UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Cryptococcus neoformans EN POBLACIONES DE COLÚMBIDOS EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN – COLOMBIA, Y RIESGOS ZOONÓTICOS ASOCIADOS

Víctor Manuel Vélez Bedoya

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá, Colombia
2022

Cryptococcus neoformans EN POBLACIONES DE COLÚMBIDOS EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN – COLOMBIA, Y RIESGOS ZOONÓTICOS ASOCIADOS

Víctor Manuel Vélez Bedoya

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencias

Director (a):

Claudia Isabel Brieva Rico

Médico Veterinario Universidad Nacional de Colombia

Línea de Investigación:

Línea Manejo y Conservación de la Vida Silvestre

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2022

La historia de vida de toda persona está marcada por diferentes situaciones que ayudan a formar el carácter que lo distingue de manera individual y particular, en mi caso todo lo que sé y soy se lo debo a mi Madre; una matrona antioqueña que nos blindo de las presiones sociales que se dieron en Medellín durante épocas duras de violencia y narcotráfico, manteniéndonos distanciados de muchas situaciones con su amor, paciencia, buenos ejemplos y motivación, para que a pesar de su formación hasta quinto de primaria y percibir un salario mínimo, se dedicó a adelantarnos y darnos la herencia, fortaleciéndonos con la riqueza del estudio para atesorar conocimientos, que nos han llevado a ser personas con criterio, ética e identidad profesional, a ella, mi más sincera y amorosa dedicación por mis logros alcanzados.

Declaración de obra original

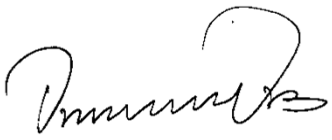
Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Víctor Manuel Vélez Bedoya

Fecha 7/03/2022

Fecha

Agradecimientos

El desarrollo del presente trabajo se llevó a cabo con la colaboración y paciencia de personas del Instituto Colombiano de Medicina Tropical, la colaboración permanente de mi directora de tesis la doctora Claudia Isabel Brieva Rico y la motivación de mi compañera de vida la médica veterinaria Paola Buitrago Pérez, quienes siempre me motivaron a no desfallecer en el intento, para salvar los muchos obstáculos que se dan en este tipo de trabajos, tendiente a optar por este importante distinción de ser Magister en Ciencias; a ellos mis más sinceros agradecimientos.

Resumen

Cryptococcus neoformans EN POBLACIONES DE COLÚMBIDOS EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN – COLOMBIA, Y RIESGOS ZOONÓTICOS ASOCIADOS

En la actualidad, existe una problemática generada por el aumento de la densidad poblacional de la paloma doméstica o de Castilla (*Columba livia*), especie introducida desde hace muchos años en América, la cual, por sus características físicas y comportamentales genera simpatía en las poblaciones humanas, que en muchas ocasiones suministran alimento y refugio para las palomas. Las principales ciudades de Colombia son un foco importante para la proliferación de la especie, debido a las características de su infraestructura, ya que se asemeja a las zonas habitadas por estas en el ambiente natural (acantilados rocosos), factor que ha influido en su establecimiento y su proliferación. La zona urbana del municipio de Medellín no es ajena a esta problemática, pues las personas han creado palomeras y se han gestionado suministros a través de la administración municipal para velar por su alimentación, desconociendo que esta especie ha sido referenciada como transmisora potencial de microorganismos como virus, bacterias y hongos, dentro de los que está el *Cryptococcus neoformans*, hongo levaduriforme encapsulado que se puede encontrar en sus heces y es el causante de la enfermedad zoonótica denominada criptococosis, que se manifiesta con inflamación de tejidos blandos, principalmente del sistema nervioso central en personas con sistema inmune comprometido. Este estudio se enfocó en el estudio de la presencia del hongo en las poblaciones de palomas mediante el muestreo de los acúmulos de sus heces, ya que ese es el medio propicio para el crecimiento del hongo; se pensó inicialmente en estudiar otras poblaciones de colúmbidos que habitan la ciudad, como *Columbina talpacoti y Zenaida auriculata*, pero se encontró que estas no generan acúmulos de excretas por sus números reducidos y su ecología, por lo que se excluyeron de la investigación. De acuerdo

con lo anterior, se determinó la presencia del microorganismo en los hábitats urbanos usados por las poblaciones de *C. livia*, para lo cual se visitaron 75 estaciones distribuidas en 14 comunas de la ciudad de Medellín, en las que se tomaron 75 muestras de sus heces. Como resultado, 4 fueron positivas para la presencia de *C. neoformans*; estas se registraron en las comunas: 3 (Plaza Campo Valdés), 4 (Iglesia San Cayetano), 11 (Universidad Pontificia Bolivariana) y 16 (Unidad deportiva Belén), permitiendo determinar las zonas que representan un posible riesgo ambiental, por lo que es pertinente establecer medidas de manejo y control poblacional para las palomas de Castilla, y así minimizar los factores de riesgo ambiental que puedan afectar la salud humana y la estabilidad ecológica de este ecosistema urbano.

Palabras clave: Criptococosis, *Columba livia,* medidas de manejo, riesgo ambiental.

Abstract

Cryptococcus neoformans IN POPULATIONS OF COLUMBIDS IN THE MUNICIPALITY OF MEDELLÍN – COLOMBIA, AND ASSOCIATED ZOONOTIC RISKS

At present, there is a problem generated by the increase in the population density of the domestic pigeon or Castilla pigeon (*Columba livia*), a species introduced for many years in America, which, due to its physical and behavioral characteristics, generates sympathy in the human populations, which often provide food and shelter for pigeons. The main cities of Colombia are an important focus for the proliferation of the species, due to the characteristics of its infrastructure, since it resembles the areas inhabited by them in the natural environment (rocky cliffs), a factor that has influenced its establishment and its proliferation. The urban area of the municipality of Medellín is no stranger to this problem, since people have created pigeon houses and supplies have been managed through the municipal administration to ensure their diet, unaware that this species has been referenced as a potential transmitter of microorganisms such as viruses, bacteria and fungi, including *Cryptococcus neoformans*, an encapsulated yeast-like fungus that can be found in their feces and is the cause of the zoonotic disease called cryptococcosis, which manifests with inflammation of soft tissues, mainly of the central nervous system in people with compromised immune systems. This study focused on the study of the presence of the fungus in the populations of pigeons by sampling the accumulations of their feces, since this is the favorable environment for the growth of the fungus; Initially, it was thought of studying other populations of columbids that inhabit the city, such as *Columbina talpacoti* and *Zenaida auriculata*, but it was found that these do not generate excreta accumulations due to their reduced numbers and their ecology, so they were excluded from the research. According to the above, the presence of the microorganism in the urban habitats used by the populations of *C. livia* was determined, for which 75 stations distributed in 14 communes of the city of Medellín were visited, in which 75 samples of stool were taken. As a result, 4 were positive for the presence of *C. neoformans*; these were registered in the communes: 3 (Plaza Campo Valdés), 4 (San Cayetano Church), 11 (Universidad Pontificia Bolivariana)

and 16 (Belén Sports Unit), allowing to determine the areas that represent a possible environmental risk, so it is It is pertinent to establish population management and control measures for Castilian pigeons, and thus minimize environmental risk factors that may affect human health and the ecological stability of this urban ecosystem.
Keywords: Criptococosis, Columba livia, Measures management, Environmental risk.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **VII**

Lista de figuras ..... **XIII**

Lista de tablas ..... **XIV**

Introducción **15**

Justificación **20**

1. Objetivos **23**
1.1. Objetivo general: 23
1.2. Objetivos específicos 23

2. Marco teórico **25**
2.1. Generalidades de *Columba livia* 25
2.2. *Columba livia* como especie introducida 26
2.3. Zoonosis y criptococosis 27
2.4. Repercusiones de la interacción del hombre y la paloma doméstica 29
2.5. Riesgo epidemiológico y riesgo ambiental 31

3. Materiales y métodos **35**
3.1. Área de Estudio 35
3.2. Diagnóstico de la presencia de *Cryptococcus neoformans* en las excretas de poblaciones de *Columba livia*. 37
3.2.1. Fase de campo 37
3.2.2. Fase de Laboratorio 39
3.2.3. Análisis de los datos 41
3.3. Análisis del riesgo ambiental 41
3.3.1. Determinacion del riesgo Ambiental 41
3.3.2. Zonificación de riesgo ambiental 44
3.3.3. Medidas de contingencia 44

4. Resultados **45**
4.1. Diagnóstico de la presencia de *Cryptococcus neoformans* en las excretas de poblaciones de *Columba livia* 45
4.2. Analisis del riesgo ambiental 45
4.2.1. Determinación del riesgo ambiental 45
4.2.2. Zonificación del riesgo ambiental 451

4.3. Medidas de contingencia 452

5. Discusión 53
5.1. Presencia del hongo 53
5.2. Determinación del riesgo ambiental 45
5.3. Zonificación de riesgo zoonótico 56
5.4. Medidas para la administración y definición del plan de contingencia 57

6. Conclusiones y recomendaciones 65
6.1. Conclusiones 65
6.2. Recomendaciones 66

7. Bibliografía 67

Lista de figuras

Pág.

Figura 1. Distribución de la ciudad de Medellín por comunas 36
Figura 2. Palomeras observadas durante la realización de los muestreos..... 38
Figura 3. Muestra de heces de *C. livia* colectada y llevada al laboratorio para su posterior procesamiento..... 39
Figura 4. Procesamiento de las muestras de heces de *C. livia* colectadas 40
Figura 5. Agar semilla (A) y agar de Sabouraud dextrosa con cloranfenicol listos para la respectiva siembra de las muestras (Izquierda). Siembra de posibles colonias de *C. neoformans* en agar de Sabouraud con cloranfenicol (Derecha). 41
Figura 6. Colonias creciendo de *C. neoformans* en agar de Sabouraud dextrosa con cloranfenicol 48
Figura 7. Zonas de riesgo ambiental identificadas por la presencia de *C. neoformans* .. 52

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Distribución de los barrios de la ciudad de Medellín por comunas 36
Tabla 2. Rangos de estimación probabilística para determinar la exposición a la amenaza ambiental de *Cryptococo neoformans* 42
Tabla 3. Rangos utilizados para determinar los límites de los entornos 42
Tabla 4. Rangos utilizados para la valoración de consecuencias en el entorno natural .. 42
Tabla 5. Rangos utilizados para la valoración de los escenarios identificados con positividad en el muestreo 43
Tabla 6. Estimación del riesgo ambiental de doble entrada para la evaluación final del orden zoonótico 43
Tabla 7. Muestras con resultados positivos y negativos para la presencia de *C. neoformans* 46
Tabla 8. Prevalencia de *C. neoformans* en el área de estudio (prueba Chi-cuadrado).... 48
Tabla 9. Rangos de estimación probabilística para los 4 sitios 49
Tabla 10. Rangos de los límites de los entornos (Iglesia San Cayetano, Plaza Campo Valdés y Unidad Deportiva Belén)..... 49
Tabla 11. Rangos de los límites de los entornos (Universidad Pontificia Bolivariana): 49
Tabla 12. Valoración de consecuencias en el entorno (Plaza Campo Valdés y Unidad Deportiva Belén, Universidad Pontificia Bolivariana): 49
Tabla 13. Valoración de consecuencias en el entorno (Iglesia San Cayetano) 50
Tabla 14. Evaluación del riesgo ambiental, Iglesia San Cayetano, Plaza Campo Valdés, Unidad Deportiva Belén 51
Tabla 15. Evaluación del riesgo ambiental, Universidad Pontificia Bolivariana 51

Introducción

Se consideran zoonosis a aquellas enfermedades cuyo patógeno tiene como reservorio a animales de vida silvestre, generalmente asintomáticos, el cuál es transmitido de forma directa a los humanos o en su defecto a través de animales domésticos que pueden transmitirlo a las personas (Cabello & Cabello, 2008). Este grupo está representado por aproximadamente 200 enfermedades, de las cuales la mayoría ha generado emergencias en diferentes países, haciendo necesarias acciones de contención para evitar su propagación y eventuales brotes a nivel global (Reyes, et al., 2011). Factores asociados al cambio climático, la desaparición de hábitats, la fragmentación de bosques, la expansión de las ciudades, el comercio y consumo de fauna silvestre, entre otros, influyen en el incremento y propagación de las zoonosis, a tal punto que en los últimos años ha aumentado la emergencia de patógenos de este tipo, por lo tanto, ha subido la incidencia de dichas enfermedades, así como la reemergencia de patógenos anteriormente controlados (Reyes, et al., 2011). Un ejemplo de esto es el virus animal SARS-CoV-2, que causa la enfermedad COVID-19 y genera afecciones respiratorias, cuya transmisión inició en la ciudad de Wuhan (China) y ha causado la actual pandemia, poniendo al mundo en emergencia sanitaria, representando un gran reto tanto para los sistemas de vigilancia epidemiológica como para los centros de atención en salud y la sociedad en general (Velavan & Meyer, 2020), la cual ha tenido repercusiones directas en todos los ámbitos del desarrollo como son el económico, social, ambiental y poblacional (Villarroel, 2020).

Otra zoonosis que puede facetar principalmente a seres humanos que presentan algún grado de depresión del sistema inmunitario es la criptococosis. La criptococosis es una enfermedad adquirida mediante la inhalación de los propágulos infecciosos del hongo levaduriforme *Cryptococcus neoformans*, el cual presenta dos especies y dos variedades: *C. neoformans* variedad grubii, serotipo A, *C. neoformans* variedad neoformans, serotipo D y el híbrido AD, y *C. gattii*, serotipos B y C (Tello *et al*, 2013). En humanos, esta enfermedad es usualmente de carácter crónico; manifestándose como meningitis o

meningoencefalitis, con síntomas iniciales de malestar e infección pulmonar, así como dolor de pecho, tos, fiebre y flemas con sangre (proveniente de la nariz, la cavidad nasal, la boca, la garganta o la laringe), seguidos por afecciones como dolor de cabeza, rigidez del cuello y molestias en la visión como lo menciona (Gaskin et al., 2001).

La variedad neoformans se asocia principalmente con excretas de palomas (incluyendo la paloma doméstica), así como con loros y canarios; mientras que la variedad gattii prevalece en regiones tropicales y subtropicales como Brasil, Australia, México, Colombia y California, presentando relación con especies diversas de eucaliptos (*E. camaldulensis, E. tereticornis, E. gomphocephala*), por su parte, la variedad grubii proviene del serotipo A perteneciente a la variedad neoformans (Curo et al., 2005).

La paloma doméstica (*Columba livia*) está extensamente distribuida; su gran éxito adaptativo ha generado grandes poblaciones que generalmente están asociadas a centros urbanos. La preferencia de estas aves por techos, cornisas y cúpulas de casas e iglesias, parques y áreas públicas, las hacen fácilmente identificables por los ciudadanos. Es considerada como una de las aves urbanas más nocivas, pues, además de la destrucción de la infraestructura de las ciudades (Mathews, 2005), los individuos de esta especie son transmisores y reservorios de agentes patógenos de orden zoonótico de impacto considerable para el ser humano (Miranda, 2006). La paloma doméstica, por sus hábitos alimenticios y su preferencia por el consumo de granos que favorecen una elevada motilidad gastrointestinal, produce altos volúmenes de excremento, que eliminan tanto en fase de reposo como en vuelo, acarreando contaminación por olores y deterioro de estructuras por la condición ácida de esta sustancia y su acumulación en áreas de poca accesibilidad (Bonnefoy et al., 2008).

Estas aves tienen una simbología dentro de nuestra cultura, lo que motiva a la población local a protegerlas y alimentarlas. Los pobladores de las ciudades se encuentran divididos sobre si consideran a esta especie una plaga o un animal ornamental, lo que ha causado conflicto entre los habitantes, especialmente en las zonas aledañas a los parques, donde algunas personas construyen y adecuan palomeras, y otras incluso han llegado a hacer envenenamientos masivos de estos colúmbidos (Conto, 2019). En los últimos años, su relación con el ser humano ha permitido un considerable aumento en el tamaño de las poblaciones que habitan en las ciudades, pues se les ha facilitado refugio de los

depredadores y abundante alimento, lo que ha generado un problema de sobrepoblación (Méndez et al., 2013).

El potencial riesgo zoonótico que representan las poblaciones de colúmbidos puede ser preocupante por el contacto que tienen con la población humana, pero se considera hasta el momento que las palomas domésticas, como tales, no son un riesgo mayor para la salud humana y no son el origen específico de enfermedad para el hombre (Toro, 2000). Sin embargo, hay muchos reportes de caso donde se demuestra que este tipo de poblaciones han transmitido virus, bacterias y parásitos al humano, y posiblemente han ocasionado la muerte de algunos pacientes (Jofré et al., 2009; Zhang et al., 2008; Tietz et al., 2007; Haro et al., 2005; Haag-Wackernagel & Spiewak, 2004; Vallvé et al., 1995), no obstante, se considera que su riesgo no es mayor al que pueden representar otro tipo de animales silvestres o incluso domésticos. Es importante destacar que son de especial susceptibilidad a contraer enfermedades zoonóticas transmitidas por palomas, personas con inmunodeficiencias o con su sistema inmune debilitado, como recién nacidos, pacientes geriátricos o personas con VIH u otras alteraciones inmunitarias (Gaskin et al., 2001).

Se conocen numerosas entidades nosológicas vehiculizadas por las palomas; dentro de las más comunes se encuentran: Clamidiasis, Salmonelosis, Histoplasmosis, Neumoencefalitis, Criptococosis, Colibacilosis, Arizonosis, Encefalitis Equina del Este, Toxoplasmosis y Micobacteriosis. A esta breve enumeración se agregan las patologías transmitidas por medio de ectoparásitos e insectos huéspedes de sus nidos, circunstancia que aumenta el riesgo sanitario de la paloma (Gaskin et al., 2001). Los ácaros de las palomas son transmisores de enfermedades entre las aves mismas, pero no se ha comprobado su transmisión al humano (Jofré et al., 2009). Los palomares son un hábitat propicio para que se desarrollen insectos considerados plagas como cucarachas, moscas e incluso *Triatoma infestans* (cuyo nombre común en Colombia es “Pito” o “Chinche”) considerado el transmisor de la enfermedad de Chagas (Zhang et al., 2008).

En los últimos años, los reportes de criptococosis han aumentado considerablemente tanto en humanos como en animales; en algunos estudios esta ha sido relacionada con la exposición a heces de distintas especies de aves; trabajos como el de Lagrou et al. (2005), Bauters et al. (2001) y Nosanchuck et al. (2000) lograron evidenciar que la cepa patógena responsable de la criptococosis es idéntica o puede estar estrechamente relacionada con la cepa del patógeno en cuestión, presente ya sea en el tubo digestivo o en las excretas

de un ave de compañía (Rosario et al., 2008). Dentro de estas aves ha sido incluida *C. livia*, puesto que *C. neoformans* es saprófito de su tubo digestivo, y se ha documentado que son sus excrementos los que representan un hábitat idóneo para la proliferación de este hongo con potencial patógeno (Rosario et al., 2008; Liu et. al., 2012). Cabe resaltar que, aunque sus fecas constituyen la fuente más importante de contaminación, estos colúmbidos no llegan a adquirir la enfermedad, y su ingreso al organismo humano se da principalmente por la vía aérea. Hasta el momento no se han descrito casos de transmisión respiratoria persona a persona o de forma directa de animal a hombre, sin embargo, se han hecho reportes de transmisión de la infección en pacientes con órganos trasplantados (Takahara et. al., 2013; Mazuelos & Valverde, 2001).

Es también importante mencionar el impacto ambiental generado por las palomas domésticas, dado que al aumentar su número desplazan a otro tipo de aves que se encontraban ocupando estos lugares anteriormente, y debemos recordar que *C. livia* es una especie exótica que se encuentra compitiendo por alimento y espacio con la avifauna nativa cuando habita en paisajes naturales (Barbosa et al., 2008). En Colombia, se ha reportado la presencia de *C. livia* en ecosistemas importantes para la conservación de aves nacionales y migratorias, dentro de los que se puede mencionar el Humedal Santa María del Lago en Bogotá (Álvarez, 2009) y el complejo de espejos de agua del Valle de Ubaté (IAvH – Fundación Humedales, 2004), así como la cuenca del río Coello (Losada et al., 2005) y ambientes marinos dentro de los que se encuentran algunas islas del Caribe colombiano (Estela, 2006). Además, se ha documentado la transmisión de enfermedades infecciosas de origen viral, para las cuales *C. livia* funciona como reservorio, a especies de aves nativas de América (Amirrajab et. al., 2016; Gailbreath & Oaks, 2008).

La asociación de las palomas domésticas con la población humana para su supervivencia genera costos y problemas a la agricultura, especialmente en cultivos de girasol y soja debido al crecimiento demográfico experimentado por esta especie. Sumado a esto, pueden convertirse en contaminadores de reservorios de agua tanto en la ciudad como en áreas urbanas, periurbanas o rurales (Barbosa et al., 2008). Los daños causados por las palomas son evidenciables en los bancos de los parques, postes y vehículos, entre otros lugares, de ahí la importancia indiscutible del control sobre el tamaño de sus poblaciones; por ello se han estado implementando medidas de carácter preventivo que eviten la ovoposición y desarrollo embrionario de los polluelos, como el bloqueo del acceso a los

lugares de anidación y el uso de agentes químicos, así como medidas de erradicación más invasivas como la cacería y captura, la remoción de nidos o el envenenamiento (Poorter & Browne, 2005).

Las comunidades de colúmbidos son favorecidas por su aspecto y carisma, provocando en los humanos sentimientos de cariño y/o compasión, razón por la cual son alimentadas sin evaluar las cantidades y raciones en el suministro de granos, generando condiciones propicias para que se dé un incremento en el número de estos ejemplares, que crea un desequilibrio en los índices poblacionales de la avifauna en muchas regiones del mundo, como en el territorio Metropolitano del Valle de Aburrá, y para el caso de esta investigación, en la zona urbana de Medellín, convirtiéndose en posibles focos de transmisión de microorganismos (Comunicación personal, 2014).

Grupos conservacionistas de fauna de la ciudad han motivado a la alcaldía local para que se haga cargo de estos animales, por lo que el Centro de Bienestar Animal La Perla, de Medellín, reparte 1650 Kg de maíz mensualmente en 25 parques ubicados a lo largo de la extensión del municipio; además, esta entidad se encarga de limpiar los habitáculos de las palomas, retirándoles todos los desechos y desinfectándolos con amonio cuaternario en una dilución de 1:400, a excepción de aquellos que tengan pichones. Este procedimiento se realiza mínimo dos veces por semana en las palomeras ubicadas en estos parques, y personal de la alcaldía se encarga de hacer un control poblacional retirando los huevos que se encuentran en estos sitios (Centro de Bienestar Animal La Perla, 2014).

A pesar de esto y del hecho de que *C. livia* es potencial portador de varios factores de riesgo zoonótico, no se ha establecido la presencia del hongo en las excretas de las palomas y, por lo tanto, no se ha determinado el riesgo ambiental generado por la presencia de *C. neoformans,* entre otros microorganismos, en la zona urbana de Medellín, por lo que es difícil justificar las posibles medidas de mitigación a tomar ante la eventual aparición de este factor ambiental. Por la razón descrita anteriormente, se considera que este estudio puede servir de referente para la orientación de programas de manejo de las poblaciones de paloma doméstica (*C. livia*) y la prevención de la criptococosis, como enfermedad zoonótica transmisible a los humanos por las palomas existentes en el ambiente urbano de Medellín.

Justificación

Las enfermedades transmisibles no tienen ningún tipo de límites o fronteras, unas logran ser controladas de forma temporal, otras desaparecen y así mismo se introducen algunas que amenazan al ser humano y que exigen un trabajo articulado y continuo, tanto de la ciudadanía en general como de todos aquellos profesionales de diferentes disciplinas, cuya labor se ve involucrada en la búsqueda de su tratamiento o prevención (Avila & Oberto, 2007).

Últimamente, las enfermedades transmisibles y zoonosis más frecuentes en el hombre y los animales se han convertido en un foco de atención a nivel global. De igual forma, las enfermedades humanas cuyo origen se relaciona con animales infectados, han puesto de manifiesto la necesidad de implementar una mejor comprensión acerca de las dinámicas entre el huésped y el agente patógeno en cuestión. Una de las desventajas del mundo actual es que la facilidad y velocidad de los viajes modernos ha eliminado barreras y contribuido con la propagación de males antes limitados a zonas geográficas específicas. El comercio de animales y las migraciones representan una amenaza parecida, lo que ha quedado evidenciado con el brote de enfermedades (antes desconocidas para el continente americano) en Estados Unidos, como son la viruela de los monos y la fiebre del Nilo Occidental (Acha & Szyfres, 2003), así como la propagación del COVID-19 a causa del SARS-CoV-2, que ha sido tan rápida hasta el punto de convertirse en la más reciente pandemia, y cuyas variantes se han diseminado con igual o mayor rapidez que la variante del virus inicial, debido a que cada una es más transmisible que la anterior (Mora et al., 2021).

Diferentes estudios han logrado establecer que *Columba livia* hace parte de los animales que funcionan como reservorio y trasmisores de agentes patógenos de orden zoonótico, cuyo impacto en las poblaciones humanas es importante tanto a nivel social y de la salud, como económico (Miranda, 2006).

En los parques de los barrios del entorno urbano de Medellín – Colombia, la población humana y las autoridades municipales han instalado habitáculos para descanso y anidación de las palomas en antejardines, árboles y zonas verdes de las áreas urbanas de la ciudad, donde se encuentra la especie *C. livia*, la cual ha aumentado su densidad poblacional gracias a la interacción con el hombre, haciendo difícil controlar este aumento (Bonnefoy et al., 2008); adicionalmente, infraestructuras como cornisas, palomeras, espacios cubiertos de edificios, techos y fachadas de construcciones, como colegios e iglesias, son el hábitat perfecto para su supervivencia en las ciudades (Méndez et al., 2013).

El incremento poblacional de esta especie se debe, entre otras razones, a que el habitante de la región metropolitana, y en general de las principales ciudades, adopta las aves y realiza prácticas que favorecen los procesos de desbalance ecológico y poblacional, al suministrarles alimento y protegerlos de los depredadores con acciones directas e indirectas, favoreciendo su reproducción sin control natural o artificial; de igual forma, su alimentación sin mesura representa un atractivo para los turistas que frecuentan las distintas ciudades donde estas habitan (Redondo et al., 2018).

Además de que generan deterioro de la infraestructura de las ciudades, la abundancia y alta densidad de las palomas puede llegar a convertirse en un serio problema; a pesar de esto, actualmente resulta complicado llevar a cabo acciones de control poblacional debido al carisma que esta especie ha tenido en la sociedad (Rivas, 2011). Solo con echar un vistazo en las plazas de distintas ciudades alrededor del mundo, se puede apreciar que las palomas no solo representan un elemento que embellece, también se han convertido en un atractivo turístico donde hay una extrema cercanía y contacto estrecho de estos individuos con las personas (Miranda, 2006).

Las palomas de Castilla son portadoras y transmisoras de numerosos patógenos, dentro de los que se destaca el *Cryptococcus neoformans*, que afecta principalmente a personas que presentan algún compromiso inmunológico o tienen sistemas inmunes inmaduros o menos funcionales (ancianos, niños, pacientes trasplantados, personas con enfermedades de inmunodeficiencia, como el VIH/SIDA) (Rosario, Acosta & Colom, 2008). Las cifras del Instituto Nacional de Salud indican que la incidencia de VIH/SIDA en Colombia ha tenido un aumento progresivo en el transcurso de los años, particularmente en el caso de la ciudad de Medellín, donde para el año 2018, se presentó una tasa de incidencia de VIH

notificada de 44,24%, valor que se encontró por encima de lo reportado a nivel departamental (29,03%) (Análisis de la Situación en Salud Municipal - ASIS - Medellín, 2020). Por lo tanto, conocer la presencia de *C. neoformans* en el área ayudará a tomar medidas adecuadas para evitar posibles brotes de Criptococosis en las zonas donde se llevó a cabo su aislamiento, alertar a la población en riesgo de su presencia y tener en cuenta el patógeno a la hora de realizar diagnósticos, pues la criptococosis, al ser una enfermedad con síntomas inespecíficos, no se descarta de inmediato y llega a ser confundida con gripes, constipación y neumonías, causando un diagnóstico tardío que puede conllevar a la muerte del paciente (Souza et al., 2018).

La identificación de *C. neoformans* asociado a poblaciones de *C. livia* en el municipio de Medellín en este estudio, permite alertar sobre la presencia del hongo en la ciudad y estar conscientes de los riesgos a los que se encuentran expuestas las personas relacionadas con los reservorios identificados, así como analizar los riesgos ambientales que esto implica, y proponer medidas de manejo de las aves para prevenir una posible propagación de este patógeno. Además, da pie a la realización de nuevas investigaciones que abarquen una mayor área de estudio y ahonden en la salud de las personas asociadas con los lugares identificados con la presencia del hongo.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general:

Identificar la presencia de *Cryptococcus neoformans* en excretas de paloma doméstica (*Columba livia*) en la zona urbana de Medellín, y proponer medidas de manejo y mitigación ante el posible riesgo epidemiológico de orden zoonótico, generado por esta especie.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la presencia de *C. neoformans* en excretas de las poblaciones de *C. livia* en la zona urbana de Medellín.
- Identificar las zonas de riesgo epidemiológico de orden zoonótico que podrían representar las poblaciones de *C. livia* en la zona urbana de Medellín.
- Proponer medidas para la administración y definición del plan de contingencia para afrontar el posible riesgo epidemiológico de orden zoonótico, generado por la especie *C. livia* en la zona urbana de Medellín.

2. Marco teórico

2.1. Generalidades de *Columba livia*

Las palomas domésticas (*Columba livia*), son aves pertenecientes al orden columbiforme, que hace parte de la familia Columbidae, se estima que es el ancestro de las palomas domésticas conocidas actualmente, cuyos descendientes con el pasar del tiempo se han vuelto ferales (Méndez et al., 2013).

En condiciones naturales, el lugar ideal de anidación para estos individuos son los acantilados, con preferencia por aquellos que presentan cuevas y grietas, ya que son sitios más seguros para sus crías. Estos lugares presentan cierto tipo de similitud con las infraestructuras urbanas, principalmente edificios e iglesias, los cuales brindan la protección que estas necesitan para sobrevivir en las ciudades, lo que representa uno de los factores que ha garantizado el éxito de sus poblaciones en este tipo de ambientes (Méndez et al., 2013).

La *C. livia* es un individuo sedentario de hábitos gregarios, su dieta incluye granos, semillas y frutas, sin embargo, presenta una tendencia omnívora al incluir en su alimentación basuras, excrementos de mamíferos domésticos y algunos insectos (Miranda, 2006). Presentan un tamaño mediano, que oscila entre los 30,5 – 35,5cm y una cola mediana. Su plumaje exhibe distintas variaciones de color, que puede ser desde blanco con manchas irregulares de color rojizo hasta negro con plumaje blanco en la cola, sin embargo, el patrón de coloración original es el de cuerpo gris claro con franjas en las alas de color negro, iridiscencias moradas y verdes en el cuello y una franja negra en la punta de la cola (Álvarez & Medellín, 2005). En cuanto a sus comportamientos sociales, en cada temporada reproductiva llevan a cabo la elección de pareja, por lo que son monógamas facultativas

(Stern & Dickinson, 2010); todo el año presentan comportamientos de cortejo y pueden llegar a tener cuatro nidadas en un año (Instituto Distrital de Protección y Bienestar Animal, 2018); se turnan para empollar los huevos, y el cuidado de los polluelos es biparental (Stern & Dickinson, 2010).

2.2. *Columba livia* como especie introducida

Han sido diversas las causas por las que se han dado las introducciones de aves, la dispersión natural es una de ellas, por, ejemplo el gorrión doméstico (*Passer domesticus*), especie que ha ingresado a Colombia desde Ecuador y Venezuela, siendo introducido inicialmente en Estados Unidos de donde se dispersó por el resto de América, mientras que otras, que fueron introducidas voluntariamente, en la actualidad se encuentran domesticadas y con distribución cosmopolita como es el caso de la paloma doméstica, así como otras especies llamativas como lo son las aves de canto y aquellas consideradas de ornato, que han sido introducidas bajo la condición de animales de compañía (Ojasti et al., 2001).

Los primeros individuos de *C. livia* fueron traídos a Colombia en la época de la colonia, a partir de ese momento se establecieron en diferentes regiones, por lo que actualmente sus poblaciones habitan muchas ciudades de forma silvestre en conjunto con las razas domesticadas criadas en todo el país como las palomas mensajeras y palomas ornamentales. Tienen vuelo fuerte y rápido. A diferencia de la tórtola (que prefiere los árboles y cables para posarse), son las rocas, las fuentes, los edificios u otros sustratos sólidos presentes en el paisaje urbano, sus sitios de percha favoritos. Son muy sociables, y permanecen casi siempre en grupos o bandadas grandes. Paradójicamente, en las zonas urbanas gran parte de los individuos tiene comportamiento más silvestre, reproduciéndose sin ayuda del hombre; en las zonas rurales todos anidan en palomeras y dependen del hombre para su mantenimiento (Stiles et al., 2000).

Los Colombófilos en el país se han encargado de aportar a la introducción de *C. livia*, pues fueron ellos quienes importaron las primeras palomas de Bélgica, a través de la Asociación Colombófila Vallecaucana, fundada en 1940 (Rico, 2010). Muchos de estos individuos resultaron en libertad, conformando las poblaciones que actualmente se encuentran en casi todas las ciudades del país. Estas prácticas de cría se siguen llevando a cabo

mediante organizaciones como la Asociación Colombófila El Ruiz, la Asociación Colombófila Antioqueña y la Asociación Colombiana Alas Libres del Quindío, quienes mantienen activa la colombofilia, promoviéndola mediante la realización de eventos y concursos periódicos (Rico, 2010).

2.3. Zoonosis y criptococosis

A medida que avanzan los años y crece la población humana, las enfermedades zoonóticas han ido aumentando su importancia, pues en conjunto con la globalización, que ha permitido franquear barreras biogeográficas y grandes distancias en cortos periodos de tiempo, así como la colonización de espacios antes inhabitados por el ser humano, donde muchas veces se comparte hábitat con animales con los que anteriormente no era común convivir, han incrementado las posibilidades de transmisión de enfermedades conocidas, al igual que aparición de algunas que no han sido identificadas y de otras que todavía no cuentan con un tratamiento (Ávila & Oberto, 2007).

Las zoonosis no se encuentran restringidas a un solo tipo de patógeno, pues estas infecciones son causadas ya sea por una bacteria, por un virus o por un prion (proteína carente de genoma y ácidos nucleicos). Algunas zoonosis han marcado tanto a la sociedad que sus repercusiones pueden llegar a afectar al mundo entero a nivel social, económico, poblacional y ambiental, por ejemplo, el caso del mal de las vacas locas, pues tuvo impacto tan grande que generó repercusiones a nivel económico (Ojeda, 2004) y en mayor medida, la última pandemia que atravesó la población mundial a causa del Covid-19, considerada una de las más grandes en los últimos 100 años, con fuertes repercusiones principalmente en las áreas económica y social, cuyo control ha implicado la creación de vacunas que permitan vivir en una “nueva normalidad” pues es un virus con el que la humanidad tendrá que lidiar por muchos años (Pérez, 2020).

Es importante resaltar que las zoonosis no aparecieron actualmente, estas son producto de un proceso de coevolución que se ha dado entre parásitos y uno o varios de sus hospedadores, a tal punto que han resultado casos en los que los individuos infectados no presenten síntoma clínico alguno. Sin embargo, este es un problema no debe personalizarse para situar a los humanos como víctimas, pues existen casos en los que enfermedades infecciosas han sido transmitidas del hombre a animales, especialmente en

especies domésticas. Por esto, actualmente también se habla de zoonosis reversa o inversa, término que agrupa aquellas enfermedades que afectan a los animales y que son adquiridas nuevamente a través de los humanos, como es el caso de *Staphylococcus aureus*, que es una bacteria que causa forunculosis en humanos y produce un cuadro más complejo en las vacas, acompañado de afecciones como la mastitis (Ojeda, 2004).

La micosis denominada criptococosis puede iniciar en un órgano específico y diseminarse al resto del cuerpo, es producida por *Cryptococcus neoformans* un hongo patógeno encapsulado con forma de levadura, microorganismo que fue aislado por primera vez de un jugo de melocotón hace aproximadamente cien años atrás por el italiano Francesco Sanfelice. Esta enfermedad presenta una distribución universal y adquiere mayor auge con la aparición y aumento del SIDA (Lin, Shiau & Fang, 2015; Lin & Heitman, 2006; Mazuelos & Valverde, 2001). Inicialmente fue considerada una enfermedad rara que solo afectaba a pacientes con enfermedades que causan alteraciones en el sistema inmune (como lupus eritematoso, diabetes, sarcoidosis, neoplasias, etc.) que habían sido sometidos a trasplantes de órganos como riñón, hígado, páncreas, pulmón y corazón, así como trasplantes de médula ósea o algún tratamiento con medicación con corticoides o cualquier acción supresora de la inmunidad celular. Por su parte, como indican Mazuelos y Valverde (2001), aproximadamente el 80 o 90% de los casos de criptococosis están descritos en personas diagnosticadas con SIDA, convirtiéndose en la micosis sistémica más frecuente en este tipo de pacientes, aunque la incidencia varía según la zona, pues en EEUU, Europa y Australia se presenta una incidencia del 5 al 10%, por su parte, en Sudamérica y África estos porcentajes pueden variar entre 10 y el 30% (Mazuelos & Valverde, 2001).

Estas cifran convierten a los pacientes con SIDA en el mayor grupo de riesgo, al igual que los pacientes a quienes se les ha practicado trasplantes de órganos. Por su parte, en más del 50% de los casos observados en grupos de pacientes distintos a los señalados anteriormente, no es posible establecer el desencadenante final de la enfermedad, a pesar de los diversos factores de riesgo que actualmente se asocian a la criptococosis. Desde el punto de vista de género, la criptococosis se presenta con mayor frecuencia en hombres, lo que probablemente está relacionado con una mayor exposición de este grupo poblacional a la levadura (Mazuelos & Valverde, 2001).

Este hongo en forma de levadura encapsulada pertenece a la clase Basidiomycetes (Siachoque et al., 2010), presenta dos variedades: *C. neoformans var neoformans* y *C. neoformans var gattii*, los cuales pueden ser identificados y diferenciados a través de su bioquímica. La variedad *neoformans* presenta una distribución más amplia (a nivel mundial) y son las excretas de palomas su nicho ecológico más importante; en cambio, la variedad *gattii* se distribuye en áreas tropicales y subtropicales, siendo su principal nicho ecológico el tronco, hojas, flores y frutos provenientes de especies árboles del género Eucaliptus (Alves et al., 2016; Ellabib et al., 2016; Faria et al., 2010; Caicedo et al., 1996).

La paloma doméstica fue relacionada como portadora de *C. neoformans* en 1955 cuando Emmons realizó por primera vez aislamientos de la levadura de sus excretas. Más tarde, Staib (1963) comprobó que las deposiciones de las palomas posibilitan su crecimiento gracias a que poseen características ideales para esto (alta salinidad y alto contenido de guanina, nitrógeno, xantina, creatinina y ácido úrico), de ahí en adelante, se han generado diversidad estudios que concluyen que dichas excretas son reservorios importantes de *C. neoformans* (Chávez et al., 2018).

Es importante tener en cuenta que a pesar de que sus heces funcionan como reservorio de *C. neoformans*, la paloma doméstica (*C. livia*) no es afectada de forma clínica por la criptococosis, pues su temperatura corporal entre los 41 – 43ºC y la composición de su microbiota intestinal, imposibilitan la sobrevivencia del hongo en su organismo (Tudor, 1991).

2.4. Repercusiones de la interacción del hombre y la paloma doméstica

Actualmente la interacción entre el hombre y la paloma doméstica es alta, su domesticación y mayor proliferación en áreas urbanas ha generado un aumento progresivo de estos individuos, dando lugar al desplazamiento de aves granívoras propias de los ecosistemas en los que se encuentran, lo que a su vez han favorecido las poblaciones de depredadores como las lechuzas y halcones, al ser un alimento de alta disponibilidad para ellos (Álvarez & Medellín, 2005). Además, las palomas generan un importante deterioro a los espacios públicos y zonas habitacionales donde frecuentan, y se ha hecho difícil controlar sus poblaciones debido al acelerado aumento de su densidad, lo que genera

preocupación por la alta carga de agentes patógenos con los que se relacionan (Bonnefoy et al., 2008).

Se ha demostrado que *Columba livia* es un actor importante en la transmisión y alojamiento de agentes patógenos de orden zoonótico, cuyo impacto en las poblaciones humanas es evidente, no solo por la gravedad de las enfermedades causadas, sino por las repercusiones económicas y sociales asociadas al tratamiento y control de estas (Costa et al., 2010; Miranda, 2006). De igual forma, se ha demostrado que la interacción cercana de los seres humanos y las palomas compromete su salud, principalmente cuando se trata de grupos de alto riesgo como lo son las personas inmunocomprometidas (Méndez et al., 2013).

A medida que se ha estudiado la asociación de *C. livia* con microorganismos que representan riesgos para la salud humana, se ha logrado vincular con al menos 110 organismos patógenos, de los cuales se cuentan 55 hongos, 41 bacterias, 8 virus y 6 protozoos, entre los que se encuentran *Salmonella, Chlamydophila, Aspergillus, Candida, Cryptococcus, Histoplasma* y *Toxoplasma* (Magnino et al., 2009; citado en Méndez et al., 2013).

La zoonosis entre *C. livia* y el ser humano generalmente se puede presentar ya sea por la por inhalación de aerosoles infectados o por exposición directa (Dickx et al., 2010; citado en Méndez et al., 2013). Se ha logrado establecer la relación de los nidos, pichones y excremento de estas palomas con por lo menos unas cincuenta enfermedades, además, se ha encontrado que sus heces constituyen un excelente sustrato para el crecimiento de hongos y bacterias, favoreciendo principalmente el crecimiento del micelio de algunos hongos (Huamán et al., 2018; Méndez et al., 2013).

La exposición a polvo contaminado con algunos microorganismos mencionados anteriormente y el contacto directo con palomas durante su manipulación y alimentación, han sido considerados factores peligrosos en más del 50% de los casos reportados, así mismo, el 40% de los casos han sido relacionados con contactos esporádicos (Magnino et al., 2009), pues la mayoría de los microorganismos patógenos se transmiten por inhalación de aerosoles. Teniendo en cuenta los datos recopilados, al menos el 99,4% de las transmisiones descritas han resultado de la exposición al aire de excretas, principalmente

secas, descargas oculares y secreción del buche (leche ingluval con la que son alimentados los polluelos) (Serrano et al., 2000).

2.5. Riesgo epidemiológico y riesgo ambiental

Cryptococcus neoformans var. neoformans, se encuentra asociado a las heces de palomas, siendo este el hábitat más común para dicha variedad (Rodríguez et al., 2017). A diferencia de *C. neoformans var. gatii*, la variedad *neoformans* afecta principalmente personas inmunocomprometidas, por lo que el grupo de riesgo más importante lo conforman las personas diagnosticadas con VIH/SIDA, así como las personas sometidas a trasplantes de órganos (Rodríguez et al., 2017). Es importante tener en cuenta que, a escala mundial, la criptococosis causa al menos entre el 20 y 30% de las infecciones en los pacientes con VIH/SIDA y, generalmente, cuando se logra diagnosticar ya se encuentra diseminada en el individuo afectado, presentándose un diagnóstico de meningitis en el 60 a 70% de los pacientes tratados (Ramírez et al., 2018). Esta enfermedad en sus primeras etapas presenta síntomas como fiebre, vómito, dolor de cabeza y mareos, mientras que los síntomas más determinantes aparecen en su estado avanzado con rigidez en la nuca y dificultades de movilidad (Souza et al., 2013).

Para hablar de riesgo epidemiológico se requiere tener datos de la presencia de la enfermedad diagnosticada en comunidades humanas, conociendo los casos positivos (prevalencia) y los casos nuevos que se presentan en el tiempo (incidencia) (Filho, Castiel & Aires, 2009). Esta información debería estar reportada en los sistemas de vigilancia gubernamentales, lo que ayudaría a determinar el riesgo zoonótico real. Por su parte, el riesgo ambiental considera la presencia del microorganismo en el ambiente, y se puede evaluar mediante la determinación de factores que aumentan o disminuyen la amenaza del patógeno en el medio (Ministerio de Ambiente de Perú, 2010).

La dimensión de la salud ambiental se puede definir como el conjunto de políticas transectoriales que involucran a diferentes actores sociales, y que tiene como objetivo el favorecimiento y la promoción de la calidad de vida y la salud de la población humana de determinada área geográfica, con miras a favorecer también a las generaciones futuras, garantizando el derecho que tiene la gente a disfrutar de un ambiente sano, transformando

de manera positiva los factores ambientales, sociales y de sanidad (Ministerio de Salud y Protección social de Colombia, s.f.).

El hábitat saludable, como un componente de las políticas públicas del Ministerio de Salud de Colombia, se define como el conjunto de políticas públicas, acciones estratégicas y medidas de diferentes sectores y disciplinas, tendientes a una mejora en la calidad de vida y en la salud de la población humana, impactando de manera positiva los factores sanitarios y ambientales que conforman el concepto de salud, en el entorno en el cual la gente nace, se desarrolla, convive, trabaja y llega a la vejez. Se considera que la propia comunidad también es responsable de contribuir a su propio bienestar, tanto a nivel individual como a nivel colectivo (Ministerio de Salud y Protección social de Colombia, s.f.). El objetivo de este componente que más se relaciona con lo desarrollado en este estudio, es el que hace mención a la intervención sobre los determinantes de sanidad y ambiente asociados con el riesgo biológico inherente a la presencia de organismos vectores, la tenencia de animales de compañía y producción, y la cercanía con animales silvestres, sinantrópicos y ferales (Ministerio de Salud y Protección social de Colombia, s.f.).

Entre las estrategias establecidas por el Ministerio de Salud de Colombia para abordar el componente de salud ambiental, se incluye la estrategia de entornos saludables, que busca contribuir a mejorar la seguridad, el desarrollo humano y la equidad en salud, siguiendo esquemas operativos en entornos puntuales como viviendas, escuelas, espacio público y ámbito laboral; para el cumplimiento de esta estrategia se crearon los Planes de Acción Intersectoriales de Entornos Saludables. Otra estrategia incluye la gestión integrada de zoonosis que son de interés en la salud pública, mediante la educación y participación comunitaria, para generar corresponsabilidad social en ámbitos como la tenencia responsable de animales de compañía y de producción, la protección de la fauna silvestres, y el fortalecimiento de la prevención, la detección oportuna y el control de las enfermedades zoonóticas. Una estrategia de interés para la academia es la que hace referencia a la investigación para fomentarla salud ambiental, construyendo redes de conocimiento a partir de líneas de acción en ciencia, tecnología e innovación, con participación de los sectores público, privado, comunitario y académico, para generar conocimiento que contribuya a responder a las necesidades de salud ambiental. También se contempla que la vigilancia sanitaria incluya modelos más participativos, promoviendo los cambios de hábitos, la corresponsabilidad y la pertenencia individual y colectiva.

Finalmente, se resalta la gran importancia del análisis de las cargas ambientales de determinados microorganismos con potencial patógeno, y la investigación sobre sus reservorios y portadores (Ministerio de Salud y Protección social de Colombia, s.f.).

La epidemiología es una ciencia del área de la salud pública que se encarga del estudio de los eventos de interés en la salud de las poblaciones humanas, animales o vegetales, y el análisis de sus patrones, distribución y factores determinantes en los estados de salud o enfermedad de una población dada. (Porta, 2014) Diccionario de epidemiología). La epidemiología ambiental estudia los efectos de la exposición involuntaria a agentes contaminantes del ambiente; los primeros que históricamente se analizaron fueron los agentes de tipo biológico, pasando luego a considerar agentes químicos y físicos. La epidemiología ambiental tiene un enfoque general (exposición aleatoria de cualquier persona que lo frecuente), mientras que la epidemiología ocupacional estudia casos puntuales derivados de entornos de trabajo específicos (Comba & Harari, 2004). La epidemiología geográfica describe eventos patológicos o de riesgo en un ámbito territorial definido (departamentos, municipios, comunas, barrios) (Comba & Harari, 2004).

Dado el espectro amplio de la epidemiología ambiental, es prácticamente imposible definir los niveles de exposición y el estado de salud de la población general, y se considera que los niveles de exposición ambiental son bajos, y los riesgos son difíciles de estimar. (Comba & Harari, 2004). Por ello es difícil que la epidemiología ambiental registre riesgos nuevos, y se centre en la confirmación de peligros específicos preexistentes en un contexto determinado. Cuando se conoce la presencia de una fuente de contaminación en un territorio dado, se puede medir la presencia del contaminante y su disponibilidad, también se puede correlacionar con la presencia de casos positivos de la enfermedad, y se plantear medidas de mitigación o prevención. (Comba & Harari, 2004).

En las investigaciones de epidemiología ambiental, el nivel de estudio es la población y no el individuo, por lo que se analiza la posibilidad de exposición general al agente contaminante, sin detenerse a medir la intensidad y duración de dicha exposición. (Comba & Harari, 2004). La exposición al agente, en un contexto territorial, se asume que es de intensidad baja, difusión amplia, de carácter múltiple, y presenta gran variabilidad espacio-temporal. Para verificar la exposición, se usan herramientas como entrevistas, cuestionarios, mediciones ambientales específicas o preexistentes y mediciones en el

paciente. Las mediciones externas al paciente tienen principalmente una dimensión ecológica (Comba y Harari, 2004).

Comba y Harari (2004) definen un factor de riesgo como cualquier agente cuya naturaleza sea de orden físico, químico, biológico o social, que sea determinante en el incremento de un riesgo negativo para la salud del ser humano. La presencia de este agente establece un riesgo mayor que su ausencia. Las características de los ambientes, ya sean estos naturales o artificiales (creados por el humano) influyen en el estado de salud de la población por medio de dinámicas complejas. Los riesgos se definen basándose en el tipo de relación que hay entre el riesgo y un resultado de salud.

Las amenazas ambientales se pueden establecer considerando algunos factores como la cantidad (volumen probable de la sustancia o microorganismo presente en el entorno), la peligrosidad (propiedad intrínseca que tiene la sustancia o microorganismo de causar daño), la extensión (espacio de influencia del impacto en el entorno), y la población expuesta o afectada (número estimado) (Ministerio de Ambiente de Perú, 2010).

3. Materiales y métodos

3.1. Área de Estudio

El área de estudio abarcó la zona urbana del municipio de Medellín, situado en el centro del Valle de Aburrá (6°13′55″N - 75°34′05″O) a una altura entre 1471 - 1677 msnm. Presenta un clima cálido – muy seco; la a temperatura promedio es de 21.5ºC (la temperatura máxima media oscila entre 26 y 28ºC al medio día), el promedio de lluvia total anual es de 1685 mm, las cuales se distribuyen en cuatro temporadas: dos secas y dos lluviosas (actualmente los meses más secos del año son enero y febrero). Por su parte, la humedad relativa del aire varía del 63 al 73% en el año y sus mayores promedios se presentan durante el segundo semestre del año.

Territorialmente Medellín se divide en 6 zonas geográficas, conformadas por 16 comunas (275 barrios urbanos oficiales) (Figura 1**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** - Tabla 1) y cinco corregimientos, dato que sirvió de referencia para obtener el **n** muestral de la investigación.

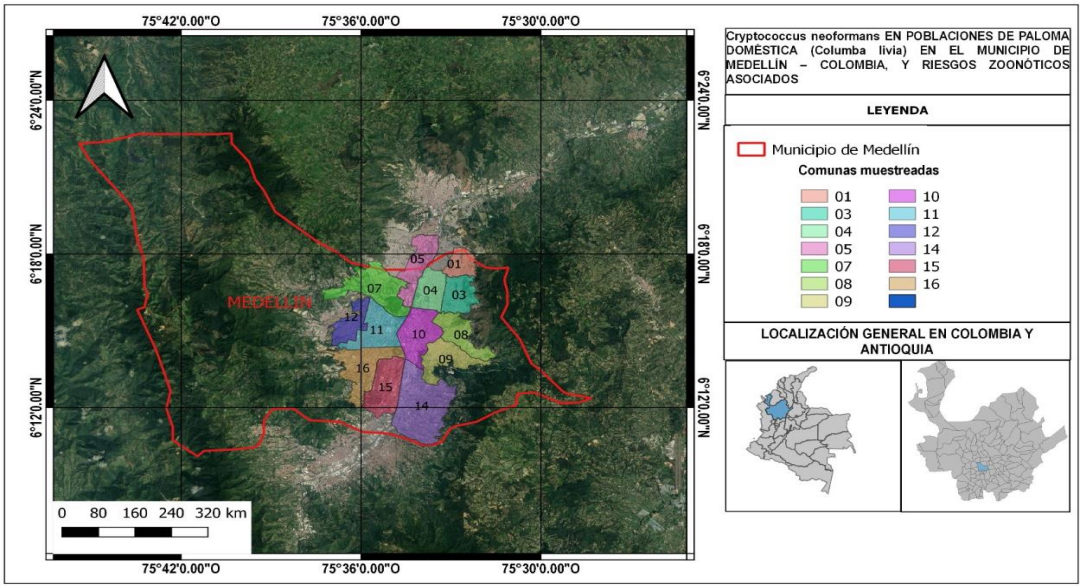


Figura 1. Distribución de la ciudad de Medellín por comunas

Tabla 1. Distribución de los barrios de la ciudad de Medellín por comunas

COMUNA	Sitio de Muestreo	COMUNA	Sitio de Muestreo
1	Inst. Educativa Derka - Santo Domingo	10	Iglesia San Benito Parque Boston Plaza Minorista Plaza de Flores Calle 54 46-74 Iglesia San Antonio
3	Carrera 89A con 44B Iglesia Manrique Escuela MFS Iglesia Santo Sepulcro Escuela Carlos Vásquez Plaza Campo Valdez Calle 83 48-50	11	Universidad Pontificia Bolivariana Los Colores Suramericana Iglesia San Joaquín CORANTIOQUIA Calle 45B 75-58 Iglesia Nuestra Señora de Lourdes Colseguros Iglesia Verbo Divino
4	Parque Aranjuez HUSVP Parque Cementerio San Pedro Iglesia San Cayetano Cementerio San Pedro Jardín Botánico	12	Parque Floresta Oficinas Tax Andaluz Iglesia de la America
5	Pista Fco Antonio Zea (Barrio Alfonso López) CAI Castilla Pedregal Parque Jubilados – Castilla Parque Tinajita Parque Las Iguanas María Auxiliadora – Castilla Escuela Feliz de Bedout	14	Parque Poblado Parque Lleras Bomba Transv Inferior Manila Barrio Colombia
7	Parque Robledo Universidad Nacional – Biblioteca		

COMUNA	Sitio de Muestreo	COMUNA	Sitio de Muestreo
8	Parque Villa Hermosa Parque Gaitán	15	Iglesia Cristo Rey Noel Parque San Pablo
9	Iglesia Buenos Aires Parque Milagrosa Carrera 32 43-53	16	Parque Belén Pueblito paisa Unidad Deportiva Belén Iglesia Belén Las Playas Iglesia Belén Rosales Pueblito Paisa Unidad Deportiva Belén Parque Belén las Playas Parque Belén Diagonal 74C 32B-61
10	Parque Bolívar Parque Obrero Parque Boston Alpujarra Jorge Robledo con Venezuela Sede Área Metropolitana del Valle de Aburrá Iglesia Barrio Triste Parque San Ignacio Comando Policía Metropolitana		

*** *Los colores representan la comuna a la que cada barrio pertenece*

3.2. Diagnóstico de la presencia de *Cryptococcus neoformans* en las excretas de poblaciones de *Columba livia*.

3.2.1. Fase de campo

Inicialmente, se llevó a cabo un muestreo estratificado por comunas, sin embargo, el hecho de que cada una está conformada por un número diferente de barrios hizo irrelevante un muestreo sistemático. Por lo tanto, se procedió a realizar un muestreo ponderado, de acuerdo con la proporción de barrios existentes en cada comuna.

Para esto se tuvieron en cuenta tres criterios de selección: el primero fue el muestreo del 25% de los barrios de la comuna. El segundo fue la presencia o ausencia de palomeras en los parques a visitar (Figura 2), teniendo en cuenta solo aquellos con presencia de palomeras. El tercero fue buscar entre los barrios a muestrear una distancia relativamente equitativa, que permitiera abarcar toda la comuna, con el fin de recopilar información de toda la zona de acuerdo con los hábitos de vuelo de las palomas, las cuales se agrupan en bandadas y se desplazan en búsqueda de alimento y agua; de esta manera, la distancia de su desplazamiento dependerá de la disponibilidad alimenticia en la zona en la que se encuentren y sus alrededores, además destaca su capacidad de desplazamiento durante el vuelo (Baranoha, 2019).

Figura 2. Palomeras observadas durante la realización de los muestreos

Según la información suministrada, la presencia de *C. neoformans* es determinante en una sola muestra, por lo tanto, con realizar una sola visita fue suficiente.

Durante la recolección de muestras se realizó observación de estructuras como palomeras, cornisas y aleros para identificar y efectuar conteo de las palomas avistadas en las inmediaciones o que estuvieran en contacto con el sitio específico donde se tomaba la muestra, a fin de aproximar la cantidad de individuos con mayor probabilidad de contacto con *C. neoformans*.

Es importante mencionar que el proyecto contemplaba muestrear las especies de colúmbidos presentes en el territorio metropolitano de la ciudad de Medellin, pero esto solo se logró conseguir en poblaciones de *Columba livia*, ya que para las otras dos especies (*Columbina talpacocoti* y *Zenaida auriculata)*, no fue posible debido a los hábitos ecológicos que exhiben, toda vez que no anidan en palomeras sino en ramas de árboles, donde no se forman acúmulos de materia fecal, y sus heces están expuestas a las radiaciones UV que actúan como fungicidas, sumado a que los programas de aseo y desinfección diaria de las empresas prestadoras municipales, que hacen el barrido o lavado con agua a presión de los suelos de los parques.

En cada sitio de muestreo se colectaron aproximadamente 100 gramos de excremento de paloma con bajalenguas estériles. Estas muestras fueron depositadas en bolsas plásticas de 20 x 20cm (Caicedo et al., 1966) (Figura 3), el material recolectado se llevó al laboratorio del Instituto Colombiano de Medicina Tropical – CES (ICMT) en donde fueron procesadas

el mismo día y se les realizaron los protocolos para determinar la presencia del microorganismo y la diferenciación de sus dos variedades.

Figura 3. Muestra de heces de *C. livia* colectada y llevada al laboratorio para su posterior procesamiento

3.2.2. Fase de Laboratorio

Durante el procesamiento de las muestras se tomaron 5gr de excretas, que fueron resuspendidos en 25ml de PBS (pH 7,2), posteriormente se filtraron con ayuda de gasa estéril (Barbosa et al., 2008) (Figura 4) a partir del extracto se tomaron 100ml para ser sembrados en placas con agar de semilla de girasol, el cual permite diferenciar el hongo durante su aislamiento a partir de muestras muy contaminadas.

Figura 4. Procesamiento de las muestras de heces de *C. livia* colectadas

Las cajas fueron incubadas durante 10 días a 25°C, tiempo durante el cual se examinaron diariamente para vigilar el crecimiento de colonias de color pardo o marrón, el cual se observa gracias a la producción de fenoloxidasa por parte de *C. neoformans*, enzima que convierte los sustratos hidroxibenzoicos en pigmentos marrones, haciendo que las colonias y el medio adopten este color. Una vez identificadas las presuntas colonias de *C. neoformans* se procedió a cultivarlas en agar Sabouraud dextrosa con cloranfenicol (Figura 5) para poder eliminar la contaminación bacteriana que puede tener el repique. La incubación se hizo a 37°C durante tres a cinco días (Curo et al., 2005; Shields & Ajello, 1996; Phal & Baxter, 1985).

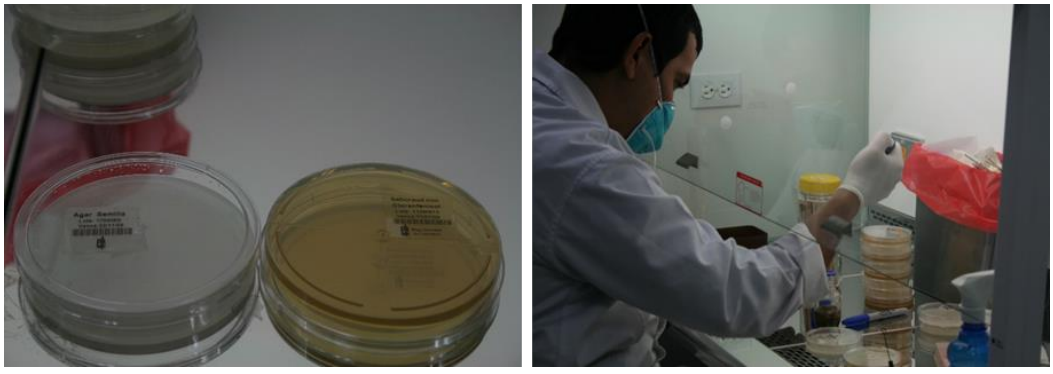


Figura 5. Agar semilla (A) y agar de Sabouraud dextrosa con cloranfenicol listos para la respectiva siembra de las muestras (Izquierda). Siembra de posibles colonias de *C. neoformans* en agar de Sabouraud con cloranfenicol (Derecha).

C. neoformans fue identificado teniendo en cuenta criterios establecidos como lo son las características macroscópicas en el cultivo, la presencia de la enzima fenoloxidasa, la termotolerancia, la tinta china a partir de cultivo e hidrólisis de la urea (Quintero et al., 2005; Canelo et al., 1999; Shields & Ajello, 1996; Rippon & Tít, 1990).

Para diferenciar las dos variedades, una vez identificada la especie, se utilizó el medio de cultivo agar canavanina glicina azul de bromotimol sódico (CGB) (Kwon-Chung et al., 1982). Este medio separa la variedad *C. neoformans* de la variedad *gattii*, por la capacidad de crecer o no en presencia de la L-canavanina. Este compuesto inhibe el desarrollo del *C. neoformans* var. *neoformans* por la interferencia que causa en la síntesis de sus proteínas, pero el *C. neoformans* var. *gattii* sí puede crecer en este medio ya que posee resistencia a la canavanina (Baró, 2004).

3.2.3. Análisis de los datos

La información obtenida fue ingresada en una base de datos de Excell®, con esta se construyó una tabla de contingencia con dos variables categóricas: comuna con 13 niveles y prevalencia del hongo con 2 niveles, donde cada observación es asignada a una categoría en cada una de las variables, obteniendo un total de 13 x 2 combinaciones de clasificación, en este caso positivo y negativo. Además, se realizó un análisis descriptivo de variables mediante las pruebas Chi-cuadrado para analizar las asociaciones de las variables categorizadas (Comunas).

3.3. Análisis del riesgo ambiental

3.3.1. Determinación del riesgo ambiental

Para hablar de riesgo epidemiológico se requiere conocer la población afectada por el microorganismo o sustancia (Filho, Castiel & Aires, 2009), para ello se revisó el SIVIGILA y no se encontraron datos de pacientes que presentaran criptococosis diagnosticada, por lo que el estudio se centró en las amenazas ambientales, que podrían estar generando riesgos subdiagnosticados o no precisados con relación a la criptococosis.

La exposición a la amenaza ambiental de *Cryptococo neoformans* se estimó determinando los rangos de estimación probabilística, con estos criterios, que se observan en las Tablas 2 a 6 (Ministerio de Ambiente de Perú, 2010):

Tabla 2. Rangos de estimación probabilística para determinar la exposición a la amenaza ambiental de *Cryptococo neoformans*

Valor	Probabilidad de exposición	
5	Extremadamente probable	Entre 1 y 6 días a la semana
4	Altamente probable	Entre 1 semana y 1 mes
3	Probable	Entre 32 días y un año
2	Poco probable	Entre 366 días y 5 años
1	Muy poco probable	Más de 5 años

Rangos de los límites de los entornos.

Para establecer estos rangos, se siguió la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente de Perú (2010) elaborando una tabla de análisis del entorno ambiental:

Tabla 3. Rangos utilizados para determinar los límites de los entornos

Valor	Cantidad (número de positivos)	Peligrosidad (daño potencial que causa la criptococosis en el organismo)	Extensión (número de lugares afectados)	Población expuesta
4	Muy alta (100%)	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada (más de 800 personas semanales)
3	Alta (del 50 al 99%)	Peligrosa	Extenso	Elevada (de 201 a 800 personas semanales)
2	Baja (del 10 al 49%)	Poco peligrosa	Poco extenso	Media (de 50 a 200 personas semanales)
1	Muy baja (menor al 10%)	No peligrosa	Puntual	Baja (menos de 50 personas semanales)

La valoración de consecuencias en el entorno natural se desarrolló según la metodología de Ministerio de Ambiente de Perú (2010) modificándola según las características de este estudio, mediante la Tabla 4:

Tabla 4. Rangos utilizados para la valoración de consecuencias en el entorno natural

Cantidad (positividad)			Peligrosidad		
4	Muy alta	Positividad del 100%	4	Muy peligroso	Daño irreversible
3	Alta	Positividad del 50 al 99%	3	Peligroso	Daño reversible

2	Poca	Positividad del 10 al 49%	2	Poco peligroso	Signos leves, asintomáticos
1	Muy poca	Positividad menor al 10%	1	No peligroso	Inocuo
Extensión			**Calidad del medio (población de palomas)**		
4	Muy extenso	Mayor a 1 Km	4	Muy elevada	Lugar extremadamente habitado por palomas (censo de más de 500 individuos)
3	Extenso	De 500 m a 1 Km	3	Elevada	Lugar altamente habitado por palomas (censo entre 100 y 500 individuos)
2	Poco extenso	Menor a 500 m	2	Media	Lugar moderadamente habitado por palomas (censo entre 50 y 100 individuos)
1	Puntual	Punto bien delimitado y específico	1	Baja	Lugar levemente habitado por palomas (censo de menos de 50 individuos)

Valoración de los escenarios identificados

Los sitios con positividad en el muestreo se evaluaron con base en la metodología de Ministerio de Ambiente de Perú (2010) mediante la siguiente tabla:

Tabla 5. Rangos utilizados para la valoración de los escenarios identificados con positividad en el muestreo

Valor	Valoración	Nuevo valor asignado
Crítico	18-20	5
Grave	15-17	4
Moderado	11-14	3
Leve	8-10	2
No relevante	5-7	1

La evaluación final del riesgo ambiental de orden zoonótico se llevó a cabo mediante una tabla de estimación del riesgo ambiental de doble entrada, analizando la probabilidad y consecuencias, luego de estimar el riesgo (Ministerio de Ambiente de Perú, 2010):

Tabla 6. Estimación del riesgo ambiental de doble entrada para la evaluación final del orden zoonótico

Estimación Probabilística/ Valor del Escenario	5	4	3	2	1
5					
4					
3					
4					

1					

	Riesgo significativo	16-25
	Riesgo moderado	6-15
	Riesgo leve	1-5

La visualización de los diferentes escenarios dentro de la tabla permite evaluar el riesgo ambiental y proponer medidas para mitigar dicho riesgo.

3.3.2. Zonificación de riesgo ambiental

La identificación de las zonas de riesgo ambiental se realizó teniendo en cuenta la presencia del hongo en las muestras colectadas y los sitios aledaños a estas. El hecho de escoger los barrios usando el criterio del azar restringido para mantener una distancia relativamente equitativa, generó una información más precisa en lo que se refiere al mapa de riesgo ambiental, ya que la probabilidad de que barrios colindantes estén contaminados es más alta que la de barrios alejados.

3.3.3. Medidas de contingencia

Para la definición de las medidas para la administración y el plan de contingencia para afrontar el posible riesgo ambiental que representa *Columba livia* en las áreas donde se encontró *C. neoformans*, se tuvieron en cuenta las acciones que se llevan a cabo por parte de la administración y los habitantes de la ciudad, las cuales repercuten de forma positiva en las poblaciones de la paloma favoreciendo su aumento, así como las estrategias que se han propuesto a nivel mundial para el control de las poblaciones de estos individuos.

4. Resultados

4.1. Diagnóstico de la presencia de *Cryptococcus neoformans* en las excretas de poblaciones de *Columba livia*

En general, se visitaron 75 estaciones distribuidas en 14 comunas de la ciudad de Medellín Los resultados del muestreo de las 75 estaciones distribuidas en 14 comunas de Medellín se aprecian en la Tabla 7**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, e videnciando 4 muestras con resultados positivos para la presencia de *C. neoformans*. Estas se registraron en las comunas 3 (Plaza Campo Valdés), 4 (Iglesia San Cayetano), 11 (Universidad Pontificia Bolivariana) y 16 (Unidad deportiva Belén) (Tabla 7**¡Error! No s e encuentra el origen de la referencia.**). De igual forma y al no ser posible la toma de muestras para las especies *Columbina talpacocoti* y *Zenaida auriculata*, el conteo de individuos de *C. livia* presentes en cada estación de muestreo arrojó un total de 2060 palomas, de las cuales 1839 se encontraron en zonas donde la presencia del hongo fue negativa y 221 se ubicaron en zonas donde la presencia del hongo fue positiva, estas últimas distribuidas de la siguiente manera: 54 individuos en la Plaza Campo Valdés, 27 individuos en la Iglesia San Cayetano, 88 individuos en la Universidad Pontificia Bolivariana y 52 individuos en la Unidad deportiva Belén (Tabla 7).

Cabe resaltar que, mediante la prueba CGB se pudo determinar que las muestras positivas corresponden a la variedad *neoformans*, ya que las colonias mantuvieron su color inicial (amarillo) (Baró, 2004).

Tabla 7. Muestras con resultados positivos y negativos para la presencia de *C. neoformans*

Estación	Comuna	Sitio de Muestreo	Coordenadas	Altitud msnm	Cant. Ind.	Resultado
1	16	Parque Belén	N6 13.953 W75 35.784	1531	70	Negativo
2	12	Parque Floresta	N6 15.346 W75 36.110	1542	25	Negativo
3	3	Carrera 89A con 44B	N6 15.211 W75 36.365	1561	6	Negativo
4	10	Parque Bolívar	N6 15.150 W75 33.866	1518	90	Negativo
5	8	Parque Villa Hermosa	N6 15.563 W75 33.119	1664	22	Negativo
6	10	Parque Obrero	N6 15.100 W75 33.380	1568	0	Negativo
7	10	Parque Boston	N6 14.898 W75 33.476	1548	35	Negativo
8	9	Iglesia Buenos Aires	N6 14.569 W75 33.410	1581	12	Negativo
9	9	Parque Milagrosa	N6 14.137 W75 33.286	1646	0	Negativo
10	14	Parque Poblado	N6 12.615 W75 34.255	1549	0	Negativo
11	14	Parque Lleras	N6 12.531 W75 34.059	1575	6	Negativo
12	4	Parque Aranjuez	N6 17.119 W75 33.384	1588	22	Negativo
13	12	Oficinas Tax Andaluz	N6 15.999 W75 35.836	1544	15	Negativo
14	10	Alpujarra	N6 14.638 W75 34.413	1594	30	Negativo
15	14	Bomba Transv. Inferior	N6 12.620 W75 33.518	1677	12	Negativo
16	4	HUSVP	N6 15.722 W75 33.986	1507	24	Negativo
17	4	Parque Cementerio San Pedro	N6 15.976 W75 33.754	1508	0	Negativo
18	**4**	**Iglesia San Cayetano**	**N6 16.256 W75 33.460**	**1543**	**27**	**Positivo**
19	5	Pista Fco. Antonio Zea (Barrio Alfonso López)	N6 17.021 W75 34.396	1520	16	Negativo
20	**11**	**Universidad Pontificia Bolivariana**	**N6 14.594 W75 35.335**	**1528**	**88**	**Positivo**
21	7	Parque Robledo	N6 16.542 W75 35.771	1614	0	Negativo
22	11	Los Colores	N6 15.989 W75 35.552	1525	8	Negativo
23	11	Suramericana	N6 15.225 W75 34.795	1489	6	Negativo
24	4	Cementerio San Pedro	N6 15.935 W75 33.718	1515	0	Negativo
25	10	Jorge Robledo con Venezuela	N6 15.704 W75 33.603	1538	16	Negativo
26	3	Iglesia Manrique	N6 15.794 W75 33.408	1563	0	Negativo
27	3	Escuela MFS	N6 15.934 W75 33.214	1600	22	Negativo
28	3	Iglesia Santo Sepulcro	N6 16.310 W75 33.223	1606	0	Negativo
29	3	Escuela Carlos Vásquez	N6 16.544 W75 33.343	1581	42	Negativo
30	**3**	**Plaza Campo Valdés**	**N6 16.497 W75 33.547**	**1542**	**54**	**Positivo**
31	16	Pueblito paisa	N6 14.162 W75 34.811	1588	12	Negativo
32	10	Sede Área Metropolitana Valle de Aburrá	N6 14.511 W75 34.446	1532	3	Negativo
33	5	CAI Castilla Pedregal	N6 17.981 W75 34.392	1643	30	Negativo
34	11	Iglesia San Joaquín	N6 14.804 W75 35.253	1471	10	Negativo
35	16	Unidad Deportiva Belén	N6 14.091 W75 35.269	1508	30	Negativo
36	16	Iglesia Belén Las Playas	N6 13.252 W75 35.694	1517	15	Negativo
37	16	Iglesia Belén Rosales	N6 14.071 W75 35.486	1507	7	Negativo
38	10	Iglesia Barrio Triste	N6 14.874 W75 34.572	1490	100	Negativo
39	10	Parque San Ignacio	N6 14.767 W75 33.872	1557	20	Negativo
40	11	CORANTIOQUIA	N6 14.996 W75 34.981	1505	6	Negativo
41	10	Comando Policía Metropolitana	N6 14.779 W75 33.918	1513	15	Negativo
42	10	Iglesia San Benito	N6 15.264 W75 34.412	1508	35	Negativo
43	16	Pueblito Paisa	N6 14.162 W75 34.811	1588	22	Negativo
44	**16**	**Unidad Deportiva Belén**	**N6 14.091 W75 35.269**	**1508**	**52**	**Positivo**
45	16	Parque Belén las Playas	N6 13.170 W75 35.622	1528	58	Negativo
46	16	Parque Belén	N6 13.953 W75 35.784	1531	92	Negativo
47	10	Parque Boston	N6 14.898 W75 33.476	1548	26	Negativo
48	8	Parque Villa Hermosa	N6 15.563 W75 33.119	1664	40	Negativo
49	8	Parque Gaitán	N6 15.915 W75 32.909	1713	18	Negativo

Estación	Comuna	Sitio de Muestreo	Coordenadas	Altitud msnm	Cant. Ind.	Resultado
50	5	Parque Jubilados - Castilla	N6 17.993 W75 34.383	1626	95	Negativo
51	5	Parque Tinajita	N6 18.107 W75 34.260	1628	25	Negativo
52	5	Parque Las Iguanas	N6 18.324 W75 34.056	1605	60	Negativo
53	5	María Auxiliadora – Castilla	N6 18.187 W75 34.161	1619	48	Negativo
54	5	Escuela Feliz de Bedout	N6 18.368 W75 34.138	1617	10	Negativo
55	1	Inst. Educativa Derka - Santo Domingo	N6 17.818 W75 32.361	1872	17	Negativo
56	10	Plaza Minorista	N6 15.456 W75 34.396	1491	30	Negativo
57	10	Plaza de Flórez	N6 14.759 W75 33.619	1524	120	Negativo
58	7	Universidad Nacional – Biblioteca	N6 15.679 W75 34.697	1486	12	Negativo
59	3	Calle 83 48-50	N6 16.561 W75 33.443	1560	25	Negativo
60	9	Carrera 32 43-53	N6 14.279 W75 33.368	1613	12	Negativo
61	11	Calle 45B 75-58	N6 15.049 W75 35.685	1533	12	Negativo
62	11	Iglesia Nuestra Señora de Lourdes	N6 15.102 W75 35.605	1519	0	Negativo
63	12	Iglesia de la América	N6 15.053 W75 36.295	1577	170	Negativo
64	16	Diagonal 74C 32B-61	N6 14.162 W75 35.640	1520	15	Negativo
65	10	Calle 54 46-74	N6 15.101 W75 33.851	1508	25	Negativo
66	15	Iglesia Santa Fe	N6 13.446 W75 34.928	1514	0	Negativo
67	15	Iglesia Cristo Rey	N6 12.457 W75 35.225	1545	120	Negativo
68	15	Noel	N6 12.606 W75 35.015	1525	0	Negativo
69	15	Parque San Pablo	N6 13.197 W75 34.803	1506	0	Negativo
70	14	Manila	N6 12.799 W75 34.334	1556	0	Negativo
71	14	Barrio Colombia	N6 13.550 W75 34.351	1523	0	Negativo
72	10	Iglesia San Antonio	N6 14.680 W75 34.143	1510	25	Negativo
73	11	Colseguros	N6 14.547 W75 34.872	1508	0	Negativo
74	11	Iglesia Verbo Divino	N6 14.466 W75 35.052	1507	0	Negativo
75	4	Jardín Botánico	N6 16.218 W75 33.744	1508	0	Negativo

Para este estudio, al aplicar la prueba Chi-cuadrado (X2= 6.1, df = 12, p=), no se encontraron diferencias significativas en la prevalencia del hongo entre comunas. Además, se obtuvo un mayor número de pruebas negativas que positivas para cada comuna, de esta forma el 94.7% fueron negativas y el 5.3% en las 75 muestras analizadas fueron positivas. En la Figura 6 se pueden apreciar colonias de *C. neoformans* obtenidas de las muestras positivas creciendo en agar de Sabouraud dextrosa con cloranfenicol.

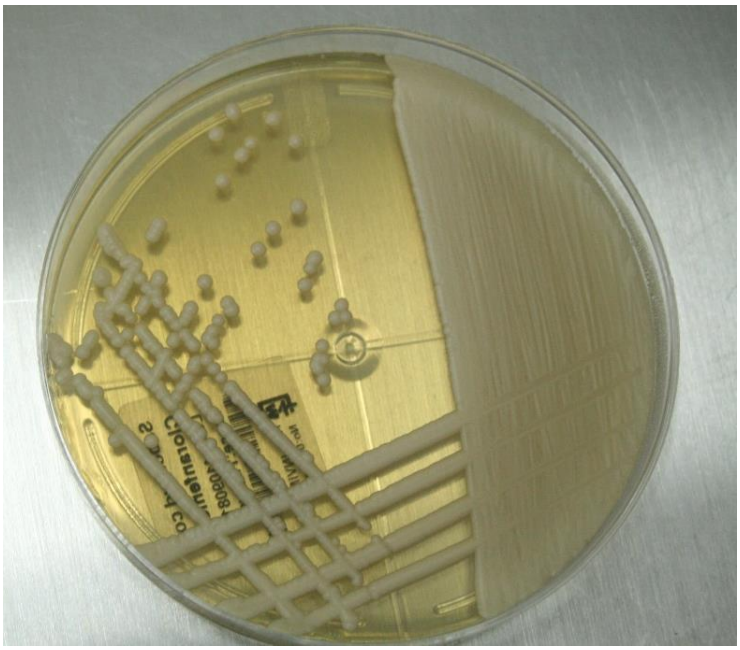


Figura 6. Colonias creciendo de *C. neoformans* en agar de Sabouraud dextrosa con cloranfenicol

En la Tabla 8 se puede observar que, basándose en la prueba Chi – Cuadrado, las 4 comunas presentan la misma prevalencia (1,3%), indicando que el número de muestras positivas es estadísticamente similar. En cuanto al número de individuos de *C. livia* contados y la presencia o ausencia del hongo en cada estación y comunas de muestreo, no fue posible realizar una comparación estadística, pues los datos no son suficientes teniendo en cuenta los resultados arrojados por el programa.

Tabla 8. Prevalencia de *C. neoformans* en el área de estudio (prueba Chi-cuadrado).

COMUNA	NEGATIVO	POSITIVO
3	8.0%	1.3%
1	1.3%	0.0%
4	6.7%	1.3%
5	9.3%	0.0%
7	2.7%	0.0%
8	4.0%	0.0%
9	4.0%	0.0%
10	20.0%	0.0%
11	10.7%	1.3%
12	4.0%	0.0%
14	6.7%	0.0%
15	5.3%	0.0%
16	12.0%	1.3%
Total	**94.7%**	**5.2%**

4.2. Análisis del riesgo ambiental

4.2.1. Determinación del riesgo ambiental

De acuerdo con la metodología del Ministerio de Ambiente de Perú (2010), se obtuvieron los siguientes resultados de la determinación del riesgo ambiental (Tablas 9 a 15):

Tabla 9. Rangos de estimación probabilística para los 4 sitios

Valor	Probabilidad de exposición	
5	Extremadamente probable	Entre 1 y 6 días a la semana

Rangos de los límites de los entornos

Tabla 10. Rangos de los límites de los entornos (Iglesia San Cayetano, Plaza Campo Valdés y Unidad Deportiva Belén)

Valor	Cantidad (número de positivos)	Peligrosidad (daño potencial que causa la criptococosis en el organismo)	Extensión (número de lugares afectados)	Población expuesta
4	Muy baja (menor al 10%)	Muy peligrosa	Puntual	Muy elevada (más de 800 personas semanales)

Tabla 11. Rangos de los límites de los entornos (Universidad Pontificia Bolivariana):

Valor	Cantidad (número de positivos)	Peligrosidad (daño potencial que causa la criptococosis en el organismo)	Extensión (número de lugares afectados)	Población expuesta
4	Muy baja (menor al 10%)	Muy peligrosa	Puntual	Baja (menos de 50 personas semanales)

Valoración de consecuencias en el entorno

Tabla 12. Valoración de consecuencias en el entorno (Plaza Campo Valdés y Unidad Deportiva Belén, Universidad Pontificia Bolivariana):

Cantidad (positividad)			Peligrosidad		
4	Muy alta	Positividad del 100%	4	Muy peligroso	Daño irreversible
1	Muy poca	Positividad menor al 10%	1	No peligroso	Inocuo
Extensión			**Calidad del medio (población de palomas)**		
2	Poco extenso	Menor a 500 m	2	Media	Lugar moderadamente habitado por palomas

					(censo entre 50 y 100 individuos)
1	Puntual	Punto bien delimitado y específico	1	Baja	Lugar levemente habitado por palomas (censo de menos de 50 individuos)

Tabla 13. Valoración de consecuencias en el entorno (Iglesia San Cayetano)

Cantidad (positividad)			**Peligrosidad**		
4	Muy alta	Positividad del 100%	4	Muy peligroso	Daño irreversible
1	Muy poca	Positividad menor al 10%	1	No peligroso	Inocuo
Extensión			**Calidad del medio (población de palomas)**		
2	Poco extenso	Menor a 500 m	2	Media	Lugar moderadamente habitado por palomas (censo entre 50 y 100 individuos)
1	Puntual	Punto bien delimitado y específico	1	Baja	Lugar levemente habitado por palomas (censo de menos de 50 individuos)

Valoración de los escenarios identificados

- Iglesia San Cayetano

Valor	**Valoración**	**Nuevo valor asignado**
Crítico	18	5

- Plaza Campo Valdés

Valor	**Valoración**	**Nuevo valor asignado**
Crítico	18	5

- Universidad Pontificia Bolivariana

Valor	**Valoración**	**Nuevo valor asignado**
Grave	15	4

- Unidad Deportiva Belén

Valor	**Valoración**	**Nuevo valor asignado**
Crítico	18	5

Evaluación del riesgo ambiental

Tabla 14. Evaluación del riesgo ambiental, Iglesia San Cayetano, Plaza Campo Valdés, Unidad Deportiva Belén

Estimación Probabilística/ Valor del Escenario	5	4	3	2	1
5	X				
4					
3					
4					
1					

	Riesgo significativo	16-25

Tabla 15. Evaluación del riesgo ambiental, Universidad Pontificia Bolivariana

Estimación Probabilística/ Valor del Escenario	5	4	3	2	1
5		X			
4					
3					
4					
1					

Riesgo significativo	16-25

De acuerdo con lo anterior, y a pesar de la baja presencia del hongo en el muestreo, la peligrosidad inherente a la criptococosis, y la alta exposición derivada de la frecuencia de visitas y el número de personas, muestra que el riesgo ambiental es significativo para estas cuatro zonas.

4.2.2. Zonificación del riesgo ambiental

La presencia de *C. neoformans* fue detectada en las muestras tomadas en el campanario de la Iglesia San Cayetano (Comuna 4), los techos de la Universidad Pontificia Bolivariana (Comuna 11), la Plaza Campo Valdés (Comuna 3) y en la Unidad Deportiva de Belén (Comuna 16) (Figura 7).

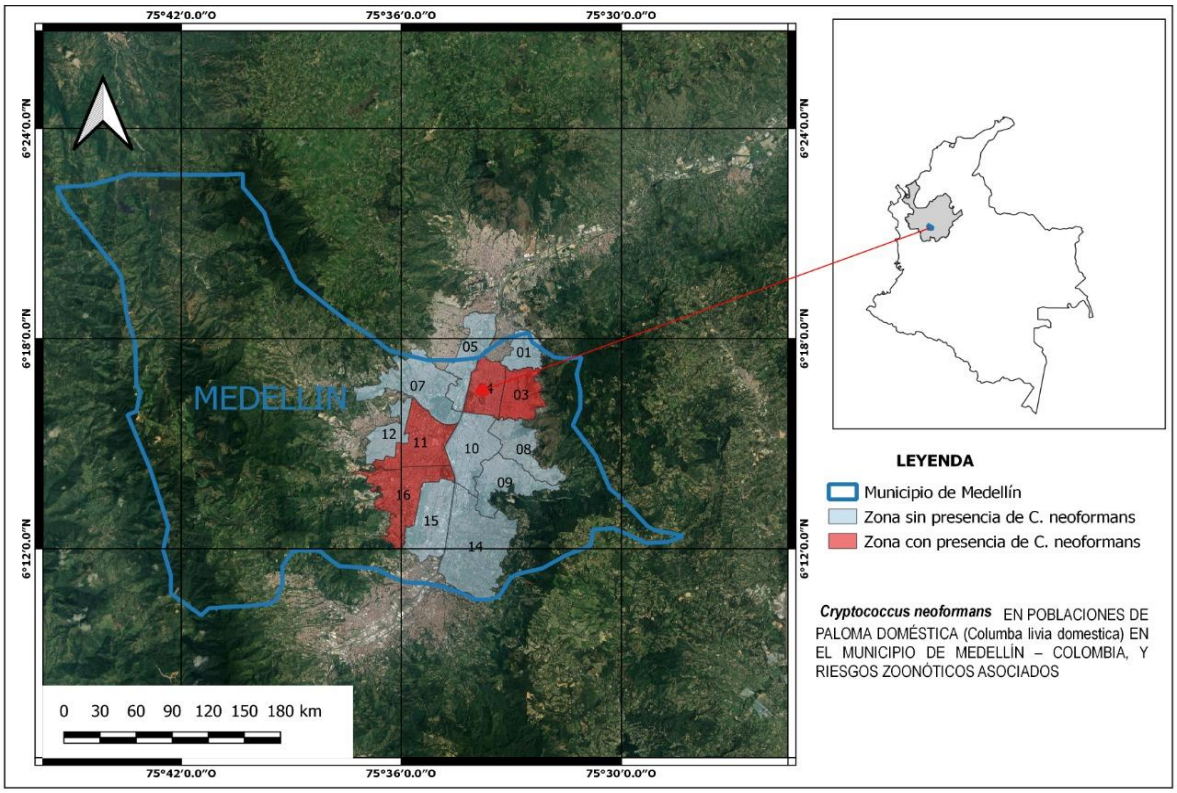


Figura 7. Zonas de riesgo ambiental identificadas por la presencia de *C. neoformans*

4.3. Medidas de contingencia

De acuerdo a los resultados obtenidos, se plantearon medidas de contingencia tanto para las 4 zonas con positividad, como para la ciudad en general. Para las zonas con presencia del hongo, se tuvo en cuenta el lugar específico de muestreo que resultó positivo:

- Plaza Campo Valdés: bodega del segundo piso, sobre una tienda de abarrotes
- Iglesia San Cayetano: campanario
- Unidad Deportiva Belén: palomera a la entrada
- Universidad Pontificia Bolivariana: cielorraso de un salón de primaria (la universidad cuenta con un colegio con primaria y bachillerato).

5. Discusión

5.1. Presencia del hongo

El porcentaje de muestras positivas para *C. neoformans* aisladas en este estudio se encuentra por debajo del rango reportado por algunos autores, siendo de 5,2% (Tabla 8), mientras que en Chile se encontró en el 26% de las muestras de suelo, aire y excretas de los palomares del perímetro urbano de Ica (Curo et al., 2005), en El Salvador se logró aislar el hongo en el 36,5% de muestras contaminadas con excretas de palomas tomadas del ambiente (Ayala et al., 2011) y en el caso de Brasil, se ha llegado a aislar del 100% de las muestras tomadas en Porto Alegre (Reolon et al., 2004). Para Colombia, en Cundinamarca, durante el análisis de la distribución ambiental de *C. neoformans* en el departamento, el 21% de las muestras resultaron positivas (Quintero et al., 2005), en Cali se confirmó la presencia de *C. neoformans* en el 46,3% de las muestras de excretas de palomas del perímetro urbano (Caicedo et al., 1996), en la zona urbana de Pasto se estableció su presencia en el 90% de las muestras analizadas (Vallejo et al., 2016) y para el caso de Medellín, se realizó el aislamiento del hongo en muestras del área urbana, donde este representó el 18,8% del total de las muestras analizadas (Mira et al., 1968); este último estudio, a pesar de su antigüedad, es un referente para la ciudad, aunque debe considerarse que sus condiciones han cambiado.

Contrario a lo anterior y similar a este estudio, Virviescas et al. (2018), procesaron 118 muestras colectadas en los municipios de Rivera y Neiva, distribuidas en 13 zonas, obteniendo 8 muestras positivas (6.8%) para *C. neoformans var. grubii*. En ese orden de ideas, una investigación que abarque un mayor número de muestras ayudará a determinar con exactitud si ese factor influye en el porcentaje de muestras positivas encontradas, además de otras variables que pueden llegar a influir en los resultados, tales como el

porcentaje de humedad de las muestras, pH, exposición a la luz, entre otras (Vallejo et al., 2016). Las condiciones de cada zona geográfica influyen en el crecimiento del hongo. Mak et al. (2015), a través de un modelo de predicción han estimado que en Colombia existen áreas de nicho ecológico óptimas y diversas para la presencia de *C. neoformans*, las cuales comprenden desde el departamento del Cauca, abarcando la región montañosa Andina, hasta el departamento del Magdalena. Estas condiciones son tan variables que hasta el momento no se cuenta con estudios que estandaricen las condiciones de muestreo óptimas para determinar la presencia del patógeno (Vallejo et al., 2016). Así mismo, hasta el año 2019, los estudios ambientales reportan para Colombia una extensa distribución que abarca diferentes altitudes (desde los 20 msnm hasta los 3000 msnm), con capacidad de sobrevivir a diferentes temperaturas (desde los 12ºC hasta los 28,8ºC) (Serna et al., 2021).

Estructuras urbanas como las iglesias antiguas, edificios y demás, cuyo mantenimiento y limpieza no es frecuente y además funcionan como zona de percha y alimentación de *C. livia,* son un reservorio perfecto para *C. neoformans*, pues este es capaz de sobrevivir en sus excretas secas durante aproximadamente dos años gracias a su cápsula (Rosa et. al., 2016; Baroni et. al., 2006; Bulmer,1990), haciendo de estas una fuente importante para la dispersión de levaduras secas del hongo, que a su vez se alojan en el intestino de otros individuos de *C. livia* (Virviescas et. al., 2018; Rosario et al, 2008). Teniendo en cuenta lo anterior, los sitios con presencia de *C. neoformans* podrían reunir estas características, principalmente la Iglesia San Cayetano, la Plaza Campo Valdés y la Universidad Pontificia Bolivariana por su antigüedad y estructura, sin embargo, es necesario evaluar otras variables como humedad, exposición a la luz, suelo, entre otras, que permitan determinar con exactitud la razón de la presencia del hongo en estos sitios en especial (Vallejo et al., 2016).

5.2. Determinación del riesgo ambiental

El riesgo ambiental está asociado a la presencia del *C. neoformans*, a la dinámica poblacional de las palomas, a su patrón de vuelo o dispersión, y a la exposición de las personas que visitan los lugares (frecuencia y número de personas) (Elhariri et al., 2015;

Ministerio de Ambiente de Perú, 2010; Cafarchia et al., 2006; Mancianti et al., 2002;). La capacidad de vuelo de las palomas es un factor importante a considerar, dado que habitualmente conviven en comunidades y son capaces de abarcar grandes áreas durante sus desplazamientos (Tavera, 2013). De esta forma, una posible explicación a la prevalencia de *C. neoformans* observada en estas comunas puede ser la cercanía entre ellas, pues, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la r eferencia.**, las cuatro comunas donde se presentó el hongo son contiguas, por lo que las poblaciones de palomas presentes a lo largo de esa área pueden ser las mismas y están realizando migraciones entre diferentes zonas de la ciudad. No obstante, se ve la necesidad de seguir muestreando estas áreas para evaluar si existe otra tendencia asociada a la propagación, desarrollo y terminación de los ciclos biológicos de *C. neoformans*, como es el caso de factores como la incidencia de luz, exposición solar, poca aireación, áreas cerradas o poco expuestas en horas de la noche y el día, los cuales puede limitar el crecimiento y dispersión de hongo levaduriforme.

La presencia de *C. neoformans* fue detectada en las muestras tomadas en el campanario de la Iglesia San Cayetano (Comuna 4), los techos de la Universidad Pontificia Bolivariana (Comuna 11), la Plaza Campo Valdés (Comuna 3) y en la Unidad Deportiva de Belén (Comuna 16), las cuales cumplen con las condiciones idóneas para el establecimiento de *C. livia*. La plaza de mercado y el campanario de la iglesia el Calvario están ubicados en el barrio Campo Valdés al nororiente de la ciudad; la estructura física de la Plaza de mercado se encuentra rodeada de árboles y la iglesia se localiza en un parque con amplia cobertura vegetal. La Universidad Pontificia Bolivariana y la Unidad Deportiva de Belén se localizan en el sector de Laureles al suroccidente de la ciudad y están rodeadas por coberturas vegetales como sucede en las otras dos áreas descritas. Estas variables ambientales (cobertura vegetal circundante) podrán servir de factores de aislamiento, dada la preferencia de las palomas de Castilla por edificios y no por zonas arboladas (Chavan, Reddy & Jadhav, 2018).

La determinación del riesgo ambiental por presencia de *C. neoformans* en el medio realizada en este estudio se calificó como significativa. Este dato es el primero reportado para *C. neoformans* usando la metodología del Ministerio de Ambiente de Perú, por lo que

sería de gran importancia aplicarla en otros estudios similares. A pesar de la baja positividad del hongo, la peligrosidad inherente al mismo (potencial de causar lesiones graves en el organismo humano, que pueden generar daño permanente o incluso la muerte), así como la exposición de elevados números de personas y/o la frecuencia de exposición mayor a un día a la semana, muestran que el riesgo ambiental derivado de la presencia del hongo puede catalogarse como significativo, lo que amerita que se tomen acciones urgentes para mitigar dicho riesgo. En el Perú se ha utilizado esta metodología para determinar, principalmente, riesgos ambientales derivados de la contaminación atmosférica, vertimientos tóxicos a las aguas, deslizamientos, avalanchas e inundaciones (Ministerio de Ambiente de Perú, 2010).

El riesgo epidemiológico no pudo medirse, ya que este consiste en la comparación de la presencia del microrganismo y los casos positivos presentados en humanos (Filho, Castiel & Aires, 2009). Al buscar en el sistema SIVIGILA (Ministerio de Salud y Protección Social, 2023); no se encontraron reportes de criptococosis, lo que no permite analizar si hay casos reportados en humanos en estas comunas. A nivel mundial, con el pasar de los años las afecciones por criptococosis han alcanzado una mayor relevancia en el ámbito de la salud pública (Rosa et al., 2016). *C. neoformans*, al ser un hongo encapsulado, presenta una viabilidad de aproximadamente 2 años en las excretas de *C. livia* (Bulmer, 1990), además, en Colombia se han reportado hasta 1,1 casos de criptococosis por cada 1000 habitantes con VIH (Escandón et al., 2012). A pesar de lo anterior, en el país este tipo de afecciones no se encuentran incluidas dentro de los reportes de eventos de notificación obligatoria. Por lo tanto, es de vital importancia que las autoridades de salud pública lleven a cabo acciones de inspección periódica en los lugares donde se ha asociado el hongo a las excretas de paloma doméstica (Rosa et al., 2016).

5.3. Zonificación de riesgo zoonótico

De acuerdo con los resultados obtenidos, las Comunas 4 (Aranjuez), 11 (Laureles), 3 (Manrique) y 16 (Belén), presentan un mayor riesgo de propagación y contagio del hongo.

Al observar de forma más detallada la ubicación de estos sitios, se podría plantear un posible patrón de dispersión, pues la proximidad de las comunas que conforman cada uno de los dos grupos es de aproximadamente un kilómetro. Las primeras dos, ubicadas al nororiente (Estación 18 – Iglesia de San Cayetano - Comuna 4 y Estación 30 – Plaza Campo Valdez – Comuna 3) y las otras dos al suroccidente (Estación 20 – Universidad Pontificia Bolivariana – Comuna 11 y Estación 44 - Unidad Deportiva de Belén – Comuna 16). Además, se presume que se está hablando de dos grupos diferentes, pues la distancia que separa estos dos pares de comunas es de aproximadamente 4 a 5 kilómetros (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

La zonificación del riesgo ambiental en términos de zoonosis o propagación de otras enfermedades no es una práctica común, y no se hallaron referencias específicas sobre este tema, ya que las zonificaciones ambientales se centran en orientar el desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018), o analizar riesgos puntuales como avalanchas e inundaciones (Cornare, 2012). Esta metodología puede servir para estudios similares que se realicen en el futuro sobre la presencia de patógenos en el ambiente.

5.4. Medidas para la administración y definición del plan de contingencia

Teniendo en cuenta las interacciones que con el tiempo se han establecido entre los acentamientos humanas y la paloma doméstica (*C. livia*), que la mayoría de las personas desconoce la relación de dichas aves con microorganismos patógenos, dentro de los que se incluye el hongo *C. neoformans*, así como la existencia de la criptococosis, su sintomatología y las poblaciones de riesgo asociadas a la enfermedad, al confirmar la presencia de *C. neoformans* en heces de individuos de *C. livia* que habitan en algunas comunas de Medellín, se hace necesario establecer acciones para llevar a cabo un control positivo y efectivo de las comunidades de dichas aves en la ciudad, así como el tratamiento de las zonas que estas frecuentan, teniendo en cuenta que una mayor acumulación de heces de estos individuos aumenta la probabilidad de aislamiento de *C. neoformans*

(Vallejo et al., 2016; Harlim & Wade, 2009; Rosario et al., 2008). Parte de estas acciones deben incluir a los habitantes que tienen contacto directo o indirecto con los individuos de *C. livia* y sus deyecciones, dándoles a conocer los riesgos asociados al contacto con sus excretas y de esta manera lograr su colaboración en las acciones a desarrollar (Yupanqui, 2016; Giunchi et al., 2012).

Por otra parte, debido a que la problemática con las poblaciones de paloma doméstica se ha extendido prácticamente a todas las ciudades alrededor de América y demás lugares donde se comporta como especie invasora, así como el riesgo de salud pública asociado a su presencia y su alta densidad poblacional por la mayor concentración de heces, lo que en este caso propicia la presencia de *C. neoformans* por ser un excelente reservorio para este patógeno (Vallejo et al., 2016; Rosario et al., 2008; Casadevall et al., 2003), se han probado diferentes métodos para controlar sus poblaciones, algunos de estos son la captura y eliminación selectiva, utilización de productos químicos y mecánicos, utilización de venenos, remoción de nidos, exclusión y modificación de hábitat (Rico, 2018), así como la implementación de la caza de control, acciones para la disminución del éxito reproductivo y la reducción de la capacidad de carga del hábitat (Giunchi et al., 2012; VanDruff et al., 1996).

La caza de control ha sido un método poco efectivo y costoso (Rico, 2018), pues su efectividad se da a corto plazo, evidenciándose que, como resultado adverso, las poblaciones de palomas existentes en otros sitios donde no se hace control poblacional migran rápidamente a ocupar el nicho de aquellas palomas exterminadas, como una respuesta compensatoria por dispersión a perturbaciones externas en su dinámica poblacional (Sol & Senar, 1995) lo que no permitiría cumplir con el objetivo de mantener controladas dichas poblaciones en un área, lo que facilitaría su monitoreo y evitaría una posible dispersión de *C. neoformans* a lugares donde no se encuentra el patógeno. Además, este método posee limitantes técnicas con relación a la comunidad en general y genera rechazo por su parte, sumado a los dilemas éticos que se presentan al estar en conflicto con el bienestar animal (Giunchi et al., 2012).

La disminución del éxito reproductivo consiste en remover los huevos de los nidos ubicados en los palomares identificados, reemplazándolos por huevos falsos, demostrándose una

mayor efectividad al momento de disminuir las poblaciones de palomas; estas acciones van de la mano con la adecuada limpieza de los nidos y la educación de la comunidad respecto al tema (Dobeic et al., 2011), lo que se convierte en una limitante por el alto costo que implica la vigilancia y limpieza de los nidos, además es una práctica que puede afectar los ciclos reproductivos de las palomas domésticas, generando una respuesta adversa por su parte al aumentar sus tasas de reproducción (Giunchi et al., 2012). Por otra parte, el suministro de cebo o pienso anticonceptivo, es un método muy utilizado actualmente para el control de poblaciones de *C. Livia*, por ser poco invasivo y de efecto reversible (Rojas, 2013). Consiste en impregnar concentrado, maíz o cualquier otro tipo de alimento que sea suministrado a estas aves con agentes químicos y hormonales que intervendrán en su proceso de reproducción. Algunos de los más utilizados son Nicarbazina, que interviene en la embriogénesis, causando una menor producción de huevos fértiles, cuyos efectos se evidencian principalmente en cáscaras frágiles y escasez de nutrientes durante el desarrollo embrionario (Yoder et al., 2008). Por su parte, el Levonogestrel, interfiere en el proceso de ovulación, ya sea afectando la producción de LH (hormona luteinizante), evitando la ruptura folicular o interviniendo en la formación del cuerpo lúteo, por lo que debe ser administrado durante la fase folicular para garantizar su efectividad (Muller et al., 2003; Palomino et al., 2003) lo que junto a su alto costo supone una desventaja. En cuanto a los progestágenos, como el acetato de leuprodile, interrumpen la estimulación de la hormona deteniendo la postura de huevos, sin embargo, estos resultados no se observan enseguida (de 4 a 6 semanas) razón por la cual se hace necesario utilizarlo en combinación con progesteronas y estrógenos para aumentar la rapidez de sus efectos (Kuzler & Wood, 2006) haciendo costoso su uso. Es importante tener en cuenta que este método requiere de una aplicación controlada para evitar el contacto de otras aves, además los efectos no son inmediatos, sino más bien progresivos y se hace necesario complementar con otros métodos, sin embargo, de ser utilizado adecuadamente se obtienen resultados positivos (Rojas, 2013).

La reducción de la capacidad de carga del hábitat de palomas urbanas reúne un conjunto de acciones que afectan directamente los sitios de nidificación, percha y alimentación (Rico, 2018). Esto se puede lograr a través del uso de técnicas de exclusión, dentro de las que se implementa el uso de cercas o redes que funcionan como barreras artificiales para

excluir ciertos animales de áreas específicas. Incluye la utilización de espantapájaros, muñecos inflables, juegos pirotécnicos y cañones de gas comprimido (Rico, 2018). Una ventaja de estas estrategias es el bajo costo en la adquisición y aplicación, sin embargo, su utilización constante y prolongada pueden ocasionar que los individuos se acostumbren a su presencia. De igual forma, se implementan herramientas de repulsión y hostigamiento como la utilización de dispositivos que emiten chillidos de alerta para algunas especies de aves, los cuales han resultado efectivos bajo determinadas circunstancias (Amaya & Rico, 2005). En el pasado se han usado diferentes repelentes táctiles y mecánicos, al igual que químicos, acústicos y visuales por periodos cortos, pues las palomas, al ser individuos cosmopolitas con facilidad de adaptación, terminan acostumbrándose a ellos fácilmente. De igual forma, se podría modificar la infraestructura de edificaciones con el fin de reducir la atracción que generan a las palomas y, por lo tanto, evitar su establecimiento en esta como lugares de nidificación y percha (Rico, 2018). Pero estas estrategias por sí solas resultan en vano, pues se ha demostrado que la efectividad de estas técnicas en el control de poblaciones de palomas en ambientes urbanos implica la implementación articulada de varias de estas, acompañadas de una constante capacitación de la comunidad (Dobeic et al., 2011; VanDruff et al., 1996), enfatizando en los riesgos de salud pública asociados a *C. livia*, en este caso por la presencia de *C. neoformans* en sus heces, así como información sobre la criptococosis, sus síntomas y quiénes corren mayor riesgo de contraer dicha enfermedad.

Se ha determinado que la efectividad en el control de las poblaciones de paloma doméstica debe involucrar un manejo del hábitat, de lo contrario las acciones a realizar no serán suficientes para cumplir el propósito establecido (Sol & Senar, 1992). Esto hace que la reducción de la capacidad de carga del hábitat en palomas urbanas sea considerada el método más cercano a la realidad de las alternativas de control del tamaño de las poblaciones de palomas en ciudades, lo que implica la disminución de la presencia de deyecciones de estos individuos en sitios públicos y muy frecuentados, y por lo tanto, la reducción del riesgo de contacto de las personas con levaduras de *C. neoformans*. Además, es la estrategia que presenta mayores efectos a largo plazo y a la vez la más aceptada por los ciudadanos (Rico, 2018). Teniendo en cuenta que *C. neoformans* puede alojarse en el intestino de las aves, haciéndolas portadoras, para luego ser expulsadas por

medio de sus heces (Nnadi et. al., 2000; Rosa et al., 2016; Virviescas et al., 2018) y que estas levaduras, gracias a su cápsula, tienen la capacidad sobrevivir en diferentes sustratos, así como permanecer activas durante varios años, las heces de *C. livia* son una fuente importante para su dispersión (Virviescas et al., 2018; Dou et. al., 2017; Nnadi Rosario et al., 2008). Por ello es importante tener en cuenta que no debe permitirse que se formen acúmulos de excretas, lo que se logra controlando la fluencia de palomas en sitios cerrados.

Es importante considerar que, de acuerdo, a lo manifestado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la autoridad municipal con el acompañamiento de la autoridad ambiental es quien debe otorgar los permisos y supervisar las acciones a realizar para el control de las poblaciones de *C. livia* (Secretaría de Ambiente de Bogotá, 2021). De igual manera, en el marco del Consejo Nacional de Zoonosis, se ha definido que, con la finalidad de evitar un problema mayor de Salud Pública por el incremento incontrolado de esta población, se pueden fortalecer las estrategias de Información, Educación y Comunicación (IEC), dirigidas a la comunidad en general, y orientadas a evitar que la población alimente a los individuos de esta especie y a que se ubiquen barreras físicas en los inmuebles y demás instalaciones afectadas, con la finalidad de evitar la permanencia y el anidamiento de estas palomas (Ministerio de Protección Social de Colombia, 2017). La autoridad municipal, aplicará estas acciones a través de la Secretaría de Gobierno, inspecciones municipales y secretarias agroambientales, sin dejar de lado el Estatuto de Protección a los Animales y demás normatividad asociada (Ley 84 de 1989, la Ley 1774 de 2016), y las normas sobre salud pública (Ley 9 de 1979) (Diario Oficial, 1989; Diario Oficial, 2016; Diario Oficial, 1979). En ese orden de ideas, el municipio está facultado para establecer los requisitos necesarios para tomar acción frente a la problemática de las poblaciones de *C. livia* y su relación con patógenos como *C. neoformans*, de tal forma que se dé la convivencia con esta especie, concentrándola y controlándola en los hábitats adecuados y de esta manera se garanticen las condiciones de salubridad (evitando la transmisión de enfermedades), brindando la seguridad para el entorno (evitando daños en construcciones, fachadas y tejados) y proporcionándole su adecuada protección (Secretaría de Ambiente de Bogotá, 2021).

Teniendo en cuenta lo anterior, para afrontar el posible riesgo ambiental de orden zoonótico generado por la especie *C. livia* en la zona urbana de Medellín, se propone:

1. Realizar desmonte de nidos, limpieza y desinfección de las zonas con resultado positivo: Comuna 3 (Plaza Campo Valdés), Comuna 4 (Iglesia San Cayetano,), Comuna 11 (Universidad Pontificia Bolivariana) y Comuna 16 (Unidad deportiva Belén), en lo posible con formaldehído (CH_2O), ya que presenta una acción fungicida potente; esta debe ser realizada por profesionales, teniendo en cuenta las recomendaciones y manejo del producto, por ser considerado muy tóxico. De igual forma, es recomendable realizar la limpieza y desinfección de todas las palomeras y áreas donde sea frecuente la aglomeración de personas, teniendo en cuenta que *Cryptococcus* no es el único patógeno presente en las heces de *C. livia*; en este caso se podrían utilizar desinfectantes menos fuertes, como los desinfectantes peroxigenados. Es importante resaltar que toda limpieza debe hacerse en húmedo, para evitar la dispersión del polvo resultante de las heces secas. Por otra parte, para prevenir el desarrollo de *C. neoformans,* una vez hecha la respectiva limpieza a los sitios con resultados positivos, se recomienda permitir la aireación de estos y colocar tejas traslúcidas para romper el ciclo biológico del microorganismo.

   De igual forma, es importante la limitación de los sitios de percha, nidificación y alimentación, eliminando el acceso a la infraestructura ubicada en las zonas de riesgo por la presencia de *C. neoformans*, mediante la instalación de mallas, redes, barras electrificadas, cercas de alambre o pinchos de plástico ahuyentadores (garantizando la integridad de los individuos sin lastimarlos), de igual forma, se pueden usar aspersores de agua o cintas reflectantes, esto las ahuyentará una vez intenten regresar a dichos lugares. Adicionalmente, es necesario mantener estos lugares libres de restos de comida o charcos que puedan constituir una fuente de agua, lo que debe ir acompañado con una respectiva charla, divulgación en redes y avisos informativos, explicando a las personas que frecuentan estos sitios la razón de las medidas y la importancia de cumplirlas. Simultáneamente, se debe realizar la instalación de palomeras en una zona aledaña a los sitios tratados, para

la respectiva reubicación de los individuos una vez sean desplazados y tener controlada esa población en un área donde se presente menor riesgo de infección y sea más fácil el manejo de sus excretas, así como el acceso a los recursos que necesitan para su supervivencia.

A mediano plazo, se sugiere disponer de sitios de alimentación de los individuos de *C. livia* para que las personas puedan seguir disfrutando de esta práctica sin intervenir negativamente en las acciones realizadas por las autoridades encargadas, procurando desestimular esta práctica. De esta manera contribuirán a mantener las palomas ubicadas en las zonas estratégicas establecidas para facilitar su monitoreo y control.

Para controlar la natalidad de *C. livia* y así evitar su aumento poblacional, se recomienda la utilización de cebos o piensos anticonceptivos. El suministro de este alimento debe ser bajo un protocolo estricto y controlado para que las demás aves no tengan acceso a este y por ende terminen afectadas, por lo que una vez finalizado el proceso de alimentación es necesario eliminar cualquier residuo. En este caso, es recomendable el uso de Nicarbazina, ya que es el más económico y no necesita ser suministrado en una etapa específica. A largo plazo, este puede ser surtido a aquellas personas que se encargan de alimentar a las palomas en sitios donde presenten mayor número poblacional, después de una respectiva capacitación donde se les explique la finalidad de la utilización del método, las implicaciones epidemiológicas que se quieren evitar con su implementación y la importancia de suministrarlo solo a la especie objetivo, que en este caso es *C. livia*.

2. Realizar capacitación a las personas que tienen una relación cercana con *C. livia* o viven en zonas aledañas a sus sitios de percha. En estas capacitaciones se debe hablar sobre los riegos ambientales y el potencial zoonótico asociado al contacto con excretas de *C. livia*, dando a conocer su relación con Cryptococcus, qué afecciones causa este patógeno y quienes presentan mayor riesgo de infección, enfatizando en la importancia de la limpieza de las áreas donde habitan dichas aves

y el control de sus poblaciones en la ciudad y por tal motivo la razón de las medidas a tomar, resaltando la importancia de no alimentarla en sitios distintos a los establecidos para ello. Estas deben ser dirigidas con especial énfasis a aquellos denominados Colombófilos, que han creado espacios de cría de estas palomas en sus hogares y las utilizan para participar en competencias, los últimos deberán recibir una orientación sobre el manejo de excretas y demás residuos generados por la paloma doméstica como medida de control de microorganismos.

3. La administración municipal, desde el área de salud pública deberá monitorear constantemente estas zonas para realizar seguimiento de casos de personas inmunocomprometidas cercanas a las zonas de riesgo, así como la detección temprana de posibles casos de cripotococosis y demás enfermedades asociadas con las heces de *C. livia*.

4. Es importante que estas medidas se realicen de manera articulada entre la Alcaldía de Medellín, la Subdirección Ambiental del Área Metropolitana Valle de Aburrá, la Secretaría de Salud Municipal y la Secretaría de Planeación Municipal, con la participación de la dependencia de comunicaciones, pues cada una tiene competencia en el manejo y reubicación de las aves, el tratamiento de los riesgos ambientales, la modificación de infraestructura pública y la divulgación de la información. Una vez se lleven a cabo las medidas aquí mencionadas, es importante realizar seguimiento, revisar su impacto y hacer una retroalimentación, de esta forma garantizar su efectividad en el tiempo, para luego replicarlo en el resto del Valle de Aburrá, de ser necesario.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

- Se comprobó la presencia de *Cryptococcus neoformans* en la ciudad de Medellín.
- Se encontró *C. neoformans* en las muestras de 4 de las 75 estaciones visitadas (Iglesia San Cayetano, Plaza Campo Valdés, Unidad Deportiva Belén, Universidad Pontificia Bolivariana).
- La positividad fue del 1,3% en cada uno de los 4 lugares positivos
- La positividad total fue del 5,2%
- El riesgo ambiental determinado para las 4 zonas se calificó como significativo, dada la peligrosidad del *C. neoformans* y la elevada exposición (número, frecuencia de visitas) de las personas que acuden a los lugares que resultaron positivos.
- La presencia del microorganismo está marcada por la proximidad de las comunas entre sí, conformando 2 grupos: Comuna 4 (Iglesia San Cayetano) – Comuna 3 (Plaza Campo Valdés) separadas por aproximadamente un kilómetro y Comuna 11 (Universidad Pontificia Bolivariana) – Comuna 44 (Unidad deportiva de Belén), separadas aproximadamente por la misma distancia.
- La distancia que separa los dos grupos de comunas identificados con la presencia de *C. neoformans* es de aproximadamente cinco kilómetros
- Se plantearon medidas de contingencia para disminuir las poblaciones de palomas y controlar el acúmulo de excretas

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda estandarizar el esfuerzo de muestreo y tomar un número igual de muestras entre todas las comunas para hacer comparaciones más específicas, así como relacionar otras variables que pueden estar influyendo en la presencia y posible dispersión de *C. neoformans*.
- Se sugiere hacer pruebas moleculares (PCR) para determinar la presencia del hongo y comparar con los resultados arrojados por las pruebas microbiológicas (cultivos).
- La metodología empleada para determinar el riesgo ambiental podría aplicarse a estudios similares, para tener patrones de comparación de dicho riesgo.
- Se deben realizar estudios epidemiológicos en la población, principalmente aquella que visita frecuentemente las zonas de riesgo identificadas, para determinar si hay casos positivos. Con estos datos se podría calcular el riesgo epidemiológico.
- Es necesario que el sistema SIVIGILA caracterice de forma más específica los agentes etiológicos de las enfermedades reportadas, ya que algunas encefalitis podrían ser causadas por *C. neoformans*.

7. Bibliografía

Acha, P. N., & Szyfres, B. (2003). *Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre ya los animales: clamidiosis, rickettsiosis y virosis*. 3. Pan American Health Organization.

Álvarez, J., & Medellín, R. A. (2005). Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Autónoma de México. *Bases de datos Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Proyecto U, 20.

Álvarez, R. (2009). Notas sobre la avifauna del humedal Santa María del Lago, Cordillera Oriental de los Andes Colombianos. *Revista Luna Azul* 28: 24-39.

Alves, G. S. B., Freire, A. K. L., Bentes, A. D. S., Pinheiro, J. F. D. S., de Souza, J. V. B., Wanke, B., Matsuura, T. & Jackisch-Matsuura, A. B. (2016). Molecular typing of environmental *Cryptococcus neoformans*/C. gattii species complex isolates from Manaus, Amazonas, Brazil. Mycoses, 59(8), 509-515.

Amaya, J. D., & Rico, G. (2005). Caracterización y evaluación del peligro aviario presente en siete aeropuertos de Colombia. Informe Final y Plan de Manejo. Aeronáutica Civil de Colombia-Unión Temporal UTAR Manejo peligro Aviario. Contrato de consultoría, 4000220.

Amirrajab, N., Haghani, I., Rasuli, M., & Shokohi, T. (2016). MigratoryBirds as a Potential Reservoirs of *Cryptococcus neoformans*. International Journal of Environmental Research, 10(3), 459-464.

Ávila, N., & Oberto, A. (2007). Gestión tecnológica en hospitales veterinarios universitarios en Venezuela. *Revista Espacios,* 28(1).

Ayala, D., López, F. & Valencia R. (2011). Aislamiento de *Cryptococcus neoformans* en muestras del ambiente contaminadas con excrementos de palomas en diferentes zonas en el salvador. *Minerva Revista en Línea CIC-UES,* 2(1), 21-27.

Barahona Almachi, C. F. (2020). Educación ambiental comunitaria a partir de los aspectos ecológicos que mantiene la especie *Columba livia* (paloma) en el sector de la Plaza de San Francisco, DMQ-2019 (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Barbosa, F. C., de Faria, D. L. G., Nascimento, L. D., & Diniz, D. L. (2008). Columbídeos: um estudo de caso sobre populações de espécies e suas relações com o ambiente. Revista Ciências do Ambiente On-Line, 4(1). *Revista Ciências do Ambiente* On-Line, 4(1).

Baró-Tomás, M. T. (2004). Epidemiología de la criptococosis en España - Caracterización de los aislados de *Cryptococcus neoformans*. Universitat Autònoma de Barcelona.

Baroni, F. D. A., Paula, C. R., Silva, É. G. D., Viani, F. C., Rivera, I. N., Oliveira, M. T. B. D., & Gambale, W. (2006). Cryptococcus neoformans strains isolated from church towers in Rio de Janeiro City, RJ, Brazil. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, 48, 71-75.

Bauters, T. G. M., Moerman, M., Pini, G., Vermeersch, H., & Nelis, H. J. (2001). Colonization of a voice prosthesis by *Cryptococcus neoformans*. *Medical Mycology*, 39(4), 379-381.

Bonnefoy, X., Kampen, H., & Sweeney, K. (2008). Las plagas urbanas y su significación para la salud Pública. London: Oficina Regional para Europa de la OMS, Chartered Institute of Environmental Health. Tomado de: https://sanidadambiental.com/wp-content/uploads/2008/10/who-summary-spanish.pdf

Bulmer GS (1990). Twenty-five years with Cryptococcus neoformans. *Mycopathologia*. 22(1),109-111.

Cabello, C., & Cabello, F. (2008). Zoonosis con reservorios silvestres: Amenazas a la salud pública ya la economía. *Revista Médica de Chile*, 136(3), 385-393.

Cafarchia, C., Romito, D., Iatta, R., Camarda, A., Montagna, M. T., & Otranto, D. (2006). Role of birds of prey as carriers and spreaders of *Cryptococcus neoformans* and other zoonotic yeasts. *Medical Mycology*, 44(6), 485-492.

Caicedo, L. D., Valle, M. I. A., Llanos, C. E., & Molina, D. (1996). *Cryptococcus neoformans* en excretas de palomas del perímetro urbano de Cali. *Colombia Médica*, 27(3, 4), 106-109.

Canelo, C., Navarro, A., Guevara, M., Urcia, F., Zurita, S., & Casquero, J. (1999). Determinación de la variedad de cepas de *Cryptococcus neoformans* aisladas de pacientes con SIDA. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 16(1-2), 44-47.

Casadevall, A., Steenbergen, J. & Nosanchuk, J. (2003). 'Readymade' virulence and 'dual use' virulence factors in pathogenic environmental fungi: *The Cryptococcus neoformans* paradigm. Current Opinion in Microbiology, 6(4), 332-337.

Chavan, S., Reddy, K. & Jadhav, P. (2018). Nest structure and nesting ecology of feral pigeon (*Columba livia*) in Nanded, Maharashtra state.International Journal of Advanced Research, 6(9), 901-911.

Chávez Inagaki, O., Terashima Iwashita, A., Canales Ramos, M., Bustamante, B., Meza Contreras, V., & Falcón Pérez, N. (2018). Aislamiento de *Cryptococcus neoformans y Salmonella spp*. en excretas de palomas domésticas (*Columba livia*) de la Basílica Catedral de Lima y Convento de San Francisco Lima, Perú. Salud Y Tecnología Veterinaria, 6(1), 28. https://doi.org/10.20453/stv.v6i1.3375.

Comba, P & Harari, R. (2004). El ambiente y la salud. Epidemiología ambiental. Ediciones Abya Yala, Quito, Ecuador.

Conto, K. (2019). Construcción y validación de una escala de actitudes hacia palomas domésticas en estudiantes universitarios. *Revista de Investigación en Psicología, 22*(2).

Cornare. (2012). Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de Santuario. https://www.cornare.gov.co/GestionRiesgo/EL-SANTUARIO/Documento_final_Santuario.pdf

Costa, A. K., Sidrim, J. J., Cordeiro, R. A., Brilhante, R. S., Monteiro, A. J., & Rocha, M. F. (2010). Urban pigeons (*Columba livia*) as a potential source of pathogenic yeasts: a focus on antifungal susceptibility of Cryptococcus strains in Northeast Brazil. Mycopathologia, 169, 207-213.

Curo, M., Salinas, M., & Casquero, J. (2005). *Cryptococcus neoformans* en excretas de palomas, suelo y aire de los palomares del perímetro urbano de Ica, 2002. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 22(4), 262-266.

Diario Oficial. (1979). Ley 9 de 1979, por la cual se dictan medidas sanitarias. https://oaica.car.gov.co/biblioteca/nacional/decretos/Ley%209%20de%201979.pdf

Diario Oficial. (1989). Ley 84 de 1989, por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Protección de los Animales y se crean unas contravenciones y se regula lo referente a su procedimiento y competencia. https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=8242&dt=S

Diario Oficial. (2016). Ley 1774 de 2016, por medio de la cual se modifican el Código Civil, la Ley 84 de 1989, el Código de Procedimiento Penal, y se dictan otras disposiciones. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1774-2016.pdf

Dickx, V., Beeckman, D. S. A., Dossche, L., Tavernier, P., & Vanrompay, D. (2010). *Chlamydophila psittaci* in homing and feral pigeons and zoonotic transmission. *Journal of Medical Microbiology*, 59(11), 1348-1353.

Dobeic, M., Pintarič, Š., Vlahović, K., & Dovč, A. (2011). Feral pigeon (*Columba livia*) population management in Ljubljana. *Veterinarski arhiv*, 81(2), 285-298.

Dou, H., Wang, H., Xie, S., Chen, X., Xu, Z., & Xu, Y. (2017). Molecular characterization of Cryptococcus neoformans isolated from the environment in Beijing, China. Medical mycology, 55(7), 737-747.

Elhariri, M., Hamza, D., Elhelw, R., & Refai, M. (2015). Lovebirds and cockatiels risk reservoir of *Cryptococcus neoformans*, a potential hazard to human health. *Journal of Veterinary Science and Medical Diagnosis* 4(4).

Ellabib, M. S., Aboshkiwa, M. A., Husien, W. M., D'Amicis, R., & Cogliati, M. (2016). Isolation, identification and molecular typing of *Cryptococcus neoformans* from pigeon droppings and other environmental sources in Tripoli, Libya. Mycopathologia, 181, 603-608.

Emmons C. W. (1955). Saprophytic sources of *Cryptococcus neoformans* associated with the pigeon (Columba livia). *American Journal of Epidemiology*, 62(3), 227–232.

Escandón, P., de Bedout, C., Lizarazo, J., Agudelo, C. I., Tobón, Á., Bello, S., & Castañeda, E. (2012). Cryptococcosis in Colombia: Results of the national surveillance program for the years 2006-2010. *Biomédica*, 32(3), 386-398.

Estela, F. (2006). Aves de Isla Fuerte y Tortuguilla, dos islas de la plataforma continental del Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 35: 267-272.

Faria, R. O. D., Nascente, P. D. S., Meinerz, A. R. M., Cleff, M. B., Antunes, T. D. A., Silveira, É. D. S., Nobre, M. D. O., Araujo, M. C. A. & Mello, J. R. B. D. (2010). Ocorrência de *Cryptococcus neoformans* em excretas de pombos na cidade de Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 43, 198-200.

Filho, N., Castiel, L. & Ayres, J. (2009). Riesgo: concepto básico en la epidemiología. Salud Colectiva, 5(3).

Gailbreath, K. L., & Oaks, J. L. (2008). Herpesviral inclusion body disease in owls and falcons is caused by the pigeon herpesvirus (*Columbid herpesvirus* 1). *Journal of wildlife diseases*, 44(2), 427-433.

Gaskin, J., Wilson, H., Mather, F., Jacob, J., & García, J. (2001). *Enfermedades de las Aves Transmisibles a los Humanos*. Red EDIS.

Giunchi, D., Albores-Barajas, Y. V., Baldaccini, N. E., Vanni, L., & Soldatini, C. (2012). Feral pigeons: problems, dynamics and control methods. Integrated pest management and pest control. Current and future tactics, London, *InTechOpen*, 215-240.

Haag-Wackernagel, D., & Spiewak, R. (2004). Human infestation by pigeon fleas (*Ceratophyllus columbae*) from feral pigeons. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 11(2), 343-6.

Harlim, R. & Wade, L. (2009). Bacterial and parasitic diseases of columbiformes. Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice, 12(3), 453-473

Haro, M., Izquierdo, F., Henriques-Gil, N., Andrés, I., Alonso, F., Fenoy, S., & Del Aguila, C. (2005). First detection and genotyping of human-associated microsporidia in pigeons from urban parks. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(6), 3153-3157.

Huamán, A., Béjar, V., Sáez, G., Guevara, J., Sevilla, R., Tapia, M., Castillo, E., Valencia E., Marocho, L., Pareja, E., Romero, G. & Abanto, P. (2018). *Cryptococcus neoformans* en heces de palomas (*Columba livia*) en Lima Metropolitana. Revista Médica Herediana, 29(2), 85-89.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Fundación Humedales. (2004). *Caracterización biofísica, ecológica y sociocultural del complejo de humedales del Valle de Ubaté: Fúquene, Cucunubá y Palacio. Una contribución a la definición de escenarios y objetivos de manejo para la conservación de la biodiversidad*. Informe Final. Bogotá, D.C. 214p.

Jofré, L., Noemí, I., Neira, P., Saavedra, T., & Díaz, C. (2009). Acarosis y zoonosis relacionadas. *Revista Chilena de Infectología*, 26(3), 248-257.

Kutzler, M., & Wood, A. (2006). Non-surgical methods of contraception and sterilization. Theriogenology, 66(3), 514-525.

Kwon-Chung, K. J., Polacheck, I. & Bennett, J. E. (1982). Improved diagnostic medium for separation of *Cryptococcus neoformans* var. neoformans (serotypes A and D) and *Cryptococcus neoformans* var. gattii (serotypes B and C). *Journal of Clinical Microbiology*, 15(3), 535-537.

Lagrou, K., Van Eldere, J., Keuleers, S., Hagen, F., Merckx, R., Verhaegen, J., Peetermans, W. E., & Boekhout, T. (2005). Zoonotic transmission of *Cryptococcus neoformans* from a magpie to an immunocompetent patient. *Journal of Internal Medicine*, 257(4), 385-388.

Lin, X., & Heitman, J. (2006). The biology of the *Cryptococcus neoformans* species complex. Annu. Rev. Microbiol., 60, 69-105.

Lin, Y. Y., Shiau, S., & Fang, C. T. (2015). Risk factors for invasive Cryptococcus neoformans diseases: a case-control study. PloS one, 10(3), e0119090.

Liu, Z., Ma, L., Zhong, Y., Wang, X., & Xie, S. (2012). Isolation, identification and significance of *Cryptococcus neoformans* and *Candida albicans* from faecal specimen of pigeon. Information Technology and Agricultural Engineering, 507-512.

Losada, S., Carvajal, A. y Molina, Y. 2005. Listado de especies de aves de la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia*). Biota Colombiana*, 6(1): 101-116.

Magnino, S., Haag-Wackernagel, D., Geigenfeind, I., Helmecke, S., Dovč, A., Prukner-Radovčić, E., Residbegovic´, E., Ilieski, V., Laroucau, K., Donati, M., Martinov, S., & Kaleta, E. F. (2009). Chlamydial infections in feral pigeons in Europe: Review of data and focus on public health implications. *Veterinary Microbiology*, 135(1-2), 54-67.

Mancianti, F., Nardoni, S., & Ceccherelli, R. (2002). Occurrence of yeasts in psittacines droppings from captive birds in Italy. *Mycopathologia*, 153(3), 121-124.

Mathews, S. (2005). Sudamérica Invadida. Programa Mundial sobre Especies Invasoras-GISP. El creciente peligro de las especies exóticas invasoras.

Mazuelos, E. & Valverde, A. (2001). *Criptococosis: diagnóstico microbiológico y estudio de la sensibilidad in vitro*. Servicio de Microbiología. Hospital Universitario de Valme. Sevilla.

Méndez-Mancera, V. M., Villamil Jiménez, L. C., Buitrago Medina, D. A., & Soler-Tovar, D. (2013). La paloma (*Columba livia*) en la transmisión de enfermedades de importancia en salud pública. *Revista Ciencia Animal*, 1(6), 177-194.

Ministerio de Ambiente de Perú. (2010). Guía de Evaluación de riesgos ambientales. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2018). Plan de zonificación ambiental. https://www.minambiente.gov.co/ordenamiento-ambiental-territorial-y-sistema-nacional-ambiental-sina/plan-de-zonificacion-ambiental/

Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2023). Sistema de Vigilancia en Salud Pública. https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/SIVIGILA.aspx#:~:text=El%20Sistema%20de%20Salud%20P%C3%BAblica,pr%C3%A1ctica%20de%20la%20salud%20p%C3%BAblica.

Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (2017). Estrategia de control integral de zoonosis- EGI Zoonosis. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/egi-zoonosis-documento-ultimo.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (s.f.). Dimensión salud ambiental Plan decenal 2012-2021. https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/Documents/dimensiones/dimension-saludambiental.pdf

Mira, C. A., Anzola, R., Martínez, A., Llinas, R., Valencia, C., & Restrepo, A. (1968). Aislamiento de *Cryptococcus neoformans* a partir de materiales contaminados con excretas de palomas en Medellín, Colombia. Antioquia Médica, 18, 33-40.

Miranda-Sivila, L. C. (2009). Aislamiento e identificación de patógenos entéricos de heces de palomas en la ciudad de La Paz (Doctoral dissertation). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Mora, E. L., Espinoza, J., Dabanch, J., & Cruz, R. (2021). Emergencia de variante Delta-B. 1.617. 2. Su impacto potencial en la evolución de la pandemia por SARS-CoV-2. *Boletín Micológico*, 36(1).

Müller, A. L., Llados, C. M., & Croxatto, H. B. (2003). Postcoital treatment with levonorgestrel does not disrupt postfertilization events in the rat. Contraception, 67(5), 415-419.

Nnadi, N. E., Enweani, I. B., Cogliati, M., Ayanbimpe, G. M., Okolo, M. O., Kim, E., Sabitu, M. Z., Criseo, G., Romeo, O. & Scordino, F. (2016). Molecular characterization of environmental *Cryptococcus neoformans* VNII isolates in Jos, Plateau State, Nigeria. Journal de mycologie medicale, 26(4), 306-311.

Nosanchuk, J. D., Shoham, S., Fries, B. C., Shapiro, D. S., Levitz, S. M., & Casadevall, A. (2000). Evidence of zoonotic transmission of *Cryptococcus neoformans* from a pet cockatoo to an immunocompromised patient. *Annals of Internal Medicine*, 132(3), 205-208.

Ojasti, J. (2001). Informe sobre las especies exóticas en Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.

Ojeda, N. A. (2004). Zoonosis: enfermedades sin barreras*. Encuentros en la Biología*, (94), 2.

Ottinger, M. A., Wu, J., & Pelican, K. (2002, April). Neuroendocrine regulation of reproduction in birds and clinical applications of GnRH analogues in birds and mammals. In *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine* (Vol. 11, No. 2, pp. 71-79).

WB Saunders.Pal, M., & Baxter, M. (1985). Isolation of *Cryptococcus neoformans* from the environment using a simplified sunflower seed medium. *Proceedings of New Zealand Microbiological Society*, 29, 155-158.

Palomino, A., Boric, A., Gabler, F., Espinoza, A., Vega, M., & Devoto, L. (2003). Efecto de levonorgestrel como anticonceptivo de emergencia sobre receptores de progesterona durante la ventana de implantación. Revista Cubana de Salud Pública, 29(s1).

Pérez L. C. V. (2020). La Covid-19: reto para la ciencia mundial. Anales de la academia de ciencias de Cuba, 2020, Vol. 10 No. 2, p. 763.

Poorter, M. D., & Browne, M. (2005). The Global Invasive Species Database (GISD) and international information exchange: using global expertise to help in the fight against invasive alien species. Plant protection and plant health in Europe: introduction and spread of invasive species, held at Humboldt University, Berlin, Germany, 9-11 June 2005, 49-54.

Quintero, E., Castañeda, E. & Ruiz, A. (2005). Distribución ambiental de *Cryptococcus neoformans* en el departamento de Cundinamarca - Colombia. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22, 93-98.

Ramírez-Ramos, C., Galindo, J., Correa, S., Giraldo-Bahamon, G., Rivera, J., Solano, J., & González-Manrique, G. (2018). Meningitis criptocóccica en pacientes sin infección por VIH: presentación de dos casos y revisión de la literatura. Revista chilena de infectología, 35(6), 716-721.

Redondo, J. M., Ibarra-Vega, D., & Rojas-Forero, A. Y. V. (2018). Modelamiento del control de población de palomas (*Columba-livia*) en la Plaza de Bolívar de Bogotá. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(1), 8-15.

Reolon, A., Perez, L.R.R. & Mezzari, A. (2004). Prevalência de *Cryptococcus neoformans* nos pombos urbanos da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial, 40(5), 288-293.

Reyes, E., Ruíz, H., Escobedo, J., Rodríguez, I., Bolio, M., Polanco, Á., & Manrique, P. (2011). Situación actual y perspectivas para el estudio de las enfermedades zoonóticas emergentes, reemergentes y olvidadas en la Península de Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1), 35-54.

Rico Hernández, G. (2010). Fauna exótica e invasora. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

Rico Hernández, G. (2018). Revisión de los métodos de control de poblaciones de paloma común (*Columba livia*). Instituto Distrital de Protección y Bienestar Animal Subdirección de Cultura Ciudadana y Gestión del Conocimiento.

Rippon WJ. (1990). Micología Medica, Hongos y actinomicetos patógenos. Interamericana. Mc Graw Hill. Atlampa, Mexico, DF.

Rivas Aguiar, E. M. (2011). Evaluación sobre la tenencia y explotación de palomas domésticas (*Columba livia*) y su relación con la Paramixovirosis en el municipio de Camagüey en el período 2007-2011 (Master's thesis, Facultad de Ciencias Agropecuarias). Universidad de Camagüey ¨Ignacio Agramonte y Loynaz¨. Camagüey, Cuba.

Rodríguez Concepción, M., Urra Fuego, N., Arronte Santos, M. E., & Montesino Aguiar, J. C. (2017). Infección por criptococos en el VIH-Sida. Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río, 21(2), 135-142.

Rojas Navarro, C. (2013). Gestión para la declaración de la paloma común *Columba livia*, como plaga en las plantas elaboradoras de alimento para animales (proyecto de grado, facultad de ciencias agroalimentarias). Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. 43-68p.

Rosa, G., Merlini, L.S., Bessi, W. H., Gonçalves, A. P. P., Silva, L. Z., Perussi, P. R., & Adalgiza, P. N. (2016). Survey of *Cryptococcus neoformans* in pigeon (*Columba livia*) excreta in Public Square in Umuarama, Paran, Brazil. *African Journal of Microbiology Research*, 10(44), 1844-1848.

Rosario, I., Acosta, B., & Colom, F. (2008). La paloma y otras aves como reservorio de *Cryptococcus* spp. *Revista Iberoamericana de Micología*, 25(1), S13-S18.

Secretaría de Ambiente de Bogotá. (2021). Protocolo para el manejo y control poblacional de la paloma de plaza (Columba livia) en el Distrito Capital. https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=18400

Secretaría de Salud de Medellín, Dirección Técnica de Planeación (2020). Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud del municipio de Medellín, 2019.

Serrano, N., Álvarez, V., & Regalado del Valle, M. A. (2000). Zoonosis transmitidas por aves. *Medicina General*, 22.

Shields, A. B., & Ajello, L. (1966). Medium for selective isolation of *Cryptococcus neoformans*. *Science*, 151(3707), 208-209.

Siachoque, N., Jewtuchowicz, V.M., Iovannitti, C. & Mujica M.T. (2010). Ampliación del gen CAP59 en *Cryptococcus neoformans* y *Cryptococcus gattii* directamente a partir de una suspensión de levaduras. *Revista Argentina de Mocrobiología*. 42 (2).

Sol, D., & Senar, J. C. (1992). Comparison between two censuses of feral pigeon (*Columba livia* var.) from Barcelona: An evaluation of seven years of control by killing. Butlletí del Grup Català d'Anellament, 29-32.

Sol, D., & Senar, J. C. (1995). Urban pigeon populations: stability, home range, and the effect of removing individuals. *Canadian Journal of Zoology*, 73(6), 1154-1160.

Staib, F. (1963). New concepts in the occurrence and identification of *Cryptococcus neoformans*. *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, 19, 143-145.

Stern, C. & Dickinson, J. (2010). Pigeons. En M. Breed y J. Moore (eds.), Encyclopedia of Animal Behavior. Oxford: Academic Press.

Stiles, F. G., Bohórquez, C. I., Cadena, C. D., de la Zerda, S., Hernández, M., Rosselli, L., Kelsey, M., Valencia, I. D. & Knapp, D. 2000. Aves de la sabana de Bogotá. Asociación Bogotana de Ornitología. Bogotá, Colombia.

Souza, L. K. H., Costa, C. R., Fernandes, O. D. F. L., Abrão, F. Y., Silva, T. C., Treméa, C. M., & Silva, M. D. R. R. (2013). Clinical and microbiological features of cryptococcal meningitis. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 46, 343-347.

Souza, A. L., de Quadros, R. M., de Lima Miguel, R., & Miletti, L. C. (2018). Diagnóstico de Cryptococcus neoformans mediante la PCR-RFLP en el líquido cefalorraquídeo (LCR) en pacientes hospitalizados en el sur de Brasil. Clinical & Biomedical Research, 38(2).

Takahara, D. T., Lazéra, M. D. S., Wanke, B., Trilles, L., Dutra, V., Paula, D. A. J. D., Nakazato. L., Anzai, M. C., Leite Junior, D. P., Paula, C. R. & Hahn, R. C. (2013). First report on *Cryptococcus neoformans* in pigeon excreta from public and residential locations in the metropolitan area of Cuiabá, State of Mato Grosso, Brazil. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, 55, 371-376.

Tello, M., Gutiérrez, E., Béjar, V. Galarza, C., Ramos, W Ortega, A. (2013). Criptococosis. *Revista Médica de Risaralda, 19*(2).

Tietz-Marques, S., Marinho De Cuadros, R., Jardim Da Silva, C., & Baldo, M. (2007). Parasites of pigeons (*Columba livia*) in urban areas of lages, Southern Brazil. *Parasitología Latinoamericana*, 62(3-4), 183-187.

Toro, H. (2000). Palomas: historia, presencia en Chile y riesgos asociados. *Revista de Extensión Tecnovet, 6*(2).

Tudor, D. (1991). Pigeon health and diseases. Iowa: Iowa State University Press.

Vallejo-Timarán, D. A., Benavides-Melo, C. J., Chaves-Velásquez, C. A., Morillo-Caicedo, M. I., & Castillo-Ceballos, A. M. (2016). Aislamiento de *Cryptococcus neoformans* en heces de palomas (*Columba livia*) en el casco urbano del municipio de Pasto, Colombia. *Biosalud*, 15(1), 62-71.

Vallvé, S. L., Rojo, H., & Wisnivesky-Colli, C. (1995). Ecología urbana de *Triatoma infestans* en Argentina: asociación entre *Triatoma infestans* y palomares. *Revista de Saúde Pública*, 29, 192-198.

VanDruff, L., Bolen, E. y San Julian, G. 1996. Management of urban wildlife. En: Bookhout, T. (ed.) *Research and management techniques for wildlife and habitats*. The Wildlife Society. Maryland, EUA.

Velavan, T. P., & Meyer, C. G. (2020). The COVID-19 epidemic. *Tropical Medicine & International Health*, 25(3), 278.

Villarroel, P. V. (2020). Psicología y covid-19: un análisis desde los procesos psicológicos básicos. *Cuadernos de Neuropsicología*, 14(1), 10-18.

Virviescas, C., Aragón, M., González, F., Escandón, P., Castro, H., & Vasquez, L. R. (2018). Molecular characterization of *Cryptococcus neoformans* recovered from pigeon droppings in Rivera and Neiva, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 23(S), 6991-6997

Yoder, C. A., Graham, J. K., & Miller, L. A. (2006). Molecular effects of nicarbazin on reproduction of the birds. National wildlife research center and departament of biomedical sciences/psicology. Colorado state University. 35-43p.

Yupanqui Rivadenieria, F. E. (2016). Prevención y control de la paloma bravía (*Columba livia,* var doméstica) como plaga en la ciudadela Kennedy de Guayaquil (Master's thesis, Universidad de Guayaquil: Facultad de Arquitectura y Urbanismo).

Zhang, W., Shen, Q., Mou, J., Gong, G., Yang, Z., Cui, L., & Hua, X. (2008). Hepatitis E virus infection among domestic animals in eastern China. *Zoonoses and public health*, 55(6), 291-298.