



***Identificación de *Cryptosporidium* spp en heces de paloma *Columba livia* en puntos críticos de concentración poblacional de palomas en la ciudad de Bogotá, Colombia.***

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA  
TRABAJO DE GRADO  
Bogotá D.C, 3 de septiembre de 2021.**



***Identificación de *Cryptosporidium* spp en heces de paloma *Columba livia* en puntos críticos de concentración poblacional de palomas en la ciudad de Bogotá, Colombia.***

**Jully Liceth Martínez Ramírez**

**Johan Andrés Piña Parra**

**Luigy Santiago Wilches Galindo**

**Asesora interna**

**MSc. Ruth Páez Díaz**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA**

**TRABAJO DE GRADO**

**Bogotá D.C, 3 de septiembre de 2021**



***Identificación de *Cryptosporidium* spp en heces de paloma *Columba livia* en puntos críticos de concentración poblacional de palomas en la ciudad de Bogotá, Colombia.***

**APROBADA: \_\_\_\_ Si \_\_\_\_**

**JURADOS: Ingred Pinillos Medina**

**Ana Isabel Olivero Pavajeau**

**ASESOR: Ruth Páez Díaz**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA**

**TRABAJO DE GRADO**

**Bogotá D.C, 3 de septiembre de 2021**

## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por permitirnos llevar a cabo esta investigación en tiempos tan difíciles como la pandemia, la cual nos limitó y nos puso varios obstáculos, pero con tenacidad y fuerza pudimos superar dichos obstáculos. A nuestras madres, padres y demás familiares por ser siempre nuestro apoyo incondicional aún en los días donde la fe se perdía, por estar ahí en madrugadas, traspasadas con sus voces de aliento y ánimo, por su amor, afecto y paciencia durante la realización de este trabajo. A nuestros amigos, quienes con sus ideas y acompañamiento aportaron esperanza en momentos críticos. Durante el transcurso de este estudio, un integrante del equipo tuvo una pérdida familiar cercana, por ende, también este proyecto está dedicado a dicho familiar, quien tuvo el corazón más fuerte del mundo.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al grupo de investigación Ceparium por abrirnos las puertas de este semillero donde hemos podido fortalecer nuestro conocimiento y donde creyeron en nosotros para llevar a cabo este trabajo de investigación. Agradecemos a nuestra tutora, la docente Ruth Páez Díaz por ser nuestra guía intelectual, por estar pendiente no solo de la realización de la investigación sino también de nuestro bienestar como estudiantes. A las docentes Martha Lucía Posada y Ligia Consuelo Sánchez, quienes con su conocimiento nos orientaron para sacar adelante este proyecto. Finalmente agradecemos a la vida por permitirnos reunir a los tres para la elaboración de este trabajo, sabemos que no fue fácil, pero como equipo logramos enfrentar los altibajos.

*No te rindas por favor no cedas,  
aunque el frío queme, aunque el miedo muerda,  
aunque el sol se ponga y se calle el viento,  
aún hay fuego en tu alma,  
aún hay vida en tus sueños, porque cada día  
es un comienzo,  
porque esta es la hora y el mejor momento.  
Mario Benedetti*

## **TABLA DE CONTENIDO**

### **1. RESUMEN 2.**

#### **INTRODUCCIÓN**

2.1 Justificación.

2.2 Usuarios directos e indirectos.

2.3 Objetivos.

2.3.1 Objetivo general.

2.3.2 Objetivos específicos.

### **3. ANTECEDENTES 4. MARCO REFERENCIAL**

4.1. Criptosporidiosis, una zoonosis emergente.

4.2 Taxonomía de *Cryptosporidium spp.*

4.3 Ciclo de vida.

4.3 Características.

4.4 Patogenia.

4.5 Identificación de *Cryptosporidium*.

4.6 Biología de la paloma *Columba livia*.

4.6.1 Taxonomía de *Columba livia*.

4.6.2 Condiciones de vida.

4.7. Relación entre *Cryptosporidium* y *Columba livia*.

4.8 Salud pública y *Cryptosporidium*, desde el enfoque de una sola salud.

### **5. DISEÑO METODOLÓGICO**

5.1 Tipo de investigación.

5.2 Población.

5.3 Tamaño de la muestra.

5.4 Hipótesis.

5.5 Fases.

5.6 Análisis estadístico.

### **6. RESULTADOS**

### **7. DISCUSIÓN**

### **8. CONCLUSIONES**

## **9. RECOMENDACIONES**

## **10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **11. ANEXOS**

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

**Figura 1.** Ciclo de vida *Cryptosporidium* spp.

**Figura 2.** Moléculas del esporozoito de *Cryptosporidium* spp involucradas en la adhesión a la célula huésped

**Figura 3.** Estructura completa del ooquiste de *Cryptosporidium* spp.

**Figura 4.** Zonas de mayor densidad poblacional de palomas.

**Figura 5.** Estrategia de recolección de muestras

**Figura 6.** Observación de ooquistes por medio de la técnica de ZN modificada

**Figura 7.** Fotografías de los diferentes ooquistes observados en los extendidos

### **ÍNDICE DE TABLAS**

**Tabla 1.** Moléculas de adhesión al huésped de los esporozoitos de *Cryptosporidium* spp.

**Tabla 2.** Estudios previos relación *Cryptosporidium* y palomas.

**Tabla 3.** Tabla de resultados.

**Tabla 4.** Prueba de Chi cuadrado ( $X^2$ ).

**Tabla 5.** Prueba U de Mann Whitney.

### **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

**Gráfica 1.** Protocolo de tinción de Ziehl Neelsen modificado.

**Gráfica 2.** Distribución de muestras positivas.

**Gráfica 3.** Distribución de muestras Negativas.

**Gráfica 4.** Distribución de la de muestras positivas.

**Gráfica 5.** Relación entre muestras positivas y negativas con respecto a fuentes de agua cercanas al punto de recolección de las muestras.

## **ANEXOS.**

**Anexo 1.** Procedimiento de cálculo para Chi cuadrado ( $X^2$ )

## **Anexo 2. Tabla de Muestras**

### ***Identificación de Cryptosporidium spp en heces de paloma Columba livia en puntos críticos de concentración poblacional de palomas en la ciudad de Bogotá, Colombia.***

#### **1. RESUMEN**

Las zoonosis son enfermedades infecciosas transmitidas de animales vertebrados al ser humano, de manera frecuente su ocurrencia se encuentra asociada con la convivencia entre el hombre y animales, ya sean estos de compañía, de producción o de vida silvestre. Desde hace ya bastantes décadas la especie *Columba livia* ha convivido con el ser humano, esto, debido a su fácil adaptación en grandes, medianas y pequeñas ciudades. Varios estudios demuestran que *Columba livia* es portadora de microorganismos capaces de causar enfermedades infecciosas en el ser humano, como por ejemplo el parásito de afectación intestinal *Cryptosporidium* spp, causante de enfermedad diarreica grave en personas inmunocomprometidas, por esta razón este tópico cobra importancia en el área de salud pública. A partir de lo anterior surge la idea de identificar especies de *Cryptosporidium* spp presentes en heces de paloma *Columba livia* causantes de enfermedad en el ser humano. Esto también corroborado por la ausencia de estudios en la ciudad de Bogotá frente a la determinación del parásito específicamente en estas aves. De acuerdo a esto, el trabajo de investigación tiene como objetivo demostrar la presencia de *Cryptosporidium* spp en lugares con alta densidad poblacional de palomas y determinar su posible impacto en salud pública en la ciudad de Bogotá, Colombia.

PALABRAS CLAVES: Identificación, *Cryptosporidium*, Ziehl Neelsen, Salud pública, *Columba livia*, puntos de concentración.

**Jully Liceth Martínez Ramírez, Johan Andrés Piña Parra, Luigy Santiago**

**Wilches Galindo**

**Docente: Msc Ruth Páez Díaz**

**Universidad Colegio Mayor De Cundinamarca**

Septiembre de 2021

## 2. INTRODUCCIÓN

*Cryptosporidium* spp es un protozooario que causa infección intestinal grave en personas inmunocomprometidas, adultos mayores y niños, en el territorio colombiano se han reportado casos de criptosporidiosis en diferentes departamentos, tales como Arauca, en donde se analizaron heces de niños de 1 mes a 13 años de edad de los cuales el 46,8% fueron positivos para este parásito, por otra parte, en la ciudad de Bucaramanga desde septiembre del 2002 hasta enero del 2004 hubo un análisis en niños con y sin cáncer, donde el porcentaje de prevalencia de criptosporidiosis en niños con cáncer fue del 42% y 40% para los niños sin cáncer, para un periodo entre 1998 y 2005, se analizaron las heces de 70 niños positivos para VIH en la ciudad de Cali, en el cual el 51% fue positivo para *Cryptosporidium* spp<sup>22</sup>. Según el boletín epidemiológico del INS en la semana 47 del año 2019, se presentaron 26 casos de criptosporidiosis crónica en pacientes con VIH- SIDA<sup>28</sup>. En la ciudad de Bogotá D.C, se desconoce la prevalencia o presencia de casos de criptosporidiosis en diferentes poblaciones

La presencia de palomas de la especie *Columba livia* en zonas urbanas como la ciudad de Bogotá son un problema por la sobrepoblación que estas presentan, principalmente en sectores turísticos como la Plaza de Bolívar, Las Nieves, el Norte de Bogotá, entre otros. Esto, aunado al hecho de que son importantes reservorios de microorganismos como *Cryptococcus*, *Histoplasma*, *Salmonella* spp y *Staphylococcus aureus*<sup>2</sup>, causantes de enfermedades zoonóticas, además son reservorios de parásitos como *Cryptosporidium* spp<sup>35</sup>. La presencia de heces de paloma tiene como resultado un deterioro en la infraestructura, daño al patrimonio cultural y contaminación de ambientes próximos a las personas, ocasionando así posibles infecciones de diversa etiología en seres humanos por la transmisión y/o potenciación de enfermedades<sup>11</sup>.

Es por esta razón que se plantea la siguiente pregunta problema para el desarrollo del trabajo de grado: ¿Cuáles son los factores que predisponen la presencia de *Cryptosporidium* spp en palomas *Columba livia* y la importancia a nivel de Salud



Pública de la identificación del parásito en heces de estas aves en la ciudad de Bogotá?

## **2.1. Justificación**

La criptosporidiosis es una infección protozoaria causada por *Cryptosporidium* spp que infecta a humanos y a animales, siendo en este caso una infección importante en términos de salud pública, ya que se presenta transmisión zoonótica. Los ooquistes del protozoario presentan paredes gruesas, lo cual permite que puedan sobrevivir de 2 a 6 meses en el ambiente tras ser excretados en heces de los diferentes reservorios infectados, además, las personas adquieren el parásito por ingestión o inhalación de los ooquistes que están en el ambiente<sup>44</sup>, causando fuertes diarreas, fiebre y en pacientes inmunocomprometidos, la muerte. Las palomas urbanas del género *Columba livia* se caracterizan por ser reservorios de diferentes enfermedades zoonóticas, debido a su condición de vida libre que las hace susceptibles a diferentes microorganismos. Las heces de las palomas son un problema importante no solo en la parte urbanística, sino también un problema de salud pública, ya que la presencia de parásitos como *Cryptosporidium* spp (que puede sobrevivir durante meses en el excremento y el medio ambiente) podría estar siendo transmitido a las personas que tienen contacto cercano con estos animales, lo cual determinaría un problema de zoonosis.

De acuerdo con lo anterior, este trabajo de investigación tiene como propósito identificar en las palomas *Columba livia* la presencia de *Cryptosporidium* spp y con esto establecer una posible transmisión zoonótica de este protozoario en personas próximas a ambientes con altas densidades poblacionales de palomas. Por lo tanto, teniendo en cuenta que no se conocen estudios en la ciudad de Bogotá para la identificación de *Cryptosporidium* spp en estas aves, se realiza una aproximación investigativa frente a este evento en Salud Pública. La investigación toma importancia en cuanto a la implicación en efectos de salud que puede desencadenar la transmisión del parásito en la población. La indagación respecto a las incógnitas que pueden solucionarse alrededor de este parásito enriquecería el conocimiento y la producción investigativa del grupo de investigación NEONATURE - CEPARIUM de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

## **2.2. Usuarios directos e indirectos**

Los usuarios directos de los resultados obtenidos en este trabajo de investigación serán los estudiantes involucrados en este proyecto y estudiantes pertenecientes al grupo Ceparium del semillero NeoNature.

Los usuarios indirectos de este trabajo de investigación son todos aquellos estudiantes, docentes, profesionales en el área de la salud humana, veterinaria, investigadores y demás personal interesado en el tema de las zoonosis emergentes, salud pública, parasitosis en animales con alta densidad poblacional en las ciudades como las palomas y la transmisión de patógenos por interacción cercana con los humanos y el enfoque de una sola salud, teniendo en cuenta la importancia de la aplicación de este concepto en la mitigación de la emergencia causada por infecciones y enfermedades zoonóticas.

## **2.4 Objetivos**

### **2.4.1 Objetivo general**

Identificar los factores predisponentes a la presencia de *Cryptosporidium* spp en palomas *Columba livia* de zonas con alta presencia de estas aves en la ciudad de Bogotá, su potencial zoonótico e importancia en salud pública.

### **2.4.2 Objetivos específicos**

- Analizar los antecedentes de *Cryptosporidium* spp en cuanto a su identificación en aves como las palomas por medio de una revisión bibliográfica.
- Identificar los factores que influyen en la presencia de *Cryptosporidium* spp en las palomas de acuerdo a sus condiciones de vida, medio ambiente, etc.
- Comprender la importancia en salud pública de la identificación de *Cryptosporidium* spp en heces de palomas de la especie *Columba livia*.
- Implementar técnicas de diagnóstico por microscopía para la identificación de ooquistes de *Cryptosporidium* spp en muestras fecales de palomas.

### 3. ANTECEDENTES

Como parte inicial de este proyecto de investigación, durante la consulta se encontraron significativos artículos de investigación donde se registraron características importantes de *Cryptosporidium* spp en cuanto a su composición antigénica, importante para entender la infección que causa el parásito en el organismo, uno de estos estudios es *Comparative study of the antigenic composition of oocyst isolates of Cryptosporidium parvum from different hosts*, presentado en el año 1992 por Nina et al<sup>1</sup>. Allí, se estudió principalmente *C. parvum*, una de las especies de *Cryptosporidium* que afecta más a mamíferos, entre ellos humanos, bovinos y ovinos. A partir de esto se pudo evidenciar la existencia de diferentes antígenos en los oocistos aislados en muestras fecales de pacientes con SIDA, bovinos y ovinos, provocando diversos grados de susceptibilidad en huéspedes, a pesar de que en todos los mamíferos que infecta causa diarrea y en pacientes con SIDA puede provocar la muerte.

El conocimiento de otros métodos de identificación de *Cryptosporidium* toma importancia para futura amplitud de este trabajo de investigación, es por eso que en el año 1998, Morgan et al<sup>2</sup>, realizaron el artículo de revisión *PCR Detection of Cryptosporidium: The Way Forward?* donde resaltan las ventajas y desventajas de las técnicas de PCR descritas para la época, con las cuales se logra materializar la identificación de *Cryptosporidium parvum* en muestras clínicas y ambientales, determinando las características o cualidades ideales para la detección de este parásito. En el año 1999, Xiao et al<sup>3</sup> por medio de la investigación denominada *Genetic Diversity within Cryptosporidium parvum and Related Cryptosporidium Species*, demostraron por medio de la biología molecular, el hallazgo de distintas especies de *Cryptosporidium* con el fin de identificar las subespecies de *C. parvum*, que afectan a humanos y bovinos principalmente. Para lograr el hallazgo de estas especies y subespecies, usaron los genes encontrados en la subunidad ribosomal 18S, ya que estos genes poseen regiones para diferenciar las distintas especies de este parásito.

*Cryptosporidium* spp es un protozooario que tiene una amplia variedad de especies que afectan a diferentes animales, así se demostró en la investigación realizada por Apelbee et al<sup>4</sup> en el artículo *Giardia and Cryptosporidium in mammalian wildlife – current status and future needs* del año 2005, el cual tenía como objetivo principal hacer una revisión de las especies de *Cryptosporidium* spp y *Giardia* spp en animales mamíferos terrestres y marinos, aves, reptiles y peces. Allí se reconoce la contaminación por heces como una de las principales vías de transmisión del parásito. Aunque los animales silvestres son reservorio importante de *Cryptosporidium*, no representan un problema en términos de salud pública, ya que las personas por lo general adquieren el parásito de animales domesticados como el ganado bovino, el cual es reservorio de *C. hominis* y *C. parvum*. Además, mencionan que las infecciones con *Cryptosporidium canis*, *Cryptosporidium meleagridis* (que afecta a aves) y *Cryptosporidium felis*, aunque no son comunes, pueden infectar al ser humano, especialmente a pacientes inmunocomprometidos.

De acuerdo a lo mencionado en la justificación, las palomas domésticas *Columba livia* son transmisoras de diferentes enfermedades de importancia zoonótica y de salud pública, así como quedó demostrado en el artículo *Detección de algunos agentes zoonóticos en la paloma doméstica (Columba livia) en la ciudad de Chillán, Chile*, realizado en el año 2007 por González et al<sup>5</sup>. Allí describen los principales agentes aislados en muestras de sangre, contenido intestinal y de órganos de 100 palomas captadas en esta ciudad de Chile, de las cuales se identificaron microorganismos como *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus* y *Chlamydoiphila* como causantes de infecciones no solamente en aves sino también en humanos. Aunque esta investigación no habla de la determinación de *Cryptosporidium*, permite dar una aproximación de la importancia de la identificación de agentes patógenos para el hombre en diferentes muestras provenientes de palomas como es el caso de las heces.

En Abril de 2008, el artículo de revisión llamado *A hundred-year retrospective on cryptosporidiosis*, desarrollado por Tzipori et al<sup>6</sup> describe el descubrimiento de *Cryptosporidium* en 1907 realizado por Ernest Edward Tyzzer, haciendo el primer

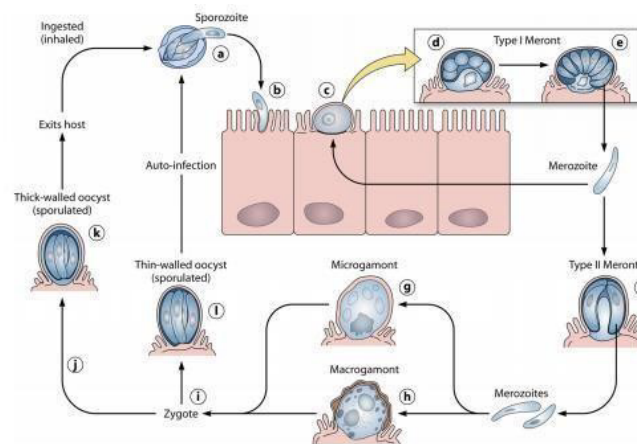
hallazgo de este microorganismo en ratones. En 1980, se hallaron brotes de carácter gastrointestinal, en animales de producción jóvenes, como bovinos y ovinos. Al hacer el análisis respectivo, se halló la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium*, y concluyeron que este parásito es el causante de 4 a 7% de cuadros agudos gastrointestinales en humanos. Para la década de 1990, se logró extraer el material genético, secuenciar dicho material e identificar diferentes especies de *Cryptosporidium*, por medio de técnicas moleculares, contribuyendo a un gran hallazgo en la rama de la parasitología.

En las Islas Canarias, España, en el año 2009, Abreu et al<sup>7</sup> elaboraron un estudio el cual titularon *Occurrence of Cryptosporidium hominis in pigeons (Columba livia)*. El objetivo principal de este estudio fue la detección de *Cryptosporidium parvum* y *Cryptosporidium hominis* en palomas *Columba livia*. Esta paloma al tener contacto con reservas de agua estancada y algunos basureros, puede presumirse la existencia de *Cryptosporidium* en estas aves. El estudio fue realizado en 34 palomas, donde solo 2 muestras fecales fueron positivas para *C. hominis* mediante observación microscópica de extendidos teñidos con Ziehl Neelsen para encontrar estructuras parasitarias relacionadas con coccidios y amplificación de material genético. Finalmente, concluye que el control de las palomas de la especie *Columba livia* es un factor importante para evitar la proliferación de este parásito en otros animales, y reducir los casos de criptosporidiosis presentes en las Islas Canarias.

Comprender las características genéticas y bioquímicas de *Cryptosporidium spp* es importante no solo para entender su mecanismo de acción patógena y evolución, sino también para establecer futuros tratamientos farmacológicos, basados en esto, Rider et al<sup>8</sup> en el año 2010 publican el artículo *Cryptosporidium: Genomic and Biochemical Features*, el cual es una revisión de las diferentes características de este parásito, donde se destaca por ejemplo que *C. parvum* carece de mecanismos de silenciamiento génico dependientes del ARN, por lo tanto, la interferencia de este no determina la función genética del parásito. Metabólicamente la principal vía energética es la glucólisis y el parásito depende de polisacáridos como la amilopectina para el almacenamiento de energía. No realizan biosíntesis de purina y

aminoácidos, para ello requieren de diferentes transportadores y enzimas que les permitan realizar estas funciones.

Con el fin de comprender la patogénesis de *Cryptosporidium* en enero de 2013, el artículo *Cryptosporidium pathogenicity and virulence*, realizado por Bouzid et al<sup>9</sup> describe las cualidades de *Cryptosporidium* spp donde determinan que la virulencia de este parásito depende de su ciclo de vida (Figura 1.), donde la unión a la membrana de la superficie apical del epitelio intestinal, permite el desarrollo del parásito. La adherencia a las células junto con la formación de vacuolas parasitóforas, la invasión a células adyacentes y el mantenimiento celular a partir de los nutrientes del hospedero son factores de virulencia que causan daño en las células infectadas y posteriormente la sintomatología característica. Otros factores de virulencia que posee *Cryptosporidium* son el CSL y el gp900 para la adhesión; Cp2 y Cpa135 para la invasión; Serin-proteasa y Aminopeptidasa en la desenquistación, entre otros.



**Figura 1.** Ciclo de vida de *Cryptosporidium* spp<sup>9</sup>.

Como apoyo a la teoría que se plantea en este trabajo, se halló un artículo de revisión escrito en el año 2013 por Méndez et al<sup>10</sup>, titulado *La paloma (Columba livia) en la transmisión de enfermedades de importancia en salud pública*, realizado en Colombia. Allí los autores determinaron aquellos microorganismos que tienen una asociación entre el contacto directo con la paloma y la presentación de enfermedades en los humanos. Algunos patógenos mencionados fueron *Chlamydophila psittaci*, *Cryptococcus neoformans* y *Cryptosporidium* spp, para el caso particular de este último microorganismo, mencionan que este protozoario no se aísla de heces frescas pero si en aquellas que están acumuladas o secas (que

son las que principalmente se encuentran en palomares, aleros de edificios, balcones de casa o donde duermen las palomas), además la acumulación de estas heces pueden generar contaminación ambiental y si la concentración de este tipo de parásitos es elevada, este podría convertirse en un peligro para la salud y más concretamente para las personas que tienen un contacto directo con las palomas.

En un trabajo de grado elaborado por Pérez<sup>11</sup> denominado *Estado Actual De Las Zoonosis Por Cryptosporidium spp. En El Continente Americano*, del año 2013, se describe la distribución de casos y la prevalencia de especies a lo largo del continente americano de *Cryptosporidium* spp. Allí se describe la prevalencia de casos de criptosporidiosis, liderando Norteamérica con el 42.6% de los casos, seguido de Centroamérica con 36.23%, el Caribe con 23.9% y finalmente Suramérica con 23.9%. En Estados Unidos, según CDC, se estipula que el aumento de casos de criptosporidiosis se ve relacionado con la temporada de verano, ya que aumentan las actividades acuáticas recreacionales. Esto se relaciona con el hecho de que *Cryptosporidium* spp es altamente resistente al cloro del cual disponen los centros de tratamiento de agua potable y piscinas. En Centroamérica, la prevalencia se ve reflejada por el consumo de agua contaminada con ooquistes o consumo de alimentos contaminados. En Sudamérica, Colombia es el 2do país con mayor número de casos de criptosporidiosis, en donde la población afectada son niños inmunocompetentes e inmunosuprimidos (VIH +) y personas con procesos tumorales malignos.

La importancia de la identificación de *Cryptosporidium* en animales que tienen constante interacción con los humanos es importante para entender su transmisión, es por esto que en el año 2014, Koompaong et al<sup>12</sup> publicaron el artículo *Molecular identification of Cryptosporidium spp. in seagulls, pigeons, dogs, and cats in Thailand*, mediante una investigación realizada en Bang Poo, una reserva natural y turística del centro de Tailandia. Los autores a través de la recolección de muestras de heces, y con el uso de la técnica de PCR identificaron las secuencias de *Cryptosporidium meleagridis* y *Cryptosporidium aviar genotipo III* en las muestras de palomas *Columba livia*, gaviotas de cabeza marrón (*Chroicocephalus*

*brunnicephalus* ) y gaviotas de cabeza negra (*Chroicocephalus ridibundus*) Estos animales son de vida libre y se encuentran generalmente en las costas y muelles cerca a los humanos, siendo un factor contaminante de las fuentes hídricas, generando un gran potencial de infecciones zoonóticas. La transmisión en vida libre de *Cryptosporidium* spp, puede estar asociada a una contaminación del agua por portadores del parásito, ya que en este país se ha registrado la presencia de criptosporidiosis por el consumo de mejillones verdes..

En el año 2015, Li et al<sup>13</sup> publicaron los resultados de un estudio realizado en la provincia de Guangdong al sur de China, en el artículo llamado *Molecular characterization of Cryptosporidium spp. in domestic pigeons (Columba livia domestica) in Guangdong Province, Southern China*, donde se detalla el proceso mediante el cual tras la recolección de 244 muestras de heces de paloma doméstica en diferentes granjas de esta provincia del país asiático, solo 2 de ellas (0,82 %) fueron positivas para *C. baileyi* y *C. meleagridis*. Los signos subclínicos que presentan las aves tras la infección con *Cryptosporidium* spp son la pérdida de peso y la disminución en la producción de huevos y de carne. Cabe resaltar que en China, aves como la paloma *Columba livia* son criadas como fuente de alimento humano, mascota de compañía y competidora en deportes de carreras, de allí la importancia no solo en salud pública sino a nivel económico de la identificación de este parásito.

Las palomas domésticas *Columba livia* son habitantes frecuentes de ciudades y pueblos, sus condiciones de vida callejera las hace susceptibles a diferentes microorganismos, con las implicaciones que esto tiene en temas de salud pública, Pérez-García et al<sup>14</sup> realizaron el artículo *Presencia de parásitos y enterobacterias en palomas ferales (Columba livia) en áreas urbanas en Envigado, Colombia*, publicado en el año 2015. Allí mediante el muestreo de palomas capturadas en zonas urbanas del municipio de Envigado, Colombia, se evidenció la presencia de ectoparásitos y endoparásitos en estas aves. Los ectoparásitos fueron hallados en el plumaje de las palomas y el diagnóstico de endoparásitos fue determinado mediante muestras de hisopado cloacal y de cavidad oral, muestras fecales frescas y muestras de sangre. Mediante el uso de técnicas como examen directo con



solución salina, tinción de Ziehl Neelsen, flotación de huevos de parásitos y gota gruesa (para el análisis de sangre) identificaron ooquistes de coccidios, *Capillaria* spp y *Ascaridia* spp, los anteriores parásitos fueron hallados en muestras del tracto gastrointestinal. Los anteriores hallazgos, permiten confirmar nuevamente el riesgo que hay en salud pública por la posible transmisión de estos microorganismos a los humanos por contacto directo y la contaminación de zonas urbanas.

Thompson et al<sup>15</sup> en el año 2016 en el artículo *Cryptosporidium What is it?* donde mencionan que la criptosporidiosis está principalmente relacionada con la contaminación de agua y comida con materia fecal que contiene el parásito, además, las infecciones más graves se presentan en niños y personas con sistemas inmunes débiles. Los métodos diagnósticos convencionales como la observación de la muestra de materia fecal directa con tinción de verde malaquita muchas veces es poco específica para dar un diagnóstico veraz de la especie de *Cryptosporidium* hallada.

Destacan el uso de técnicas como PCR ya que esta técnica tiene la ventaja de proporcionar información sobre el genotipo o la especie de *Cryptosporidium* presente en una muestra clínica o muestra ambiental. Esto es posible mediante el uso del gen SSU-rDNA el cual permite la caracterización de especies de este protozooario. También destacan otros genes de genotipado tales como: la proteína de choque térmico de 70 kDA (HSP70), la proteína de la pared del ooquiste de *Cryptosporidium* (COWP) y la región 1 del transcriptor interno (ITS-1).

En el año 2016, Zahedi et al<sup>16</sup> realizaron el artículo de revisión titulado *Public health significance of zoonotic Cryptosporidium species in wildlife: Critical insights into better drink water management*, donde en el enfoque principal es la revisión de las diferentes especies zoonóticas de *Cryptosporidium* que presentan significancia en salud pública y en la industria de agua de consumo humano. Se resalta que en hospederos aviares se encuentran principalmente *C. meleagridis*, *C. baileyi*, y *C. galli*. Uno de los factores de riesgo asociados a la presencia de *Cryptosporidium* en aves es la capacidad de distribución mediante el desplazamiento por aves migratorias y su acceso a fuentes de agua, propiciando muy probablemente la contaminación de fuentes hídricas.

En junio de 2017, un estudio realizado en Brasil, demostró la presencia de *Cryptosporidium parvum* en palomas mensajeras de Sao Paulo. Así que decidieron tomar muestras fecales para realizar frotis y tinción con verde de malaquita e identificación molecular, por medio de la detección del material genético de la subunidad 18s de ARNr. Este estudio fue denominado *First description of Cryptosporidium parvum in Carrier pigeons (Columba livia)*, desarrollado por Oliveira et al<sup>17</sup>. Al realizar la tinción con verde de malaquita se encontraron 4 muestras con morfología similar a ooquistes de *Cryptosporidium* spp. Sin embargo, al hacer la técnica de PCR, se evidenció la presencia de *Cryptosporidium* spp en 7 de las 100 muestras, donde se encontró como especie involucrada *Cryptosporidium parvum*. Finalmente se define que este coccidio puede generar a futuro un importante problema de salud pública si no se tiene el debido control de las palomas portadoras de este protozoo.

Para lograr conocer otras especies de *Cryptosporidium* spp. que afectan a distintas especies animales, la Organización Mundial de Sanidad Animal OIE<sup>18</sup> en el año 2018 presentó el capítulo 3.9.5, denominado *Criptosporidiosis*, con el fin de conocer las especies de *Cryptosporidium* que tienen tropismo por otro tipo de animales. La criptosporidiosis es el trastorno que deriva de la infección por el protozoo *Cryptosporidium*. Tras la infección, el ciclo de vida de *Cryptosporidium*, que incluye fases asexuales y fases sexuales, termina en un único hospedador, produciendo ooquistes esporulados. Existen al menos 32 especies “válidas” de *Cryptosporidium*, las cuales existen diferentes tropismos entre las distintas especies de este protozoo. Se deben tener técnicas de diagnóstico que permitan dicha diferenciación, por ende, se describen como las mejores técnicas para el diagnóstico la Inmunofluorescencia directa, inmunocromatografía, ensayos inmunoenzimáticos y técnicas moleculares como PCR.

En un informe realizado por la Subdirección de Atención a la Fauna -SAF Subdirección de Cultura Ciudadana y Gestión del Conocimiento<sup>19</sup> en el año 2018, desarrolló un informe titulado *Diagnóstico Para Determinar El Manejo Poblacional De Una Especie De Avifauna Invasiva En La Plaza De Bolívar En La Ciudad De Bogotá D.C.* haciendo hincapié en las páginas de la 93 a la 97, se habla de los

endoparásitos encontrados en palomas de la especie *Columba livia* en la Plaza de Bolívar, en el cual hicieron una recolección de muestras secas y muestras frescas de heces de paloma, en el cual se encontró, por medio de técnicas de flotación y sedimentación, huevos de *Trichostrongylus* spp en las muestras secas y huevos de *Capillaria* spp, *Ascaridia* spp, *Eimeria* spp y otros coccidios en muestras frescas, donde el número de Eimerias y coccidios prevalecen sobre los huevos de helmintos. En este apartado se concluye que los parásitos encontrados según otros estudios son cosmopolitas. Por otro lado, la presencia de coccidios no está únicamente en aves, también se halla en numerosos mamíferos a nivel mundial.

Como se ha mencionado a lo largo del documento, las palomas *Columba livia* son habitantes frecuentes de las ciudades, sin embargo, estas son reservorios, transmisores y transportadores de una amplia variedad de microorganismos implicados en infecciones para el ser humano. Cazorla et al<sup>20</sup> en el artículo del año 2019 llamado *Parásitos intestinales en poblaciones ferales de palomas domésticas (Columba livia domestica) en Coro, estado Falcón, Venezuela*, llevaron a cabo un estudio en el estado mencionado anteriormente, donde recolectaron 516 muestras fecales frescas de palomas que se encontraban en la zona urbana cerca de un hospital y una Universidad, las muestras que no fueron analizadas el día de la toma, se preservaron y fijaron con 1-2 ml de formaldehído al 10%. La identificación de los parásitos incluye técnicas de flotación simple de Willis-Molloy y la flotación-centrifugación de Faust con sulfato de zinc de sedimentación en tubo, posteriormente la observación en microscopio fue posible mediante la tinción de Kinyoun (Ziehl Neelsen modificado).

*First study of Cryptosporidium spp. occurrence in eared doves (Zenaida auriculata)* es un estudio realizado por Seixas et al<sup>21</sup>, en el cual se capturaron alrededor de 196 palomas de la especie *Zenaida auriculata*, con el fin de encontrar e identificar especies de *Cryptosporidium* en estas palomas, que se hallaban en la región de Paraná, Brasil. Una vez más, se opta por el uso de la biología molecular para esta identificación. El 15% de las pruebas realizadas confirmaron la presencia de *C. meleagridis* y *C. galli*, de los cuales, el primero tiene mayor incidencia en niños inmunocomprometidos. Por otra parte, se destaca que el primer estudio realizado en

palomas de la especie *Columba livia* se hizo en 2019. Gracias a este estudio se tiene una mayor concepción de la presencia de este parásito y realizar una ampliación respecto a las implicaciones en Salud Pública de este parásito.

Las infecciones intestinales en gran parte son producto de la infección por patógenos protozoarios. En el año 2019 *Villamizar et al*<sup>22</sup>, realizaron el análisis descriptivo de parásitos protozoarios presentes en niños y mascotas en Cauca Colombia. La metodología y resultados del estudio se encuentran descritos en el artículo titulado *Molecular and descriptive epidemiology of intestinal protozoan parasites of children and their pets in Cauca, Colombia: a cross sectional study*. En las 288 muestras de materia fecal 266 (258 de niños en edad escolar y 8 de mascotas), se identificaron *Blastocystis*, *G. duodenalis*, *Cryptosporidium* spp. y el complejo *Entamoeba* haciendo uso de la secuenciación de genes, como la subunidad pequeña del RNA ribosomal (SSU rRNA) y la posterior La identificación de *Cryptosporidium* spp, donde inicialmente se realiza la secuenciación del gen de la subunidad pequeña del subtipificación de *C. hominis* y *C. parvum* teniendo en cuenta el análisis del gen de la glicoproteína de 60 Kda (gp60) para el caso de *Cryptosporidium*.

#### **4. MARCO REFERENCIAL**

##### **4.1 Criptosporidiosis, una zoonosis emergente**

La criptosporidiosis es la infección causada por el microorganismo *Cryptosporidium* spp. es un protozooario causante de enfermedad gastrointestinal y en algunos casos puede causar enfermedad respiratoria. Este tiene la capacidad de infectar varias especies de animales como aves, mamíferos y por supuesto el ser humano. La primera observación del coccidio fue realizada por el investigador Ernest Edward Tyzzer en el año 1907 a partir de glándulas gástricas de ratones<sup>6</sup>, donde se determinó la afinidad del parásito por células epiteliales de tracto gastrointestinal. Fue llamado *Cryptosporidium* por la ausencia de esporocistos en comparación con los otros dos coccidios. Desde su descubrimiento y hasta los años 70 el parásito fue descrito de manera poco frecuente al menos en 20 individuos de los cuatro grupos

de vertebrados y en el año de 1976 se reportaron los primeros casos de criptosporidiosis en humanos<sup>4</sup>.

Las manifestaciones clínicas que se presentan en las personas infectadas con el protozoo son variables, en pacientes inmunocompetentes puede ser asintomática o presentarse una diarrea autolimitada y flatulencias con una duración de alrededor de 7 días según Chappell et. Al<sup>23</sup>. Los niños, ancianos e inmunocomprometidos son más susceptibles a la infección, provocando sintomatología como diarrea aguda, dolor abdominal, náuseas, vómitos, inapetencia, pérdida de peso, fiebre y deshidratación intensa como lo menciona Luján et. Al<sup>24</sup>. En personas con deficiencias inmunitarias como pacientes VIH positivos también puede verse afectado el tracto respiratorio, donde el principal síntoma es la tos persistente con la presencia de ooquistes en el esputo, así fue demostrado por Mercado et al<sup>25</sup>, además, sin un tratamiento oportuno, la infección tanto gastrointestinal como respiratoria causada en estos pacientes puede llegar a ser mortal. Esto demuestra la capacidad que tiene el microorganismo de adaptarse a diferentes entornos fisiológicos, como células del tejido intestinal y respiratorio. La patogénesis que provoca el protozoo aún no está muy clara, más allá de la afinidad del parásito por células epiteliales del intestino y la dependencia del huésped para obtener nutrientes y llevar a cabo sus vías metabólicas según lo descrito por Xiao et. al<sup>26</sup>.

Como se ha mencionado a lo largo del documento, *Cryptosporidium* además de infectar a los humanos, también se encuentra en una amplia variedad de animales, en los cuales puede desarrollarse también infección o simplemente ser reservorios del parásito. Este coccidio se ha identificado en animales mamíferos tales como perros siendo frecuente *C. canis*, gatos con *C. felis*, Vacas, ovejas, conejos y ratones con *C. parvum*, *C. hominis*, *C. muris* y *C. andersoni*, en gorilas y otros primates *C. bovis* y *C. hominis*, entre otros. En las aves es frecuente encontrar *C. meleagridis*, *C. baileyi* y *C. galli*. En peces y anfibios se ha encontrado la presencia de *C. hominis*, *C. parvum* y *C. serpentis*<sup>15</sup>.

La constante invasión del humano a los ecosistemas naturales y silvestres, el desplazamiento de diferentes animales a zonas urbanas, la interacción cercana entre humanos y animales de vida libre, el tráfico de animales silvestres, el aumento de la densidad poblacional de una especie animal en un territorio no natural para este, entre otros factores, son determinantes para la transmisión de *Cryptosporidium* al ser humano, ya sea por contaminación de diferentes hábitats, fuentes hídricas y espacios (como parques, plazas) con heces que contienen ooquistes del parásito o por contacto directo con animales reservorios.

Teniendo en cuenta lo anterior, las palomas *Columba livia* son una especie de ave doméstica que han logrado adaptarse a entornos comunes con otras especies de animales e incluso humanos. Este estrecho contacto entre diferentes especies ha facilitado la transmisión de enfermedades zoonóticas como la criptococosis, salmonelosis, aspergilosis y clamidiosis a seres humanos, cobrando mayor importancia en términos de salud pública<sup>10</sup>. Existen varios géneros de *Cryptosporidium* los cuales presentan tropismo por esta ave (*C. baileyi*, *C. galli*, *C. meleagridis*)<sup>24</sup>. Además, se ha identificado la presencia de especies que afectan principalmente al hombre como *Cryptosporidium hominis*, en estas aves, como las reportadas en el año 2009 en las Islas Canarias<sup>7</sup>. Igualmente, en el año 2017 en Brasil se identificó *C. parvum* también en palomas *Columba livia*<sup>17</sup>.

En Colombia, aún no existen estudios donde se haya hecho la identificación de *Cryptosporidium spp* en palomas *Columba livia*, esto es importante abordarlo, debido a la sobrepoblación que hay de estas aves en diferentes ciudades del país, específicamente en Bogotá, donde se consideran como una especie de plaga y de acuerdo a estudios realizados por el Instituto de Protección y Bienestar Animal estas palomas son portadoras de diferentes microorganismos de importancia zoonótica, además de que sus heces son contaminantes de diferentes espacios urbanos.

Con respecto a la situación epidemiológica de criptosporidiosis en humanos en Colombia, son escasos los datos recientes, por ejemplo, en el año 2011 Bayona et

al<sup>27</sup> realizaron el estudio titulado *Caracterización epidemiológica de la criptosporidiosis en población infantil de la región sabana centro (Cundinamarca)*. De las 260 muestras de heces de niños menores de cinco años, obtenidas en los municipios de Cota, Tocancipá, Nemocón, Zipaquirá, Chía, Tenjo, Cajicá y Tabio, en 19 muestras (7%) se observaron ooquistes de *Cryptosporidium*. También en el Boletín Epidemiológico Semanal del Instituto Nacional de Salud (INS)<sup>28</sup> correspondiente a la semana epidemiológica 47 del año 2019 se pudo obtener un número estimado de casos recientes de infección por *Cryptosporidium* a nivel nacional, de allí se encontraron notificados 26 casos de criptosporidiosis crónica asociada a pacientes en estadio SIDA.

La importancia de la infección causada por *Cryptosporidium* spp en humanos y animales posibilita conocer los avances que hay en cuestión de tratamiento, esto con el fin de reducir los casos graves que pueden llegar a ser mortales y para mitigar su impacto en salud pública, es por esto que, Castellanos et al<sup>29</sup> en el artículo *Systematic gene silencing identified Cryptosporidium nucleoside diphosphate kinase and other molecules as targets for suppression of parasite proliferation in human intestinal cells* del año 2019, demuestra la importancia del tratamiento y mitigación de los impactos a la salud que trae la criptosporidiosis y la posibilidad del desarrollo de nuevos fármacos mediante el uso de técnicas como RT-PCR, donde lograron la identificación de genes del parásito con el fin de silenciar la expresión de genes como actina (Act), proteína de unión al ADN de Apicomplexan (Ap2), proteína romboide 1 (Rom 1) y nucleósido difosfato quinasa (NDK), las cuales, están involucradas en la invasión de las especies *C. hominis* y *C. parvum* a las células intestinales, el efecto de la silenciación de esos genes lo evidenciaron al realizar un cultivo en células HCT8 (Células ileocecales). Lo anterior, permitió que *Cryptosporidium* no invadiera las células del epitelio intestinal, es decir, se bloqueó la entrada del parásito, además, la inhibición del gen NDK redujo la proliferación de parásitos. La baja expresión de los genes Rom 1 AP2, permitió que se redujera la salida de los merozoitos y, por lo tanto, la reproducción del parásito no se puede llevar a cabo. También el estudio evaluó la función del ácido elágico (proveniente de plantas) demostrando que, aunque bloquea la proliferación del parásito no lo destruye, lo mismo sucede con el silenciamiento de los genes anteriormente

nombrados. Así mismo, Tandel et al<sup>30</sup> demostraron mediante un cultivo celular del parásito en células HCT-8 que el bloqueo durante la fase sexual bloquea la transmisión y por lo tanto curar la infección en curso.

#### **4.2 Taxonomía de *Cryptosporidium* spp.**

Con respecto a la taxonomía del parásito, pertenece al phylum *Apicomplexa*, pertenece al grupo de los coccidios, sin embargo, se diferencia en algunos aspectos como su capacidad de llevar acabo su ciclo de vida in vitro, ya que los otros parásitos de este grupo son intracelulares obligados. Se ubica intracelularmente en la zona extracitoplasmática de la superficie apical de las células epiteliales, además, a diferencia de otros parásitos de este mismo phylum, carece de la mayoría de genes nucleares y genomas del complejo apical. *Con respecto a la taxonomía de las diferentes especies del protozoo, se ha demostrado por biología molecular que hay heterogeneidad genotípica y fenotípica entre ellas, siendo idénticas morfológicamente, sin embargo, C. parvum, C. canis, C. felis, C. muris, C. meleagridis, C. baileyi, C. andersoni y C. serpentis* tienen mayor similitud y afectan a una gran variedad de mamíferos y humanos. Existe la teoría de la coevolución donde se explicaría la transmisión de especies de una especie a otra, es decir, reservorios donde no evolucionó el parásito, cómo *C. meleagridis*, que inicialmente fue un parásito de mamífero y luego se estableció en aves según lo descrito por Chacín Bonilla et. Al<sup>31</sup>.

**Reino:** Protista

**Phylum:** *Apicomplexa*

**Clase:** *Sporozoa*

**Subclase:** *Coccidia*

**Orden:** *Eucoccidiida*

**Familia:** *Cryptosporidiidae*

**Género:** *Cryptosporidium*

#### **4.3 Ciclo de vida de *Cryptosporidium***



El ciclo de vida de *Cryptosporidium spp* se caracteriza por ser monoxeno, es decir el parásito lleva a cabo su desarrollo en el epitelio intestinal de un solo huésped<sup>30</sup>. Una vez ingeridos los ooquistes maduros se inicia el ciclo de vida en el lumen intestinal del huésped, donde se liberan los esporozoitos del ooquiste e invaden los enterocitos formando la vacuola parasitófora en la capa de microvellosidades de la célula epitelial mencionado por Pantenburg et. al<sup>32</sup>. Factores como cambios en el pH, sales biliares, enzimas pancreáticas y temperatura favorecen el desenquistamiento del ooquiste<sup>30</sup>. Entre las 48 y 72 horas siguientes en la vacuola parasitófora el esporozoito se convierte en trofozoíto dando inicio a la multiplicación asexual (merogonia o esquizogonia) como resultado se producen merontes o esquizontes de tipo I, los cuales liberan merozoitos tipo I que invaden más enterocitos y continúan formando merontes tipo I o merontes tipo II<sup>4</sup>. La reproducción sexual (gametogonia) por su parte tiene como resultado microgametos y macrogametos, una vez los macrogametos son fecundados por los microgametos se producen ooquistes capaces de esporular e infectar de nuevo al huésped según Public Health Lacounty<sup>33</sup>. Existen dos tipos de ooquiste (ooquistes de pared delgada/ooquistes de pared gruesa) ambos tipos contienen los esporozoitos infectivos, sin embargo, los ooquistes de pared gruesa representan el 80% y son más resistentes y los ooquistes de pared delgada representan el 20% y estaría implicados en la autoinfección ya que se pueden romper en el interior del huésped<sup>30</sup>.

#### **4.4 Características de *Cryptosporidium***

Como se describió anteriormente, *Cryptosporidium* posee distintas formas parasitarias durante su ciclo de vida, sin embargo, hay dos las cuales son de vital importancia, ya que son necesarias para invadir al huésped, como lo es el ooquiste, y para la penetración en el enterocito, como lo es el esporozoito.

##### *Esporozoito*

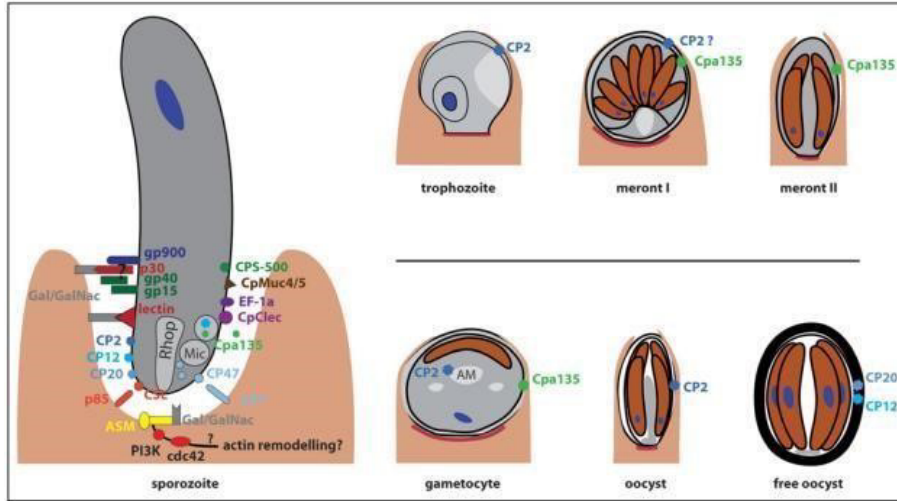
Es la forma la cual es capaz de penetrar dentro del enterocito para posteriormente iniciar el ciclo de reproducción 46. Esta forma parasitaria suele tener forma de media luna o de arco, con el extremo anterior ligeramente puntiagudo y el posterior redondeado. Miden 4,9 por 1,2  $\mu\text{m}$ . Cada esporozoito contiene un núcleo prominente en el tercio posterior del cuerpo. Genéticamente, posee un genoma de 9

millones de pares de bases y 8 cromosomas 47 A continuación, se presentará una tabla (Tabla 1.) donde muestra las diferentes moléculas que se encuentran involucradas en la adhesión del esporozoito al enterocito del huésped. En la gráfica, se muestra cómo se involucran las distintas moléculas que interactúan con el huésped, para la posterior penetración en el enterocito según Lendner et al<sup>34</sup>.

**Tabla 1.** Moléculas de adhesión al huésped de los esporozoitos de *Cryptosporidium* spp<sup>34</sup>

<b>Molécula</b>	<b>Función</b>	<b>Localización</b>
<b>CP12</b>	Inmunodominante	Superficie de esporozoitos y ooquistes
<b>CP21</b>	Inmunodominante	Superficie de esporozoitos
<b>CP2</b>	Desarrollo y desenquistación	Esporozoito
<b>CP20</b>	Proteína promotora de replicación	Superficie de esporozoitos y ooquistes
<b>CPA-135</b>	Proceso de desenquistación	Secretada posiblemente por el micronema en el estadio de esporozoito
<b>P30</b>	Se une a Gal/Galnac. Adhesión	Región apical del esporozoito
<b>GP 40/15</b>	Anclaje celular y desarrollo en etapa de esporozoito	GP15 se localiza en la superficie de los esporozoitos y merozoitos GP40 se localiza en la región apical mientras que la GP15 se encuentra en toda la superficie
<b>GP900</b>	Proteína de Invasión celular	GP900 se almacena en micronemas antes de aparecer en la superficie de las formas invasivas
<b>CSL</b>	Ligando de esporozoitos para células de epitelio intestinal	Situado en el complejo apical de los esporozoitos y merozoitos

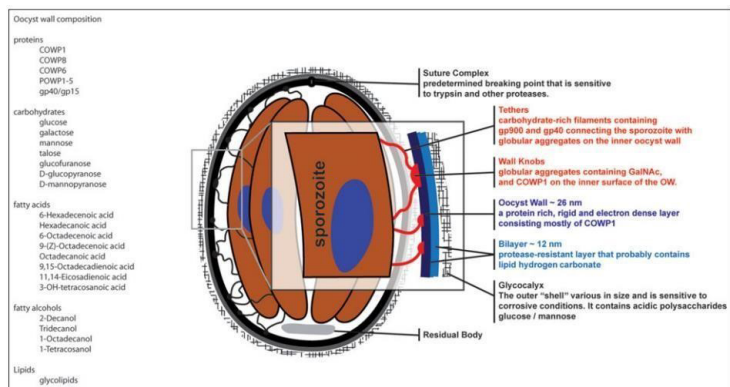
<b>CPS-500</b>	Ligado posiblemente a la motilidad en estadios infecciosos	Localizado en la capa externa de la membrana celular
----------------	--	--



**Figura 2.** Moléculas del esporozoitos de *Cryptosporidium* spp involucradas en la adhesión a la célula huésped<sup>34</sup>

### Ooquiste

Arquitectura y composición del ooquiste según el modelo actual, muestra que el ooquiste está cubierto por un glicocálix que altera la movilidad electroforética y se muestra inmunogénico. La alta resistencia es proporcionada por una bicapa lipídica que protege contra la infiltración de líquidos y una capa rica en proteínas que le confiere resistencia mecánica (Figura 3.). Los esporozoítos están conectados a la pared del ooquiste por filamentos que contienen glicoproteínas que desempeñan un papel en la adhesión y la invasión de la célula huésped, como las mostradas en la tabla anterior<sup>34</sup>



**Figura 3.** Estructura completa del ooquiste de *Cryptosporidium* spp.<sup>34</sup>

#### 4.5 Patogenia

Aunque la patogénesis de la infección por *Cryptosporidium* no se ha descrito de manera precisa, se han realizado ensayos *in vitro* que han demostrado el papel de TLR 2 y TLR 4 en la respuesta inmune del huésped frente al parásito, en la cual se activa la vía Myd88 y otras moléculas que finalmente producen citoquinas proinflamatorias e IFN tipo I<sup>32</sup>. En el proceso de infección existe una variabilidad en cuanto al favorecimiento y la inhibición de la actividad apoptótica celular, esta variación en la actividad apoptótica favorece el desarrollo del parásito en sus diferentes estadios; es así como en el estadio de trofozoito se inhibe la apoptosis celular y por el contrario se suscita en los estadios de esporozoito y merozoito según Certad et.al<sup>35</sup>. El proceso inflamatorio, resultado de la respuesta inmune, se manifiesta en el daño del epitelio intestinal causando alteraciones en el enterocito que llevan a la deficiencia en la absorción de electrolitos y fluidos que finalmente provocan aumento en la permeabilidad intestinal según lo escrito por Gerace et. al<sup>36</sup>

#### 4.5 Identificación de *Cryptosporidium*:

Para el desarrollo del trabajo de investigación, es fundamental conocer los métodos diagnósticos disponibles para la identificación de *Cryptosporidium* en muestras clínicas o ambientales, desde técnicas parasitológicas convencionales, métodos inmunológicos y de biología molecular. De acuerdo con Khurana et al<sup>37</sup> en el artículo Laboratory diagnosis of cryptosporidiosis del año 2018, describen aquellos

procedimientos para la identificación y diagnóstico de la criptosporidiosis en el laboratorio. Uno de los principales métodos de identificación es la microscopía, a través de un montaje en fresco de muestras como heces conservadas en formalina al 10%, donde se observa ooquistes del parásito como un cuerpo liso, incoloro y esférico, con un tamaño entre 3 a 8  $\mu\text{m}$ , la sensibilidad del montaje en fresco puede aumentar al combinarse con técnicas previas como el método de flotación de sacarosa de Sheather, flotación de sal saturada y el método de formol-éter de Allen y Ridley. Para la recuperación de ooquistes por sedimentación los autores recomiendan una velocidad de centrifugación mayor de  $1200 \times g$ .

También mencionan la "separación inmunomagnética" donde los epítopes de los ooquistes expuestos en la superficie se adhieren a las perlas magnetizables que están recubiertas con anticuerpos monoclonales (mAbs). El complejo de perlas y ooquistes se concentra y luego en presencia de una fuerza magnética a medida que el complejo es atraído hacia el lado del tubo de ensayo; posteriormente, se aspira el fluido de suspensión y se agrega la solución ácida para liberar los ooquistes concentrados y purificados. Otro método que allí se menciona es el de la tinción con Ziehl Neelsen modificado, donde el ooquiste aparece como esferulas rojas contra el fondo verde pálido. El azul de metileno y safranina tiñe los ooquistes de color naranja brillante y puede usarse en lugar de la tinción de Ziehl Neelsen, también recomiendan la tinción fluorogénica auramina-fenol como alternativa. Métodos inmunológicos como la detección de antígenos usando anticuerpos marcados con fluorescencia y enzimas (técnica ELISA) son usados frecuentemente. Finalmente resaltan actualmente el uso de PCR como el método más rápido y confiable para la identificación de *Cryptosporidium*. También es importante mencionar la copro preservación de muestras para un posterior aislamiento de DNA, Abdel et al<sup>38</sup> estimaron que la condición que mayor sensibilidad presenta, corresponde a la preservación por congelamiento de las muestras a  $-20^{\circ}\text{C}$ , al realizar la PCR y obtener el 100% de muestras positivas previamente confirmada la presencia de *Cryptosporidium* por microscopia, seguida de la preservación con  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (dicromato de potasio) al 2.5% a  $4^{\circ}\text{C}$  con un 80% de recuperación a los 10 días de preservación.

## 4.6 Biología de la paloma *Columba livia*

### 4.6.1 Taxonomía de *Columba livia*

**Reino:**Animalia

**Phylum:***Chordata*

**Clase:** Aves

**Subclase:** *Neomithes*

**Orden:** *Columbiformes*

**Familia:** *Columbidae*

**Subfamilia:** *Columbinae*

**Género:** *Columba*

**Especie:** *Columba livia*

### 4.6.2 Condiciones de vida de *Columba livia*

Las palomas son aves consideradas fauna exótica ya que naturalmente se encontraban distribuidas en el Norte de África, Asia y Europa Mediterránea, no obstante, en la actualidad se encuentran ampliamente distribuidas por el mundo abarcando todos los continentes e islas oceánicas según Gómez et. al<sup>39</sup>. Trasladándose a un panorama local, en Colombia la especie *Columba livia* está considerada como fauna exótica e invasora según el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Como hábitat común, las palomas silvestres encuentran preferencia por paredes rocosas y acantilados. El caso de las palomas domesticadas es diferente, estas se encuentran preferiblemente en lugares con poca densidad de vegetación; es por esto que se les encuentra habitualmente en plazas, tejados y cornisas de edificaciones humanas según Rico<sup>40</sup>. Su alimento está constituido principalmente por granos y semillas, y se encuentra complementado por algunos invertebrados; su comportamiento sexual es monógamo y generalmente se puede encontrar solitaria o conformando parvadas; en la puesta de huevos es habitual encontrar dos de estos de color blanco con aproximadamente 39 milímetros de longitud, el papel de incubación lo puede llevar a cabo tanto el macho como la hembra<sup>39</sup>. El ciclo de desarrollo de *Columbia livia* se

encuentra dado inicialmente por la incubación de los huevos, el cual comprende de 16 a 19 días. Posteriormente los pichones son cuidados por los adultos durante una semana y entre los 25 o 26 días desde la ruptura del huevo ya presentan la capacidad de vuelo. Entre los días 35 o 37 las aves salen del nido y eventualmente a los 6 meses de vida se alcanza la madurez reproductiva. Las nidadas se pueden dar durante todo el año, lapso de tiempo en el cual se llegan a presentar hasta 5 de estas<sup>40</sup>.

#### **4.7 Relación entre *Cryptosporidium* y palomas**

La criptosporidiosis es una infección que afecta a una amplia variedad de especies animales como mamíferos, aves, peces y anfibios sin discriminar domésticos y silvestres, causando enfermedades tanto a nivel digestivo como respiratorio.

En las aves, el protozoo lleva a cabo su ciclo biológico en las células epiteliales del tracto gastrointestinal y respiratorio, en la bolsa de Fabricio y otros órganos como riñones. *Cryptosporidium* spp fue identificado por primera vez en 1929 por el médico y parasitólogo estadounidense Ernest Tyzzer, hallando el parásito en el epitelio cecal de pollo. En 1955, el investigador D. Slavin describió una nueva especie del protozoo identificada en pavos jóvenes que estaban presentando mortalidad, esta nueva especie se describió como *Cryptosporidium meleagridis*. Entre 1974 y 1975 se diagnosticó criptosporidiosis en gansos y pollos de engorde, en 1986 se describió el ciclo biológico de *C. baileyi* en pollos domésticos según lo escrito por Nakamura et. Al<sup>41</sup>. Con respecto a los primeros hallazgos de *Cryptosporidium* spp en palomas, específicamente del género *Columba livia*, no hay documentación concluyente, sin embargo, la identificación de este parásito en heces y epitelio intestinal en estas aves ha sido ampliamente estudiado por su importancia en salud pública. En el año 1997 Rodríguez, F., et al,<sup>42</sup> realizaron el reporte de tres casos de criptosporidiosis en palomas *Columba livia* en las Islas Canarias, España, de una granja dedicada a la crianza de palomas, donde 3 de 80 palomas jóvenes (4 semanas) estaban infectadas con *Cryptosporidium* y presentaban sintomatología como pérdida de peso, diarrea, debilidad y deshidratación.

En la necropsia los cadáveres mostraban signos de anemia, el tracto gastrointestinal enrojecido, dilatado y con presencia de líquido amarillento. Los ooquistes de *Cryptosporidium* fueron hallados histológicamente en el epitelio del intestino delgado, ciego, colon cloaca y bolsa de Fabricio. La diarrea en estos casos, está relacionada con la malabsorción producida por la atrofia de las vellosidades, además, el desarrollo de la infección en aves jóvenes puede estar relacionado con el sistema inmune.

Las palomas no solo son criadas en granjas, muchas parvadas y ejemplares se encuentran en plazas, parques y calles de diferentes ciudades del mundo, manteniendo un contacto estrecho con fuentes hídricas, casas, edificios y con los humanos. En muchas ciudades, estas aves son consideradas como plagas por el daño que causan las heces en edificaciones y monumentos además de las infecciones que puede causar la inhalación de heces secas, descrito por Zúñiga et. al<sup>43</sup>. Por su estilo de vida libre, condiciones de hábitat y alimentación, estas aves son fuente de propagación de microorganismos, muchos de ellos de carácter zoonótico, como *Cryptosporidium spp*, causando infección gastrointestinal y/o respiratoria especialmente en niños, adultos mayores y personas inmunocomprometidas como portadores de VIH. De allí la importancia de la identificación del protozoo especialmente en heces de paloma, puesto que debido a la alta densidad poblacional que presentan estas aves, sus desechos son contaminantes de monumentos, superficies de edificios, casas y especialmente de fuentes de agua de consumo humano y de otras especies animales.

Con respecto a las especies de *Cryptosporidium* encontradas frecuentemente en las heces de paloma están *C. meleagridis* y *C. baileyi*<sup>13</sup> de estas dos especies, *C. meleagridis* es la tercera causa de criptosporidiosis en humanos causando diarreas autolimitadas<sup>15</sup>, de *C. baileyi* los casos de infección en humanos son esporádicos y están relacionados con la infección respiratoria en aves. Como se mencionó anteriormente, el estilo de vida de las palomas urbanas las hace susceptibles a adquirir y transmitir patógenos zoonóticos, en este caso, muchos estudios se han enfocado en la identificación de especies de *Cryptosporidium* de gran importancia en salud pública como *C. hominis* y *C. parvum*, esto debido a que son las especies



que causan principalmente infección en los humanos, provocando sintomatología gastrointestinal y respiratoria.

Año	Especie paloma	Especie <i>Cryptosporidium</i>	Lugar	Autores
1997	<i>Columba livia</i>	<i>Cryptosporidium spp.</i>	Islas Canarias España	Rodriguez et al <sup>42</sup>
2009	<i>Columba livia</i>	<i>Cryptosporidium hominis</i> , <i>Cryptosporidium parvum.</i>	Santa Cruz de Tenerife Islas Canarias	Abreu et al <sup>7</sup>
2014	<i>Columba livia</i>	<i>Cryptosporidium meleagridis</i>	Samut Prakan Tailandia	Koompapong et al <sup>12</sup>
2015	<i>Columba livia</i>	<i>Cryptosporidium meleagridis</i> <i>Cryptosporidium baileyi</i>	Provincia de Guangdong China	Li J et al <sup>13</sup>
2017	<i>Columba livia</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	São Paulo Brasil	Oliveira et al <sup>17</sup>
2019	<i>Columba livia</i>	<i>Cryptosporidium spp</i>	Falcón Venezuela	Cazorla et al <sup>20</sup>
2019	<i>Zenaida auriculata</i>	<i>Cryptosporidium spp</i>	Paraná, Brasil	Seixas et al <sup>21</sup>

Tabla 2. Estudios previos relación *Cryptosporidium* y palomas

#### 4.8 Salud pública y *Cryptosporidium*, desde el enfoque de una sola salud

En las últimas décadas se ha visto un importante aumento en la invasión presentada por el ser humano en los ecosistemas naturales, incrementando la interacción de los mismos con animales domésticos y de vida silvestre. Estos factores incrementan la transmisión de enfermedades zoonóticas y antropogénicas entre la especie humana y diferentes especies animales, además de contribuir a la presencia de formas infectivas en el medio ambiente, un ejemplo de esto son los cuerpos de agua.

A lo largo del desarrollo de este trabajo de investigación, se ha hecho hincapié en la importancia que tiene la identificación de *Cryptosporidium spp*, ya que es un parásito que causa enfermedad diarreica importante tanto en personas como en animales en todo el mundo, además de la amplia variedad de especies que infectan a diferentes animales y que a la vez son transmitidos a los seres humanos, de allí su importancia a nivel zoonótico. La facilidad con la que se transmite el parásito (vía fecal- oral y

por medio de agua y alimentos contaminados con ooquistes del parásito), además de la interacción de los humanos con especies animales domésticas y silvestres como consecuencia de la invasión a diferentes ecosistemas, son factores que contribuyen a la diseminación del parásito y por ende a la presentación de brotes en diferentes poblaciones, especialmente, aquellas que no cuentan con agua potable, ya que los parásitos transmitidos por el agua son responsables de la mayoría de los brotes transmitidos por el agua en todo el mundo, con impactos socioeconómicos incluso en los países desarrollados<sup>16</sup>. Se hace énfasis en el agua ya que es la principal vía de transmisión del parásito tanto en humanos como en animales.

Llevando este escenario hacia el enfoque de Una sola salud que surge en la década de los 2000 con el objetivo de dar soluciones a problemas de salud pública por medio de la interdisciplinariedad y el apoyo entre los sectores médicos, veterinarios y ambientales, bajo el concepto de que no puede haber salud humana si no hay salud animal, y ambas no pueden existir si el ambiente no es saludable descrito por Hernández et.al<sup>44</sup>.

Es de gran importancia abordar la criptosporidiosis desde este enfoque, puesto que más del 60% de las enfermedades infecciosas en humanos son zoonóticas y el 75% de los agentes patógenos de las enfermedades infecciosas emergentes son de origen animal, como en el caso de *Cryptosporidium*. En este sentido, adoptar el enfoque One health ofrece varias oportunidades para ayudar a combatir la criptosporidiosis, en particular, la enfermedad causada por *C. parvum*, *C. hominis*, *C. meleagridis* y otras especies zoonóticas que afectan tanto a los animales como a las personas. El impacto de la enfermedad es de gran alcance y estudios recientes han resaltado las consecuencias a largo plazo de la enfermedad clínica tanto en humanos como en animales según Innes et. al<sup>45</sup>.

Estrategias como el diagnóstico oportuno del parásito en brotes humanos y de animales, la identificación de la interfaz donde pudo presentarse la transmisión zoonótica, la notificación y posterior rastreo epidemiológico de los casos que se presenten, las preservación de ecosistemas naturales y el reconocimiento de las actividades humanas y animales que pueden interferir en la contaminación de

hábitats y fuentes hídricas con ooquistes del parásito, son importantes para mitigar el impacto en salud pública que tiene la criptosporidiosis, una infección que en la actualidad no es muy notable, no se descarta posibles brotes que puedan representar una verdadera emergencia.

## **5. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **5.1 Tipo de investigación:**

Este estudio es de carácter cualitativo, descriptivo y de corte transversal.

### **5.2 Población:**

Palomas de la especie *Columba livia* halladas en puntos críticos de concentración según el reporte del programa DISTRITO ALAS dirigido por el Instituto Distrital de Protección y Bienestar Animal.

### **5.3 Tamaño de la muestra**

Según el reporte elaborado por el programa Distrito Alas, existen 5 puntos de concentración de palomas en Bogotá con una población aproximada de 200 individuos o más por cada locada localización. Con el fin de obtener un número significativo de muestras, se usó como valor  $p = 0.05$ . Este valor se toma a partir de otros estudios similares realizados anteriormente (Tabla. 2). . Seguido a lo anterior se optó por usar la ecuación de cálculo de muestra en población finita, obteniendo un número de 53 muestras por punto de recolección, para finalmente recolectar 265 muestras para desarrollar el presente estudio.

### **5.4 Hipótesis**

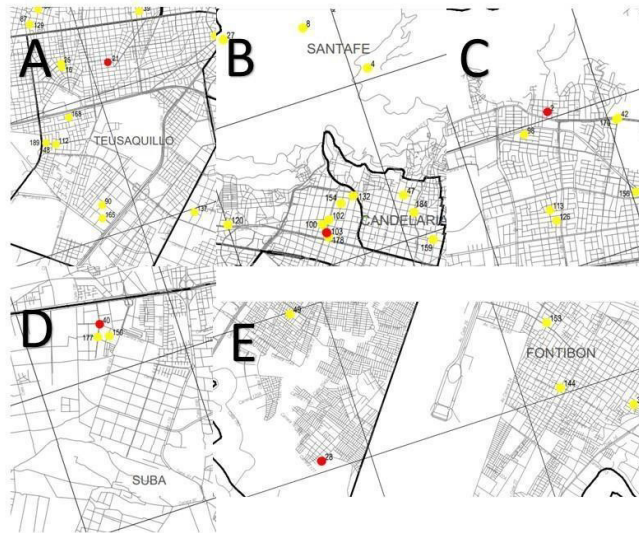
La presencia de *Cryptosporidium* en heces de palomas *Columba livia* es un factor de contaminación importante de fuentes hídricas y hábitats de la ciudad de Bogotá e implican un factor de infección a la población humana vulnerable.

### **5.5 Fases**

#### **Fase 1. Identificación de población y recolección de muestras**

##### *Localización*

A partir del mapa publicado por el programa Distrito Alas, se procedió a identificar los puntos de concentración de palomas en la ciudad de Bogotá y se optó por tomar los puntos de concentración en donde existe una densidad poblacional de palomas mayor a 200 individuos por sector. Los sectores son los siguientes:

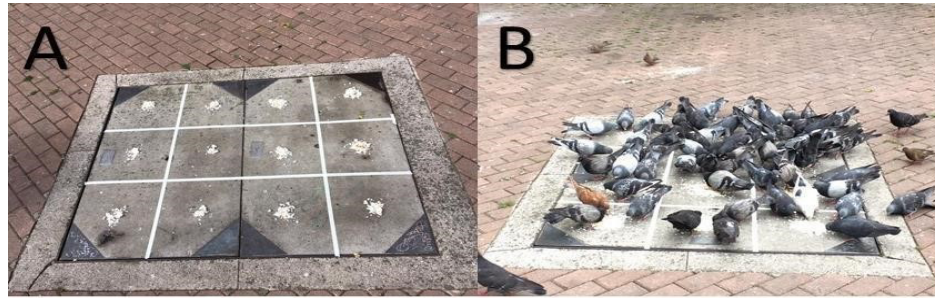


**Figura 4.** Zonas de mayor densidad poblacional de palomas (punto rojo). A. Teusaquillo, Parque Santa Marta Alfonso López; B. Santa fe, Las Nieves; C. Usaquén, Alcaldía Local de Usaquén; D. Suba, Barrio Mirandela; E. Engativá, Parque. Fuente: Instituto Distrital de protección y Bienestar Animal<sup>46</sup>

### *Recolección de la muestra*

Posterior a la identificación de los distintos lugares donde se encuentran la mayor densidad poblacional de palomas, se procedió a ir al lugar A, con el fin de reconocer el comportamiento de las palomas y aplicar la estrategia de recolección de muestras, que consiste en la delimitación de un área de suelo previamente lavada y desinfectada

(Figura 5), dispuesta en cuadrículas. En el centro de cada cuadrícula se pondrá una porción de comida para atraer a las palomas y al tiempo que comen, esperar que defequen ya que las palomas al moverse constantemente, no es posible permitir la diferenciación muestra-paloma individualmente.



**Figura 5.** Estrategia de recolección de muestras. Fuente: Elaboración propia

La toma de muestra se realizó de acuerdo al manual de la OIE<sup>47</sup> de Recogida, presentación y almacenamiento de muestras para el diagnóstico, siguiendo normas de bioseguridad y obteniendo muestras de heces recientes y posteriormente guardadas en refrigeración.

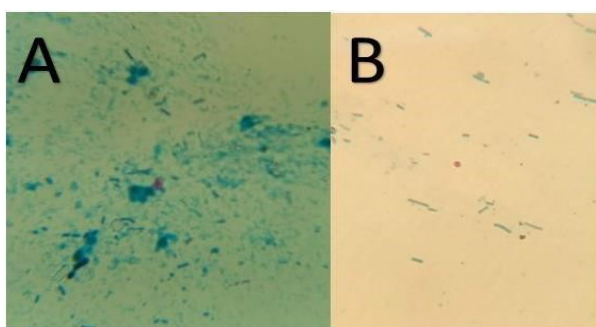
## Fase 2. Tinción con ZNM y observación de láminas

### *Tinción con ZNM*

Las muestras fueron tomadas y depositadas en un portaobjetos, para posteriormente ser coloreadas con la tinción de Ziehl Neelsen Modificada. Se coloca materia fecal sobre el portaobjetos y se esparce con un escobillón o baja lengua. Se deja secar al aire y se fija con calor. Seguido, se procede con la tinción según el protocolo.



**Gráfica 1.** Protocolo de tinción de Ziehl Neelsen modificado. Fuente: Elaboración propia



**Figura 6.** Observación de ooquistes por medio de la técnica de ZN modificada.  
Fuente: Elaboración propia.

*Observación microscópica:* Cada una de las láminas fue observada con microscopio óptico (Olympus) en objetivo de 100x, haciendo recorrido en todo el extendido.

### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de este trabajo se usaron los programas Minitab® 17.1.0, Epi Info™ 7.2.4.0 y Microsoft Excel.

## **6. RESULTADOS**

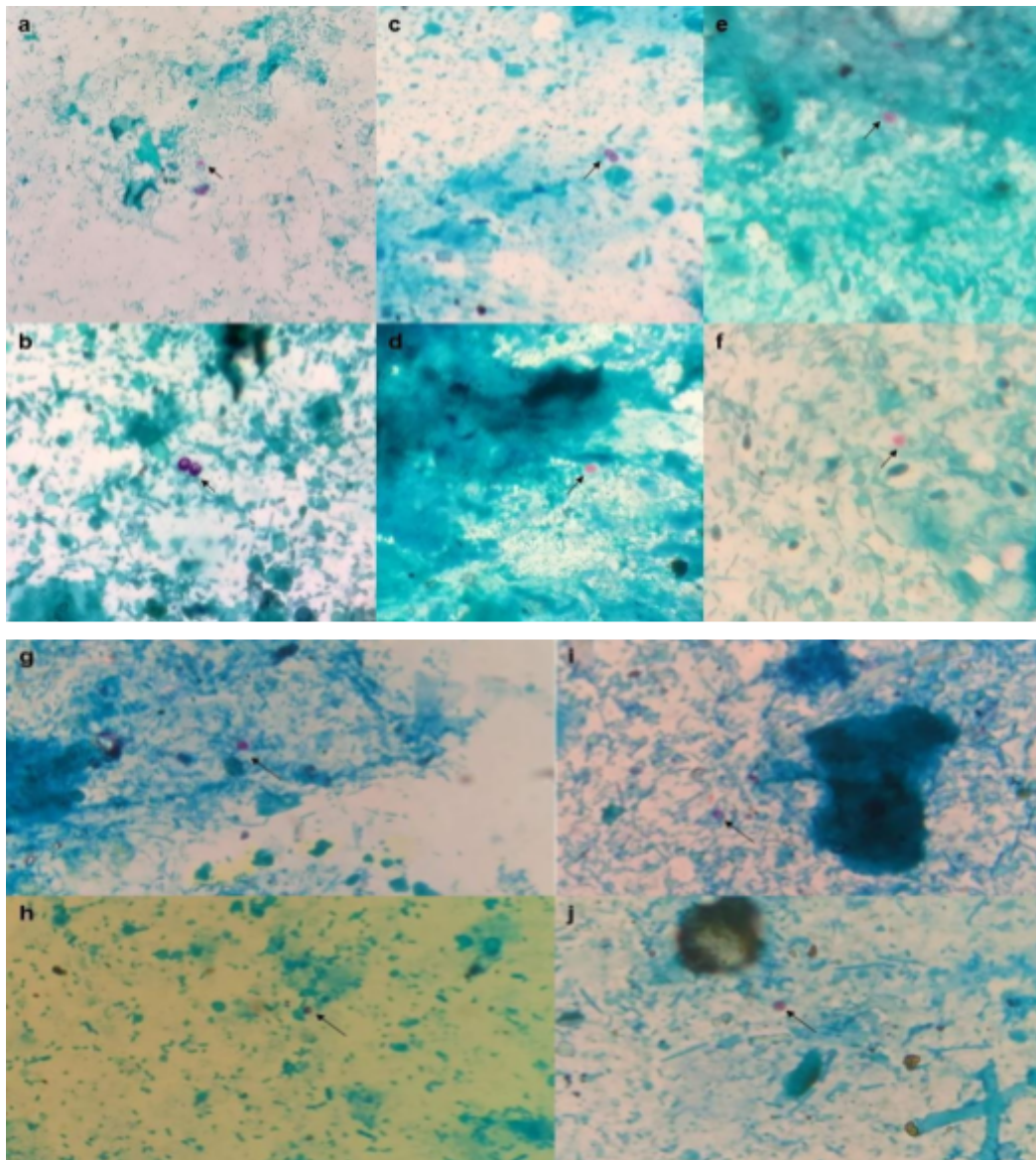
La recolección de muestras se llevó a cabo entre los meses de febrero y junio de 2021, obteniendo 53 muestras por punto de concentración poblacional de palomas *Columba livia* según el mapa de Distritos Alas (2019), para un total de 265 muestras de heces de estas aves. De cada una de las muestras se realizó extendido en lámina y posteriormente se tiñeron mediante el protocolo de la coloración de Ziehl Neelsen modificado. Todas las láminas fueron observadas por medio de microscopio óptico en objetivo de 100x, realizando un recorrido por toda la extensión de la muestra y obteniéndose los resultados descritos en la Tabla 3.

Área de recolección	Muestras positivas	Muestras negativas	Porcentaje de positividad (%)	Porcentaje de negatividad (%)
Teusaquillo	19	34	35,8%	64,2%
Las Nieves	17	36	32,1%	67,9%
Usaquén	11	42	20,8%	79,2%
Engativá	10	43	18,9%	81,1%
Suba	13	40	24,5%	75,5%

**Tabla 3.** Tabla de resultados. Resumen de los resultados obtenidos mediante la observación de las láminas, con el número total de extendidos positivos, negativos y el porcentaje que representa.

Los extendidos se consideran positivos cuando en todo el recorrido de la lámina se observó al menos una forma parasitaria correspondiente a ooquistes de *Cryptosporidium spp* (ooquistes esféricos u ovalados con coloración de rojo a rosado) con un tamaño aproximado de 3 a 6 um (Figura 8) y negativos cuando en todo el recorrido de la lámina no se observaron formas parasitarias correspondientes al protozoario.

En las láminas que se observaron formas parasitarias semejantes a ooquistes del parásito, no se observaban más de dos ooquistes por campo microscópico, por lo tanto, la observación total del extendido era importante para determinar la positividad de la muestra.



**Figura 7.** Fotografías de los diferentes ooquistes observados en los extendidos. **A y B** Muestras de Teusaquillo. **C y D** Muestras de Las Nieves. **E y F** Muestras de Suba. **G y H** Muestras de Usaquén. **I y J** Muestras de Engativa. Fuente: Elaboración propia.

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Área de recolección	Muestras positivas	Muestras negativas	$p \leq 0,05$
Teusaquillo	1,785714286	0,641025641	Si $X^2$ es $< 3,84$
Las Nieves	0,642857143	0,230769231	Si $X^2$ es $> 3,84^*$
Usaquén	0,642857143	0,230769231	
Engativá	1,142857143	0,41025641	
Suba	0,071428571	0,025641026	
TOTAL	4,285714286	1,538461538	$X^2$
			5,824175824

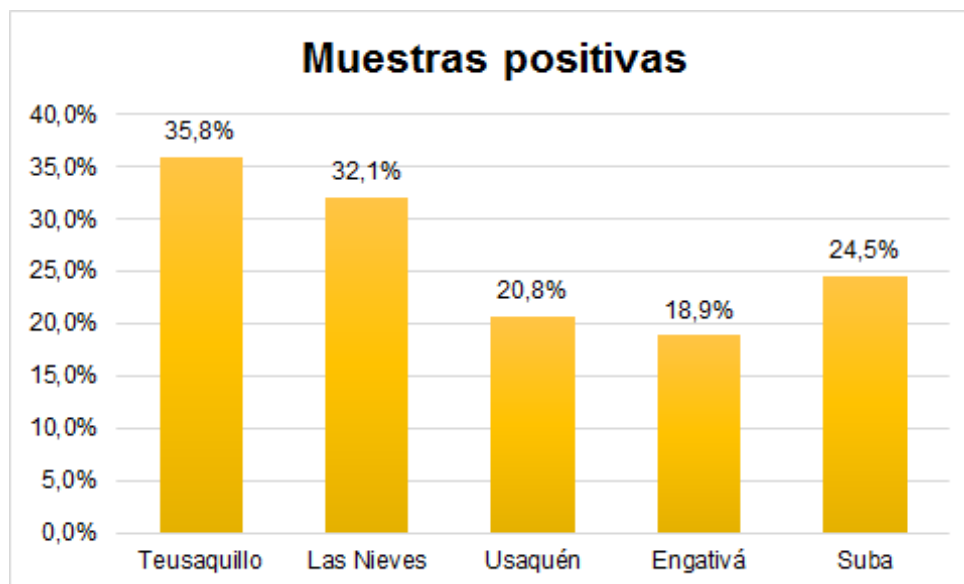
**Tabla 4.** Prueba de Chi cuadrado ( $X^2$ ). En la siguiente tabla se muestran los resultados de la recolección de muestras, comparando los datos observados con los datos esperados. Una vez se realizaron los respectivos cálculos (Anexo 1) se procedió a comparar el punto de corte límite estándar de  $X^2$  para  $p=0.05$  que corresponde a  $X^2= 3.84$ . Una vez realizado el valor  $X^2$  para este estudio, se obtuvo como resultado  $X^2 = 5.82$ . Los valores de  $X^2$  menores al punto de corte límite estándar se consideran no significativos, en cambio si el valor obtenido es mayor al punto de corte límite estándar, los resultados encontrados se consideran estadísticamente significativos. Los resultados obtenidos en este estudio, según la prueba de  $X^2$  se consideran estadísticamente significativos (\*).

Variabes	N	Mediana
Muestras positivas	5	13
Muestras negativas	5	40
<p>La estimación del punto para <math>\eta_1 - \eta_2</math> es -25,000  <b>96,3 es el porcentaje IC</b> para <math>\eta_1 - \eta_2</math> es (-31,999;-17,002)  <math>W = 15,0</math>                      Prueba de <math>\eta_1 = \eta_2</math> vs. <math>\eta_1 \neq \eta_2</math> es significativa en 0,0122</p>		

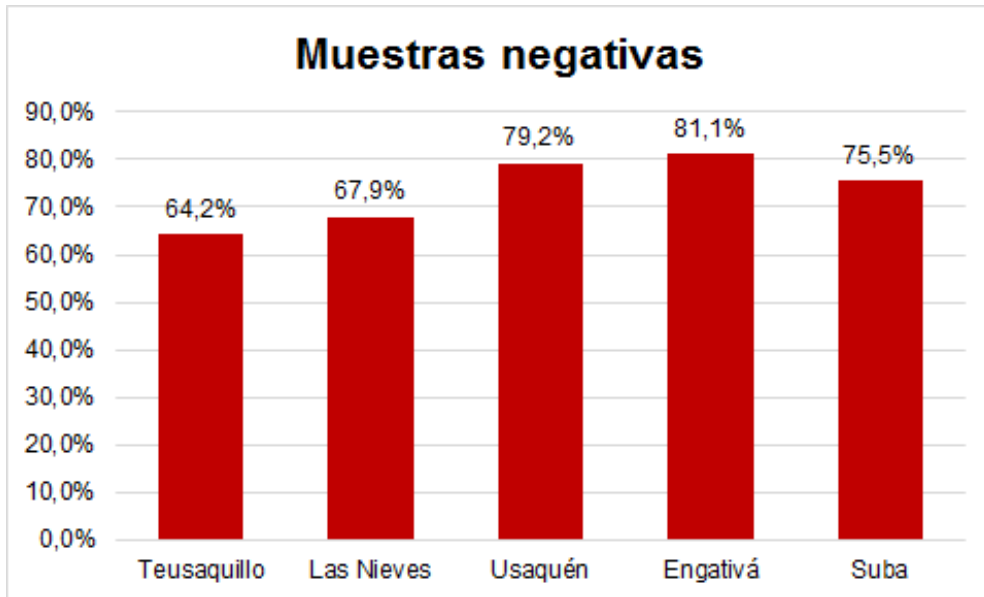
**Tabla 5.** Prueba U de Mann Withney. Se procedió a realizar la diferencia de los resultados obtenidos en este estudio. En primera instancia se dice que  $H_0 = n_1 = n_2$ ,



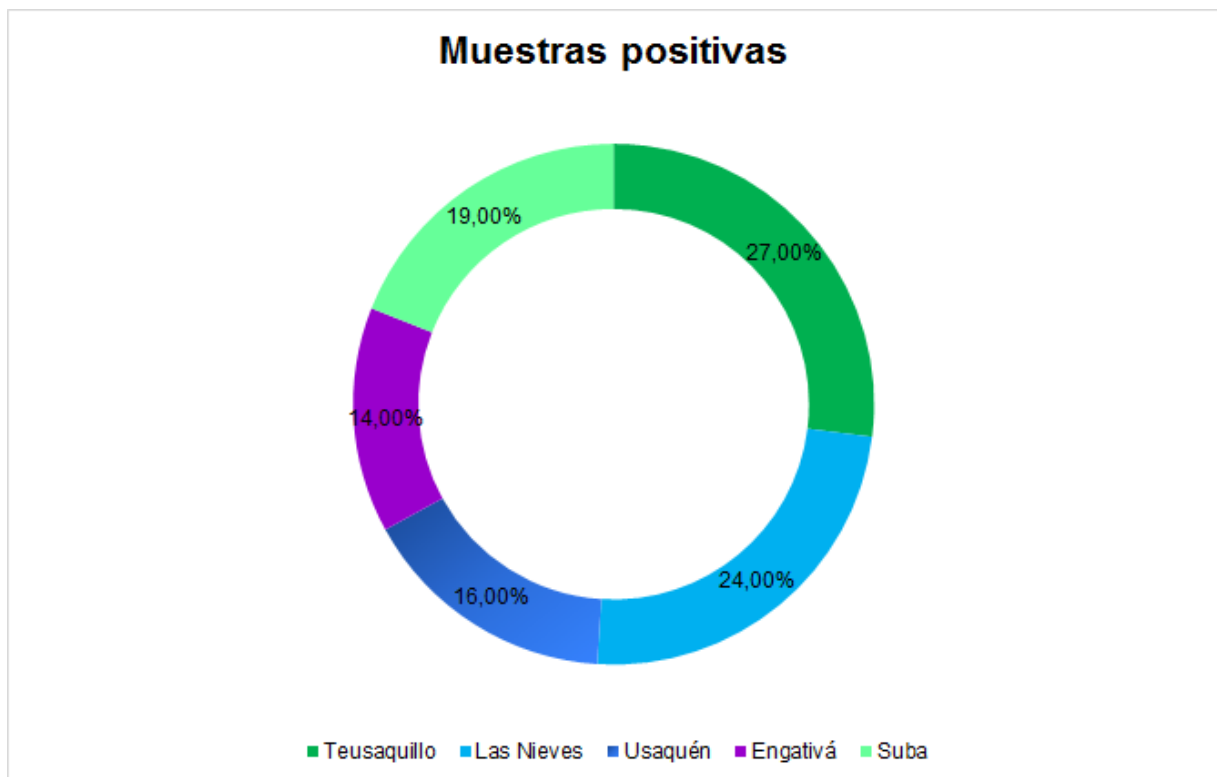
que traduce a que las medias de las variables estudiadas (Muestras negativas y muestras positivas) son idénticas y no poseen una diferencia significativa, en tanto  $H_1 = n_1 \neq n_2$ , lo que significa que las variables estudiadas poseen diferencias significativas y puede ser correlacionadas entre sí. La mediana de las Muestras positivas corresponde a  $Mo = 13$  y la mediana para las Muestras negativas fue de  $Mo = 40$ . Una vez identificados estos valores, la estimación de las diferencias ( $n_1 - n_2$ ) corresponde a  $-25$ , con un nivel de confianza de 96.3%. Finalmente se concluye que  $H_0$  vs  $H_1$  poseen diferencias significativas, teniendo en cuenta que el valor máximo de la diferencia se basa en el valor  $p = 0.05$  y el resultado obtenido en este análisis corresponde a 0.0122.



**Gráfica 1.** Distribución de muestras positivas. En esta gráfica se muestra la distribución de las muestras positivas por área de recolección. El área donde se recolectaron la mayor cantidad de muestras positivas fue Teusaquillo ( $n=19$ ) con un porcentaje de 35,8% seguido de Las nieves ( $n=17$ ) con un porcentaje de 32,1%. El área donde menos se encontraron muestras positivas fue Engativá ( $n=10$ ) con un porcentaje de 18,9%.

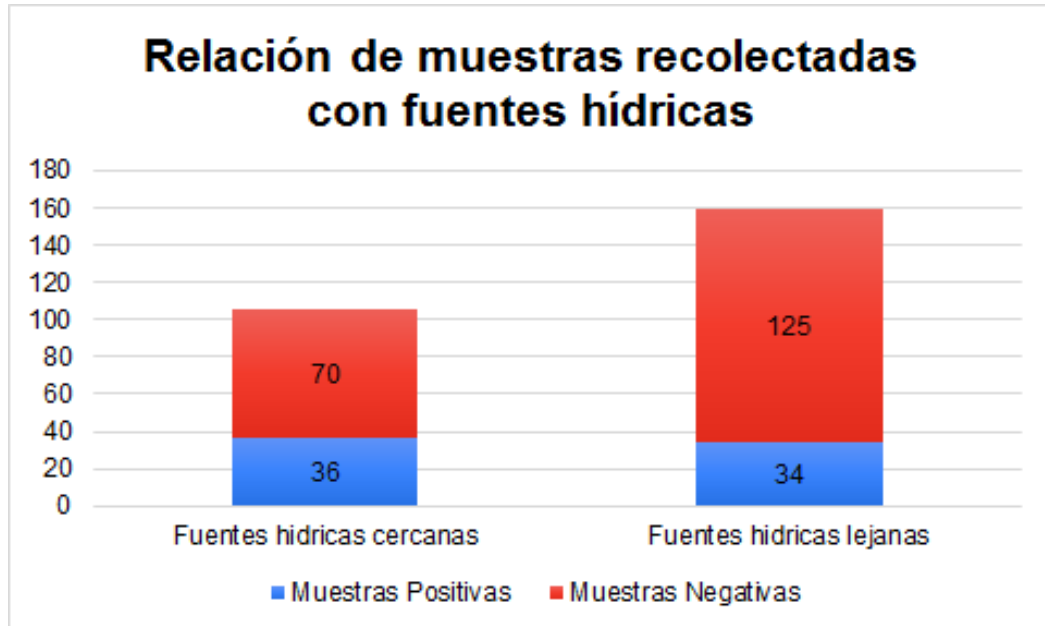


**Gráfica 2.** Distribución de muestras negativas. Esta gráfica muestra la distribución de muestras negativas en cada una de las áreas de recolección. El área con mayor número de muestras negativas fue Engativá (n=43) que corresponde al 81,1%.



**Gráfica 3.** Distribución del porcentaje de muestras positivas. En esta gráfica se muestra la distribución porcentual de las áreas con muestras positivas. Se destaca

el porcentaje de positividad de Teusaquillo (27%) que está directamente relacionado con el número de muestras positivas halladas en esta área.



**Gráfica 4.** Relación entre muestras positivas (azul) y negativas (rojo) con respecto a fuentes de agua cercanas al punto de recolección de las muestras. Las muestras recolectadas en la localidad de Teusaquillo estaban aledañas a un caño, igualmente las muestras recolectadas en Las Nieves la fuente hídrica cercana correspondía a la zona de eje ambiental en el centro de la ciudad. Las muestras de los otros puntos se recolectaron en zonas alejadas de afluentes. En este caso se busca la relación que hay entre la transmisión del parásito y las aguas, en este caso contaminadas, sucias y estancadas, como se puede evidenciar, el número de muestras positivas resultó ser mayor en estos dos puntos con respecto a los demás sitios.

## 7. DISCUSIÓN

En este estudio, la recolección y posterior observación microscópica de heces de palomas *Columba livia* permitió obtener un porcentaje de positividad general del 26,4% y por localidad : Teusaquillo (35,8%), Las Nieves (32%), Usaquén (20,7%), Engativá (18,8%) y Suba (24,5%). En comparación con otros estudios, *Koompapong et al*<sup>12</sup> obtuvieron 25% de positividad en muestras individuales agrupadas por sets

de 10 muestras de heces de palomas obtenidas en muelles cerca a fuentes de agua. En contraste *Abreu et al*<sup>7</sup> obtuvieron un porcentaje de positividad inferior (5,9%) con técnica de tinción y microscopía y *Oliveira*<sup>17</sup> et al obtuvieron 4% de positividad en una población de 100 ejemplares. No obstante se debe tener en cuenta las condiciones de vida de las palomas, que en este caso específico fueron obtenidas de criaderos, en contraposición al estudio realizado actualmente donde estas se encontraban en libertad. En los tres estudios mencionados anteriormente se destaca una menor población de estudio. A partir de los resultados obtenidos, se puede observar una presencia significativa de *Cryptosporidium* en Bogotá.

Se debe tener en cuenta que la ciudad de Bogotá no es ajena a la presencia de ooquistes de coccidios en afluentes, encontrándose según *Alarcón et al*<sup>48</sup> alrededor de 266,3 y 233,3 ooquistes en muestras obtenidas de cuencas altas del río Bogotá. Lo anterior pone de manifiesto la predisposición de infección en cercanía de fuentes de agua no tratadas, de esta manera se puede relacionar en los resultados la positividad de muestras obtenidas cercanas a fuentes hídricas y a su vez la estrecha relación entre las palomas y la presencia de fuentes de agua cercanas, haciendo énfasis en los sectores de Teusaquillo (38%) y Nieves (34%), en los cuales se encontró mayor cantidad de muestras con ooquistes de *Cryptosporidium* spp. Esta afirmación está basada en la cercanía que tienen estos sectores con los ríos Arzobispo y San Francisco respectivamente. Caso contrario ocurre en los otros 3 sectores (Usaquén, Suba y Engativá) donde no existía cercanía de fuentes hídricas, un claro ejemplo es el caso de Usaquén, donde la fuente hídrica más cercana se encontró a una distancia alrededor de 850 metros del punto de recolección y en donde los hallazgos de muestras positivas fueron inferiores en comparación con Teusaquillo y Las Nieves .

En cuanto al panorama en salud pública, en la infección por *Cryptosporidium*, se pueden encontrar susceptibles personas en habitabilidad de calle, ya que en ocasiones el refugio de estas personas se sitúa en caños o canales donde puedan obtener agua, en gran parte sin saneamiento adecuado. Según el último Boletín poblacional de Habitantes de calle del Ministerio de Salud y Protección Social<sup>49</sup> el

2.6% de habitantes de calle a nivel nacional, presentan problemas gastrointestinales crónicos y en Bogotá, estos porcentajes ascienden a 7.8%, un 2.0% de esta población presenta ITS dentro de las cuales gran parte corresponde a VIH. Los factores anteriormente mencionados son cruciales frente al desarrollo de enfermedad grave causada por la infección con *Cryptosporidium*. Sumado a lo anterior, se debe tener en cuenta que la población que habita en áreas de invasión como desplazados, inmigrantes, niños y ancianos se pueden ver afectados por la criptosporidiosis al entrar en contacto con agua contaminada.

Los factores de riesgo para contraer criptosporidiosis se dan en nichos con un saneamiento ambiental deficiente, sistemas públicos de agua potable contaminada y proximidad en las relaciones entre humanos y animales, el parásito se transmite y disemina por ingestión oral de alimentos y agua contaminados, especialmente donde la interacción humano-animal es estrecha, lo cual requiere una vigilancia epidemiológica de los alimentos, agua y depósitos fecales según *Chukwuma*<sup>50</sup>

Con respecto a las muestras que resultaron positivas, es importante mencionar que la mayoría de ellas tenían una consistencia líquida, verdosa y con presencia de moco y otras presentaban una apariencia marrón negruzca, esto, corresponde a heces de aves enfermas ya sea por infecciones bacterianas o parasitarias (en el caso de las heces verdosas) y en las marrones, indica la presencia de sangre por hemorragia en el aparato digestivo, daño hepático o presencia de coccidios según el *Aviario La Pinaeta*<sup>51</sup>. Esto explica el posible daño que causa el parásito en el intestino de su hospedero, en este caso la paloma. Las características de las heces positivas, corresponde a la sintomatología descrita por Rodríguez, F., et al<sup>42</sup> en 1997, cuando realizaron el reporte de criptosporidiosis en palomas *Columba livia* que presentaban diarrea, pérdida de peso, anemia y deshidratación.

## **8. CONCLUSIONES**

A partir de la investigación realizada, los factores identificados que influyen en la presencia de este parásito en las heces de estas aves está relacionado con sus condiciones de vida en la ciudad de Bogotá. Su convivencia con otros animales

callejeros las hace susceptibles a adquirir diferentes microorganismos, además, su alimentación la cual se basa en basura y restos de comida cruda, cocida y algunos insectos, facilitan la transmisión de diferentes estadios parasitarios, a esto se le suma la calidad de las fuentes hídricas a las que tienen acceso las aves, las cuales en su mayoría son cuerpos de agua contaminados como caños, agua depositada, etc.

La criptosporidiosis es una infección intestinal y en algunos casos pulmonar que en Colombia no es de reporte obligatorio al SIVIGILA (Cuando es hallado en muestras clínicas humanas) ni al ICA (cuando se identifica en animales), por ende no se tienen datos claros respecto al comportamiento de este evento en la ciudad de Bogotá, lo cual hace laborioso determinar o establecer el verdadero impacto generado por la criptosporidiosis en población vulnerable a la infección, sin embargo, la presencia de ooquistes en heces de animales que tienen contacto estrecho con los humanos, toma importancia en términos de Salud Pública por el posible hallazgo de este protozoo en fuentes hídricas. Además, la transmisión del parásito por medio de las heces de las palomas en ambientes próximos a los humanos tales como techos de casas, edificios y plazas. Por esta razón, el control poblacional de estas aves es crucial para disminuir el riesgo de transmisión de *Cryptosporidium* y otros microorganismos que puedan generar una verdadera emergencia en salud pública.

Según el análisis bibliográfico realizado, en la ciudad de Bogotá, no hay investigaciones relacionadas al estudio de este parásito en animales que poseen una estrecha relación con los humanos como lo son las palomas de la especie *Columba livia*. Con el fin de aportar conocimiento a esta brecha de información, se implementó el uso de la tinción de Ziehl Neelsen modificada y la observación microscópica, la cual permitió hallar ooquistes en las heces de palomas recolectadas en puntos de alta concentración poblacional de estas aves en la ciudad de Bogotá, con un porcentaje total de 26,4% muestras positivas de un total de 265 muestras recolectadas. A partir de lo anterior, la coloración de Ziehl Neelsen continúa siendo la técnica de elección para la identificación de coccidios por microscopía debido a su bajo costo y sencillez, además, los resultados obtenidos

permiten hacer una aproximación del comportamiento del parásito en estas aves, la posible transmisión zoonótica y contaminación de ambientes en común .

Finalmente, es importante ampliar la investigación realizada en este estudio con métodos de biología molecular con el fin de identificar especies de *Cryptosporidium* spp para evaluar el verdadero potencial zoonótico del parásito y los reservorios que tienen contacto estrecho con personas susceptibles a la infección.

## 9. RECOMENDACIONES

El estudio actual corrobora la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp en heces de palomas del género de *Columba livia*, no obstante es importante seguir investigando de manera rigurosa los factores predisponentes mencionados antes, entre estos la presencia del parásito en aguas no tratadas y alimentos regados con estas en la ciudad de Bogotá como por ejemplo las huertas urbanas y la presencia de ooquistes en heces de población con alto riesgo de contraer la infección.

Es pertinente realizar estudios en la poblaciones vulnerables y personas que tienen contacto estrecho con estas aves, con el fin de identificar cuales son las más propensas a contraer esta infección.

## 10. REFERENCIAS

1. Nina J, McDonald V, Ciervo R, Wright S, Dyson D, Chiodini P, et al. Comparative study of the antigenic composition of oocyst isolates of *Cryptosporidium parvum* from different hosts. *Parasite Immunology*. [Internet] 1992 [cited 27 march 2020]; 14 Available in: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.13653024.1992.tb00463.x?sid=nlm%3Apubmed>
2. Morgan U, Thompson R. PCR Detection of *Cryptosporidium*: The Way Forward? *Parasitology Today*. [Internet] 1998 [cited 27 march 2020]; 14 (6) Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17040768>
3. Xiao L, Morgan U, Limor J, Escalante A, Arrowood M, Shulaw W et al. Genetic Diversity within *Cryptosporidium parvum* and Related *Cryptosporidium* Species. *Applied and Environmental Microbiology* [Internet].

1999 [cited 31 oct 2020];65(8):3386-3391. Available from:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC91508/>

4. Appelbee A., Thompson R., Olson M. Giardia and Cryptosporidium in mammalian wildlife - Current status and future needs. Trends in Parasitology [Internet] 2005 [cited 27 march 2020]; 21 (8) Available in:  
<https://doi.org/10.1016/j.pt.2005.06.004>
5. González-Acuña D., Silva F., Moreno L., Donoso S., Cabello J., López J, et al. Detección de algunos agentes zoonóticos en la paloma doméstica (*Columba livia*) en la ciudad de Chillán, Chile. Revista Chilena de Infectología. [Internet] 2007 [citado 27 mar 2020]; 24 (3). Disponible en:  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-10182007000300004](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182007000300004)
6. Tzipori S., Widmer G. A hundred-year retrospective on cryptosporidiosis. Trends in Parasitology. [Internet] 2008 [cited 27 mar 2020]; 24 (4) Available in:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2716703/pdf/nihms128497.pdf>
7. Abreu N, Foronda P, Lopez M, Valladares B. Occurrence of *Cryptosporidium hominis* in pigeons (*Columba livia*). Acta Parasitológica; [Internet] 2009 [cited 28 mar 2020]; 54(1) Available in:  
<https://www.degruyter.com/view/journals/ap/54/1/article-p1.xml>
8. Rider S, Zhu G. *Cryptosporidium*: Genomic and Biochemical Features. Experimental parasitology. [Internet] 2010 [cited 31 oct 2020], 124(1). Available in:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2819285/pdf/nihms172746.pdf>
9. Bouzid M, Hunter P, Chalmers R, Tyler K. Cryptosporidium pathogenicity and virulence. Clinical Microbiology Reviews. [Internet] 2013 [citado 17 apr 2020]; 26 (1) Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3553671/>
10. Méndez M, Villamil C, Buitrago A, Soler-Tovar D. La paloma (*Columba livia*) en la transmisión de enfermedades de importancia en salud pública. Revista Ciencia Animal. [Internet] 2013 [citado 17 abr 2020] ; 6 Disponible en:  
[https://pure.urosario.edu.co/ws/portalfiles/portal/19065580/La\\_paloma\\_en\\_la\\_transmisi\\_n\\_de\\_enfermedades\\_de\\_importancia\\_en\\_salud\\_p\\_blica.pdf](https://pure.urosario.edu.co/ws/portalfiles/portal/19065580/La_paloma_en_la_transmisi_n_de_enfermedades_de_importancia_en_salud_p_blica.pdf)
11. Pérez JS. Estado actual de las zoonosis por *Cryptosporidium spp.* en el continente Americano. Universidad Javeriana. Trabajo de grado [Internet] 2013. [Citado 18 abr 2020] Disponible en:



<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/15441/PerezDuenasJennyStefany2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

12. Koompapong K, Mori H, Thammasonthijarern N, Prasertbun R, Pintong A, Popruk S et al. Molecular identification of *Cryptosporidium spp.* in seagulls, pigeons, dogs, and cats in Thailand. Parasite [Internet]. 2014 [cited 11 may 2020]; 21(52). Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4190471/>
13. Li J, Lin X, Zhang L, Qi N, Liao S, Lv M, et al. Molecular characterization of *Cryptosporidium spp.* in domestic pigeons (*Columba livia domestica*) in Guangdong Province, Southern China. Parasitol Res. [Internet] 2015 [cited 31 oct 2020] Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25773186/>
14. Pérez-García J, Monsalve-Arcila D, Márquez-Villegas C. Presencia de parásitos y enterobacterias en palomas ferales (*Columba livia*) en áreas urbanas en Envigado, Colombia. Revista Facultad Nacional de Salud Pública. [Internet] 2015 [cited 11 may 2020]; 33(3):370-376. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v33n3/v33n3a06.pdf>
15. Thompson A, Koha W, Clodeb P. *Cryptosporidium* — What is it? Food and Waterborne Parasitology [Internet] 2016 [cited 11 may 2020]; 4:54-61. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405676616300142>
16. Zahedi A, Papparini A, Jian F, Robertson I, Ryan U. Public health significance of zoonotic *Cryptosporidium* species in wildlife: Critical insights into better drinking water management. International Journal for Parasitology\_ Parasites and Wildlife. [Internet]. 2016 [cited 31 oct 2020]; 5: 88-109. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213224415300262>
17. Oliveira B, Ferrari E, da Cruz Panegossi M, Nakamura A, Corbucci F, Nagata W et al. Veterinary Parasitology [Internet]. 2017 [cited 11 may 2020]; 243:148-150. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304401717302911?via%3Dihub>
18. Organización Mundial de Sanidad Animal OIE. Manual de las Pruebas de Diagnóstico y de las Vacunas para los Animales Terrestres. Capítulo 3.9.5 de Criptosporidiosis. [Internet], 2018 [citado 19 abr 2020] Disponible en: [https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health\\_standards/tahm/1.01.02\\_Reco\\_gida\\_env%C3%ADo\\_muestras.pdf](https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/1.01.02_Reco_gida_env%C3%ADo_muestras.pdf)

19. Subdirección De Atención A La Fauna- SAF Subdirección De Cultura Ciudadana Y Gestión Del Conocimiento. Diagnóstico Para Determinar El Manejo Poblacional De Una Especie De Avifauna Invasiva En La Plaza De Bolívar En La Ciudad De Bogotá D.C. [Internet]. Bogotá D.C: Instituto Distrital De Protección Y Bienestar Animal; 2018 p. 93-97. Disponible en: [http://www.proteccionanimalbogota.gov.co/sites/default/files/imagenes/Diagnostico\\_clinico\\_biotico\\_2019.pdf](http://www.proteccionanimalbogota.gov.co/sites/default/files/imagenes/Diagnostico_clinico_biotico_2019.pdf)
20. Cazorla Perfetti D, Morales Moreno P. Parásitos intestinales en poblaciones ferales de palomas domésticas (*Columba livia domestica*) en Coro, estado Falcón, Venezuela. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú [Internet]. 2019 [citado 11 may 2020]; 30(2):836-847. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v30n2/a33v30n2.pdf>
21. Seixas M, Taroda A, Cardim S, Sasse J, Martins T, Martins F et al. First study of *Cryptosporidium* spp. occurrence in eared doves (*Zenaida auriculata*). Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária [Internet]. 2019 [cited 1 nov 2020]; 28(3):489-492. Available in: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-29612019000300489&tlng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-29612019000300489&tlng=en)
22. Villamizar, A Higuera, Herrera G, Vásquez- A L, Buitron L, Muñoz L, et al. Molecular and descriptive epidemiology of Intestinal protozoan parasites of children and their pets in Cauca, Colombia: a cross sectional study. BMC Infectious Diseases. [Internet]. 2019 [citado 31 oct 2020]; 19-190. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30808303/>
23. Chappell C, Okhuysen P, Langer-Curry R, Akiyoshi D, Widmer G, Tzipori S. *Cryptosporidium meleagridis*: Infectivity in Healthy Adult Volunteers. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. [Internet] 2011 [cited 28 mar 2020]; 85 (2) Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3144819/pdf/tropmed85238.pdf>
24. Luján N, Garbossa G. *Cryptosporidium*: 100 años después. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. [Internet] 2008 [Citado 10 mar 2021] 42 (2): 195 - 201. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/535/53542204.pdf>
25. Mercado R, Buck G, Manque P, Ozaki L. *Cryptosporidium hominis* Infection of the Human Respiratory Tract. Emerging Infectious Diseases. [Internet] 2007 [cited 28 march 2020]; 13 (3) Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2725888/pdf/06-0394.pdf>

26. Xiao L. Overview of *Cryptosporidium* presentations at the 10th international workshops on opportunistic protists. Eukaryotic Cell. [Internet] 2009 [cited 28 mar 2020]; 8 (4) Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2669211/pdf/0295-08.pdf>
27. Bayona, R., Avendaño, V. and Amaya, M., Epidemiologic Characterization Of Cryptosporidiosis In Infant Population At The Sabana Centro (Cundinamarca. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient*, [Internet] 2011 [cited 6 March 2020] 14(1), pp.7-13. Available in: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n1/v14n1a02.pdf>.
28. Instituto Nacional de Salud. Boletín Epidemiológico Semanal. [Internet]. 2019 [citado 09 oct 2020]. Disponible en: [https://www.ins.gov.co/buscadoreventos/BoletinEpidemiologico/2019\\_Boletin\\_epidemiologico\\_semana\\_47.pdf](https://www.ins.gov.co/buscadoreventos/BoletinEpidemiologico/2019_Boletin_epidemiologico_semana_47.pdf)
29. Castellanos-González A, Martínez-Traverso G, Fishbeck K, Nava S, White AC. Systematic gene silencing identified *Cryptosporidium* nucleoside diphosphate kinase and other molecules as targets for suppression of parasite proliferation in human intestinal cells. Scientific Reports [Internet]. 2019 [cited 18 may 2020]; 9(1). Available in: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-48544->
30. Tandel J, English E, Sateriale A, Gullicksrud J, Beiting D, Sullivan M et al. Life cycle progression and sexual development of the apicomplexan parasite *Cryptosporidium parvum*. Nature Microbiology [Internet]. 2019 [cited 18 may 2020]; 4(12):2226-2236 Available in: <https://www.nature.com/articles/s41564019-0539-x>
31. Chacín-Bonilla L. *Cryptosporidium*: Filogenia Y Taxonomía. Investigación clínica. [Internet] 2007 [cited 16 october 2020]; 48 (1) Available <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1360at>: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=372937666011>
32. Pantenburg B, Dann S, Wang H, Robinson P, Castellanos-Gonzalez A, Lewis D, et al. Intestinal Immune Response to Human *Cryptosporidium* sp. Infection. *INFECTION AND IMMUNITY*. [Internet]. 2008 [cited jul 2020] 76 (1): 23-9. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17967863/>
33. Public Health Lacounty [Internet]. CDC: Cryptosporidiosis Life Cycle.; 2009 May 06 [cited 2021 Jun 16]; Available from: <http://publichealth.lacounty.gov/acd/docs/CryptosporidiosisLifeCycle.pdf>

34. Lendner M, Dauschies A. *Cryptosporidium* infections: molecular advances. *Parasitology*. [Internet] 2014 [Cited 21 april 2021]; 141(11):1511-1532. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24679517/>
35. Certad G, Viscogliosi E, Chabé M, Cacció S. Pathogenic Mechanisms of *Cryptosporidium* and *Giardia*. *Trends in Parasitology*. [Internet]. 2017 [cited jul 2020].33(7):561-576. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28336217/>
36. Gerace E, Lo Presti V, Biondo C. *Cryptosporidium* Infection: Epidemiology, Pathogenesis, and Differential Diagnosis. *European Journal of Microbiology and Immunology*. [Internet]. 2019 [cited jul 2020] 9(2019)4;119–123. Available in:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6945992/pdf/eujmi-09119.pdf>
37. Khurana S, Chaudhary P. Laboratory diagnosis of cryptosporidiosis. *Tropical Parasitology* [Internet] 2018 [cited 11 may 2020]; 8(1):2. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5991046>
38. Abdel S, Sarhan R, Hanafy M. The Impact of Different Copro-preservation Conditions on Molecular Detection of *Cryptosporidium* Species. *Iran J Parasitol*. [Internet] 2017 [cited 30 oct 2020] 12: 274-286. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5527039/pdf/IJPA12-274.pdf>
39. Gómez de Silva H, Oliveras de Ita A, Medellín R. *Columba livia*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. [Internet] 2005 [citado 24 Abril 2020]; 1-6. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/fichaexoticas/Columbalivia00.pdf>
40. Rico G. Fauna exótica e invasora en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. [Internet] 2010 [citado 24 abr 2020]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31181/10-049.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
41. Nakamura A, Vasconcelos M. *Cryptosporidium* infections in birds - a review. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. [Internet] 2015 [Cited 13 feb 2021]; 24 (3). Available in: <https://www.scielo.br/pdf/rbpv/v24n3/19842961rbpv-24-3-253.pdf>
42. Rodríguez F, Orós J, Rodríguez L, González J, Castro P y Fernández A. Intestinal Cryptosporidiosis in Pigeons (*Columba livia*). *Avian Diseases*

[Internet] 1997 [cited 17 mar 2021]; 41: 748 - 750. Available in: [https://www.jstor.org/stable/1592171?seq=3#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/1592171?seq=3#metadata_info_tab_contents)

43. Zúñiga Mendizabal E, León Córdova D, Falcón Pérez N. Plagas Urbanas: Las palomas y su impacto sobre el ambiente y la salud pública. Revista de Ciencias Veterinarias [Internet]. 2017 [citado 11 may 2020]; 33(1):5-12. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/323277094\\_Plagas\\_Urbanas\\_Las\\_palomas\\_y\\_su\\_impacto\\_sobre\\_el\\_ambiente\\_y\\_la\\_salud\\_publica](https://www.researchgate.net/publication/323277094_Plagas_Urbanas_Las_palomas_y_su_impacto_sobre_el_ambiente_y_la_salud_publica)
44. Hernández N, Hernández F, Cortés J. Criptosporidiosis y “Una Salud”. Revista de Salud Pública. [Internet] 2018 [cited 20 april 2021] 20 (1): 138143. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-0064201800100138](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-0064201800100138)
45. Innes A, Chalmers M, Wells B, Pawlowic M. A One Health Approach to Tackle Cryptosporidiosis. Trends In Parasitology. [Internet] 2020 [cited 20 april 2021]; 36 (3), 290-303. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7106497/>
46. Instituto de Protección y Bienestar Animal. Mapa de concentración y densidad de palomas de plaza para el distrito capital. Distrito Alas [Internet] 2019 [Citado 30 agosto 2020] Disponible en: <http://www.proteccionanimalbogota.gov.co/galeria/distrito-alas>
47. Organización Mundial de Sanidad Animal OIE. Manual de las Pruebas de Diagnóstico de las Vacunas para los Animales Terrestres. Capítulo 1.1.2 de Recogida, Presentación y Almacenamiento de Muestras para el Diagnóstico. [Internet], 2018 [citado 19 abr 2020] Disponible en: [https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health\\_standards/tahm/3.09.04\\_CRYPTOPROTO.pdf](https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/3.09.04_CRYPTOPROTO.pdf)
48. Alarcón M, Beltrán M, Cárdenas M, Campos M. Recuento y determinación de viabilidad de Giardia spp. y Cryptosporidium spp. en aguas potables y residuales en la cuenca alta del río Bogotá. Revista Biomédica Instituto Nacional de Salud. [Internet]. 2005 [cited aug 2020]. Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1360>
49. Ministerio de Salud y Protección Social. Boletines Poblacionales: Personas Habitantes de Calle. [Internet]. 2020 [citado 1 sep 2021]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/boletines-poblacionales-habitante-calle.pdf>

50. Chukwuma C. Cryptosporidium: Public Health Problems and Environmental Indicators. Austin Medical Sciences [Internet] 2019 [cited 31 august 2021] 4 (2). Available in:  
[https://www.researchgate.net/publication/337647219\\_Cryptosporidium\\_Public\\_Health\\_Problems\\_and\\_Environmental\\_Indicators](https://www.researchgate.net/publication/337647219_Cryptosporidium_Public_Health_Problems_and_Environmental_Indicators)
51. Aviario La Pinaeta - Mundo de aves. DISTINGUIR HECES ¿PÁJARO ENFERMO O SANO? Todo lo que necesitas saber [Video en internet] YouTube. 2019. [Citado 1 sep 2021] Disponible en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=1p2gnh48tNg>

## 11. ANEXOS

**Anexo 1.** Procedimiento de cálculo para Chi cuadrado ( $X^2$ )

Área de recolección	Muestras positivas	Muestras negativas	TOTAL
Teusaquillo	19	34	53
Las Nieves	17	36	53
Usaquén	11	42	53
Engativá	10	43	53
Suba	13	40	53
TOTAL	70	195	265
Total de la variable/Total muestras recolectadas	0,264150943	0,735849057	

Área de recolección	Muestras positivas	Muestras negativas	TOTAL
Teusaquillo	14	39	53
Las Nieves	14	39	53
Usaquén	14	39	53
Engativá	14	39	53
Suba	14	39	53
TOTAL	70	195	265

Área de recolección	Muestras positivas	Muestras negativas	$p \leq 0,05$
Teusaquillo	1,785714286	0,641025641	Si $X^2$ es $< 3,84$
Las Nieves	0,642857143	0,230769231	Si $X^2$ es $> 3,84^*$
Usaquén	0,642857143	0,230769231	
Engativá	1,142857143	0,41025641	
Suba	0,071428571	0,025641026	
TOTAL	4,285714286	1,538461538	$X^2$
Suma de los resultados obtenidos			5,824175824

## Anexo 2. Tabla de Muestras

MUESTRA	TEUSAQUILLO	LAS NIEVES	USAQUEN	ENGATIVA	SUBA
	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
1	-	-	+	-	-
2	-	-	-	-	+
3	-	-	-	+	+
4	+	+	-	-	-
5	-	+	-	-	-
6	+	+	+	-	-
7	-	-	+	-	-
8	+	+	+	-	-
9	+	-	-	-	-
10	+	+	-	+	-
11	-	+	+	+	-
12	-	-	-	-	-
13	-	+	-	-	+
14	+	-	+	-	+
15	-	-	-	+	-
16	+	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-
18	+	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
21	-	+	+	-	-
22	-	+	-	+	-
23	-	-	-	+	+
24	-	-	-	-	-
25	-	+	-	-	+
26	+	+	-	-	+
27	+	-	-	-	+
28	+	+	-	-	+
29	+	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-
32	+	-	-	-	-
33	-	+	-	-	-
34	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-
36	-	-	-	-	-
37	-	-	-	-	-
38	+	+	-	-	-
39	-	-	+	-	-
40	-	+	+	-	+
41	-	-	+	+	-
42	-	-	-	-	-
43	+	-	-	+	-
44	-	-	-	-	-
45	+	-	-	+	+
46	-	-	-	+	-
47	-	+	-	-	-
48	+	+	+	-	+
49	+	-	-	-	-
50	+	-	-	-	+
51	-	-	-	-	-
52	-	-	-	-	-
53	-	-	-	-	-