco de Puebla sin examinación física del 1 de Abril al 31 de Agosto de cada año. Sin embargo, el cilantro proveniente de empresas certificadas por esta dependencia federal podrá ser exportado sin problemas (FDA, 2015a, 2015b).

Gran cantidad de frutas y hortalizas exportadas a varios lugares del planeta y especialmente a Estados Unidos proceden de México y países de Centroamérica. Tomates, melones, pimientos y papayas importados de estos países han sido parte de las enfermedades transmitidas por alimentos (Matthews, 2014).

Actualmente, los parásitos transmitidos por alimentos poco a poco han sido reconocidos como un grave problema de salud pública, sin embargo aún existe una percepción pobre sobre la importancia de los parásitos intestinales en la salud pública mundial (Kotloff et al., 2013).

II.4 Parásitos Intestinales

En el mundo moderno las infecciones por parásitos intestinales se asocian al subdesarrollo, mientras que los países desarrollados se dice que son como "islas libres de parásitos". Los géneros de parásitos que más producen enfermedades gastrointestinales a nivel mundial son *Ascaris, Entamoeba, Toxoplasma, Cyclospora, Giardia y Cryptosporidium*. De los más reportados en el mundo están *Ascaris* spp. (20%), infecciones por anquilostoma (18%), *Trichuris trichiura* (10%) y *Entamoeba histolytica* (10%) (Alum et al., 2010).

Por otro lado, existen parásitos no patógenos comúnmente encontrados en el tracto gastrointestinal pero que no causan una enfermedad. No obstante, estas especies parasitarias son consideradas como indicadores de riesgo de padecer una infección por especies patógenas y de deficiencias en condiciones sanitarias. Los parásitos intestinales no patógenos son: *Chilomastix mesnili, Endolimax nana, Entamoeba coli, Entamoeba dispar, Entamoeba hartmanni, Entamoeba polecki, Iodamoeba buetschlii y Blastocystis hominis*; para éste último aún existen discrepancias. Si bien, las evidencias clínicas lo sugieren como un

potencial patógeno, hasta la fecha no se le ha demostrado concluyentemente (CDC, 2012; El-Marhoumy et al., 2015; Javalera, 2014).

En brotes de gastroenteritis causados por frutas y verduras están implicados los parásitos intestinales. Su forma de consumo, sin pelar, crudas o ligeramente cocidas, el tipo de comercialización actual y el incremento de personas inmunocomprometidas, son algunos factores asociados a los brotes de enfermedades transmitidas por productos frescos (Alum et al., 2010). Algunas personas prefieren consumir las verduras crudas, para mantener su sabor natural y preservar los nutrientes termolábiles (Ezatpour et al., 2013). Este hecho, ha cambiado el tipo de dieta en algunas partes del mundo por la introducción de ensaladas como una comida rápida urbana (Robertson et al., 2014).

En 2012 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) y a la Organización Mundial de la Salud (OMS) presentó la lista de los 24 parásitos trasmitidos por alimentos de mayor importancia a nivel mundial que en 2010 el Codex sobre Higiene de los Alimentos (CCFH, por sus siglas en inglés) les habría solicitado. En la **tabla 2** se muestran el nombre, posición y los productos asociados a los parásitos transmitidos por productos frescos (Robertson et al., 2013).

Los brotes en productos frescos han sido las mejores matrices de alimentos para llevar a cabo estudios de contaminación por *Cryptosporidium* spp. en productos alimenticios. Asimismo, los ooquistes de *Cryptosporidium* spp. se han detectado como contaminantes en varias frutas y hortalizas crudas (Robertson et al., 2014).

Diversos estudios se han realizado en productos frescos en supermercados, mercados al aire libre y mercados de venta por mayoreo y menudeo, demostrando la presencia de quistes, ooquistes y huevecillos de protozoarios y helmintos. Algunos de los productos frescos donde se han aislado parásitos han sido lechuga, repollo, espinaca, tomate, zanahoria, pepino, pimiento verde, cebolla verde, puerro, berro, rábano y menta (Adamu et al., 2012; Adenusi et al., 2015; Maikai et al., 2013; Sia Su et al., 2012). En los

supermercados, sus productos pre-empaquetados son exhibidos dentro de locales bajo refrigeración. Por otro lado, los mercados al aire libre, exponen sus productos a una contaminación potencial al exhibir sus productos al aire libre a temperatura ambiente y sin empaquetar (Minami et al., 2010).

Tabla 2		
Lista de lo	s parásitos transmitidos por pro	ductos frescos desde una perspectiva global. 1
Posición	Parásito	Principales productos alimenticios asociados a la transmisión de parásitos
1	Taenia solium	Puerco, productos frescos
2	Echinococcus granulosus	Productos frescos
3 4	Echinococcus multilocularis Toxoplasma gondii	Productos frescos Carne de pequeños rumiantes, de puercos y de res; además, productos frescos
5	Cryptosporidium spp.	Productos frescos, jugos de frutas y leche
6	Entamoeba histolytica	Productos frescos
9	<i>Ascaris</i> spp.	Productos frescos
11	Giardia duodenalis	Productos frescos
12	Fasciola spp.	Productos frescos (plantas de agua dulce)
13	Cyclospora cayetanensis	Berries, productos frescos
15	Trichuris trichiura	Productos frescos
18	Balantidium coli	Productos frescos
20	Toxocara spp.	Productos frescos
¹ Tabla mo	dificada de Robertson et al. (20	13).

II.4.1. Parásitos Intestinales Transmitidos más Frecuentemente por Frutas y Hortalizas

En años recientes, la incidencia de brotes transmitidos por alimentos por frutas y hortalizas contaminadas ha incrementado preocupantemente. Esto se debe a que estos productos pueden ser un vehículo de transmisión patógenos como bacterias, virus y parásitos intestinales. Aproximadamente cerca de 1,100 brotes por productos frescos reportados, 53% fue causado por bacterias, 42.5% por virus y 4.5% por parásitos (Ramos et al., 2013). Los parásitos intestinales más frecuentemente relacionados a brotes transmitidos por frutas y hortalizas e infecciones humanas son:

II.4.1.1. *Giardia* spp. La giardiosis es una enfermedad gastrointestinal, causada por un protozoario flagelado llamado *Giardia lamblia*, y es transmitida vía fecaloral a través de agua o alimentos contaminados. Sobrevive a los niveles de cloro utilizados en los tratamientos de agua y tiene mayor resistencia a niveles de cloro que las bacterias. A niveles de 0.3 y 0.5 ppm de cloro residual libre e incluso permitiendo niveles máximos de 1.0 y 3.0 ppm en suministros de agua potable los quistes de *G. lamblia* siguen estando presente (Cermeño et al., 2008; Dawson, 2005).

Este protozoario fue el primero en ser relacionado con una enfermedad humana y desde los años 70's ya se habían documentado varios casos por enfermedades transmitidas por aqua (Dawson, 2005).

La giardiosis es la mayor causa diarreica en el mundo y se caracteriza por producir diarrea, cólicos, dolor de cabeza, deshidratación, malabsorción y pérdida de peso, clasificada como una enfermedad autolimitante. Los niños y personas inmunocomprometidas son a quienes más afecta, mientras que para las personas sanas, puede ser asintomática. El impacto de giardiosis es debido a que causa daños a la salud con una prevalencia de 2 a 7% en países desarrollados y 20 a 30% en países no desarrollos, dificultando así la mejora socioeconómica de estos países en desarrollo. En estos últimos, los niños pequeños tienen las tasas más altas de infección (10-30%) y la mayor tasa de mortalidad, debido a condiciones higiénicas escasas (Dawson, 2005; Kamel et al., 2013; Koehler et al., 2014).

II.4.1.2. .*Cryptosporidium* spp. Actualmente son 27 especies reconocidas como válidas de *Cryptosporidium* y 20 de ellas se han reportado en humanos, siendo en ellos *C. hominis* y *C. parvum* las especies de más comúnmente reportadas (Ryan y Hijjawi, 2015). Uno de los mayores problemas en salud pública en los países desarrollados y en desarrollo es la diarrea, principalmente causada por *Cryptosporidium* spp. Diarrea, dolor abdominal y vómito son los principales síntomas causados por una infección por *C. parvum*. En países en desarrollo es

la principal causa de brotes de enfermedades gastrointestinales y con periodos sintomáticos mayores que cuando son infecciones bacterianas, de aproximadamente una a dos semanas, donde la hospitalización puede ser necesaria (Dawson, 2005; Maikai et al., 2013).

La infección por *Cryptosporidium* spp. puede ser transmitida por agua o alimentos que contienen los ooquistes. Desde los años 80's varios países también lo consideraron como una amenaza al causar brotes de enfermedades por agua en Estados Unidos y el Reino Unido. En brotes de enfermedades transmitidas por alimentos los vehículos de su transmisión han sido frutas, verduras y mariscos, debido a que son consumidos crudos (Dawson, 2005; Maikai et al., 2013). Por otro lado, el brote más grande de una enfermedad gastrointestinal por el suministro de agua potable fue causado por *Cryptosporidium* spp. en Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos en 1993. El resultado fue un estimado de 403,000 casos (Dawson, 2005).

Para la inactivación de los ooquistes de *Cryptosporidium parvum* es necesario utilizar 80 ppm de cloro durante 90 minutos para inactivar el 90%. El tratamiento con 1.3 ppm de dióxido de cloro inactiva el 90% después de una hora. Además, es 14 veces más resistente a éste tratamiento e incluso 30 veces más resistentes al tratamiento con ozono que *G. lamblia*. La exposición a una temperatura de 65°C puede ser efectivo, por lo que la cocción de los vegetales en el hogar debe ser suficiente para eliminar los ooquistes de *Cryptosporidium* (Cermeño et al., 2008; Duhain et al., 2012; Korich et al., 1990).

II.4.1.3. *Cyclospora* spp. *Cyclospora* spp. infecta la mucosa epitelial del intestino del humano quien es su hospedero específico y única fuente de ooquistes, los cuales contaminan agua y alimentos, aunque casos por agua no se han reportado tanto como *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* spp. A diferencia de estos últimos parásitos mencionados, *Cyclospora* spp. necesita de un vehículo de transmisión debido a que la propagación de persona a persona es poco probable por el tiempo de esporulación que el ooquiste requiere fuera del hospedero (Dawson,

2005; Lainson, 2005), ya que una persona infectada arroja ooquistes sin esporular en sus heces, los cuales no son infectivos (inmaduros) (FDA, 2015b).

Fue hasta principios de los 90's cuando se documentó como un patógeno significante para el hombre (Dawson, 2005). Afecta principalmente a niños y a personas que inmunológicamente no han estado expuestas al parásito como lo son los viajeros de países desarrollados (Torres-Slimming et al., 2006). Produce una diarrea severa y prolongada la cual es conocida como ciclosporiosis, además causa vómito, nauseas, calambres estomacales, pérdida del apetito, pérdida de peso, fatiga y fiebre (Dawson, 2005; FDA, 2015b). Vacunas para ciclosporiosis aún no están disponibles (CDC, 2014).

En países desarrollados, la especie *Cyclospora cayetanensis* se ha asociado a casos de diarrea, en gran parte debido a productos frescos importados de países en desarrollo (Chacin-Bonilla, 2010). Los tratamientos de desinfección de agua o alimentos con cloro o yodo son poco efectivos contra este patógeno (CDC, 2014). *C. cayetanensis* es de gran preocupación porque casi todos los brotes en Estados Unidos han sido asociados a frambuesas importadas de países de Centroamérica (Hall et al., 2011). En los 90's estos brotes se debieron al consumo de frambuesas, lechugas, chícharos y de albahaca. En 2005 se asoció a numerosos casos de brotes de diarrea en Estados Unidos, Canadá y Europa (Torres-Slimming et al., 2006).

II.5 Importancia de las Enfermedades Gastrointestinales en Salud Pública

Las enfermedades gastrointestinales afectan a personas de cualquier edad y condición social, siendo los niños y ancianos los más vulnerables, considerándose como un problema de salud pública. Las manifestaciones clínicas principales de esta infección son fiebre, vómito, dolor abdominal y diarrea moderada o intensa. El riesgo de padecer esta infección es mayor en temporada de calor, aunque puede ocurrir durante cualquier época del año, por lo que

forman parte de las enfermedades infecciosas más frecuentes (Hernández-Cortez et al., 2011).

En países en desarrollo las enfermedades gastrointestinales son la principal causa de morbilidad y mortalidad, provocando un aumento de la susceptibilidad a infecciones a causa de la malnutrición proteico-calórica. Patógenos entéricos como *G. lamblia, Cryptosporidium* spp., *E. histolytica* y *Campylobacter* spp. tienen más impacto sobre morbilidad mientras que rotavirus, *Salmonella* spp. y *Vibrio cholerae* en mortalidad (Rodriguez et al., 2011).

II.5.1. Situación Mundial

En el mundo una de las causas más importantes de morbimortalidad y factor importante de desnutrición entre lactantes y niños son las enfermedades gastrointestinales. Estas enfermedades son causadas por bacterias, parásitos y virus al consumir alimentos y agua contaminados. La mayor incidencia se da en personas de 20 a 40 años pero los niños y ancianos son los más afectados debido a la gran pérdida de electrolitos durante la enfermedad pudiendo causar una deshidratación grave (Hernández-Cortez et al., 2011).

En países desarrollados una importante causa de morbilidad es la diarrea infecciosa, afectando en mayor parte a pacientes hospitalizados y a viajeros que van a regiones tropicales o subtropicales (diarrea del viajero). Las infecciones por *Giardia lamblia* son causantes del 10% de las diarreas del viajero, asi como el 35% de las infecciones gastrointestinales en menores de 5 años en países desarrollados y 10% en países en vías de desarrollo (Hernández-Cortez et al., 2011; Matthews, 2014).

En países en desarrollo las enfermedades gastrointestinales son el mayor problema de salud pública ya que es una causa importante de morbilidad y mortalidad en niños, mientras que en México estas infecciones han sido la principal causa de mortalidad en niños de 1 a 4 años de edad (Matthews, 2014). En promedio menores a 3 años en países en desarrollo tienen 3.3 episodios de

diarrea al año y 9 episodios en algunas áreas (SINAVE, 2012a). La probabilidad de que un niño muera antes de los 5 años en Asia, África y Latinoamérica en base a los factores socioeconómicos y nutricionales puede llegar a alcanzar el 50% (Hernández-Cortez et al., 2011).

A nivel mundial los rotavirus son la principal causa de gastroenteritis viral en niños, la prevalencia es similar en países en desarrollo y desarrollados. Antes de introducir la vacuna a los Estados Unidos en 2006, cuatro de cinco menores a 5 años tenían una infección por rotavirus, y desde entonces esto se ha reducido (Payne et al., 2012).

Los norovirus son una importante causa de gastroenteritis aguda no bacteriana en niños mayores y adultos. Son transmitidos por agua contaminada por materia fecal, alimentos y contacto persona-persona. La infección por norovirus es la causa de aproximadamente el 90% de los brotes en adultos (Talal et al., 2000).

Sin embargo, los más comunes siguen siendo los parásitos intestinales, particularmente en países pobres donde la diarrea en infantes es causada por protozoarios intestinales. Los brotes por contaminación de agua o alimentos están asociados a *Cryptosporidium* spp., *Cyclospora* spp. y *Giardia* spp. (Okhuysen y White, 1999). Los protozoarios más prevalentes y con mayor distribución en humanos y varias especies de mamíferos son *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* spp., siendo este último la tercera infección por protozoarios más común en el mundo (Paziewska et al., 2007).

En países desarrollados *Cyclospora* ha sido el causante de algunos brotes de enfermedades gastrointestinales asociados al consumo de productos frescos como verduras de hoja (lechugas) y frutas suaves (arándanos, frambuesas, fresas y moras). *Cyclospora cayetanensis* en Estados Unidos en los 90's ocasionó uno de los brotes más grandes de enfermedades gastrointestinales transmitidas por alimentos con 1,012 casos y fue asociado al consumo de frambuesas importadas de Guatemala (Herwaldt, 2000).

II.5.2. Situación en México

En México uno de los principales problemas de salud pública son las enfermedades gastrointestinales, con un 20% de consultas en los servicios de salud y 10% de las hospitalizaciones pediátricas (SINAVE, 2012a). Del año 2007 al 2011 hubo un incremento del 10.6% en el número de casos anuales con una tasa de incidencia de 5,521 casos por cada 100,000 habitantes (SINAVE, 2012b). En 2001 ocupaban la decimocuarta causa de muerte y en 2003 se reportaron 4,556 fallecimientos; Chiapas, Oaxaca, Guanajuato, Veracruz, Puebla y el Distrito Federal fueron los estados con mayor incidencia. En 2008 el Instituto Mexicano del Seguro Social atendió 2,188,000 consultas por esta infección (Hernández-Cortez et al., 2011).

En el estado de Sonora en 2009 ocurrieron 116,458 infecciones intestinales, el 54% afectó a mujeres y 46% a hombres. Los cinco municipios con más casos de infecciones fueron Hermosillo (32,168), Cajeme (22,111), Guaymas (11,226), Navojoa (7,216) y Nogales (7,216) siendo Guaymas quien tuvo la mayor tasa de incidencia (82.3/1,000 habitantes).

En la ciudad de Caborca en el año 2009 se reportaron 4,058 infecciones intestinales ocupando el 6º lugar, con una tasa de 59.1/1,000 habitantes. En niños menores a 10 años se reportaron 1,233 infecciones, en adolescentes de 10 a 19 años hubo 638, en adultos de 20 a 49 años hubo 1,384 y en mayores de 50 años hubo 803 casos. No obstante, la Secretaría de Salud reportó un aumento en el número de casos anuales de enfermedades gastrointestinales en un 58% del año 2009 al 2012 (SES, 2010; SSP-SES, 2013).

II.5.3. Enfermedades Gastrointestinales y Desnutrición

La desnutrición puede deberse a una diarrea crónica, diarrea causada por síndrome de colon irritable, enfermedad inflamatoria intestinal (colitis microscópica), síndromes de malabsorción (enfermedad celiaca) e infecciones gastrointestinales crónicas como giardiosis. Además, padecer desnutrición

conlleva a un desbalance en la utilización e ingesta nutricional. En varios países subdesarrollados aún persiste una desnutrición proteico-calórica, también conocida como desnutrición severa (Gorospe y Oxentenko, 2012).

Una diarrea crónica puede resultar en desnutrición por una infección gastrointestinal. Estas infecciones producen catabolismo y pérdida de calorías (aproximadamente 500 calorías por día) resultando en desnutrición e indirectamente produce lesiones en la mucosa e inflamación generando así una diarrea crónica. Así mismo, estas infecciones alteran el peso y talla de los individuos y su desarrollo cognitivo y fisiológico. Por otro lado, la desnutrición altera la respuesta inmune del huésped y la barrera mucosa intestinal (Gorospe y Oxentenko, 2012).

Una malabsorción puede resultar de infecciones gastrointestinales, diarrea e infecciones por helmintos, causando daños integrales, morfológicos y funcionales de la mucosa absortiva del intestino. Repetidas infecciones gastrointestinales resultan en un daño de la función absortiva intestinal, por lo que gran parte de la desnutrición infantil es debido a este daño. Si no es tratada adecuadamente esta situación puede resultar en una malabsorción de nutrientes y diminución del estado nutricional a causa de un aplanamiento en las vellosidades y reducción del borde de cepillo.

Los cambios metabólicos, disminuye la ingesta de nutrientes y causa anorexia por infecciones agudas, mientras que por una malnutrición proteico-calórica existen deficiencias en aminoácidos y proteínas, en carbohidratos y energía, en vitaminas anti-oxidantes y enzimas y un desbalance hormonal.

Estas deficiencias durante una malnutrición proteico-calórica se deben a la altura de las vellosidades intestinales. La reducción del número y proliferación de los enterocitos disminuye la superficie total del área y masa de la mucosa reduciendo la absorción de nutrientes.

La diarrea es de las causas más frecuentes de desnutrición y muerte en menores de 5 años, esto a razón de los cambios metabólicos derivados de la infección y/o por la malabsorción intestinal (Rodriguez et al., 2011). Al mismo tiempo, las infecciones intestinales parasitarias provocadas por protozoarios y helmintos son consideradas como un problema de salud pública sobre todo en grupos vulnerables.

Finalmente existen varios factores de riesgo asociados a brotes de enfermedades transmitidas por vegetales frescos, entre los más mencionados están el comercio que incluye el cruce de fronteras internacionales, las tendencias populares de consumir los vegetales crudos o ligeramente cocidos (principalmente en forma de ensaladas, que son el producto más asociado a brotes transmitidos por productos frescos) y el incremento en el número de personas inmunocomprometidas, convirtiéndose en una población más susceptible a la adquisición de infecciones parasitarias. Así, considerando lo anteriormente mencionado, los productos que se consumen frescos o llegan a los núcleos familiares de forma cruda pueden estar expuestos a contaminación por parásitos intestinales desde la cosecha, manipulación, transporte, almacenamiento y venta (Alum et al., 2010; Ramos et al., 2013) convirtiéndolos en posibles vectores de transmisión de enfermedades intestinales.

III. HIPÓTESIS

La prevalencia de parásitos intestinales en espárragos comercializados por mercados ambulantes es más alta que en espárragos de rezaga y que en espárragos de exportación.

III.1. Hipótesis Secundarias

La prevalencia de *Giardia lamblia* en espárragos de mercados ambulantes es mayor que en espárragos de rezaga y que en espárragos de exportación.

La prevalencia de *Cryptosporidium* spp. en espárragos de mercados ambulantes es mayor que en espárragos de rezaga y de exportación.

La prevalencia de *Cryptosporidium parvum* en espárragos de mercados ambulantes será mayor que en espárragos de rezaga y de exportación.

La prevalencia de *Cyclospora* spp. en espárragos de mercados ambulantes es mayor que en espárragos de rezaga y de exportación.

La prevalencia de *Endolimax nana* en espárragos de mercados ambulantes es mayor que en espárragos de rezaga y de exportación.

La prevalencia de *lodamoeba butschlii* en espárragos de mercados ambulantes es mayor que en espárragos de rezaga y de exportación.

La prevalencia de *Blastocystis hominis* en espárragos de mercados ambulantes es mayor que en espárragos de rezaga y de exportación.

IV. OBJETIVO GENERAL

Determinar la prevalencia de parásitos intestinales en espárragos comercializados en la región Caborca, Sonora.

IV.1. Objetivos Específicos

Evaluar la prevalencia de parásitos intestinales entre los espárragos comercializados por ambulantaje, exportación y rezaga.

Comparar la prevalencia de parásitos intestinales entre los espárragos comercializados por ambulantaje, exportación y rezaga.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

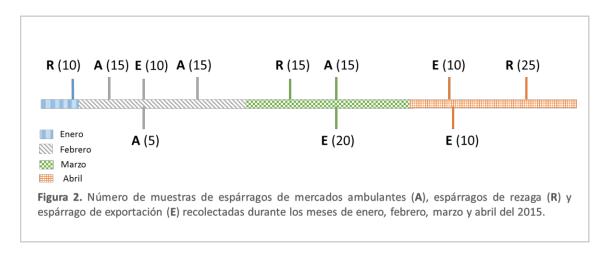
V.1. Área de Estudio

Este estudio se llevó a cabo en Caborca, uno de los cinco municipios más productivos del subsector agrícola de Sonora. De acuerdo al Distrito de Desarrollo Rural de Caborca 139 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y a la Junta Local de Sanidad Vegetal de Caborca, los principales cultivos en la región son el espárrago con 44.7% (98/219) y la uva de mesa con 32%, el 23.3% restante son cultivos de ciruela, sandia, durazno, melón, aceituna, chile, pepino y tomatillo. La cosecha de espárrago se realiza principalmente durante los meses de Enero a Abril.

La ciudad se encuentra a una altitud de 280 m sobre el nivel del mar con una latitud de 30° 43' N y longitud de 112° 10' O. El municipio tiene una población de 81,309 habitantes basada en el censo del año 2010 (INEGI, 2010). El clima de Caborca es seco semicálido extremoso, con una temperatura media anual de 22.3°C, mientras que en Diciembre y Enero es de 12.4°C. Además existen heladas ocasionales en Febrero. El periodo de lluvias es durante el verano (Julio y Agosto) con una precipitación media anual de 164 mm (INAFED, 2010).

V.2. Diseño y Muestreo del Estudio

El diseño de este estudio fue cuasiexperimental. Las fechas del muestreo fueron del 31 de Enero al 19 de Abril de 2015 en el municipio de Caborca, Sonora. El número de muestras recolectadas para los espárragos de provenientes de mercados ambulantes, rezaga y de exportación así como los meses en que fueron obtenidas se presentan en la **Figura 2.**



Un total de 150 muestras fueron colectadas de tres unidades de muestreo: espárrago de exportación (n=50) y espárrago de rezaga (n=50) y espárrago de mercados ambulantes (n=50). Primeramente, para obtener los espárragos de exportación y de rezaga fueron seleccionados tres empaques de empresas productoras de espárragos por conveniencia (ya que parte de los espárragos de rezaga de estos empaques llegan a ser vendidos en la ciudad de Caborca mediante mercados ambulantes) entre 25 empaques de la región de Caborca. Por otro lado, los espárragos de ambulantaje fueron colectados entre 10 mercados ambulantes (automóviles semi-fijos) dedicados a la venta de espárragos. En ambos casos, empaques y mercados ambulantes, las fechas de muestreo se determinaron por conveniencia. Para el muestreo en los diferentes sitios, ya sea en los empaques (exportación y/o rezaga) y/o mercados ambulantes, estos fueron seleccionados aleatoriamente en cada visita a Caborca, Sonora.

V.2.1. Espárragos de Exportación (Unidades Experimentales)

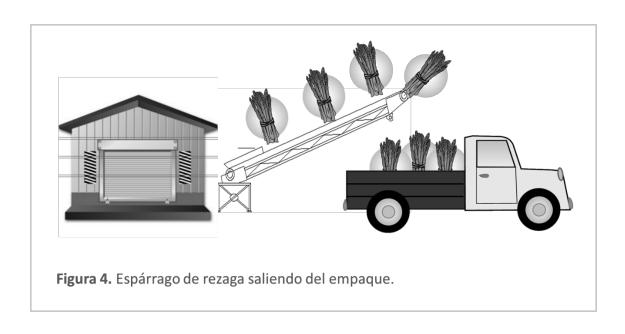
Los espárragos de exportación fueron seleccionados aleatoriamente dentro de las instalaciones destinadas al empaque de este producto. La aleatorización fue realizada a través de la asignación de un número a cada persona encargada de colocar mazos de espárragos (empacadores) dentro de cajas de polipropileno que serán sometidas a todo el procesamiento (incluyendo desinfección con cloro) para finalmente ser colocadas en tarimas dentro de cuartos fríos. Una vez numerados los empacadores, estos fueron seleccionados al azar tal como lo muestra la **Figura 3**.

La aleatorización de los mazos fue de la siguiente manera, cada empacador tenía cierto número de mazos disponibles en las cajas al momento del muestro y estos mazos fueron numerados y seleccionados al azar. Por último, los espárragos que fueron elegidos se colocaron dentro de cajas y continuaron la línea de producción hasta llegar al cuarto frío. Del cuarto frío, los mazos fueron retomados para su posterior análisis parasitológico.



V.2.2. Espárragos de Rezaga (Unidades Experimentales)

Los espárragos de rezaga son aquellos que fueron rechazados durante el proceso de empaque, estos se colocan en otra banda transportadora la cual los dirige hacia un camión que los transportará a granjas para alimentar ganado como lo muestra la **Figura 4**. La colección de estos espárragos se hizo de la banda transportadora de rezaga al salir del empaque justo antes de caer al camión. Las muestras se tomaron en tiempos determinados al azar.



V.2.3. Espárragos de Mercados Ambulantes (Unidades Experimentales)

Los mercados ambulantes son vehículos que exhiben sus productos al aire libre. En este caso, los mazos de espárragos se colocan en la parte trasera del vehículo y comúnmente dentro de jabas con agua para mantener su apariencia fresca y valor estético como lo muestra la **Figura 5**. El número total de espárragos exhibidos fueron numerados y seleccionados mediante una aleatorización.



Figura 5. Aleatorización de espárragos a la venta en los mercados ambulantes.

V.3. Análisis de la Muestra

Al recolectar las muestras de espárrago de las tres unidades de muestreo, cada mazo fue colocado dentro de bolsas de muestreo estériles (Nasco | Whirl-Pak®) y transportados al Laboratorio de Nutrición–Infección del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. utilizando hieleras a una temperatura entre 4 y 6 °C en un periodo menor a 24 horas.

V.4. Procesamiento de la Muestra

Una modificación del método utilizado por Ezatpour et al. (2013) se describe a continuación: Cada unidad experimental fue pesada hasta alcanzar 250 g, para ello cada turión se removió aleatoriamente. Posteriormente, se lavó por agitación vigorosa con 1 L de solución salina (0.95% NaCl) dentro de las bolsas de muestreo estériles. El agua del lavado se filtró mediante una bomba de vacío. Se utilizaron filtros de microfibra de vidrio de la marca Whatman™ con tamaño de poro de 1 µm. Conjuntamente, se siguieron recomendaciones del método 1623.1 de la *U.S. Environmental Protection Agency* (USEPA, 2012): Durante la filtración, entre una muestra y otra se lavó repetidamente el material de vidrio (para remover los ooquistes y quistes que se puedan adherir a las paredes del vidrio) con agua destilada para minimizar el riesgo de contaminación de las muestras. El agua destilada que se utilizó durante todo el procesamiento de la muestra fue agua destilada que también fue analizada para la detección de quistes y ooquistes. La filtración se realizó con un caudal de 0.01 L/s el cual no supera al recomendado por el método (0.03 L/s), evitando así la posible destrucción de quistes y ooquistes durante la filtración.

La muestra contenida en los filtros fue procesada y analizada por observación al microscopio por las técnicas de Faust y Kinyoun. Simultáneamente, el material del filtro se removió y se resuspendió y se tomó una muestra con una pipeta Pasteur de 3 mL. Se colocó en un tubo Eppendorf de 1.5 mL y se almacenaron a una temperatura de -20°C hasta su posterior análisis por ELISA.

V.4.1. Técnica de Faust

La técnica de Faust es un método coproparasitoscópico de concentración por flotación, el cual recupera quistes, huevecillos y larvas de parásitos intestinales. El material retenido en el filtro se resuspendió con agua destilada. Se tomó con una pipeta Pasteur de 3 mL y se colocó dentro de un tubo de ensayo. El procedimiento posterior se realizó en base al método reportado por Faust et al. (1939). El material se diluyó en agua destilada y se centrifugó por 5 minutos a 2500 rpm. Se decantó el sobrenadante y el sedimento se resuspendió con agua destilada. Se centrifugó de nuevo por 5 minutos a 2500 rpm y se decantó el sobrenadante. El sedimento fue resuspendido con sulfato de zinc al 33% con densidad de 1.18 g/mL hasta 0.5 cm antes de llegar al borde superior del tubo y se centrifugó por 5 minutos a 2500 rpm. Los parásitos contenidos, que son proporcionalmente más livianos, quedaron suspendidos en la capa superior. Con un asa de platino se tomaron de 2 - 3 gotas (sin penetrar demasiado bajo la superficie) y se colocaron sobre un portaobjetos. Se mezcló una gota de Lugol y se cubrió con un cubreobjetos. Posteriormente se observó en el microscopio con los objetivos de 10 X y 40 X.

V.4.2. Técnica de Kinyoun para Detección de *Cryptosporidium* spp. y *Cyclospora* spp.

La técnica de Kinyoun se realizó para identificar ooquistes de los parásitos *Cryptosporidium* spp. y *Cyclospora* spp., dicha técnica es similar a la tinción Ziehl-Neelsen, solo que no involucra calentamiento (Kinyoun, 1915). El material retenido en el filtro se resuspendió con agua destilada. Se tomó con una pipeta Pasteur de 3 mL y se colocó en un portaobjetos. Se dejó secar completamente. Posteriormente se agregó metanol y se dejó secar. Ya fijada la muestra, se agregó fucsina y se dejó por 5 minutos antes de lavar con agua (teniendo cuidado que el agua de la llave no cayera directamente sobre el portaobjetos, se recomienda caiga sobre el pulgar). Se agregó alcohol-ácido sobre el portaobjetos

aproximadamente por 20 segundos y se lavó de la misma manera. Por último se agregó azul de metileno sobre el portaobjetos por 5 minutos. Se lavó y se dejó secar. Se agregó aceite de inmersión y se observó en el microscopio con el objetivo de 100 X.

V.4.3. Método de ELISA para la Detección de Cryptosporidium parvum

Además se realizó el ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA, por sus siglas en inglés) con el kit comercial ELISA para la detección de C. parvum, mediante el antígeno de Cryptosporidium parvum en el material retenido en el filtro (Fecal Cryptosporidium parvum Antigen ELISA Kit, Epitope Diagnostics, Inc. San Diego CA, USA. Referencia KTR 839). Primeramente, se descongelaron las muestras (el kit cuenta con una capacidad de 92 muestras problema) contenidas en los tubos Eppendorf de 5.0 mL y se agitaron con ayuda de un mezclador Vortex. Se dejaron reposar por 15 minutos y se tomó el sobrenadante de cada muestra para el análisis. Se agregó 100 µL de los controles positivo y negativo y se colocaron por duplicado cada uno en los primeros cuatro pocillos de la microplaca. En los 92 pocillos restantes se agregaron 100 µL de cada muestra. Se dejó incubar por 1 hora a temperatura ambiente cubriendo la microplaca de la exposición a la luz. Se decantó la microplaca y se lavó por cinco ocasiones cada pocillo con 350 – 400 µL de la solución de lavado. Se agregó 100 µL del anticuerpo trazador diluido anti-Cryptosporidium a cada pocillo. Se dejó incubar por 40 minutos bajo las mismas condiciones. Se decantó la microplaca y se lavó por cinco ocasiones cada pocillo con 350 – 400 μL de la solución de lavado. Se agregó 100 μL del sustrato HRP dentro de cada pocillo. Se dejó incubar por 15 minutos bajo las mismas condiciones. Se agregó 100 µL de la solución de stop a cada pocillo. Se agitó ligeramente y se leyó la absorbancia a 450 nm en un tiempo menor a 10 minutos en un lector de microplacas marca iMark de BIO-RAD. Se tomó como resultado positivo cuando el valor de absorbancia de las muestras fue superior al valor calculado con la fórmula de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

V.5. Identificación de Variables en este Estudio

La variable de respuesta del estudio fue la prevalencia de parásitos intestinales en espárrago, definido como toda unidad experimental con al menos un parásito intestinal detectado mediante las técnicas de Faust, Kinyoun o ELISA. La variable es de tipo categórica o cualitativa, representada por parasitismo (1) o no parasitismo (0). La prevalencia parasitaria se calculó con base en el porcentaje de casos positivos a infección parasitaria con respecto al total de unidades experimentales de cada grupo de comparación.

V.6. Análisis Estadístico

Se estimaron los Intervalos de Confianza al 95% para las unidades de muestreo y además se estimó la proporción para cada una de las variables de respuesta (parasitismo, *Cryptosporidium* spp., *Cryptosporidium parvum, Cyclospora* spp., *Giardia lamblia, Endolimax nana, Iodamoeba butschlii* y *Blastocystis hominis*) de los sitios de muestreo de la siguiente manera:

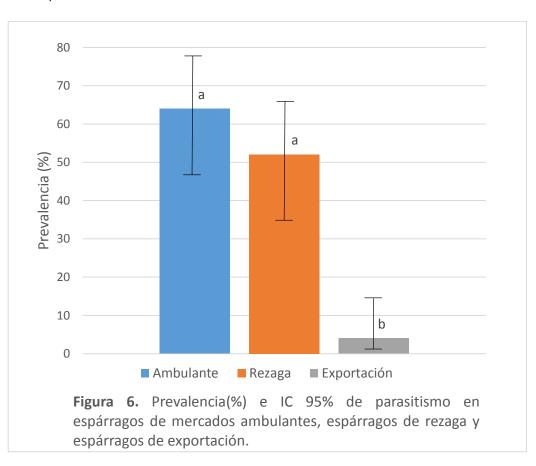
% Prevalencia de parasitismo para espárragos = de exportación	Número de unidades experimentales con casos positivos en espárragos de exportación Total de número de unidades experimentales analizadas de espárragos de exportación	_{- *} 100
% Prevalencia de parasitismo para espárragos = de rezaga	Número de unidades experimentales con casos positivos en espárragos de rezaga Total de número de unidades experimentales analizadas de espárragos de rezaga	* 100
% Prevalencia de parasitismo para espárragos = de ambulantaje	Número de unidades experimentales con casos positivos en espárragos de ambulantaje Total de número de unidades experimentales analizadas de espárragos de ambulantaje	_* 100

Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico Stata 12 (StataCorp. 2011. Stata Statistical Software: Release 12. College Station, TX: StataCorp LP) y R versión 3.2.2 (R Core Team. 2015. The R Foundation for Statistical Computing). Las diferencias entre prevalencias de las diferentes variables de respuestas entre unidades de muestreo se evaluaron mediante la prueba de χ^2 de Pearson ($r \times c$), la prueba de Fisher y la prueba de Aylmer cuando fueron apropiadas, seguido de un análisis Post hoc de las tablas de contingencias ($r \times c$) cuando fue apropiado (una vez que la prueba de χ^2 de Pearson, de Fisher o de Aylmer fue significativa), corregido por el método de comparaciones múltiples de proporciones de Student-Newman-Keuls. Se consideraron diferencias significativas entre los sitios a un valor de $P \le 0.05$. De manera adicional, las diferencias en prevalencias entre los sitios de rezaga y ambulantaje con respecto al sitio de exportación, se expresaron mediante razones de momios utilizando regresión logística simple.

VI. RESULTADOS

VI.1. Prevalencia de Parásitos en las Muestras Analizadas por Tipo de Mercado

El presente estudio reveló una prevalencia del 40% (IC 95%=0.321, 0.483) en el total de muestras analizadas (al menos con un parásito intestinal). La prevalencia de parasitismo en espárragos de mercados ambulantes fue 64% (IC 95%=0.492, 0.771),



en espárrago de rezaga 52% (IC 95%=0.374, 0.663) y espárrago de exportación 4% (IC 95%=0.005, 0.137). La prevalencia de parásitos en espárrago de mercados ambulantes no fue diferente a aquella que en espárragos de rezaga (*P*=0.155). La prevalencia de parásitos en espárrago de mercados ambulantes fue mayor que en espárragos de exportación (*P*=0.0001). La prevalencia de parásitos en espárragos de mercados de rezaga fue estadísticamente mayor que en espárragos de exportación (*P*=0.0001) (**Figura 6**). Dicho de otra manera, los espárragos de mercados ambulantes tienen 42.7 veces mayor posibilidad de presentar parásitos que los espárragos de exportación (*P*=0.0001, IC 95%=9.3, 196.6); por su parte los espárragos de rezaga tienen 26.0 veces mayor posibilidad de presentar parásitos que los espárragos de exportación (*P*=0.0001, IC 95%=5.7, 118.8).

La prevalencia de *Cryptosporidium* spp. en espárragos de mercados ambulantes fue 50% (IC 95%=0.355, 0.645), en espárrago de rezaga fue 32% (IC 95%=0.195, 0.467) y espárrago de exportación 4% (IC 95%=0.005, 0.137). La prevalencia de *Cryptosporidium* spp. en espárragos de mercados ambulantes fue estadísticamente mayor que en espárragos de mercados ambulantes fue estadísticamente mayor que en espárragos de mercados ambulantes fue estadísticamente mayor que en espárragos de exportación (P=0.0001). La prevalencia de *Cryptosporidium* spp. en espárragos de rezaga fue estadísticamente mayor que en espárragos de exportación (P=0.001) (**Tabla 3**). Dicho de otra manera, los espárragos de mercados ambulantes tienen una probabilidad 24.0 veces más alta de presentar *Cryptosporidium* spp. que los espárragos de exportación (P=0.001, IC 95%=5.3, 109.6), y los espárragos de rezaga 11.3 veces más que los espárragos de exportación (P=0.002, IC 95%=2.4, 52.4).

No hubo diferencias significativas entre las prevalencias de *Cryptosporidium parvum, Cyclospora* spp. y *Endolimax nana* y las unidades de muestreo (P=0.617, P=0.617 y P=0.071, respectivamente) (**Tabla 3**). Sin embargo no fue posible evaluar las diferencias entre prevalencias y las unidades

de muestreo para *Giardia lamblia, Iodamoeba butschlii* y *Blastocystis hominis* debido a la ausencia de contaminación parasitaria en algunas unidades de muestreo, de igual manera, tampoco fue posible calcular las razones de momios para estos parásitos.

Tabla 3Prevalencia de parásitos intestinales en espárragos de mercados ambulantes, espárragos de rezaga y espárragos de exportación.

	No. (%) positivo				
	Ambulante	Rezaga	Exportación		
Parásitos intestinales	n=50	n=50	n=50	Total (n = 150)	
Cryptosporidium spp.	25(50)a	16(32)b	2(4)c	43(28.7)	
C. parvum	1(2)	3(6)	0(0)	4(2.7)	
Cyclospora spp.	3(6)	1(2)	0(0)	4(2.7)	
E. nana	10(20)	3(6)	0(0)	13(8.7)	
G. lamblia	0(0)	2(4)	0(0)	2(1.3)	
I. butschlii	0(0)	4(8)	0(0)	4(2.7)	
B. hominis	0(0)	1(2)	0(0)	1(0.7)	

Valores con diferente superíndice a lo largo del mismo renglon difieren significativamente (*P* <0.05).

De las especies parasitarias intestinales contaminantes encontradas, cuatro fueron parásitos patógenos (Giardia lamblia., Cryptosporidium spp., Cryptosporidium parvum, Cyclospora spp.) y tres no patógenos (Iodamoeba butschlii, Endolimax nana y Blastocystis hominis). El parásito con mayor porcentaie en la distribución total, espárragos de mercados ambulantes, espárragos de rezaga y espárragos de exportación fue Cryptosporidium spp. 60.6% (43/71), 64.1% (25/39), 53.3% (16/30) y 100% (2/2) respectivamente, siendo este parásito el único contaminante en espárragos de exportación. Del resto de los parásitos patógenos, Cyclospora spp. resultó con un porcentaje en la distribución total de 5.6% (4/71) y en espárragos de mercados ambulantes y espárragos de rezaga fue de 7.7% (3/39) y 3.3% (1/30) respectivamente; C. parvum resultó con un porcentaje en la distribución total de 5.6% (4/71) y en espárragos de mercados ambulantes y espárragos de rezaga fue de 2.6% (1/39) y 10% (3/10) respectivamente; mientras que G. lamblia resultó con el menor porcentaje de este grupo de parásitos en la distribución total con 2.8% (2/71), y solamente en espárrago de rezaga con 6.7% (2/30).

De los parásitos no patógenos, *E. nana* resultó con el mayor porcentaje en la distribución total con 18.3% (13/71), mientras que en espárragos de mercados ambulantes fue de 25.6% (10/39) y en espárragos de rezaga de 10% (3/10); *I. butschlii* y *B. hominis* resultaron con un porcentaje en la distribución total de 5.6% (4/71) y 1.4% (1/71), mientras que en espárrago de rezaga se presentaban con porcentajes de 13.3% (4/30) y 3.7% (1/30) respectivamente.

VII. DISCUSIÓN

Las frutas y hortalizas son parte esencial en la dieta del hombre, pero pueden ser importantes vehículos transmisores de parásitos intestinales si éstos son consumidos crudos o manejados sin un adecuado lavado y/o desinfección (Adenusi et al., 2015). Por ello, el objetivo de este estudio fue investigar el espárrago como posible vehículo acarreador de parásitos intestinales que durante la temporada de su cosecha es uno de los productos agrícolas de distribución comercial más importantes en la ciudad de Caborca, Sonora.

El alto porcentaje de parásitos en espárragos de mercados ambulantes (64%) concuerda con Sia Su et al. (2012) quienes detallan las condiciones a las que exponen los productos frescos en los mercados ambulantes (al aire libre), como el manejo de los productos con sus manos sin guantes, así como la diferencia en limpieza que claramente es diferente a la que tienen en los supermercados, resultando en un 52% y 37.5%, respectivamente. Además, los vectores mecánicos de transmisión como moscas, polvo y agua pueden contribuir en la transmisión de parásitos, debido a que los espárragos en los mercados ambulantes están expuestos a estos vectores.

Por otro lado, la actividad de colocar los mazos de espárragos dentro de recipientes con agua para mantener su apariencia fresca y su valor estético usada por los vendedores de mercados ambulantes podría ser uno de los factores de riesgo de contaminación, debido a que el agua es considerada como un posible vector de transmisión de *Cryptosporidium* spp. Existen numerosas publicaciones del 2004 al 2010 que han involucrado al agua como responsable principal de brotes de criptosporidiosis a nivel mundial (Baldursson y Karanis, 2011).

Por otro lado, la prevalencia de parasitismo en espárrago de rezaga (52%) fue mayor que en espárrago de exportación (4%), aun proviniendo del mismo origen (el campo agrícola). Algunos de los parásitos presentes en estas unidades de muestreo pueden provenir desde la fase de pre-cosecha, ya que un estudio realizado por Thurston-Enriquez et al. (2002) en muestras de agua de riego de Estados Unidos y varios países de Centroamérica resultaron con prevalencias de 60% con quistes de *Giardia* spp. y 26% con ooquistes de *Cryptosporidium* spp.

Así mismo, Gortares-Moroyoqui et al. (2011) detectaron *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en muestras de agua de riego de El Valle del Yaqui, Sonora, México y obtuvieron una media aritmética de 3.5 quistes/100 mL y 1.78 ooquistes/100 mL, respectivamente.

El único parásito presente en espárrago de exportación fue *Cryptosporidium* spp. con una prevalencia de 4% aún después de haber sido tratado con cloro. El cloro se describe como un agente altamente oxidante donde el ácido hipocloroso es la fracción activa, encontrándose esta fracción en el rango de pH de 6 – 7.5, y su eficacia es afectada por la presencia de materia orgánica en el agua. Además, a concentraciones muy elevadas pudiera no eliminar todos los patógenos en frutas y hortalizas, aunado a la resistencia que tienen algunos (oo)quistes de protozoarios a este tratamiento (Baert et al., 2009; Ramos et al., 2013; Rodriguez, 2004). Esto concuerda con lo reportado con Duhain et al. (2012), quienes obtuvieron diferencias significativas en la inactivación de los ooquistes de *Cryptosporidium parvum* entre el control negativo y el tratamiento de 100 ppm de cloro en pimiento verde simulando el tratamiento de lavado de esta hortaliza, sin embargo, no obtuvieron diferencias significativas entre el control negativo y 200 ppm de cloro. De mismo modo, no obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos de 100 y 200 ppm de cloro.

El parásito encontrado con mayor prevalencia total en este estudio fue *Cryptosporidium* spp con 28.7% proveniente de espárragos de exportación, de rezaga y de mercados ambulantes de Caborca, Sonora, México. Esto concuerda con lo reportado por El Said Said (2012) quienes obtuvieron como el parásito más

prevalente a *Cryptosporidium* spp. con 29.3% en diferentes vegetales crudos provenientes de abarrotes, supermercados, mercados ambulantes y puestos de comida de la ciudad Alejandría, Egipto. De igual forma, Maikai et al. (2013) publicaron una prevalencia media de 35% de *Crypotosporidium* spp. en productos frescos (espinaca, tomate, lechuga, zanahoria, entre otros) provenientes de mercados de menudeo de la ciudad de Zaria, Nigeria.

La prevalencia de *Cyclospora* spp. en espárrago de rezaga fue de 2% y en espárrago de mercados ambulantes de 6%, pero solamente este último producto llega a manos de los consumidores en la ciudad de Caborca, representando un riesgo para su salud. Estas prevalencias son menores a lo reportado por El Said Said (2012) quien reportó una prevalencia del 21.3% de *Cyclospora* spp. en vegetales crudos proveniente de distintos tipos de mercados, incluyendo a mercados ambulantes de Alejandría, Egipto. Estos datos son de interés para la salud pública debido a brotes de ciclosporiosis como los ocurridos durante los 90's en Estados Unidos por la ingesta de frambuesas importadas de Guatemala (Dawson, 2005), además del brote en el año 2000 en Alemana asociado al consumo de ensaladas (Doller et al., 2002) y finalmente, por el brote en Estados Unidos por cilantro fresco importado de Puebla, México (FDA, 2015b). De ahí la importancia y responsabilidad de que toda empresa dentro de la cadena de producción de frutas y hortalizas global debe implementar correctamente los Sistemas de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos.

La prevalencia total de *G. lamblia* en espárrago de exportación, rezaga y de mercados ambulantes de Caborca, México fue de 1.3%, similar a lo reportado por Sia Su et al. (2012) quienes observaron una prevalencia de 0.6% en vegetales vendidos en mercados públicos y privados de Filipinas. Ezatpour et al. (2013) publicaron prevalencias de 1.1% de *G. lamblia* en invierno y 5.8% en primavera. Asimismo, Fallah et al. (2012) reportaron una prevalencia de 8.2% de *G. lamblia* en vegetales sin lavar. Ambos estudios fueron realizados en Irán. En Egipto, se encontraron prevalencias de 8.2% (Hassan et al., 2012) y de 6.7% (El Said Said, 2012) de *G. lamblia* en vegetales consumidos frescos, mientras que

en Libia fue de 10% (Abougrain et al., 2010). Esto indicaría que el riesgo a contraer infecciones por *G. lamblia* a través de del consumo de alimentos contaminados podría ser igual tanto en la época de invierno como en la época de primavera en algunas regiones del mundo

El presente estudio fue realizado principalmente durante invierno (61%) y dos tercios de las muestras fueron analizadas durante esta estación, el resto fue durante primavera. La prevalencia total de parasitismo en mercados ambulantes fue del 64%, sin embargo, Ezatpour et al. (2013) reportaron que hubo un aumento significativo de contaminación con parásitos intestinales de invierno (26.2%) a primavera (52.8%) en el total de vegetales analizados (puerro, chalote, yerbabuena, rábano y berro) de mercados de venta por menudeo. Esto podría ocurrir de igual modo en los mercados ambulantes en Caborca con otros productos frescos vendidos durante la primavera, debido a que con un incremento en la temperatura aumentan los vectores alternativos de transmisión mecánica de *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp., así mismo se prolonga su temporada de transmisión (Lal et al., 2013).

Por último, no hubo presencia de helmintos en nuestro estudio, posiblemente a que éstos son muy comunes en países con climas tropicales o semi-tropicales (Selstad Utaaker y Robertson, 2015) en contraste con el clima seco semi-cálido extremoso de Caborca, lo que limita su transmisión. Esto concuerda con lo reportado por Sia Su et al. (2012) en Metro Manila, Filipinas que presenta un clima tropical de sabana y monzónico, quienes reportan en col china y lechuga de supermercados y mercados al aire libre al nematodo *Ascarid* (*Parascaris equorum*) como el más prevalente (23.6%), y los menos prevalentes a los protozoarios intestinales *Entamoeba histolytica* (0.6%) y *Giardia lamblia* (0.6%).

VIII. CONCLUSIONES

El presente estudio reveló que el espárrago comercializado en la ciudad de Caborca puede ser un vehículo de riesgo para la transmisión de infecciones por parásitos intestinales particularmente aquellos que son comercializados a través del mercado de ambulantaje y de rezaga. Se encontraron cuatro parásitos patógenos y tres no patógenos en las tres unidades de muestreo. Ambos tipos de parásitos son indicadores de importancia porque los primeros contribuyen a las estadísticas de morbilidad y mortalidad de una población y los segundos representan las deficiencias de sanidad que pueden presentarse en la manipulación del espárrago durante su distribución como rezaga o su venta en el ambulantaje.

No hay duda de que el espárrago puede convertirse fácilmente en un acarreador de parásitos debido a que presenta áreas superficiales rugosas (brácteas) y/o lesiones que son reales alojamientos de microorganismos, así pues, esta hortaliza puede transformarse en un potencial contaminante de manos, utensilios de cocina, líquidos y alimentos que serán consumidos de forma cruda.

Existe una necesidad de estar atentos en garantizar que los productos alimenticios como frutas y hortalizas de mercados ambulantes sean aptos y seguros para el consumo humano, puesto que los consumidores tienen el derecho de aspirar y exigir productos de calidad e inocuos.

Las autoridades de salud deben mejorar las condiciones sanitarias en las cuales se encuentran los mercados ambulantes. Además, los resultados de este estudio demuestran la contribución que los productos frescos tienen en la transmisión de parásitos al consumirse crudos o cocidos, resaltando su rol en la salud pública de una comunidad. Por ello, es necesario educar a la población en lavar y desinfectar adecuadamente los alimentos antes de su consumo, en lugar de solo lavarlos y desinfectarlos inapropiadamente.

Finalmente el espárrago de exportación (el producto final), y lo cual ya era esperado, resultó ser el producto con la menor prevalencia de contaminación parasitaria y esto demuestra que cuando existe una propuesta del manejo apropiada (monitoreo constante de las concentraciones del desinfectante, pH apropiado, condiciones del agua de lavado para garantizar la eficacia del cloro durante la desinfección, y aplicación simple de las buenas prácticas de higiene y buenas prácticas agrícolas), tal como lo regulan y obligan las normas y directrices mexicanas e internacionales, el producto resulta ser de menor riesgo a la adquisición de infecciones y puede ser comercializado bajo cualquier esquema de mercado sin ser un riesgo a la salud pública de la población.

IX. RECOMENDACIONES

IX.1. Para Mercados Ambulantes:

- Tratar de reducir la exposición de los espárragos a condiciones insalubres y a vectores mecánicos de transmisión como moscas, agua y polvo.
- Lavar y desinfectar superficies que estén en contacto con el espárrago, así como los recipientes donde se coloca el agua.
- Lavar y desinfectar adecuadamente los espárragos previos a su venta.
- Utilizar guantes durante la manipulación del producto. Asimismo, realizar lavado y desinfección adecuado de manos.
- Asistir al curso organizado por la Unidad de Control Sanitario de Caborca para la entrega de licencias.

IX.2. Para Productores agrícolas:

- Implementar correctamente los Sistemas de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos a lo largo de la cadena de la cadena de producción de alimentos: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Buenas Prácticas Higiénicas (BPH), y sistemas de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC).
- Entrenamiento y capacitación del personal sobre los peligros biológicos en la agricultura.
- Mantener lavadas y desinfectadas toda superficie en la que el espárrago entra en contacto durante (o fuera del proceso) el proceso de cosecha y empaque.
- Mantener monitoreo constante del agua clorada de prelavado y lavado de espárrago.

REFERENCIAS

Abougrain, A.K., Nahaisi, M.H., Madi, N.S., Saied, M.M., Ghenghesh, K.S. 2010. Parasitological contamination in salad vegetables in Tripoli-Libya. Food Control 21, 760-762.

Adamu, N.B., Adamu, J.Y., Mohammed, D. 2012. Prevalence of helminth parasites found on vegetables sold in Maiduguri, Northeastern Nigeria. Food Control 25, 23-26.

Adenusi, A.A., Abimbola, W.A., Adewoga, T.O.S. 2015. Human intestinal helminth contamination in pre-washed, fresh vegetables for sale in major markets in Ogun State, southwest Nigeria. Food Control 50, 843-849.

Alum, A., Rubino, J.R., Ijaz, M.K. 2010. The global war against intestinal parasites--should we use a holistic approach? International journal of infectious diseases: IJID: official publication of the International Society for Infectious Diseases 14, e732-738.

Baert, L., Debevere, J., Uyttendaele, M. 2009. The efficacy of preservation methods to inactivate foodborne viruses. International journal of food microbiology 131, 83-94.

Baldursson, S., Karanis, P. 2011. Waterborne transmission of protozoan parasites: review of worldwide outbreaks - an update 2004-2010. Water research 45, 6603-6614.

Beuchat, L.R. 2002. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. Microbes and infection / Institut Pasteur 4, 413-423.

CDC. 2012. Parasites - nonpathogenic (harmless) intestinal protozoa. Centers for Disease Control and Prevention. 16 - Oct - 2015. http://www.cdc.gov/parasites/nonpathprotozoa/

CDC. 2014. Parasites - cyclosporiasis (Cyclospora infection). Centers for Disease Control and Prevention. 16 - Oct - 2015. http://www.cdc.gov/parasites/cyclosporiasis/prevent.html

CDC. 2015. Cyclosporiasis outbreak investigations - United States, 2015. Centers for Disease Control and Prevention. 16 - Oct - 2015. http://www.cdc.gov/parasites/cyclosporiasis/outbreaks/2015/

Cermeño, J., Arenas, J., Yori, N., Hernández, I.C. 2008. Cryptosporidium parvum y Giardia lamblia en aguas crudas y tratadas del Estado Bolívar, Venezuela. Universidad, Ciencia y Tecnología 12, 39-42.

Chacin-Bonilla, L. 2010. Epidemiology of Cyclospora cayetanensis: A review focusing in endemic areas. Acta tropica 115, 181-193.

Dawson, D. 2005. Foodborne protozoan parasites. International journal of food microbiology 103, 207-227.

Decraene, V., Lebbad, M., Botero-Kleiven, S., Gustavsson, A.M., Lofdahl, M. 2012. First reported foodborne outbreak associated with microsporidia, Sweden, October 2009. Epidemiol Infect 140, 519-527.

Doller, P.C., Dietrich, K., Filipp, N., Brockmann, S., Dreweck, C., Vonthein, R., Wagner-Wiening, C., Wiedenmann, A. 2002. Cyclosporiasis outbreak in Germany associated with the consumption of salad. Emerging infectious diseases 8, 992-994.

Duhain, G.L., Minnaar, A., Buys, E.M. 2012. Effect of chlorine, blanching, freezing, and microwave heating on Cryptosporidium parvum viability inoculated on green peppers. J Food Prot 75, 936-941.

El-Marhoumy, S.M., El-Nouby, K.A., Shoheib, Z.S., Salama, A.M. 2015. Prevalence and diagnostic approach for a neglected protozoon Blastocystis hominis. Asian Pacific Journal of Tropical Disease 5, 51-59.

El Said Said, D. 2012. Detection of parasites in commonly consumed raw vegetables. Alexandria Journal of Medicine 48, 345-352.

Espinoza-Medina, I.E., Rodriguez-Leyva, F.J., Vargas-Arispuro, I., Islas-Osuna, M.A., Acedo-Felix, E., Martinez-Tellez, M.A. 2006. PCR identification of Salmonella: Potential contamination sources from production and postharvest handling of cantaloupes. J Food Protect 69, 1422-1425.

Ethelberg, S., Lisby, M., Vestergaard, L.S., Enemark, H.L., Olsen, K.E., Stensvold, C.R., Nielsen, H.V., Porsbo, L.J., Plesner, A.M., Molbak, K. 2009. A foodborne outbreak of Cryptosporidium hominis infection. Epidemiol Infect 137, 348-356.

Ezatpour, B., Chegeni, A.S., Abdollahpour, F., Aazami, M., Alirezaei, M. 2013. Prevalence of parasitic contamination of raw vegetables in Khorramabad, Iran. Food Control 34, 92-95.

Fallah, A.A., Pirali-Kheirabadi, K., Shirvani, F., Saei-Dehkordi, S.S. 2012. Prevalence of parasitic contamination in vegetables used for raw consumption in Shahrekord, Iran: Influence of season and washing procedure. Food Control 25, 617-620.

FAO. 2003. Code hygienic pract. Fresh fruits vegetables. CAC/RCP53-2003. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Codex Alimentarius. 16 - Oct - 2015. http://www.codexalimentarius.org/standards/

Faust, E.C., Sawitz, W., Tobie, J., Odom, V., Peres, C.D., Lincicome, R. 1939. Comparative efficiency of various techniques for the diagnosis of protozoa and helminth in feces. J Parasitol 25, 241-262.

FDA. 1998. Guidance for Industry. Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables. US Food and Drug Administration. 16 - Oct - 2015. http://www.foodsafety.gov/

FDA. 2015a. FDA investigates 2015 outbreaks of cyclosporiasis. US Food and Drug Administration. 16 - Oct - 2015. http://www.fda.gov/Food/RecallsOutbreaksEmergencies/Outbreaks/ucm456755. http://www.fda.gov/Food/RecallsOutbreaksEmergencies/Outbreaks/ucm456755.

FDA. 2015b. Import Alert 24-23. US Food and Drug Administration. 16 - Oct - 2015. http://www.accessdata.fda.gov/cms_ia/importalert_1148.html

Fimbres, A. 2001. Optimización del riego con cinta superficial y enterrada en espárrago. Terra 19, 191-195.

Fimbres, A., Lizárraga, J. 2009. Consumo de agua y nitrógeno en espárrago (Asparragus officinalis L.) de baja población de plantas con riego por cinta. Revista Agraria 6, 10-13.

Goodburn, C., Wallace, C.A. 2013. The microbiological efficacy of decontamination methodologies for fresh produce: A review. Food Control 32, 418-427.

Gorospe, E.C., Oxentenko, A.S. 2012. Nutritional consequences of chronic diarrhoea. Best Pract Res Cl Ga 26, 663-675.

Gortares-Moroyoqui, P., Castro-Espinoza, L., Naranjo, J.E., Karpiscak, M.M., Freitas, R.J., Gerba, C.P. 2011. Microbiological water quality in a large irrigation system: El Valle del Yaqui, Sonora Mexico. Journal of environmental science and health. Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering 46, 1708-1712.

Hall, R.L., Jones, J.L., Herwaldt, B.L. 2011. Surveillance for laboratory-confirmed sporadic cases of cyclosporiasis--United States, 1997-2008. MMWR Surveill Summ 60, 1-11.

Hassan, A., Farouk, H., Abdul-Ghani, R. 2012. Parasitological contamination of freshly eaten vegetables collected from local markets in Alexandria, Egypt: A preliminary study. Food Control 26, 500-503.

Hernández-Cortez, C., Aguilera-Arreola, G., Castro-Escarpulli, G. 2011. Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. Enf Inf Microbiol 31, 137-151.

Herwaldt, B.L. 2000. Cyclospora cayetanensis: A review, focusing on the outbreaks of cyclosporiasis in the 1990s. Clin Infect Dis 31, 1040-1057.

Hjertqvist, M., Johansson, A., Svensson, N., Abom, P.E., Magnusson, C., Olsson, M., Hedlund, K.O., Andersson, Y. 2006. Four outbreaks of norovirus gastroenteritis after consuming raspberries, Sweden, June-August 2006. Euro surveillance: bulletin Europeen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin 11, E060907 060901.

INAFED. 2010. Sonora - Caborca. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 16 - Oct - 2015. http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM26sonora/municipios/26017a.

INEGI. 2010. Censo de población y vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 16 - Oct - 2015. http://www.inegi.org.mx

Javalera, A. 2014. Prevalencia de parasitosis intestinales en Cananea, Sonora y agua como factor de riesgo asociado a su transmisión. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Hermosillo, Sonora. Tesis Maestría.

Kamel, D., Farid, A., Ali, E., Rabia, I., Hendawy, M., El Amir, A.M. 2013. Diagnostic potential of target Giardia lamblia specific antigen for detection of human giardiasis using coproantigen sandwich ELISA. World J Med Sci 9, 113-122.

Kinyoun, J.J. 1915. A Note on Uhlenhuths Method for Sputum Examination, for Tubercle Bacilli. Am J Public Health (N Y) 5, 867-870.

Kirezieva, K., Luning, P.A., Jacxsens, L., Allende, A., Johannessen, G.S., Tondo, E.C., Rajkovic, A., Uyttendaele, M., van Boekel, M.A.J.S. 2015. Factors affecting the status of food safety management systems in the global fresh produce chain. Food Control 52, 85-97.

- Koehler, A.V., Jex, A.R., Haydon, S.R., Stevens, M.A., Gasser, R.B. 2014. Giardia/giardiasis a perspective on diagnostic and analytical tools. Biotechnology advances 32, 280-289.
- Korich, D.G., Mead, J.R., Madore, M.S., Sinclair, N.A., Sterling, C.R. 1990. Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monochloramine on Cryptosporidium parvum oocyst viability. Applied and environmental microbiology 56, 1423-1428.
- Kotloff, K.L., Nataro, J.P., Blackwelder, W.C., Nasrin, D., Farag, T.H., Panchalingam, S., Wu, Y., Sow, S.O., Sur, D., Breiman, R.F., Faruque, A.S., Zaidi, A.K., Saha, D., Alonso, P.L., Tamboura, B., Sanogo, D., Onwuchekwa, U., Manna, B., Ramamurthy, T., Kanungo, S., Ochieng, J.B., Omore, R., Oundo, J.O., Hossain, A., Das, S.K., Ahmed, S., Qureshi, S., Quadri, F., Adegbola, R.A., Antonio, M., Hossain, M.J., Akinsola, A., Mandomando, I., Nhampossa, T., Acacio, S., Biswas, K., O'Reilly, C.E., Mintz, E.D., Berkeley, L.Y., Muhsen, K., Sommerfelt, H., Robins-Browne, R.M., Levine, M.M. 2013. Burden and aetiology of diarrhoeal disease in infants and young children in developing countries (the Global Enteric Multicenter Study, GEMS): a prospective, case-control study. Lancet 382, 209-222.
- Lainson, R. 2005. The genus Cyclospora (Apicomplexa: Eimeriidae), with a description of Cyclospora schneideri n.sp. in the snake Anilius scytale scytale (Aniliidae) from Amazonian Brazil--a review. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 100, 103-110.
- Lal, A., Baker, M.G., Hales, S., French, N.P. 2013. Potential effects of global environmental changes on cryptosporidiosis and giardiasis transmission. Trends in parasitology 29, 83-90.
- Lewis, H.C., Kirk, M., Ethelberg, S., Stafford, R., Olsen, K., Nielsen, E.M., Lisby, M., Madsen, S.B., Molbak, K. 2007. Outbreaks of shigellosis in Denmark and Australia associated with imported baby corn, August 2007--final summary. Euro surveillance: bulletin Europeen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin 12, E071004 071002.
- Liu, C., Hofstra, N., Franz, E. 2013. Impacts of climate change on the microbial safety of pre-harvest leafy green vegetables as indicated by Escherichia coli O157 and Salmonella spp. International journal of food microbiology 163, 119-128.
- Lopez-Velasco, G., Sbodio, A., Tomas-Callejas, A., Wei, P., Tan, K.H., Suslow, T.V. 2012. Assessment of root uptake and systemic vine-transport of Salmonella enterica sv. Typhimurium by melon (Cucumis melo) during field production. International journal of food microbiology 158, 65-72.
- Lynch, M.F., Tauxe, R.V., Hedberg, C.W. 2009. The growing burden of foodborne outbreaks due to contaminated fresh produce: risks and opportunities. Epidemiol Infect 137, 307-315.

Maikai, B.V., Baba-Onoja, E.B.T., Elisha, I.A. 2013. Contamination of raw vegetables with Cryptosporidium oocysts in markets within Zaria metropolis, Kaduna State, Nigeria. Food Control 31, 45-48.

Martínez-Téllez, M.A., Vargas-Arispuro, I.C., Silva-Bielenberg, H.K., Espinoza-Medina, I., Rodríguez-Leyva, F., Gonzalez-Aguilar, G.A., 2007. Producción y manejo poscosecha de hortalizas, in: Gardea, A.A., Gonzalez-Aguilar, G.A., Higuera-Ciapara, I., Cuamea-Navarro, F. (Eds.), Buenas prácticas en la producción de alimentos. Trillas, Mexico, D.F., pp. 223-238.

Materon, L.A., Martinez-Garcia, M., McDonald, V. 2007. Identification of sources of microbial pathogens on cantaloupe rinds from pre-harvest to post-harvest operations. World J Microb Biot 23, 1281-1287.

Matthews, K.R. 2014. The Produce Contamination Problem Causes and Solutions Second Edition Preface. Food Sci Tech-Int Se, Xv-Xvi.

Minami, A., Chaicumpa, W., Chongsa-Nguan, M., Samosornsuk, S., Monden, S., Takeshi, K., Makino, S., Kawamoto, K. 2010. Prevalence of foodborne pathogens in open markets and supermarkets in Thailand. Food Control 21, 221-226.

Mukherjee, A., Speh, D., Diez-Gonzalez, F. 2007. Association of farm management practices with risk of Escherichia coli contamination in pre-harvest produce grown in Minnesota and Wisconsin. International journal of food microbiology 120, 296-302.

Okhuysen, P.C., White, A.C. 1999. Parasitic infections of the intestines. Curr Opin Infect Dis 12, 467-472.

Olaimat, A.N., Holley, R.A. 2012. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. Food Microbiol 32, 1-19.

Parnell, T.L., Harris, L.J., Suslow, T.V. 2005. Reducing Salmonella on cantaloupes and honeydew melons using wash practices applicable to postharvest handling, foodservice, and consumer preparation. International journal of food microbiology 99, 59-70.

Payne, D.C., Wikswo, M., Parashar, U.D., 2012. Manual for the surveillance of vaccine-preventable diseases, Fifth ed. Centers for Disease Control and Prevention.

Paziewska, A., Bednarska, M., Nieweglowski, H., Karbowiak, G., Bajer, A. 2007. Distribution of Cryptosporidium and Giardia spp. in selected species of protected and game mammals from North-Eastern Poland. Annals of agricultural and environmental medicine: AAEM 14, 265-270.

Phua, L.K., Neo, S.Y., Khoo, G.H., Yuk, H.G. 2014. Comparison of the efficacy of various sanitizers and hot water treatment in inactivating inoculated foodborne pathogens and natural microflora on mung bean sprouts. Food Control 42, 270-276.

Ponka, A., Kotilainen, H., Rimhanen-Finne, R., Hokkanen, P., Hanninen, M.L., Kaarna, A., Meri, T., Kuusi, M. 2009. A foodborne outbreak due to Cryptosporidium parvum in Helsinki, November 2008. Euro surveillance: bulletin Europeen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin 14.

Ramirez-Silva, I., Rivera, J.A., Ponce, X., Hernandez-Avila, M. 2009. Fruit and vegetable intake in the Mexican population: results from the Mexican National Health and Nutrition Survey 2006. Salud publica de Mexico 51 Suppl 4, S574-585.

Ramos, B., Miller, F.A., Brandao, T.R.S., Teixeira, P., Silva, C.L.M. 2013. Fresh fruits and vegetables-An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. Innov Food Sci Emerg 20, 1-15.

Robertson, L.J., Sprong, H., Ortega, Y.R., van der Giessen, J.W., Fayer, R. 2014. Impacts of globalisation on foodborne parasites. Trends in parasitology 30, 37-52.

Robertson, L.J., van der Giessen, J.W.B., Batz, M.B., Kojima, M., Cahill, S. 2013. Have foodborne parasites finally become a global concern? Trends in parasitology 29, 101-103.

Rodriguez, F. 2004. Determinación de las fuentes de contaminación bacteriológica y tratamientos de desinfección de las cadenas productivas de cebollín (*Allium fistulosum*) y espárrago (*Asparagus officinalis*). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Hermosillo, Sonora. Tesis Maestría.

Rodriguez, L., Cervantes, E., Ortiz, R. 2011. Malnutrition and gastrointestinal and respiratory infections in children: a public health problem. International journal of environmental research and public health 8, 1174-1205.

Ryan, U., Hijjawi, N. 2015. New developments in Cryptosporidium research. International journal for parasitology 45, 367-373.

SAGARPA. 2013. Atlas Agroalimentario 2013. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 10 - May - 2015. http://siap.gob.mx

SAGARPA/SIAP. 2014. Atlas Agroalimentario México 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación / Servicio de

Información Agroalimentaria y Pesquera. 10 - May - 2015. http://www.siap.gob.mx

SECITI. 2014. Se duplica consumo diario de frutas y verduras. Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación. 29 - May - 2014. http://www.seciti.df.gob.mx/

Selstad Utaaker, K., Robertson, L.J. 2015. Climate change and foodborne transmission of parasites: A consideration of possible interactions and impacts for selected parasites. Food Res Int 68, 16-23.

SES. 2010. Sistema Estatal de Salud. Anuario Estadístico Edición 2010. Sistema Estatal de Salud.

Sia Su, G.L., Mariano, C.M.R., Matti, N.S.A., Ramos, G.B. 2012. Assessing parasitic infestation of vegetables in selected markets in Metro Manila, Philippines. Asian Pacific Journal of Tropical Disease 2, 51-54.

SIAP. 2013. Infografía agroalimentaria de Sonora 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 08 - May - 2015. http://www.siap.gob.mx

SINAVE. 2012a. Perfil epidemiológico de las enfermedades infecciosas intestinales. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 16 - Oct - 2015. https://epidemiologiatlax.files.wordpress.com/2012/10/infecciosas-intestinales_-junio12.pdf

SINAVE. 2012b. Enfermedad diarreica aguda mediante Estrategias de Núcleos Trazadores (NuTraVE). Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 16 - Oct - 2015. http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/doctos/infoepid/vig_epid_manuales/18 2012 Manual NuTraVe vFinal 6nov12.pdf

SSP-SES. 2013. Secretaría de Salud Pública/Sistema Estatal de Salud. Anuario Estadístico Edición 2013. Secretaría de Salud Pública / Sistema Estatal de Salud. 16 - Oct - 2015. www.isssteson.gob.mx/images/subdirecciones/medica/AnuarioEstadistico2013.pdf

Talal, A.H., Moe, C.L., Lima, A.A.M., Weigle, K.A., Barrett, L., Bangdiwala, S.I., Estes, M.K., Guerrant, R.L. 2000. Seroprevalence and seroincidence of Norwalk-like virus infection among Brazilian infants and children. J Med Virol 61, 117-124.

Thurston-Enriquez, J.A., Watt, P., Dowd, S.E., Enriquez, R., Pepper, I.L., Gerba, C.P. 2002. Detection of protozoan parasites and microsporidia in irrigation waters used for crop production. J Food Prot 65, 378-382.

Torres-Slimming, P.A., Mundaca, C.C., Moran, M., Quispe, J., Colina, O., Bacon, D.J., Lescano, A.G., Gilman, R.H., Blazes, D.L. 2006. Outbreak of cyclosporiasis

at a naval base in Lima, Peru. The American journal of tropical medicine and hygiene 75, 546-548.

USEPA. 2012. Method 1623.1: Cryptosporidium and Giardia in water by filtration/IMS/FA. United States Environmental Protection Agency. 16 - Oct - 2015. http://water.epa.gov/scitech/drinkingwater/labcert/upload/epa816r12001.pdf

Weber, Z., Karolewski, Z., Irzykowska, L., Knaflewski, M., Kosiada, T. 2007. Occurrence of Fusarium species in spears of asparagus (Asparagus officinalis). Phytopathol Pol 45, 9-15.