



*Detección de huevos de helmintos en aguas empleadas para riego de cultivos, en el municipio de Mosquera (Cundinamarca)*

Libia Eunise Chandillo Becoche  
Geraldine Sánchez Herrera

Orientador externo  
Myriam Consuelo López Páez  
MSc. Microbiología

Orientador interno  
Sandra Mónica Estupiñán Torres  
MSc. Microbiología

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico  
Trabajo de Grado  
Bogotá, marzo de 2020

## **Agradecimientos**

*Agradecemos a Dios en primer lugar por permitirnos llevar a cabo nuestros objetivos; a nuestras familias y amigos por brindarnos su apoyo y acompañamiento en este proceso.*

*A las Doctoras Sandra Mónica Estupiñán Torres y Myriam Consuelo López Páez por tomar la asesoría de este trabajo.*

*A las Doctoras María Clara Echeverry Gaitán y Carolina Ortiz Pineda por permitirnos trabajar en el laboratorio de Parasitología, Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia.*

*Al equipo del laboratorio de Parasitología de la Universidad Nacional de Colombia (Catherine Aguilar, Alejandro Contreras, Samanda Aponte, Marcela Parra, Andrés Rodríguez y Marcela Castaño) por sus aportes y sugerencias durante el desarrollo del trabajo.*

*Laboratorio de Parasitología de la facultad de medicina y laboratorio de Microbiología Ambiental y Química de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.*

*Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.*

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	10
Introducción.....	11
Antecedentes.....	13
Marco referencial.....	14
Objetivos Generales y específicos.....	19
Diseño Metodológico.....	20
Área y población de estudio.....	20
Muestra.....	21
Hipótesis y Variables.....	22
Técnicas y procedimientos.....	22
Metodología.....	22
Análisis de Resultados.....	23
Resultados.....	23
Discusión .....	34
Conclusiones .....	37
Referencias.....	38

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores que afectan la elección del método.....	18
Tabla 2. Calendario de muestreo de aguas Distrito de Riego la Ramada.....	21
Tabla 3. Sitios de muestreo y numero de muestras positivas para al menos una especie de parasito.....	23
Tabla 4.Especie de parasito, porcentaje y promedio de cada especie en el total de las muestras positivas de la temporada seca.....	27
Tabla 5.Especie de Parasito, porcentaje y promedio de cada especie en el total de las muestras positivas de temporada lluvia.....	30

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Taxonomía de os Helmintos.....	14
Figura 2. Mapas del Distrito de riego La Ramada.....	20
Figura 3. Procedimiento.....	23
Figura 4. Microscopia de Luz; Huevo de <i>Hymenolepis spp</i> .....	26
Figura 5. Microscopia de Luz; Huevo de <i>Ancylostomideo spp</i> .....	26
Figura 6. Microscopia de Luz; Huevo de <i>Trichuris spp</i> .....	26
Figura 7. Microscopia de Luz; <i>Larvas spp</i> .....	26
Figura 8. Microscopia de Luz; <i>Larvas spp</i> .....	26

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Sitios de muestreo y numero de muestras positivas para al menos una especie de parasito.....	24
Grafico 2.Promedio de Huevos de Helmintos por Litro de Agua de Riego..	24
Grafico 3. Prevalencia de Huevos de Helmintos en aguas de riego de cultivo por Microscopia de Luz.....	25
Grafico 4.Porcentaje (%) de muestras positivas y negativas en la temporada seca.....	27
Grafico 5.Porcentaje de cada especie de parasito en el total de las muestras positivas en la temporada seca.....	28
Grafico 6. Promedio de cada especie de parasito en el total de las muestras positivas en la temporada seca.....	28
Grafico 7. Porcentaje y especie de Huevos de Helmintos encontrados en el punto de muestreo 3 en temporada seca.....	29
Grafico 8. Porcentaje y especie de Huevos de Helmintos encontrados en el punto de muestreo 4 en temporada seca.....	29
Grafico 9. Porcentaje y especie de Huevos de Helmintos encontrados en el punto de muestreo 4 en temporada seca.....	30
Grafico 10.Porcentaje de cada especie de parasito en el total de las muestras positivas en la temporada lluvia.....	31
Grafico 11. Promedio de cada especie de parasito en el total de las muestras positivas en la temporada lluvia.....	31
Grafico 12. Porcentaje y especie de Huevos de Helmintos encontrados en el punto de muestreo 1 en temporada lluvia.....	32
Grafico 13. Porcentaje y especie de Huevos de Helmintos encontrados en el punto de muestreo 3 en temporada lluvia.....	32
Grafico 14. Porcentaje y especie de Huevos de Helmintos encontrados en el punto de muestreo 4 en temporada lluvia.....	33
Grafico 14. Porcentaje y especie de Huevos de Helmintos encontrados en el punto de muestreo 6 en temporada lluvia.....	33



## RESUMEN

### **Detección de Huevos de Helmintos en aguas empleadas para riego de cultivos del municipio de Mosquera (Cundinamarca)**

El uso de aguas residuales crudas o parcialmente tratadas empleadas para el riego de cultivos es una práctica común en varias regiones del mundo, lo que proporciona grandes beneficios al suelo y a la productividad agrícola. Sin embargo, la irrigación de cultivos con estas aguas, representa un riesgo para la salud pública, tanto humana como animal por la contaminación de microorganismos. Se tomaron 96 muestras de agua, de 6 sitios en la sabana de Bogotá, durante los meses de Junio a noviembre de 2019. El método Baillenger Modificado fue empleado para la detección y cuantificación de los huevos de helmintos. En las muestras analizadas se detectó la presencia de huevos de *Ascaris* spp 33/96 (34,37%) y *Ancilostomideos* spp 40/96(41,66%), con un promedio de 0.81y 1.53 huevos por litro (h/L), respectivamente. Seguido por *Hymenolepis* spp 11/96 (11,45 %) con un promedio de 0.24 h/L, *Trichuris* spp 5/96(5,20 %) con un promedio de 0.028 h/L, y *Capillaria* spp 2/96(2.083 %) con un promedio de 0.0083 h/L. Los resultados obtenidos muestran que el uso de estos efluentes para actividades agrícolas pueden representar un riesgo para la salud pública, puesto que fue detectada la presencia de huevos de helmintos en diferentes puntos del distrito de riego, indicando que estas muestras no cumplen con los límites establecidos por la normatividad nacional e internacional, sugiriendo la urgente intervención para controlar y vigilar el uso de estas aguas para el riego de cultivos de consumo directo.

**Palabras clave:** Helmintos, aguas residuales, riego agrícola, parásitos, cultivos agrícolas, verduras.

**Estudiantes:** Libia Eunise Chandillo Becoche y Geraldine Sánchez Herrera

**Docente:** Sandra Mónica Estupiñán Torres **Institución:** UCMC

**Docente:** Myriam Consuelo López Páez **Institución:** Universidad

Nacional de Colombia. **Fecha:** febrero 25 de 2020.

## INTRODUCCIÓN

Las Helmintiasis son una enfermedad parasitaria causada por diferentes especies de gusanos, se transmiten por la presencia de huevos en el medio ambiente; los principales síntomas que se presentan son dolor abdominal, diarrea, náuseas, fatiga y pérdida de peso. Las infecciones parasitarias intestinales siguen siendo muy prevalentes en las poblaciones más vulnerables de los países en desarrollo, especialmente en las áreas rurales, en las cuales los porcentajes de necesidades básicas insatisfechas son más altos. Las estimaciones más recientes han señalado que en el 2010 existían en el mundo más de 1.450 millones de personas infectadas con, por lo menos, una especie de nematodos intestinales. Se estima que alrededor de mil millones de niños viven en áreas donde la prevalencia de geohelminfos es superior a 20 %, y de ellas, 13 % se encuentra en Latinoamérica y el Caribe, lo cual se debe, principalmente, a las condiciones de pobreza, el saneamiento inadecuado, el hacinamiento, al hecho de darse en zonas rurales, así como a los bajos niveles de educación, la falta de acceso a los servicios de salud y las deficiencias nutricionales.

En Colombia según la última Encuesta Nacional de Parasitismo intestinal en Población Escolar 2012-2014, la frecuencia a nivel nacional de geohelminfos fue *Tricocéfalo* (18.4%), *Ascaris lumbricoides* (11.3%), *Uncinariias* (6.4%) Las helmintiasis se transmiten en algunos casos con la utilización de aguas contaminadas para el riego de cultivos agrícolas (principalmente vegetales). El Ranking presentado por la FAO/OMS en 2014 presenta una clasificación de los parásitos transmitidos por alimentos. Según este estudio *Ascaris spp* está en el Noveno lugar de importancia de transmisión siendo el que causa un aproximado de 14 millones de casos de parasitismo intestinal, seguido de *Trichuris spp* situado en el quinceavo lugar.

La problemática anteriormente mencionada, ha tenido un gran impacto epidemiológico en la población en general, siendo *Ascaris lumbricoides*, *Hymenolepis nana*, *Trichuris trichiura*, y *Enterobius vermicularis* los parásitos con mayor prevalencia en la población. La necesidad de minimizar este riesgo al que están expuestos los consumidores de los diferentes vegetales, ha ido creciendo en gran manera sobre todo en los países en donde los niveles de saneamiento, prácticas higiénicas y manipulación de alimentos no es el adecuado; varias investigaciones han reportado ciertos factores de riesgo que facilitan la propagación de infecciones parasitarias; dentro de ellos se encontró que la primera fuente de contaminación para los alimentos es el agua utilizada en el riego de cultivos, el agua con la que se lavan los alimentos antes de ser manipulados en los diferentes sitios de preparación (casas o restaurantes) es el segundo foco de transmisión, no solo de parásitos sino también de bacterias, debido a que el tratamiento de potabilización de aguas no es el adecuado; y en tercer lugar está la conservación de los alimentos, especialmente la temperatura y la humedad, que son factores que afectan en gran manera la

propagación de diversos microorganismos que pueden ocasionar infecciones graves en los consumidores.

En el estudio realizado en Bogotá en 2006, se demostró la presencia de parásitos intestinales en frutas y verduras comercializadas tanto en mercados privados como públicos, los resultados mostraron que el 36% de los parásitos presentes eran nemátodos; de estos el 15% estaban en estadio larvado y el 22% presentaban estadio de huevo. Lo que hace pensar que hay un déficit en el manejo de alimentos desde el cultivo hasta la manipulación en los diferentes establecimientos.

## ANTECEDENTES

Las infecciones parasitarias, son las mayores responsables de los altos niveles de morbilidad, mortalidad y desnutrición tanto infantil como de adultos.<sup>1, 2</sup> Las helmintiasis se relacionan con la utilización de aguas de riego de alimentos que se encuentran contaminadas con los huevos de dichos parásitos. En Colombia al igual que a nivel mundial las infecciones por huevos de helmintos en vegetales han sido una alerta epidemiológica de gran importancia y todo lleva a que el principal factor de riesgo sigue siendo el agua de riego; esto indica que aunque se ha ido avanzando en la implementación de los diferentes tratamientos en aguas de riego aún falta prestarle mayor atención y enfocarse en la erradicación y/o disminución de la carga microbiana con la que salen estas aguas ya que esto constituye un riesgo grande para la salud de los consumidores.<sup>10,11</sup>

Thurston-Enríquez et al en 2001 realizaron un estudio de identificación de parásitos, protozoos y otros microorganismos patógenos presentes en el agua de riego de cultivos, este estudio se realizó mediante métodos de PCR e inmunofluorescencia y dentro de los resultado se encontró que el 28% de las muestras fueron positivas para *Microsporidia*; el 60% de las muestras fueron positivas para *Giardia* y el 36% para ooquistes de *Cryptosporidium*. Una de las razones para que los cultivos se contaminen con parásitos durante largos periodos de tiempo, es que algunos de estos son capaces de sobrevivir a condiciones no muy favorables para su desarrollo, además surge otra variable; la superficie de los alimentos ya que esta también es un factor predisponente para el alojamiento de formas parasitarias.<sup>2</sup>

Campos et al, reportan que se ha generado un aumento en la demanda del recurso hídrico y a su vez en los niveles de contaminación, en octubre de 2008 se encontró que los residuos tanto de origen doméstico como industrial generan problemas a nivel ambiental y de salud pública. La contaminación de origen doméstico presenta mayor riesgo por las altas concentraciones de materia orgánica y microorganismos patógenos que pueden difundirse a través del agua. A causa de esto se hace necesario el uso de indicadores de contaminación fecal: indicadores bacterianos (coliformes fecales), virales (fagos somáticos y fagos específicos) y parasitarios (huevos de helminto, *Giardia spp.*, y *Cryptosporidium spp.*) los cuales requieren técnicas más sencillas, rápidas y económicas para su identificación. La presencia y concentración de estos indicadores coinciden entre los encontrados en las diferentes aguas de la sabana de Bogotá y los encontrados en aguas de otros países con condiciones ambientales diferentes. Este tipo de indicadores podrían ser utilizados en diferentes tipos de aguas y condiciones ambientes para establecer la calidad de esta. También se hace necesario la implementación de tratamientos efectivos contra estos agentes causales de contaminación ya que de esta manera se logra mejorar la calidad del recurso hídrico <sup>8</sup>.

En México (Victorica et al, 2003), Teheran ( Mahvi et al, 2002), y Libia (Abougrain et al, en 2010) se ha reportado el uso de aguas residuales como una práctica común; y a su vez se han realizado estudios acerca de la calidad

microbiológica de estas aguas; es importante resaltar que en la mayoría de los estudios hay resultados positivos para al menos una forma parasitaria estos estudios están basados en la normatividad de calidad de agua de cada uno de los países y cabe destacar que no solo se hacen estudios de cuantificación con métodos como el Bailenger sino también de viabilidad con tinciones específicas cuya duración es de aproximadamente 4 – 6 horas por cada cuatro muestras, esto permite hacer una identificación más específica de cuáles son los parásitos que pueden causar infecciones intestinales.<sup>12</sup>

## MARCO REFERENCIAL

Un parásito es un ser vivo que de manera temporal o permanente vive a expensas de otro organismo de distinta especie, que es el huésped, obteniendo de éste nutrición y morada, al que puede producir daño y con el que tiene una dependencia obligada y unilateral. Los parásitos tienen determinadas características para asegurar su permanencia, resistir a los factores adversos y mantener su poder infectante.<sup>31</sup> El término helminto viene de la palabra griega para los gusanos, pero usualmente se refiere a los gusanos parásitos. Los helmintos son invertebrados eucarióticos con morfología aplanada o cilíndrica, son gusanos parásitos, y pueden vivir tanto dentro como fuera de sus hospederos, alimentándose de sus nutrientes. Estos gusanos parasitarios comprenden dos phylum: principales: a) platelmintos, a su vez subdivididos en cestodos (Tenias) y trematodos (*Fasciola*, *Esquistosoma* y *Paragonimus*), y b) nemátodos o nematelmintos (Figura 1)<sup>48</sup>.

Phylum	Clase	Subclase	Orden	Familia	Género	Especie
Platyhelminthes	cestoda	Cyclophyllidea	Hymenolepididae	Hymenolepis		nana
						diminuta
	Trematoda	Prosostomata	Taeniidae	Taenia	solium	saginata
			Schistosomatidae	Schistosoma	haematobium	mansonii
Nematoda	Nematoda	Adenophorea	Trichuroidea	Trichuridae	Trichuris	trichiura
		Secementea	Strongylida	Strongylidae	Strongyloides	stercoralis
		Ancylostomatidae	Necatorinae	Ancylostomatidae	Ancylostoma	duodenale
				Necator	americanus	
		Ascaridida	Ascarididae	Ascaris	lumbricoides	

<http://colaboracion.uv.mx/insting/Tesis/2009-Ambiental-LuisAntonioLopezEscobar.pdf>

Figura 1. Taxonomía de los helmintos

Según la OMS, las helmintiasis son un grupo de afecciones parasitarias, que se transmiten a través de huevos de parásitos que se han eliminado por las heces de las personas o animales infectados <sup>54</sup>.

La clase Trematoda (Platelmintos) constituyen un grupo de gusanos planos, en su gran mayoría tienen grandes implicaciones clínicas. Estos presentan diversas formas, ovaladas, alargadas y de diferentes tamaños; la mayoría son hermafroditas y una característica especial que tienen es que son aplanados dorso ventral además de presentar simetría bilateral; sus órganos de fijación son una ventosa oral (en su interior está la boca) y una ventosa ventral (acetábulo), las dos poseen fibras contráctiles las cuales permiten su adhesión. Los trematodos de principal importancia médica son *Fasciola*, *Clonorchis* y *Opisthorchis* (hígado), *Fasciolopsis*, *Heterophyes*, *Metagonimus* y *Echinostoma* (intestino delgado), *Paragonimus* (pulmones), *Schistosoma* (hemático). <sup>10</sup>

La clase Cestoda (Platelmintos) comprende los gusanos acintados o planos exclusivamente parásitos hermafroditas en su fase adulta, su cuerpo está compuesto por un órgano de sujeción o escólex globoso, el cual contiene cuatro ventosas circulares dispuestas simétricamente y poros genitales laterales, del escólex se desprenden un conjunto de segmentos denominados proglótides o estróbila las cuales a mayor tamaño mayor es su maduración. Los cestodos habitan el intestino delgado del huésped absorbiendo los nutrientes de este. Dentro de este orden se encuentran las familias *Hymenolepididae*- *Hymenolepis nana* e *Hymenolepis diminuta*, *Taeniidae*-*Taenia saginata* y *Taenia solium* <sup>10</sup>.

En la clase Nematoda (Nematelmintos) se encuentran los gusanos de forma cilíndrica, los cuales están cubiertos por una capa no segmentada; cuentan con aparato reproductor completo y a diferencia de la clase cestoda en esta clase están separados los sexos, es decir hay macho (el más pequeño) y hembra (el más grande). los nematodos más importantes a nivel clínico son: *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Uncinarias* (*Ancylostoma duodenale*, *Necator americanus*) y *Strongyloides stercoralis* <sup>10</sup>.

Los helmintos son indicadores de contaminación con materia fecal tanto en aguas de riego como en hortalizas y frutas, ya que al entrar en contacto directo con estas aguas y alimentos contaminados se adquieren infecciones a nivel de salud que pueden producir patologías graves como; anemias, desnutrición, obstrucción intestinal problemas respiratorios entre otros. <sup>2</sup>

El ciclo de vida de un helminto puede ser bastante complejo al incluir varios huéspedes. “La mayoría de los helmintos tienen ciclos vitales complejos que incluyen estados de vida libre (fuera del hospedador), y estadios de vida parasitaria, (dentro de insectos, caracoles, mamíferos, etc.) y muy estrechamente relacionados a las condiciones climáticas y ambientales. Tras la eclosión de los huevos, casi siempre al exterior del hospedero, los helmintos parásitos pasan por una serie más o menos compleja de estadios larvarios”,<sup>41</sup> Usualmente los huevos son consumidos por los humanos y animales,

alojándose en el intestino donde se desarrollan y alcanzan su estadio adulto, luego son expulsados en las heces propagando así la enfermedad. <sup>40</sup>

Los huevos constituyen la etapa contagiosa de los helmintos, son excretados en las heces y se extienden a las aguas residuales, en el suelo o en los alimentos, son muy resistentes a las tensiones ambientales y a la desinfección con cloro en la planta de tratamiento de aguas residuales. Gran parte de los estudios a nivel ambiental se han enfocado en la detección de huevos de helmintos debido a que su estructura morfológica en especial las capas de vitelina (lipídica), glucógeno, funcionan como mecanismo de protección ante las diferentes condiciones ambientales, generando así resistencia a cambios de pH, temperatura incluso a la acción del cloro en bajas concentraciones <sup>40</sup>.

El agua de riego es un recurso hídrico imprescindible para el desarrollo de las plantas, el éxito de la agricultura bajo riego, depende en gran medida de la "Calidad del Agua" <sup>7</sup>, ya que puede influir modificando las características propias del suelo, así como en el rendimiento de los cultivos, si transporta sales en cantidades excesivas que afecten a la planta. También sirven como fuentes de transmisión de helmintos<sup>38</sup>. Las aguas residuales que proceden de duchas, bañeras y lavamanos, presentan un bajo contenido en materia fecal; si bien las aguas de cocinas y lavadoras también son aguas grises, por lo general no se reciclan, debido a la elevada contaminación que contienen. Las aguas grises están compuestas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos<sup>39</sup>.

El riego no restringido es la utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas como forrajes, granos, frutas y verduras, en forma ilimitada <sup>53</sup>. Por el contrario, el riego restringido es la utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas excepto legumbres y verduras que se consumen crudas<sup>54</sup>. Más del 10% de la población mundial consume alimentos provenientes del riego con aguas residuales tratadas y no tratadas que están siendo empleadas directa o indirectamente, tanto en países desarrollados como subdesarrollados, para riego de cultivos. El uso de aguas "Grisas" constituye riesgos asociados a patógenos presentes en las excretas (orina y heces) como los huevos de parásitos intestinales (Helmintos), que se caracterizan por que pueden sobrevivir durante meses o incluso años en la materia fecal y suelo.<sup>54</sup>

La OMS junto con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Programa Internacional de Investigación y Tecnología de Riego y Drenaje (IDRC) y el Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI) elaboran normas con el fin de reducir los riesgos para la salud asociados al uso de aguas residuales, tanto en agricultura como en acuicultura. Estas disposiciones se plantean debido a que hay un incremento de la población mundial, lo que conlleva a una creciente escasez de recursos hídricos y el aumento en los precios de diferentes productos. Estas directrices están divididas de manera general en 4 documentos:

- Volumen 1: Aspectos Normativos Generales.

- Volumen 2: Uso de aguas residuales en la agricultura.
- Volumen 3: Uso de aguas residuales y excretas en acuicultura.
- Volumen 4: Uso de excretas y aguas grises en la agricultura<sup>52</sup>.

Por otra parte las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1996, establecen los límites máximos de contaminantes en las descargas de aguas residuales con el objetivo de proteger la calidad de dichas aguas y posibilitar sus usos, además de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas; el límite máximo de huevos de helmintos según estas normas es de 1 huevo de helminto por litro de agua para riego restringido y de 5 huevos de helminto por litro para riego no restringido<sup>54</sup>.

Durante las últimas décadas, el mundo ha venido observando, analizando y tratando de resolver una serie de problemas relacionados con la disposición de los residuos líquidos procedentes del uso doméstico, agrícola e industrial. Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un problema para la salud humana y animal. Estas deben ser desechadas ya que contienen gran cantidad de sustancias y microorganismos. Las aguas residuales, antes de ser vertidas en las masas receptoras, deben recibir un tratamiento adecuado según su composición, capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, evitando así que se provoquen problemas a la salud del consumidor. Las aguas de riego pueden contaminarse ya sea por la introducción de aguas residuales o por escorrentía. Los eventos de lluvia pueden llevar a la contaminación fecal por parte de animales de granja, domésticos y salvajes (incluyendo aves) en canales, aguas de ríos y pozos que sirven como fuentes de riego. Estas aguas contaminadas pueden intervenir, directa o indirectamente, en la propagación de enfermedades, ya que a través de ella pueden llegar al agua de bebida, o a las hortalizas, que son regadas con estas aguas, sin tratamiento previo<sup>56</sup>.

Se define la calidad del agua como la composición química de dicho elemento según el uso que se le da. Las características o calidad de agua para riego de cultivos son diferentes a las que generalmente se conocen, un ejemplo de esto es que según la normatividad el agua que se utiliza para abastecer a la población debe contener pequeños porcentajes de los elementos que se puedan encontrar en el ciclo del nitrógeno y fósforo, sin embargo, el agua para riego de cultivos debe contener porcentajes considerables de estos elementos<sup>55</sup>.

La calidad del agua es importante para determinar las láminas de riego y los diferentes tratamientos para un mejor aprovechamiento. Cabe aclarar que las condiciones climáticas, demográficas, de temperatura entre otras también son de gran influencia para los cultivos<sup>56</sup>.

En las últimas décadas el mantenimiento de pequeños cultivos ha sido una de las fuentes de producción de alimentos más importante a nivel mundial, pero

esto a su vez ha llevado al aumento en la utilización de aguas para el riego de dichos cultivos; razón por la cual los países en crecimiento han implementado la reutilización de aguas residuales.<sup>15</sup> Algunos de los cultivos en los que se utilizan aguas residuales para riego son la lechuga, el repollo, la cebolla larga y cabezona, el apio, la fresa, la zanahoria, la papa, las flores y los bosques <sup>14</sup>.

Las aguas residuales contienen microorganismos, sustancias disueltas y sólidos que son los que en algunos casos impiden que se les dé un nuevo uso. por esta razón es necesario realizar un tratamiento primario o secundario para que dichas aguas alcancen el nivel de calidad requerido para su nueva utilización. Las características del agua utilizada para riego también dependen del mecanismo de distribución de las mismas, por ejemplo, los mecanismos de dispersión por inundación o escorrentía de superficie pueden dar lugar a la descarga de agua de riego en zonas inapropiadas. Además, las técnicas de aspersión provocan la dispersión de las gotas de agua residual, lo que puede plantear problemas para los agricultores y zonas residenciales o de acceso público en las proximidades <sup>15</sup>.

En la Tabla 1 se observan los factores que afectan la elección del método de riego y medidas especiales para la utilización de aguas residuales según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

METODO DE RIEGO	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ELECCION	MEDIDAS ESPECIALES PARA LA UTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES
INUNDACION	Coste más reducido	Protección completa de los agricultores y todas aquellas personas que entren en contacto directo con el producto, incluidos los consumidores.
	No es necesario el desnivel	
	Escaso rendimiento	
	Poca protección de la salud	
ESCORRENTIA SUPERFICIAL	Coste reducido	Protección completa de los agricultores y todas aquellas personas que entren en contacto directo con el producto, incluidos los consumidores.
	Desnivel necesario	
	Escaso rendimiento	
	Protección media de la salud	
ASPERSION	Coste de medio a elevado	Distancia mínimas de las casas zonas de acceso público.
	Rendimiento medio	
	No es necesario desnivel	Restricción de la calidad de agua
	Poca protección de la salud	Filtración para evitar obstrucción de los mecanismos.
MICRORRIEGO	Coste elevado	Filtración para evitar la obstrucción de los mecanismos.
	Alto rendimiento	
	Rendimiento agrícola elevado	No es necesario adoptar medidas de protección.
	Mejor protección para la salud	

<http://www.fao.org/3/i1629e/i1629e00.htm>

**Tabla 1. Factores que Afectan la elección del método de riego**

La Organización de las Naciones Unidas para Alimentación (FAO) plantea una clasificación de los cultivos según el riesgo que estos representan para los agricultores y los consumidores <sup>15</sup>.

### Riesgo débil

Cultivos industriales no destinados al consumo humano; Cultivos tratados con calor o secados antes de su destino al consumo humano; Las frutas y verduras cultivadas exclusivamente para conserva.<sup>15</sup>

### Riesgo medio

Cultivos para el consumo humano que no están en contacto directo con aguas residuales; Cultivos para el consumo humano tras la cocción; Cultivos para el consumo humano cuya piel no se come.<sup>15</sup>

### Riesgo elevado

Todos los alimentos que se consumen crudos o cultivados en contacto estrecho con los efluentes de aguas residuales (por ejemplo, la lechuga y las zanahorias)<sup>15</sup>.

Las frutas y verduras frescas son componentes importantes de una dieta sana y equilibrada; las agencias gubernamentales de salud alientan su consumo en muchos países para protegerse contra una variedad de enfermedades como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, las frutas y verduras, y en particular las verduras de hoja verde que se consumen crudas, son cada vez más reconocidas como vehículos importantes para la transmisión de patógenos humanos (Berger,2010).<sup>14</sup>

El riesgo al comer las verduras crudas puede verse influenciado ya sea por la fuente de estas o por las técnicas de lavado utilizadas. Las infecciones parasitarias conducen a alrededor de 300 millones de personas gravemente enfermas, con aproximadamente 200,000 muertes en países de escasos recursos. Los brotes de diarrea son ocasionados principalmente por aguas y alimentos contaminados, se espera que la mayor parte de patógenos sean eliminados mediante la cocción a altas temperaturas, es posible que este método no se aplique a las verduras frescas que se comen crudas (Duedu et al,2014)<sup>28</sup>

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Identificar la presencia de huevos de helmintos en aguas empleadas para riego de cultivos, en el Municipio de Mosquera (Cundinamarca) - Colombia

### **Objetivos específicos**

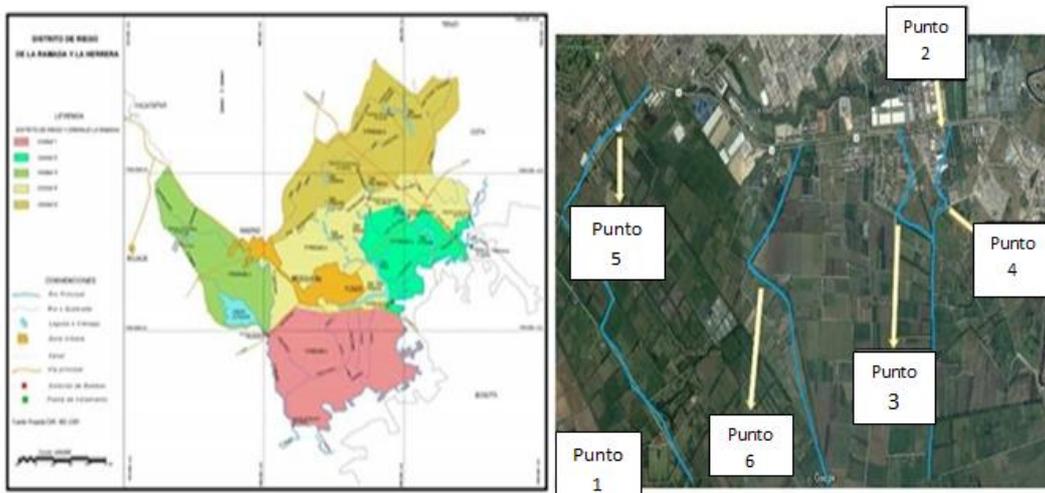
- Utilizar el método Bailenger para la identificación y cuantificación de helmintos en aguas empleadas para riegos de cultivos
- Determinar la prevalencia de helmintos en aguas empleadas para riego de cultivos, en el municipio de Mosquera, Cundinamarca

## DISEÑO METODOLÓGICO

### Área y población de estudio

- **DISTRITO DE RIEGO LA RAMADA**

El distrito de riego la Ramada se encuentra ubicado en la cuenca media del Río Bogotá, limita al norte con el río Chicú; al Sur Oriente con el río Bogotá; al occidente con la cuenca del río Subachoque. Y se extiende a través de los municipios de Mosquera, Funza, Madrid, Tenjo, Cota y Bojacá (Figura 2)



<https://www.car.gov.co/uploads/files/Saeb755bef54b.pdf>

Figura 2. Mapas Distrito de riego la Ramada

El distrito de riego se encuentra dividido en tres unidades:

- **UNIDAD I “La Ramada”:** Abarca los municipios de Mosquera y Funza, constituye aproximadamente 6.500 hectáreas y es la de mayor antigüedad.
- **UNIDAD II “La Isla”:** Cubre los municipios de Funza, parte de Cota y Tenjo y tiene 2.540 hectáreas.
- **UNIDAD III “Bojacá - La Herrera:** posee 4.100 hectáreas y supe a los municipios de Bojacá y Madrid

Recoge aguas del río Bogotá a la altura de la desembocadura del río Chicú por medio de cuatro bombas, cada una con capacidad aproximada de 1.5 m<sup>3</sup>/seg, es decir, se recogen 6 m<sup>3</sup>/seg en total y se distribuyen de la siguiente manera:

- 3.1m<sup>3</sup>/seg para irrigar la Unidad I, el sector Bojacá (Unidad III)

- los 2.5m<sup>3</sup>/seg se utilizan para irrigar la unidad II y las posibles ampliaciones del distrito de riego. <sup>19</sup>

### **MUESTRA:**

Se recolectaron 96 muestras de aguas de riego en 6 puntos del distrito de riego la Ramada, durante Junio a Noviembre de 2019. Cada muestra con un volumen total de 10 litros (Lt ); las muestras se transportaron en galones de plástico con capacidad adecuada (10 Lt) los cuales habían sido previamente desinfectados con Hipoclorito de Sodio, lavados con jabón líquido y enjuagados con Solución de Tween 80 para evitar la adherencia de los parásitos a los recipientes.

Para el muestreo se escogieron inicialmente los canales de vertimientos de los cuales se tomarían las muestras, siguiente a eso las dos personas encargadas del muestreo se acercaban lo que más podían al canal y con dos baldes previamente desinfectados y enjuagados también con Tween 80 se recogían las muestras, un balde se trasladaba cerca al carro para medir parámetros como conductividad, pH entre otros y con el otro balde se llenaban los recipientes de 10 Lt que después se trasladaron al laboratorio de Parasitología de la Universidad Nacional de Colombia.

Las muestras se recolectaron en dos épocas: muestras de temporada de lluvia y muestras de temporada seca así:

<b>TEMPORADA LLUVIA</b>	<b>TEMPORADA SECA</b>
06 – Junio – 2019	2 – Julio – 2019
11 – Junio – 2019	26 – Julio – 2019
18 – Octubre – 2019	31 – Julio – 2019
19 - Octubre – 2019	8 – Agosto – 2019
12 – Noviembre – 2019	12 - Agosto – 2019
14 – Noviembre – 2019	31 – Agosto – 2019
	9 – Septiembre – 2019
	12 – Septiembre – 2019
	15 - Septiembre – 2019
	20 – Septiembre – 2019

**Tabla 2. Calendario de muestreo de Aguas Distrito de Riego La Ramada**

## **HIPÓTESIS, VARIABLES**

### **Hipótesis**

De acuerdo con los estudios reportados por otros autores, se sabe que la calidad microbiológica y parasitológica del agua empleada para riego de cultivos, no cumple con la normatividad Nacional e Internacional; por lo siguiente en este estudio se establece que las aguas usadas para riego en el Distrito La Ramada se encuentran contaminadas con huevos de helmintos.

### **Variables:**

**Independiente:** Diferentes puntos de muestreo de aguas para riego de cultivos

**Dependiente:** Número de huevos de helmintos detectados en cada punto de muestreo.

## **TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS:**

### **Metodología**

Se utilizó el método de BAILENGER MODIFICADO por Ayres & Mara, 1996, este método es utilizado para la determinación y cuantificación de huevos de helmintos en aguas empleadas para riego de cultivos. Esta técnica se fundamenta en que los parásitos presentes en las muestras, se separan de los otros detritos presentes en ellas por densidades relativas altas. Se separan gracias a la capa de materia que se forma en la interface de la solución (normalmente éter o acetato de etilo), en la cual los parásitos estarán presentes en el sedimento. En las Figura 3 puede observar el procedimiento realizado con cada una de las muestras recolectadas.

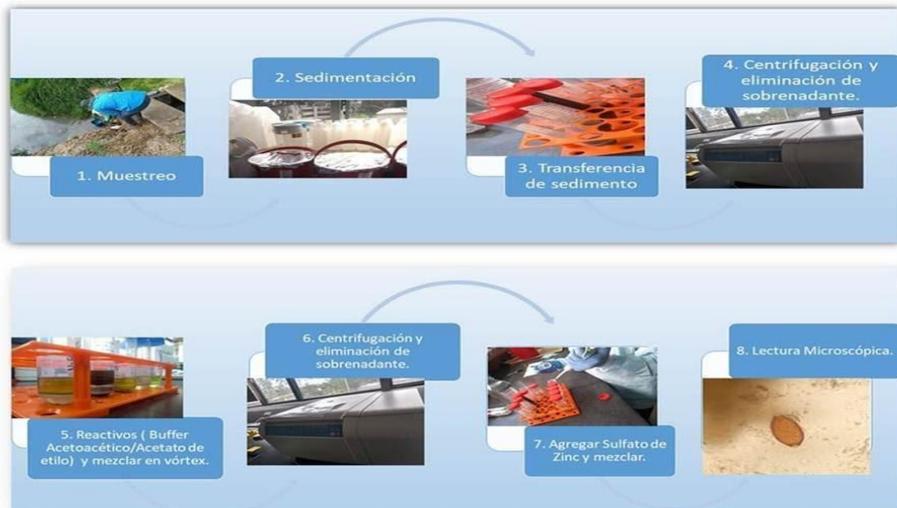


Figura 3. Procedimiento

### Análisis de resultados

Para cumplir con los objetivos planteados se realizó una matriz general en Excel en donde se incluyeron los lugares de toma de muestra, temporada en la que se realizó la toma de muestra, días de recolección, hora de toma y de procesamiento y conteo individual de parásitos por muestra. Se realizó también un análisis estadístico descriptivo.

### RESULTADOS

Se recolectaron 96 muestras de aguas de riego de cultivos en 6 puntos del Distrito de Riego de la Ramada (16 muestras por punto), durante los meses de junio a noviembre de 2019, teniendo en cuenta las variables climáticas; es decir, cuando era temporada lluvia y temporada seca. En la **Tabla 3, Gráfica 1** se presentan los sitios de muestreo y el número de muestras que dieron resultados positivos para al menos un parásito.

SITIOS DE MUESTREO	MUESTRAS POSITIVAS
Punto 1	16
Punto 2	13
Punto 3	16
Punto 4	16
Punto 5	3
Punto 6	6
Total de muestras Positivas	70
Porcentaje	72.91%

**Tabla 3.** Sitios de muestreo y número de muestras positivas para al menos una especie de parásito, además se evidencia que del 100% de las muestras el

72,91% dieron positivo para algún huevo de helminto y el 27,09% de muestras resultaron negativas para algún huevo de helminto.



**Gráfica 1.** Sitios de muestreo y número de muestras positivas para al menos una especie de parásito.

Se evidencio que el 72,91% (70/96) de las muestras procesadas fueron positivas para huevos de helmintos. Siendo *Ancylostomideo Spp.* 40/96 (41,66%) y *Ascaris Spp.* 33/96 (34,37%) los parásitos más predominantes con promedios de 1.53 y 0.81 Huevos por litro (h/L) respectivamente. Seguidos de *Hymenolepis Spp.* 11/96 (11,45 %), *Trichuris trichiura* 5/96 (5,20%) y *Capillaria Spp.* 2/96 (2,083%) con promedios de 0.22, 0.02 y 0.008 Huevos por litro (h/L) respectivamente. También se observaron *Larvas Spp.* (48,95%) con promedio de 1.9 *Larvas Spp.* por litro (**Ver Gráfica 2**)



**Gráfica 2.** Promedio de Huevos de Helmintos por litro de agua de riego.

Por otra parte, se evidencio que de las 16 muestras analizadas los resultados más relevantes corresponden a: **Punto 4**, en donde los parásitos más predominantes fueron *Ascaris Spp.* con un 93.75% (2.6 h/L), es decir que de las 16 muestras tomadas, 15 dieron positivo para huevos de *Ascaris Spp.* *Hymenolepis Spp.* 62.5% (1.23 h/L), es decir que de las 16 muestras tomadas, 10 dieron positivo para huevos de *Hymenolepis Spp.* *Trichuris trichiura* con 31.25% (0.17 h/L), es decir que de las 16 muestras tomadas, 5 dieron positivo para huevos de *Trichuris trichiura* y *Larvas Spp.* con 81.25% (4.05 h/L). **Punto 1**, cuyos parásitos predominantes fueron *Ancylostomideos Spp.* con un 68.75% (5.54 h/L), es decir que de las 16 muestras tomadas, 11 dieron positivo para huevos de *Ancylostomideo Spp.* *Ascaris Spp.* con 25% (0.17 h/L), es decir que de las 16 muestras tomadas, 4 dieron positivo para huevos de *Ascaris Spp.* *Capillaria Spp.* 6,25% (h/l) es decir que de las 16 muestras tomadas, 1 dio positivo para huevos de *Capillaria Spp.* y *Larvas Spp.* con 75% h/L). y **Punto 3** con predominancia de *Ancylostomideos Spp.* con un 56,25% (h/l) y *Ascaris Spp.* con un 38% (h/l) y *Larvas Spp.* de 68.8% (1.9 l/L). (Ver Gráfica 3)



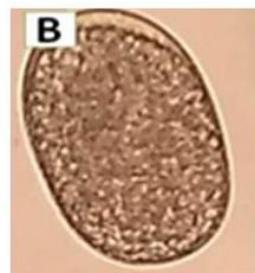
**Gráfica 3.** Puntos de muestreo con mayor contaminación de huevo de helmintos y las especies más predominantes en cada punto observadas en microscopía de luz.

También se evidenció la presencia de *larvas spp.* en los tres puntos, siendo los puntos 1 y 4 los de más alta prevalencia.

En las **Figuras 4,5,6** se observan algunos de los huevos de Helmintos encontrados en las muestras analizadas; las **Figuras 7 y 8** corresponden a las *Larvas spp.* encontradas en las muestras analizadas.



**Figura 4.** Microscopia de luz; Huevo de *Hymenolepis spp*



**Figura 5.** Microscopia de luz; Huevo de *Ancylostomideo spp*



**Figura 6.** Microscopia de luz; Huevo de *Trichuris spp*



**Figura 7.** Microscopia de luz; *Larvas spp*



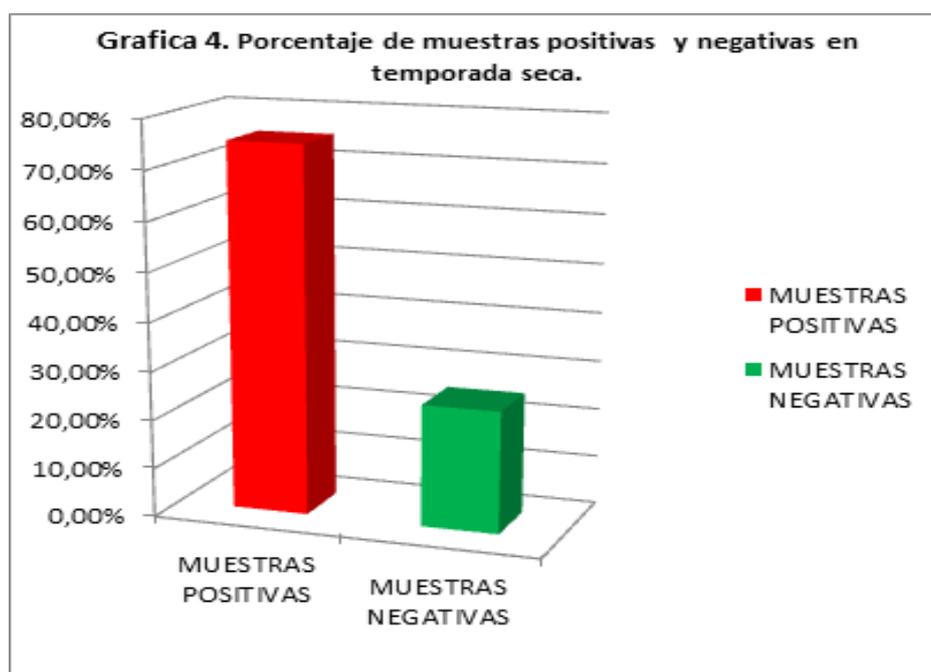
**Figura 8.** Microscopia de luz; *Larvas spp*

El **62,5%** (60/96) de las muestras se recolectaron en **temporada seca** y de estas el **74,94%** fueron positivas para algún huevo de helminto y **25,06%** fueron negativas para algún huevo de helminto. Los parásitos predominantes fueron

*Ascaris Spp.* (35%) y *Ancylostomideos Spp.* (28,3%) con promedios de 0.48 y 0.59 Huevos por litro (h/L) respectivamente. Seguidos de *Hymenolepis Spp.* (8,3%), *Trichuris trichiura* (1,67%) y *Capilaria Spp.* (1,67%) con promedios de 0.11, 0.1, 0.01 Huevos por litro (h/L) respectivamente. También se observaron *Larvas Spp.* (41,67%) con un promedio de 0.78 *Larvas* por litro (L/l). (Ver tabla 4 y Gráfica 4, 5 y 6)

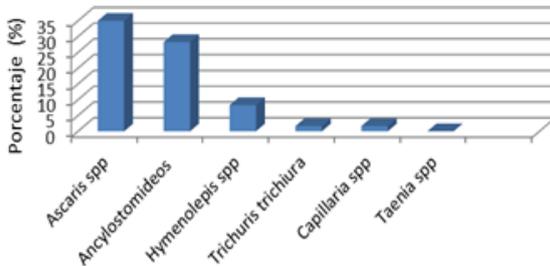
Huevo de Helminto Detectado	Porcentaje (%)	Promedio de Huevos por litro (H/L)
<i>Ascaris spp</i>	35	0.48
<i>Ancylostomideos spp</i>	28.3	0.59
<i>Hymenolepis spp</i>	8.3	0.11
<i>Trichuris spp</i>	1.67	0.1
<i>Capilaria spp</i>	1.67	0.01
<i>Taenia spp</i>	0	0
TOTAL	74.94	1.20

**Tabla 4.** Especie de parásito, porcentaje y promedio de cada especie en el total de las muestras positivas de la temporada seca.

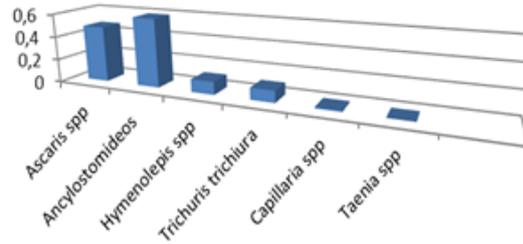


**Gráfica 4.** Porcentaje (%) de muestras positivas y negativas en temporada seca.

**Gráfica 5. Porcentaje de cada especie de parásito en el total de las muestras positivas de la temporada seca.**



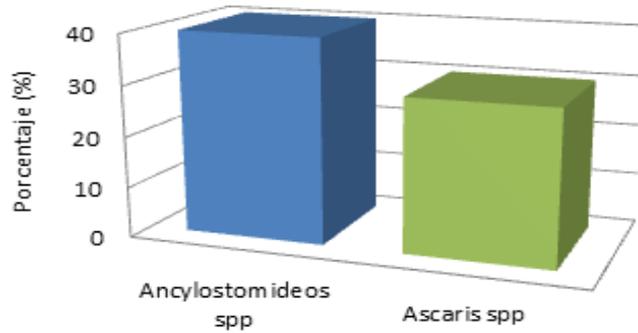
**Gráfica 6. Promedio de cada especie de parásito en el total de las muestras positivas de la temporada seca.**



**Gráficas 5 y 6. Porcentaje y promedio de cada especie de parásito en el total de las muestras positivas de la temporada seca.**

Por otra parte, se observa que los puntos con resultados más relevantes corresponden a: **Punto 4**, en donde los parásitos que predominan son *Ascaris spp.* en un 90% (1,8 h/L), es decir que de las 10 muestras tomadas, 9 dieron positivo para huevos de *Ascaris Spp.* *Hymenolepis Spp.* con 50% (0,66 h/L), es decir que de las 10 muestras tomadas, 5 dieron positivo para huevos de *Hymenolepis Spp.* y *Larvas Spp* en un 80% (1,71 h/L) **Punto 6**, cuyos parásitos predominantes fueron *Ancylostomideos Spp* 20% (1,94 h/L) es decir que de las 10 muestras tomadas, 2 dieron positivo para huevos de *Ancylostomideos Spp* y *Larvas Spp* 10% (1,73 h/L) y **Punto 3**, con predominancia de *Ancylostomideos Spp.* 40% (h/l), es decir que de las 10 muestras tomadas, 4 dieron positivo para huevos de *Ancylostomideos Spp.* *Ascaris Spp.* 30% (h/l), es decir que de las 10 muestras tomadas, 3 dieron positivo para huevos de *Ascaris Spp.* *Larvas Spp* 60% (1 h/L). (Ver Gráfica 7,8 y 9)

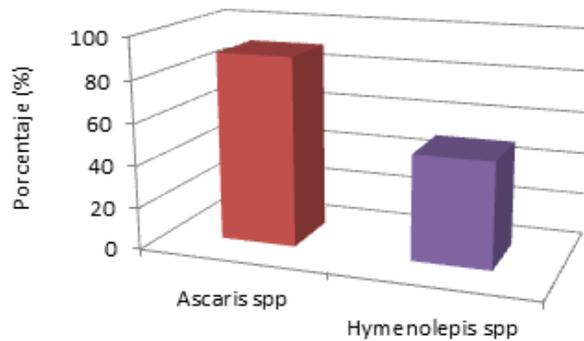
**Gráfica 7. Porcentaje y especie de helmintos encontrados en el punto de muestreo 3 en temporada seca**



**Punto 3**

**Gráfica 7.** Porcentaje y especie de helminto de mayor prevalencia encontrados en el punto de muestreo 3 en la temporada seca.

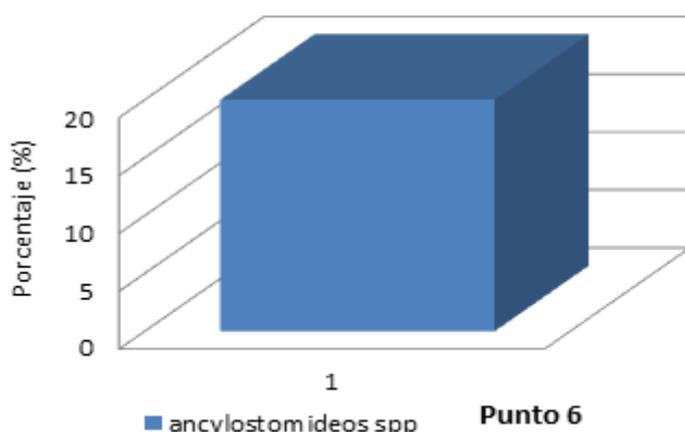
**Gráfica 8. Porcentaje y especie de helmintos encontrados en el punto de muestreo 4 en temporada seca**



**Punto 4**

**Gráfica 8.** Porcentaje y especie de helminto de mayor prevalencia encontrados en el punto de muestreo 4 en la temporada seca.

**Gráfica 9. Porcentaje y especie de helmintos encontrados en el punto de muestreo 6 en temporada seca**



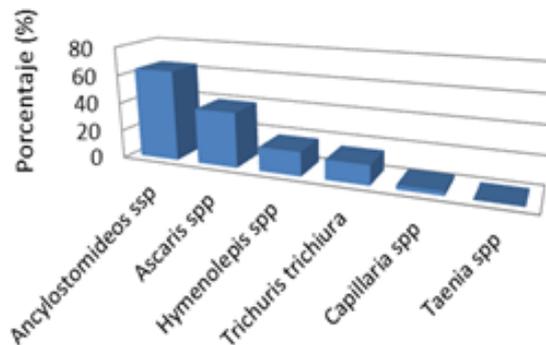
**Gráfica 9.** Porcentaje y especie de helminto de mayor prevalencia encontrados en el punto de muestreo 6 en la temporada seca.

El **37,5%** (36/96) de las muestras fueron recolectadas en temporada de **lluvia**, el **100%** de fueron positivas para algún huevo de helminto, es decir que de las 36 muestras tomadas y analizadas en temporada seca 36 dieron positivo para algún huevo de helminto o larva. Los parásitos predominantes fueron *Ancylostomideos Spp* (63,89%), es decir que de las 36 muestras tomadas, 23 dieron positivo para huevos de *Ancylostomideos Spp*. *Ascaris Spp.* (38,89%) es decir que de las 36 muestras tomadas, 14 dieron positivo para huevos de *Ascaris Spp.* con promedios de 1.57 y 1 huevos por litro (h/L) respectivamente. Seguidos de *Hymenolepis Spp* (16,67%), es decir que de las 36 muestras tomadas, 6 dieron positivo para huevos de *Hymenolepis Spp*. *Trichuris trichiura* (13,89%) de las 36 muestras tomadas, 5 dieron positivo para huevos de *Trichuris spp* y *Capillaria Spp* (2,78%), de las 36 muestras tomadas, 1 dio positivo para huevos de *Capillaria Spp.* con promedios de 0.42, 0.08 y 0.009 Huevos por litro (h/L) respectivamente. También se observaron *larvas Spp.* (56,94%) con promedio de 3.69 Larvas por litro (L/l). (Ver tabla 5, Gráficas 10 y 11)

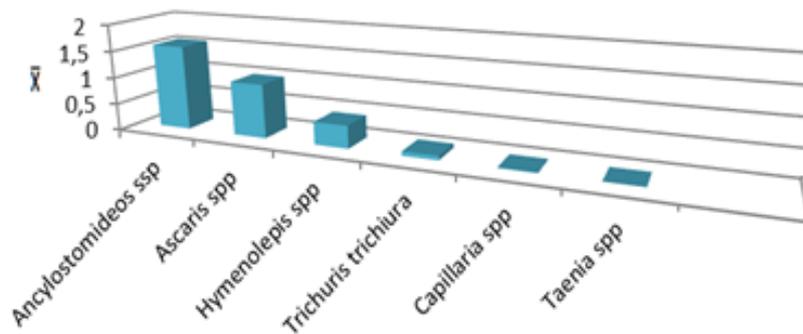
Huevo de Helminto	Porcentaje (%) Sobre las 36 Muestras	Promedio de Huevos por Litro (h/L)
<i>Ancylostomideos spp</i>	63.89	1.57
<i>Ascaris spp</i>	38,89	1
<i>Hymenolepis spp</i>	16.67	0.42
<i>Trichuris spp</i>	13.89	0.08
<i>Capillari spp</i>	2.78	0.009

**Tabla 5.** Especie de parásito, porcentaje y promedio de cada especie en el total de las muestras positivas de la temporada de lluvia, sobre las 36 muestras positivas.

**Gráfica 10. Porcentaje de cada especie de parásito en el total de las muestras positivas de la temporada de lluvia**

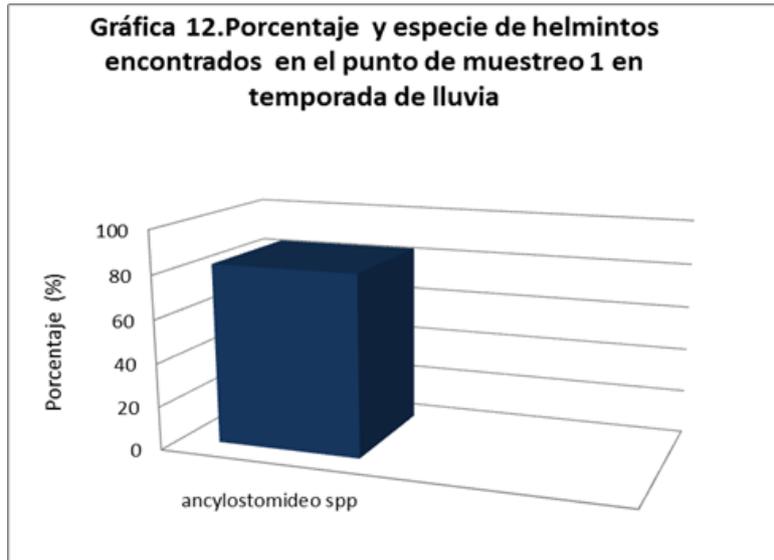


**Gráfica 11. Promedio de cada especie de parásito en el total de las muestras positivas de la temporada de lluvia**

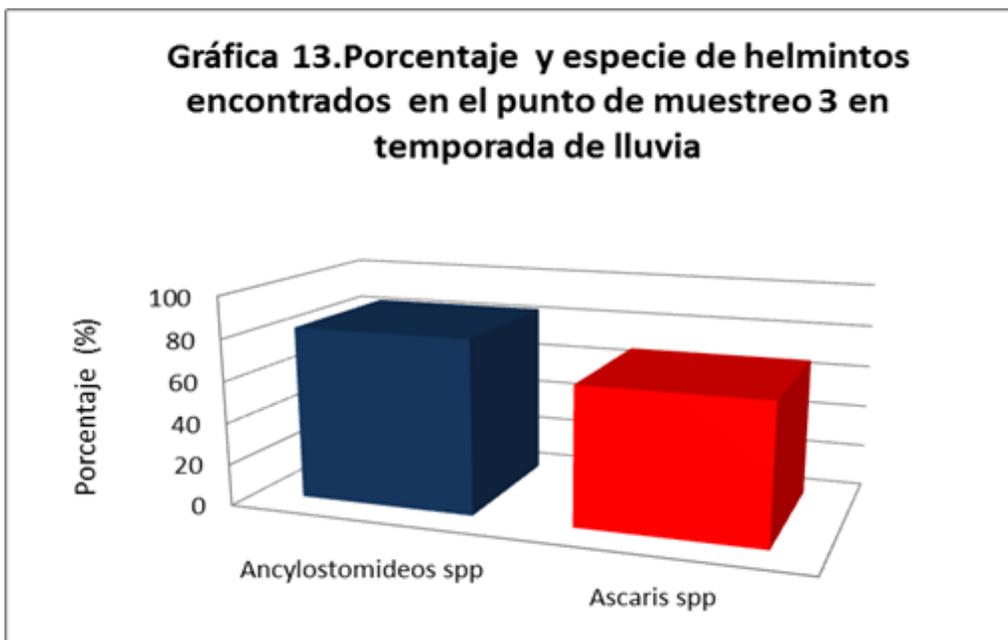


**Gráficas 10 y 11.** Porcentaje y promedio (h/l) de cada especie de parásito en el total de las muestras positivas de la temporada de lluvia.

Por otra parte, se observa que los puntos con resultados más relevantes corresponden a: **Punto 4**, en donde los parásitos que predominan son *Ascaris spp* en un 100%; es decir que de las 36 muestras tomadas, 36 dieron positivo para huevos de *Ascaris spp*. *Ancylostomideos spp*, *Hymenolepis Spp*, *Trichuris trichiura* en un 83,3%. %), es decir que de las 36 muestras tomadas, 5 dieron positivo para huevos de *Ancylostomideos Spp*. *Hymenolepis Spp*. *Trichuris trichiura*. y *Larvas Spp*. en un 83,3%. **Punto 3** cuyos parásitos predominantes fueron *Ancylostomideos Spp*, *larvas Spp*. con un 83,3% es decir que de las 36 muestras tomadas, 5 dieron positivo para huevos de *Ancylostomideos Spp*. y *Ascaris Spp* con 66,6% es decir que de las 36 muestras tomadas, 4 dieron positivo para huevos de *Ascaris Spp*. **Punto 1** y **Punto 6** con predominancia de *Ancylostomideos Spp* 83,3% es decir que de las 36 muestras tomadas, 5 dieron positivo para huevos de *Ancylostomideos Spp*. y *Larvas Spp* 66,6% respectivamente. (Ver **Gráficas 12, 13 14 y 15**).



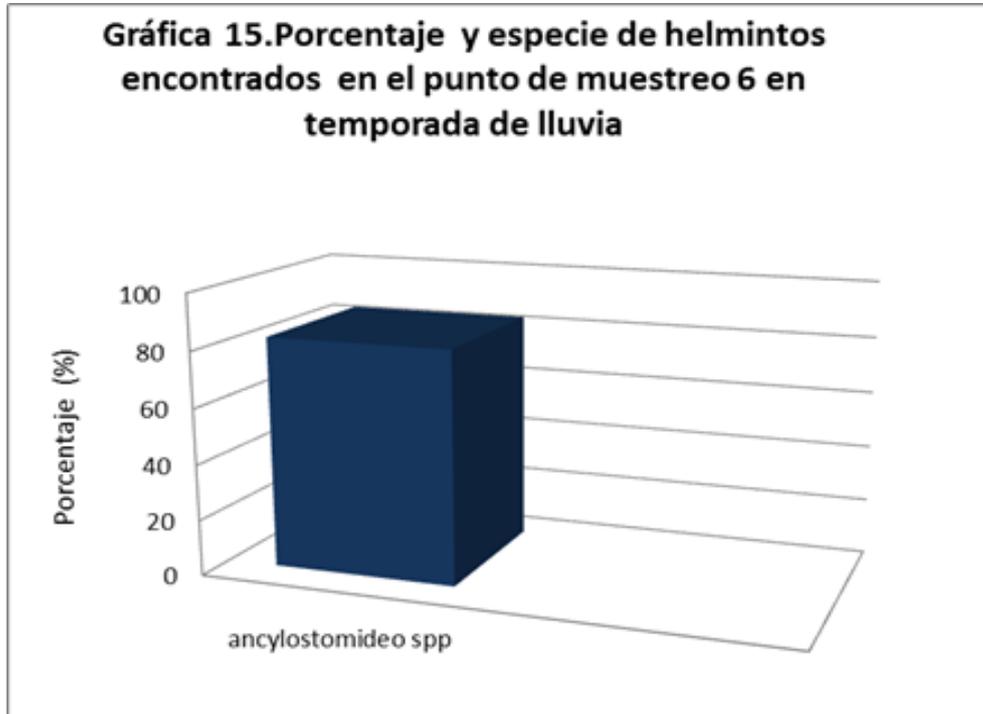
**Gráfica 12.** Porcentaje y especie de helmintos encontrados en los puntos de muestreo 1, el cual fue uno de los puntos de mayor contaminación en la temporada de lluvia.



**Gráfica 13.** Porcentaje y especie de helmintos encontrados en los puntos de muestreo 3, el cual fue uno de los puntos de mayor contaminación en la temporada de lluvia.



**Gráfica 14.** Porcentaje y especie de helmintos encontrados en los puntos de muestreo 4, el cual fue uno de los puntos de mayor contaminación en la temporada de lluvia.



**Gráfica 15.** Porcentaje y especie de helmintos encontrados en los puntos de muestreo 6 los cuales fueron los puntos de mayor contaminación en la temporada de lluvia.

## DISCUSIÓN

Diversos autores a nivel mundial han evaluado ampliamente el uso de los huevos de helmintos como indicadores de contaminación fecal. los parásitos más encontrados en diferentes matrices ambientales relacionadas con la reutilización del agua residual, son *A. lumbricoides*, seguido de *T. trichiura*, *Ancylostoma spp.*, *H. nana*, *H. diminuta*, y *Taenia spp.* Se han observado también un gran número de quistes, ooquistes de protozoos, huevos y larvas de nematodos de vida libre por lo que el contacto de los agricultores o los consumidores puede resultar en infección con agentes patógenos. Por esta razón el estudio de la presencia de huevos de helmintos en las aguas residuales empleadas para riego de cultivos es de gran importancia en salud pública.<sup>52</sup> La mayoría de autores coinciden en que el género *Ascaris* es el indicador más adecuado para la inactivación y la eliminación de parásitos en las aguas residuales, ya que sus huevos pueden permanecer por largos períodos de tiempo en diferentes condiciones ambientales.<sup>52</sup>

Las enfermedades causadas por parásitos intestinales presentan elevadas tasas de prevalencia y amplia distribución mundial, principalmente en países con menor desarrollo socioeconómico localizados en regiones tropicales y subtropicales, con predominio en la región de América Latina, Asia y África 50 , esto debido a que la supervivencia de estos parásitos varía considerablemente según factores como la humedad y la temperatura, pero, en general, los huevos son resistentes al ambiente durante largos períodos; algo importante de los helmintos es que al tratarse de parásitos, estos necesitan de un huésped en el cual puedan desarrollar su ciclo infectivo y de reproducción, y es poco probable que esto ocurra en el ambiente, sin embargo pueden aumentar debido al mayor aporte de agua circulante en el suelo en temporada lluviosa o estiércol proveniente de animales que transitan por la zona.<sup>52</sup>

En Colombia según la última Encuesta Nacional de Parasitismo intestinal en Población Escolar 2012-2014, la frecuencia a nivel nacional de parásitos fue, *T.trichiura* (18.4%), *A. lumbricoides* (11.3%), *Uncinarias* (6.4%).<sup>32</sup> Al comparar los estudios que se han realizado a nivel mundial y nacional con este estudio de huevos de helmintos en aguas residuales se puede observar que a nivel general son las mismas especies de helmintos las que prevalecen en los resultados.

En éste estudio el 68% de las muestras recolectadas fueron positivas; de estas los puntos en donde se encontraron más huevos de Helmintos fueron el punto 4, punto 1 y punto 3, con prevalencia de *Ascaris spp*, *Ancylostomideos spp* y *Larvas spp* esto debido a que los puntos 4,1 y 3 se encuentran rodeados por unidades residenciales, colegios y algunas fábricas que ocasiona que haya mayor vertimiento de desechos fisiológicos, domésticos e industriales a los canales de riego. Al realizar una comparación de los resultados obtenidos en la presente investigación, con resultados reportados anteriormente se encontró que Ortiz C.<sup>13</sup> obtuvo un 100% de muestras positivas, empleó también el método Bailenger modificado y además tuvo una prevalencia de *Ascaris spp* y *Ancylostomideos spp*, cabe destacar que la diferencia que se encuentra en las investigaciones es que Ortiz C<sup>13</sup> trabaja con aguas residuales, lo que aumenta

la prevalencia de huevos de helmintos, sin embargo, los canales de riego de los cuales se recogieron las muestras para el presente estudio se ven afectados como se mencionó anteriormente ya que hay vertimientos directos de contaminantes de toda clase. También se tiene presente estudios realizados en la Sabana de Cundinamarca por otros autores como Campos C., Cárdenas M. y Guerrero A., quienes demuestran concentraciones totales de 0,1 a 3 huevos de helmintos por litro de agua y de 0,1 a 1 huevos viables de helmintos por litro, de agua si tenemos en cuenta nuestros resultados encontramos que en algunos puntos los promedios oscilan entre 0 y 5.54 huevos/ litro de agua y el promedio general de larvas spp encontradas es de 1.9 larvas/ litro de agua; teniendo en cuenta que la OMS sugiere que en las aguas superficiales utilizadas sin restricción para riego, las concentraciones totales deberían ser de menos de 1 huevo por litro de agua estos resultados fueron alarmantes.

Además de esto se observó que los parásitos que se encontraron en menores porcentajes fueron *Trichuris spp* y *Capillaria spp* fenómeno que se asocia con el ranking basado en diferentes criterios para parásitos encontrados en alimentos propuesto por la FAO<sup>32</sup>; ya que *Trichuris spp*. Se encuentra en el Quinceavo lugar y *Capillaria spp*. aún no aparece en el ranking. Además de esto el punto con menos muestras positivas para al menos un parásito fue el Punto 5; se cree que esto es debido a que el agua que llega a los canales de riego de cultivos de este punto alcanza a ser procesada por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Mosquera lo que disminuye la carga parasitológica y microbiológica de dicha agua.

Las muestras se dividieron en temporadas para su respectiva recolección con el fin de identificar el comportamiento de huevos de helmintos de acuerdo al cambio en el clima; es importante recordar que la concentración total de huevos de helmintos, varía entre un muestreo y otro, lo cual explicaría el hecho de que no se mantengan resultados constantes en las muestras, según el sitio de toma, además la mayor concentración parasitaria se puede detectar en los sedimentos, ya que los parásitos llegan allí por gravedad y pueden volver a la columna de agua por procesos de resuspensión. Algunos agricultores bombean agua a diferentes profundidades dependiendo de la época del año, ya que el caudal que pasa por los canales varía.<sup>52</sup> De las 60 muestras recolectadas en temporada seca el 90% fueron positivas para algún huevo de helminto o larva, los parásitos más predominantes en estas muestras fueron *Ascaris spp* y *Ancylostomideos spp* los cuales se encontraron en los puntos 3 y 4, en el punto 6 también se observaron altos porcentajes de parásitos pero cabe destacar que la mayor prevalencia fue de *Larvas spp*. De las 36 muestras recolectadas en temporada lluvia el 100% fueron positivas para al menos una forma parasitaria en estas muestras se puede decir que el comportamiento se invirtió ya que el Huevo de helminto que predominó fue el de *Ancylostomideo spp*. seguido de *Ascaris spp*. Sin embargo es importante resaltar que los puntos con mayor prevalencia de parásitos fueron los mismos que en temporada seca Punto 3,4 y 6 más el Punto 1 . Se cree que este comportamiento está dado ya que los huevos de Helmintos son resistentes a los diversos cambios climáticos; según Rojas et al. Los huevos de helmintos son capaces de embrionar y continuar su desarrollo incluso en soluciones

como Formol al 5% o ácido clorhídrico; además de tener la capacidad de sobrevivir durante meses en aguas negras, por lo tanto se sugiere que estas aguas sean tratadas con ozono cuya capacidad de desintegrar la membrana de los huevos es bastante efectiva, o con radiación UV.

La PTAR del municipio de Mosquera, busca dar tratamiento a las aguas residuales que se vayan a reutilizar. Pero esto es insuficiente ya que no puede tratar todas las aguas residuales que se generan en el municipio, dado que su ubicación no es central, encontrándose así en la vía Mosquera-Mesa al noroccidente del municipio, por lo tanto sólo se le realiza tratamiento a una parte de las aguas que llegan a este sistema y el resto de aguas se vierten directamente del canal a los cultivos de hortalizas sin ningún tratamiento previo.

Es importante destacar que en el presente estudio al igual que en el estudio de Campos et al. no se realizaron pruebas de viabilidad, ni por tinción ni por condiciones de temperatura y humedad para el desarrollo de los Huevos; esto quiere decir que aunque los porcentajes de cuantificación fueron bastante altos y coincidieron con otras investigaciones, no tenemos la certeza de la capacidad patológica de los huevos encontrados; aunque en algunos campos microscópicos se alcanzó a diferenciar cuando habían larvas móviles en huevos como el de *Ascaris spp.* En cuanto a la norma colombiana, la Resolución 1207 de 2014 establece un límite máximo de 1,0 huevos y larvas de helmintos por litro en aguas residuales tratada, en el presente trabajo se confirmó la presencia de huevos de helmintos en aguas residuales del municipio de Mosquera con valores de más de un huevo de helminto/Litro de agua, por lo que el uso de estas aguas se considera como riesgo potencial para la salud pública en especial para niños en edad preescolar, adultos mayores y personas en estado de inmunosupresión.

## CONCLUSIONES

De las 96 muestras procesadas 65 fueron positivas para algún huevo de helminto o larva y se puede concluir que en el 72,91% se identificó la presencia de huevos de helmintos. En este estudio se empleó el método Bailenger modificado, recomendado por la OMS para el análisis de huevos de helmintos en aguas residuales el cual mostró buena recuperación de los huevos y facilitó su recuento. Además el recuento de parásitos obtenido en el presente estudio nos permite concluir que los parásitos más prevalentes en las aguas de riego de cultivos del municipio de Mosquera Cundinamarca fueron *Ascaris* spp y *Ancylostomideos* spp.

Con los resultados obtenidos se puede concluir que el agua utilizada en riego de cultivos sigue siendo el principal factor de riesgo para contraer infecciones parasitarias por consumo de alimentos. El recuento de parásitos obtenido en el presente estudio es alarmante ya que está por encima de los límites permitidos en las normas nacionales e internacionales como la norma oficial mexicana NMX-AA 003 de aguas; esto también indica que aunque se ha ido avanzando en la implementación de los diferentes tratamientos en aguas de riego aún falta mayor atención por parte de las autoridades sanitarias para enfocarse en la erradicación y/o disminución de la carga microbiana y parasitaria que llega a los canales de aguas, ya que esto constituye un riesgo bastante grande para la salud de los consumidores.

## REFERENCIAS

1. M. Ayres R, D. Duncan M. Análisis de aguas residuales para su uso en agricultura. [Internet]. 1996 [cited 9 March 2019]. Available from: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41996/9243544845\\_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41996/9243544845_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
2. THURSTON-ENRIQUEZ J, WATT P, E. DOWD S, ENRIQUEZ R, L. PEPPER I, P. GERBA C. Journal of Food Protection [Internet]. Detection of Protozoan Parasites and Microsporidia in Irrigation Waters Used for Crop Production. 2002 [cited 9 March 2019]. Available from: <https://jfoodprotection.org/doi/pdf/10.4315/0362-028X-65.2.378>
3. De Victorica J, Galvan M. Preliminary testing of a rapid coupled methodology for quantitation/viability determination of helminth eggs in raw and treated wastewater [Internet]. sciencedirect.com. 2003 [cited 12 March 2019]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135402004773>
4. Camargo Castillo N, Campuzano Fernandez S. Estudio piloto de detección de parásitos en frutas y hortalizas expendidas en los mercados públicos y privados de la ciudad de Bogota D.C. [Internet]. Researchgate. 2006 [cited 15 March 2020]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/316949516\\_Estudio\\_piloto\\_de\\_deteccion\\_de\\_parasitos\\_en\\_frutas\\_y\\_hortalizas\\_expendidas\\_en\\_los\\_mercados\\_publicos\\_y\\_privados\\_de\\_la\\_ciudad\\_de\\_Bogota\\_DC](https://www.researchgate.net/publication/316949516_Estudio_piloto_de_deteccion_de_parasitos_en_frutas_y_hortalizas_expendidas_en_los_mercados_publicos_y_privados_de_la_ciudad_de_Bogota_DC) .
5. Bethony J, Brooker S, Albonico M, Geiger S, Loukas A, Diemert D et al. Soil-transmitted helminth infections: ascariasis, trichuriasis, and hookworm. [Internet]. PubMed. 2006 [cited 15 March 2020]. Available from: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(06\)68653-4/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(06)68653-4/fulltext)
6. Mahvi EB. Helminth eggs in raw and treated wastewater in the Islamic Republic of Iran. - PubMed - NCBI [Internet]. Ncbi.nlm.nih.gov. 2006 [cited 12 March 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17037231>
7. Silva J, Torres P, Madera C. Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión [Internet]. Revistas.unal.edu.co. 2008 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/articulo/view/13521>

8. Campos-Pinilla C, Cárdenas-Guzmán M, Guerrero-Cañizares A. COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL EN DIFERENTE TIPO DE AGUAS DE LA SABANA DE BOGOTÁ (COLOMBIA). [Internet]. Revistas.javeriana.edu.co. 2008 [cited 12 March 2019]. Available from: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/1414/876>
9. Brindley P, Mitreva M, Ghedin E, Lustigman S. Helminth genomics: The implications for human health. [Internet]. ncbi.nlm.nih.gov. 2009 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19855829>
10. Lopez Escobar L, Mendez Contreras J. Tratamiento ácido y alcalino para la inactivación de huevos de helmintos presentes en lodos fisicoquímicos de origen agroindustrial. [Internet]. Colaboracion.uv.mx. 2009 [cited 17 June 2019]. Available from: <http://colaboracion.uv.mx/institing/Tesis/2009-Ambiental-LuisAntonioLopezEscobar.pdf>
11. Pedrero F, Kalavrouziotis I, Alarcon J, Koukoulakis P, Asano T. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture—Review of some practices in Spain and Greece [Internet]. sciencedirect.com. 2010 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377410001009>
12. Khalifa Abougrain A, Hadi Nahaisi M, Sahli Madi N, Mohamed Saied M, Sifaw Ghenghesh K. Parasitological contamination in salad vegetables in Tripoli-Libya [Internet]. sciencedirect.com. 2010 [cited 12 March 2019]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713509003132>
13. Ortiz Pineda C. PREVALENCIA DE HUEVOS DE HELMINTOS EN LODOS, AGUA RESIDUAL CRUDA Y TRATADA, PROVENIENTES DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO EL ROSAL, CUNDINAMARCA [Internet]. Bdigital.unal.edu.co. 2010 [cited 14 March 2019]. Available from: <http://bdigital.unal.edu.co/2682/1/186298.2010.pdf>
14. N. Berger C, V. Sodha S, K. Shaw R, M. Griffin P, Pink D, Hand P et al. Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human

- pathogens. [Internet]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>. 2010 [cited 14 March 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20636374>
15. Winpenny J, Heinz I, Koo-Oshima S, Salgot M, Collado J, Hernandez F et al. The economics of wastewater use in agriculture [Internet]. Fao.org. 2010 [cited 19 November 2019]. Available from: <http://www.fao.org/3/i1629e/i1629e.pdf>
  16. Matthys B, Bobieva M, Karimova G, Mengliboeva Z, Jean-Richard V, Hoimnazarova M et al. Prevalence and risk factors of helminths and intestinal protozoa infections among children from primary schools in western Tajikistan. [Internet]. ncbi.nlm.nih.gov. 2011 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3205355/>
  17. Navarro I, Jimenez B. Evaluation of the WHO helminth eggs criteria using a QMRA approach for the safe reuse of wastewater and sludge in developing countries. - PubMed - NCBI [Internet]. Ncbi.nlm.nih.gov. 2011 [cited 14 March 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21508556>
  18. E.Sengupta M, M.Thamsborg S, J.Andersen T, Olsen A, Dalsgaard A. Sedimentation of helminth eggs in water [Internet]. <https://www.sciencedirect.com/>. 2011 [cited 14 March 2019]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135411003526?via%3Dihub>
  19. Boireau P, E. Bolpe J, Dakkak A, Dixon B, Fayer R, Gómez Marín J et al. Ranking Basado en múltiples criterios para la gestión de riesgos de parásitos transmitidos por alimentos [Internet]. Fao.org. 2012 [cited 15 November 2019]. Available from: <http://www.fao.org/3/I3649ES/i3649es.pdf>
  20. Adanir R, Tascib F. Prevalence of helminth eggs in raw vegetables consumed in Burdur, Turkey [Internet]. sciencedirect. 2012 [cited 14 June 2019]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713512005907#>
  21. Lustigman S, K. Prichard R, Gazzinelli A, N. Grant W, A. Boatman B, S. McCarthy J et al. <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.000158>

- 2 [Internet]. <https://journals.plos.org/>. 2012 [cited 14 November 2019]. Available from: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0001582>
22. E.Sengupta M, Keraita B, Olsen A, K.Boatengb O, M.Thamsborg S, R.Pálsdóttir G et al. Use of Moringa oleifera seed extracts to reduce helminth egg numbers and turbidity in irrigation water [Internet]. [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com). 2012 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S043135412002539>
23. Urrego K, Jaramillo C, Rúaiz J, López S. Caracterización de biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí (Antioquia, Colombia) [Internet]. [Revistas.unal.edu.co](https://revistas.unal.edu.co). 2020 [cited 15 March 2019]. Available from: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/37449/62133>
24. Water, Sanitation, Hygiene, and Soil-Transmitted Helminth Infection: A Systematic Review and Meta-Analysis [Internet]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>. 2014 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3965411/>
25. L Pullan R, L Smith J, Jasrasaria R, J Brooker S. Global numbers of infection and disease burden of soil transmitted helminth infections in 2010 [Internet]. [parasitesandvectors.biomedcentral.com](https://parasitesandvectors.biomedcentral.com). 2010 [cited 19 June 2019]. Available from: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/1756-3305-7-37>
26. Hürlimann E, Yapi R, Houngbedji C, Schmidlin T, Kouadio B, Silué K et al. The epidemiology of polyparasitism and implications for morbidity in two rural communities of Côte d'Ivoire. [Internet]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>. 2014 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24568206>
27. HERNANDEZ-ACOSTA E, QUINONES-AGUILAR E, CRISTOBAL-ACEVEDO D, RUBINOS-PANTA J. Calidad biológica de aguas residuales utilizadas para riego de cultivos forrajeros en Tulancingo, Hidalgo, México [Internet]. <http://www.scielo.org.mx>. 2014 [cited 15 March 2019]. Available from:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-40182014000100009&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-40182014000100009&lng=es&nrm=iso)

28. O Duedu K, A Yarnie E, B Tetteh-Quarcoo P, K Attah S, S Donkor E, F Ayeh-Kumi P. A comparative survey of the prevalence of human parasites found in fresh vegetables sold in supermarkets and open-aired markets in Accra, Ghana [Internet]. <https://bmcrenotes.biomedcentral.com/>. 2014 [cited 15 March 2019]. Available from: <https://bmcrenotes.biomedcentral.com/articles/10.1186/1756-0500-7-836>
29. Heredia L, Sanchez Y. Importancia de la vigilancia sanitaria de los parásitos en la calidad del agua, según su uso [Internet]. Medigraphic.com. 2014 [cited 15 March 2019]. Available from: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=57661>
30. Ho Le Q, Ho Trung T, Nguyen V, Pham Hoang S, Vu V, Le V et al. Microbial and Parasitic Contamination on Fresh Vegetables Sold in Traditional Markets in Hue City, Vietnam [Internet]. <https://www.researchgate.net>. 2014 [cited 15 March 2019]. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Chau\\_Ho\\_Le\\_Quynh/publication/271372753\\_Microbial\\_and\\_Parasitic\\_Contamination\\_on\\_Fresh\\_Vegetables\\_Sold\\_in\\_Traditional\\_Markets\\_in\\_Hue\\_City\\_Vietnam/links/5512bc200cf270fd7e334c81.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Chau_Ho_Le_Quynh/publication/271372753_Microbial_and_Parasitic_Contamination_on_Fresh_Vegetables_Sold_in_Traditional_Markets_in_Hue_City_Vietnam/links/5512bc200cf270fd7e334c81.pdf)
31. ENCUESTA NACIONAL DE PARASITISMO INTESTINAL EN POBLACIÓN ESCOLAR COLOMBIA, 2012 – 2014 [Internet]. Minsalud.gov.co. 2015 [cited 9 February 2020]. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/encuesta-nacional-de-parasitismo-2012-2014.pdf>
32. Prince A, Sandy C, Anne P, Vivien P, Jane B, Kelly B et al. A Farm to Fork Risk Assessment for the Use of Wastewater in Agriculture in Accra, Ghana [Internet]. ncbi.nlm.nih.gov. 2015 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4640866/>
33. Campos Pinilla C, Contreras A, Leiva F. EVALUACIÓN DEL RIESGO SANITARIO EN UN CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) DEBIDO AL RIEGO CON AGUAS RESIDUALES SIN TRATAR EN EL CENTRO AGROPECUARIO MARENGO (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

- [Internet]. Scielo.org.co. 2015 [cited 17 June 2019]. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1657-95502015000100008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1657-95502015000100008)
34. Lugo-Agudelo L, Senior J, Ramírez P, Pastor-Durango M. Aspectos metodológicos de las Guías de Práctica Clínica realizadas en la Universidad de Antioquia con base en la guía metodológica del Ministerio de Salud y Protección de Colombia [Internet]. *Aprende en línea. udea.edu.co*. 2015 [cited 19 June 2019]. Available from: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/iatreia/article/view/323691>
35. Collender P, Kirby A, Addiss D, Freeman M, Remais J. Methods for Quantification of Soil-Transmitted Helminths in Environmental Media: Current Techniques and Recent Advances. [Internet]. *https://www.ncbi.nlm.nih.gov/*. 2015 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26440788>
36. Kareem H, Amir H, Mehdi M, Hossein K, Iraj M, Mostafa R. Detection of parasitic particles in domestic and urban wastewaters and assessment of removal efficiency of treatment plants in Tehran, Iran [Internet]. *https://www.ncbi.nlm.nih.gov/*. 2015 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4316801/>
37. Eduardo V, Jonathan R, Renso Alfredo A. ESQUEMA METODOLÓGICO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS TRATADAS EN RIEGO. [Internet]. *Redalyc.org*. 2015 [cited 17 June 2019]. Available from: <http://www.redalyc.org/pdf/2311/231116434007.pdf>
38. TIYO R, Zangari de SOUZA C, NISHI L, BRUSTOLIN C, Altrão RATTI B, FALAVIGNA GUILHERME A. WATER FROM DIFFERENT SOURCES USED FOR THE IRRIGATION OF VEGETABLES TO BE MARKETED: RESEARCH ON *Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp., AND COLIFORMS IN PARANA, BRAZIL [Internet]. *http://www.scielo.br/*. 2015 [cited 17 June 2019]. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-46652015000400333](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-46652015000400333)
39. Callejón R, Rodríguez-Naranjo M, Ubeda C, Hornedo-Ortega R, García-Parrilla M, Troncoso A. Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union: trends and causes. -

- PubMed - NCBI [Internet]. Ncbi.nlm.nih.gov. 2015 [cited 26 March 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25587926>
40. Ramos Caicedo A. ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL AGUA EN EL ESTUARIO Y RÍO ATACAMES A TRAVÉS DE LA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE HUEVOS DE HELMINTOS [Internet]. <https://repositorio.pucese.edu.ec/>. 2015 [cited 26 March 2019]. Available from: <http://repositorio.pucese.edu.ec/123456789/353>
41. Collender P, Kirby A, Addiss D, Freeman M, Remais J. Methods for Quantification of Soil-Transmitted Helminths in Environmental Media: Current Techniques and Recent Advances. [Internet]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. 2015 [cited 4 April 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26440788>
42. TIYO R, Zangari de SOUZA C, NISHI L, BRUSTOLIN C, Altrão RATTI B, FALAVIGNA GUILHERME A. WATER FROM DIFFERENT SOURCES USED FOR THE IRRIGATION OF VEGETABLES TO BE MARKETED: RESEARCH ON *Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp., AND COLIFORMS IN PARANA, BRAZIL [Internet]. <http://www.scielo.br/>. 2015 [cited 17 June 2019]. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-46652015000400333](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-46652015000400333)
43. Hatam-Nahavandi K, Mahvi A, Mohebali M, Keshavarz H, Mobedi I, Rezaeian M. Detection of parasitic particles in domestic and urban wastewaters and assessment of removal efficiency of treatment plants in Tehran, Iran. [Internet]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. 2015 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25653867>
44. Callejón R, Rodríguez-Naranjo M, Ubeda C, Hornedo-Ortega R, Garcia-Parrilla M, Troncoso A. Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union: trends and causes. - PubMed - NCBI [Internet]. Ncbi.nlm.nih.gov. 2015 [cited 27 March 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25587926>
45. Ramos Caicedo A. ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL AGUA EN EL ESTUARIO Y RÍO ATACAMES A TRAVÉS DE LA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE HUEVOS DE HELMINTOS [Internet]. <https://repositorio.pucese.edu.ec/>. 2015 [cited 26 March 2019]. Available from: <http://repositorio.pucese.edu.ec/123456789/353>

46. Matosinhos F, Valenzuela V, Silveira J, Rabelo E. Standardization of a method for the detection of helminth eggs and larvae in lettuce. - PubMed - NCBI [Internet]. Ncbi.nlm.nih.gov. 2016 [cited 17 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26786833>
47. Jiménez B, Maya C, Velásquez G, Torner F, Arambula F, Barrios J et al. Identification and quantification of pathogenic helminth eggs using a digital image system [Internet]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. 2016 [cited 4 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4918693/>
48. Prieto-Pérez L, Pérez-Tanoira R, Cabello-Úbeda A, Petkova-Saiza E, Hernández-Mora M. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. Geohelminths [Internet]. <https://www.elsevier.es/>. 2016 [cited 24 June 2019]. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-geohelminths-S0213005X16000690>
49. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas. Biblioteca Médica Nacional. Enfermedades Infecciosas Intestinales. Epidemiología y Mortalidad. [Internet]. Biomedinternacional. 2018 [cited 26 April 2019]. Available from: <http://files.sld.cu/bmn/files/2018/03/bibliomed-marzo-2018.pdf>
50. Dennis Amoah I, Reddy P, Seidu R, Stenström T. Development of a uniform methodology for the detection and quantification of soil-transmitted helminths in environmental samples. [Internet]. <https://www.researchgate.net/>. 2018 [cited 24 June 2019]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/323384072\\_Removal\\_of\\_helminth\\_eggs\\_by\\_centralized\\_and\\_decentralized\\_wastewater\\_treatment\\_plants\\_in\\_South\\_Africa\\_and\\_Lesotho\\_health\\_implications\\_for\\_direct\\_and\\_indirect\\_exposure\\_to\\_the\\_effluents](https://www.researchgate.net/publication/323384072_Removal_of_helminth_eggs_by_centralized_and_decentralized_wastewater_treatment_plants_in_South_Africa_and_Lesotho_health_implications_for_direct_and_indirect_exposure_to_the_effluents)
51. Campos M, Beltrán M, Fuentes N, Moreno G. Huevos de helmintos como indicadores de contaminación de origen fecal en aguas de riego agrícola, biosólidos, suelos y pastos [Internet]. <https://revistabiomedica.org/>. 2018 [cited 24 June 2019]. Available from: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica%20/article/view/3352>
52. Almuktar S, Abed S, Scholz M. Wetlands for wastewater treatment and subsequent recycling of treated effluent: a review. [Internet].

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. 2018 [cited 26 June 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29959736>
53. Helmintiasis [Internet]. <https://www.who.int/>. 2019 [cited 26 July 2019]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/soil-transmitted-helminth-infections#>
54. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO URBANO O MUNICIPAL [Internet]. Profepa.gob.mx. [cited 7 August 2019]. Available from: <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3295/1/nom-002-semarnat-1996.pdf>
55. LEY 373 [Internet]. <https://www.minambiente.gov.co/>. 1997 [cited 11 September 2019]. Available from: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0373\\_1997.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf)