UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL

Encuesta serológica de tres patógenos zoonóticos en aves del principal mercado de animales de la ciudad de Guatemala.

EDVIN EDUARDO AQUINO SAGASTUME

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL

Encuesta serológica de tres patógenos zoonóticos en aves del principal mercado de animales de la ciudad de Guatemala.

TESIS

Presentada al comité evaluador de tesis de la escuela de estudios de postgrado en cumplimiento con los requisitos establecidos por el Sistema de Postgrado y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

M.V Edvin Eduardo Aquino Sagastume

Como requisito para optar al grado académico de

Maestro en Ciencias

DEDICADO A:

Mis padres: Mirian y Eduardo, por su amor y apoyo incondicional durante toda la vida.

A mi abuelita: Natalia Duarte, por su amor y apoyo durante toda la vida.

Mis tíos: Juan Pablo, Olmeo, German y Miguel por su cariño y apoyo.

A mis primos: Natali, Evelin, Katerin, Yosselin, Alex, Kevin,

A mi tutor: Dr. Dennis Guerra, por su apoyo incondicional para poder llegar a ser un investigador.

A la directora de la Escuela de Posgrado: M.A. Ligia Ríos, por su apoyo durante mi formación.

AGRADECIMIENTOS A:

Ligia Ríos, Dennis Guerra, Juan Carlos Valdez, Manuel Lepe, Mercedes Díaz por su apoyo y colaboración durante la realización de esta investigación.

Dennis Guerra, David Morán, Federico Villatoro y Edy Meoño por contribuir a mi formación académica.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por contribuir a la formación profesional a través de la Escuela de Postgrado.

INDICE

Contenido **Página**

Resumen 3
Abstract 4
Introducción 4
Métodos 6
Resultados 7
Discusión 8
Conclusión 11
Referencias 11

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de tesis titulado “Encuesta serológica de tres patógenos zoonóticos en aves del principal mercado de animales de la ciudad de Guatemala”. Está redactado en formato de artículo científico, tal como lo establece el Normativo de Tesis de Maestría en Ciencias de la escuela de Postgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria Y Zootecnia; y apto para ser remitido a una revista científica indexada.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

TRABAJO PRESENTADO POR

M.V. Edvin Eduardo Aquino Sagastume

AUTOR

Ph.D., MSc., M.V., Dennis Sigfried Guerra Centeno

TUTOR

M.A., Lic. Zoot., Ligia Vanesa Ríos de León

DIRECTORA DE ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

IMPRIMASE

MPA., Lic. Rodolfo Chang Shum

DECANO

Encuesta serológica de tres patógenos zoonóticos en aves del principal mercado de animales de la ciudad de Guatemala

Serosurvey for antibodies against three zoonotic pathogens in avian hosts from the main animal market in Guatemala City

Edvin Aquino-Sagastume[1*], Dennis Guerra-Centeno[1, 2**], Carlos Valdez-Sandoval[1***], Mercedes Díaz-Rodríguez[1****], César Noriega-Morales[1****]

1 = Maestría en Ciencia Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2 = Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala; * = sustentante, ** = tutor de tesis, *** = asesor de tesis, **** = colaborador.

Resumen

Las aves que se venden en los mercados constituyen una fuente potencial de patógenos para el ser humano. Con el objetivo de explorar este extremo, se tomaron muestras de sangre de 57 aves, correspondientes a 10 especies (*Cairina moschata, Anas platyrhynchos, Anser anser, Coturnix coturnix, Meleagris gallopavo, Gallus gallus, Columba livia, Streptopelia decaocto, Columbina passerina, Zenaida asiatica*) y se buscaron anticuerpos contra los virus de Influenza Aviar (H5N2) y Newcastle y la bacteria *Salmonella* sp. La evidencia de la circulación de patógenos en la muestra fue, en general, baja. Únicamente se detectaron anticuerpos contra Newcastle en individuos de *Cairina moschata.* No se encontró evidencia de la circulación de *Salmonella* o Influenza en ninguna de las especies de ave estudiadas. Aunque los resultados sugieren que el riesgo de contagio de zoonosis hacia el humano es bajo, se debe considerar que el muestreo fue transversal y que no incluyó más tipos de virus de influenza aviar, en un estudio longitudinal podrían cambiar la realidad serológica de las zoonosis estudiadas en este mercado.

Abstract

Birds that are sold in the markets represent a potential source of pathogens for humans. In order to explore this possibility, blood samples were taken from 57 bird specimens belonging to 10 bird species (*Cairina moschata, Anas platyrhynchos, Anser anser, Coturnix coturnix, Meleagris gallopavo, Gallus gallus, Columba livia, Streptopelia decaocto, Columbina passerina, Zenaida asiatica*) to look for antibodies against Avian Inlfuenza (H5N2) and Newcastle viruses and *Salmonella* sp. The evidence of the circulation of pathogens in the sample was, in general, low. We detected antibodies against Newcastle in *Cairina moschata*. No evidence of *Salmonella* or Influenza (H5N2) was found in any of the bird species studied. Although the results suggest a low risk of contagion of zoonosis towards humans, it should be considered that the sampling was transversal and that only one type of inlfuenzavirus was looked for and in a longitudinal study, the serological reality of the studied zoonoses in this market could be different.

Introducción

Las enfermedades emergentes zoonóticas se han vuelto relevantes en los últimos años (Daszak et al., 2004; Jones et al., 2008). Se han presentado brotes de enfermedades que antes no se conocían o que no habían representado problemas para la sociedad (Johnson et al., 2015). La interacción entre animales y humanos propia de las ciudades modernas ha favorecido la posibilidad del contagio de enfermedades (Parrish et al., 2008). Otro factor que ha influido en la diseminación de enfermedades es el tráfico de fauna silvestre (Bueno et al., 2016). En los últimos años algunas enfermedades emergentes se han vuelto endémicas en lugares que se consideraban libres de enfermedades (Morand, 2018; Kruse, Kirkemo & Handeland, 2004). Muchas de las enfermedades zoonóticas tienen también implicaciones ecológicas y económicas (Morand, 2018).

Tres de los patógenos más comunes en brotes epidémicos son los virus de Influenza A y de Newcastle, así como la bacteria *Salmonella* sp. La importancia de estos patógenos radica en el hecho de que pueden causar impacto tanto en la salud pública como en la productividad de algunas especies animales (Dulo & Pal, 2017; Meslin, Stohr & Heymann, 2000). En Guatemala se ha reportado evidencia serológica de la circulación de estos patógenos en distintas especies de aves (Aguilar-Miller et al., 2016; Aquino-Sagastume et al., 2016; Escobar, 2011).

Por su capacidad de desplazamiento, su amplia distribución geográfica y el intenso comercio al que son sometidas, las aves han sido identificadas como importantes reservorios y diseminadores de estos patógenos (Berg, Johansson, Montell & Berg, 2001; Thorns, 2000; Webster 1998). Es importante resaltar que un brote epidémico de cualquiera de estos tres patógenos podría cambiar el estatus zoosanitario de un país.

Las bacterias del género *Salmonella* pueden infectar a casi todos los organismos vivos, condición que se ve favorecida por su capacidad de permanecer viable por largos periodos de tiempo en el ambiente (Acha, & Szyfres, 2003; Daniels, Hutchings & Greig, 2003). Su diseminación se da través de secreciones, principalmente las heces (Connolly, Alley, Dutton & Rogers, 2006) lo que facilita el contagio. La aparición de infecciones por *Salmonella* está relacionada con la época del año y las condiciones climáticas que favorecen la diseminación del patógeno (Skov et al., 2008). Generalmente en los animales infectados se produce un cuadro de gastroenteritis (Shivaprasad, Timoney, Morales, Lucio & Baker, 1990), aunque en ocasiones se pueden producir síntomas respiratorios (Geethika, Abraham, Nair, Krithiga & Priya, 2017), artritis (Kang et al. 2015) e incluso cuadros subclínicos (Andrés et al., 2013; Millán et al., 2004). Se sabe que este género de bacterias suele encontrarse como parte de la microbiota normal de aves.

La Influenza tipo A es causada por un *Ortomyxovirus* y es una de las enfermedades más temidas por su capacidad de producir pandemias (Kilpatrick et al., 2006;). Los virus que producen la influenza han sido reportados en aves domésticas (Lee, Senne & Suarez, 2004) y silvestres (González-Reiche et al., 2012; González-Reiche & Perez, 2012). En Guatemala existen varios subtipos de virus de influenza circulando (Gonzalez-Reiche et al., 2017; Tongs et al., 2012). Algunos virus de influenza aviar han sido ligadas con aves migratorias, principalmente la cerceta de ala azul *(Anas discors*) (González-Reiche et al., 2012). Guatemala está en una posición geográfica vulnerable para la aparición de brotes a causa de la migración de aves silvestres y el contrabando de productos avícolas que se da en nuestra región (García-García & Ramos, 2006). Los virus de influenza presentan características como alta capacidad para mutar, diseminación hacia diferentes taxones de mamíferos y una amplia variedad de subtipos (Saito et al., 2018). La circulación de virus de influenza representa un riesgo para los ecosistemas por sus características de patogenicidad y mutabilidad.

La enfermedad de Newcastle es producida por un Paramixovirus que se presenta generalmente como un síndrome respiratorio-nervioso (Cuello, Vega & Noda, 2011). Esta enfermedad es endémica en Guatemala y se han encontrado en diversas especies de aves como por ejemplo en *Quiscalus mexicanus* (Escobar, 2011). Es considerada como muy perjudicial para las aves de traspatio que se crían de forma doméstica (Alexander, 2000; Alexander, Bell & Anders, 2004). Las aves domésticas pueden actuar como reservorios de la enfermedad de Newcastle para luego transmitirla hacía las aves silvestres, entre las cuales algunas pueden ser migratorias (González-Reiche et al., 2012; Gomes et al.,

2018). La principal importancia de la enfermedad de Newcastle es económica debido a que su control y vigilancia representan costos muy elevados para los países en los que se considera endémica (Hugo, Makinde, Kumar & Chibwana, 2017; McNamee el al., 1998).

Los mercados actúan como las principales vías del comercio informal de animales. Se trata de sitios de interés epidemiológico pues en estos confluyen factores detonantes para el aparecimiento de brotes (Guan et al., 2003). En estos lugares se venden animales de diversos taxones, hay concentración y circulación de personas, hay ventas de alimentos, suele haber roedores sinantrópicos y ocasionalmente se ofrecen para la venta −de manera ilegal− aves migratorias. Estas condiciones convierten a los mercados en caldos de cultivos que pueden precipitar la ocurrencia de brotes epidémicos. El mercado El Guarda es el principal centro de acopio de animales domésticos y silvestres en la ciudad de Guatemala. Dado que no hay control sanitario gubernamental en estos lugares es posible que algunos de los especímenes que son vendidos sean portadores de los patógenos que circulan en el país.

Existen pocos estudios publicados en medios científicos acerca de zoonosis en las aves que se venden comúnmente en los mercados de Guatemala a pesar de la importancia epidemiológica y económica que reviste este tema. En este estudio se exploró la presencia de anticuerpos circulantes contra Influenza A (H5N2), Newcastle y *Salmonella* sp. en diez especies de aves domésticas y silvestres comercializadas en el mercado El Guarda.

Métodos

Se estudiaron especímenes de diez especies de aves (*Cairina moschata, Anas platyrhynchos, Anser anser, Coturnix coturnix, Meleagris gallopavo, Gallus gallus, Columba livia, Streptopelia decaocto, Columbina passerina, Zenaida asiatica*). Se obtuvo permiso de los vendedores para tomar muestras de al menos cinco individuos de cada especie. Se tomaron en total 57 muestras durante mayo de 2018, distribuidas de la siguiente forma:

Especie	**n**
Cairina moschata	5
Anas platyrhynchos	5
Anser anser	6
Coturnix coturnix	6
Meleagris gallopavo	5
Gallus gallus	8
Columba livia	6
Streptopelia decaocto	6
Columbina passerina	5
Zenaida asiatica	5
Total	57

Se extrajo una muestra de sangre de medio centímetro cúbico de la vena ulnar. Para los análisis de *Salmonella* se colocó la muestra en tubos Vacutainer® sin anticoagulante. Para los análisis de Influenza y Newcastle se instiló cada muestra de sangre en un trozo de papel filtro de 0.5 cm x 5cm (Villa Espinosa et al., 2010).

La determinación de anticuerpos contra *Salmonella* se realizó mediante la prueba rápida en placa y siguiendo estándares internacionales (OIE, 2015). La determinación de la presencia de anticuerpos contra Influenza y Newcastle se realizó mediante pruebas de Inhibición de Hemoaglutinación siguiendo estándares internacionales (OIE, 2015). Todas las muestras fueron procesadas en el Laboratorio Regional de Referencia en Sanidad Animal (LARRSA).

Resultados

La evidencia de la circulación de patógenos en la muestra fue, en general, baja. Únicamente se detectaron anticuerpos contra Newcastle en individuos de *Cairina moschata.* No se encontró evidencia de la circulación de *Salmonella* o Influenza en ninguna de las especies de ave estudiadas (Cuadro 1).

Cuadro 1
Frecuencia de resultados de la búsqueda de evidencia serológica por especie.

Especie	n	Influenzavirus A Positivos/Negativos	Newcastle Positivos/Negativos	*Salmonella sp* Positivos/Negativos.
Cairina moschata	5	0/5	4/1	0/5
Anas platyrhynchos	5	0/5	0/5	0/5
Anser anser	6	0/6	0/6	0/6
Zenaida asiatica	5	0/5	0/5	0/5
Coturnix coturnix	6	0/6	0/6	0/6
Meleagris gallopavo	5	0/5	0/5	0/5
Gallus gallus	8	0/8	0/8	0/8
Columba livia	6	0/6	0/6	0/6
Streptopelia decaocto	6	0/6	0/6	0/6
Columbina passerina	5	0/5	0/5	0/5
Total	**57**			

En el cuadro 2, se muestra el detalle de los títulos de anticuerpos contra Newcastle en los individuos de *Cairina moschata.*

Cuadro 2

Títulos de anticuerpos contra virus de Newcastle en cinco especímenes de Cairina moschata.

No. De individuo	Título de anticuerpos (Log_2)
1	5
2	0
3	4
4	5
5	5

Al momento del muestreo, los animales presentaron un estado aparentemente sano. Asumimos que las aves no estaban vacunadas contra ninguna enfermedad. Los resultados de obtenidos demuestran que sólo cuatro individuos de *Cairina moschata* tuvieron anticuerpos contra la Enfermedad de Newcastle, por lo que los consideramos positivos. La seroprevalencia de Newcastle en los individuos de *Cairina moschata* muestreados fue del 80%. Sin embargo, el dato anterior sólo representa el 7% de seroprevalencia del número total de los animales muestreados para esa enfermedad. Ningún individuo presentó anticuerpos contra Influenza Aviar ni contra *Salmonella* sp.

Discusión

El hecho de que el nivel de anticuerpos circulantes haya sido tan bajo puede interpretarse de varias formas: primero, porque los patógenos investigados no están circulando ni en las poblaciones de donde proceden las aves ni en el mercado mismo; segundo, porque tampoco se aplicaron inmunógenos a las aves muestreadas; tercero, porque se sabe que por la alta patogenicidad de estos agentes, en algunos casos las aves mueren antes de presentar anticuerpos circulantes contra el patógeno (Altizer et al., 2006); cuarto, porque si una especie de ave no es susceptible a un determinado patógeno, ésta no producirá anticuerpos específicos para dicho patógeno (Borysenko, & Borysenko, 1982).

No es sorprendente el hecho de haber encontrado anticuerpos únicamente en patos. Algunos virus han coevolucionado con los patos (Slemons, Johnson, Osborn & Hayes, 1974). Las aves acuáticas son consideras reservorios de Influenza aviar de baja patogenicidad y también han estado implicadas en los

brotes de alta patogenicidad (Ramey et al., 2014). Los anseriformes han sido ligados a la transmisión de virus como los de las enfermedades de Newcastle (Sakai et al., 2007), encefalitis japonesa y encefalitis del Oeste del Nilo (Kalaiyarasu, Mishra, Khetan, & Singh, 2016).

Las poblaciones de patos migratorios son de las más numerosas que se observan en Guatemala durante varios meses de la época seca (de Micheo, 2007). Especies como la cerceta de ala azul (*Anas discors*) y el pato golondrino (*Anas acuta*) descienden a los cuerpos de agua en nuestro país durante su ruta migratoria (Fagan & Komar, 2016). En ambas especies de patos se ha demostrado la circulación de virus como el de influenza aviar (Slemons, Johnson, Osborn, & Hayes, 1974). En investigaciones realizadas en nuestro país hubo mayor evidencia de circulación de enfermedades en las comunidades de Los Achiotes y el Caoba (Aquino-Sagastume et al., 2016; Aguilar-Miller et al., 2016). que en Uaxactún (Ruíz et al., 2016). Los patos son utilizados como centinelas en muchos estudios debido a ser más resistentes para enfrentar muchas enfermedades a las que otras aves no pudieran sobrevivir (Boonyapisitsopa et al. 2016).

Los brotes de influenza se han reportado cerca de comunidades que poseen cuerpos de agua (Aguilar-Miller et al., 2016; Aquino-Sagastume et al., 2016;). Esto podría deberse a que las aves migratorias, principalmente los anseriformes, hacen escala en lugares que cuentan con fuentes de agua. La permanencia de las aves migratorias en cuerpos de agua de las comunidades nacionales favorece el contacto con la población local de aves de corral, creando así las condiciones favorables para que pueda surgir un brote de cualquier enfermedad infecciosa. Tenemos indicios de que los brotes de enfermedad (en el campo llamados acidente, accidente o peste) ocurren al final de la época seca (M. Còrdoba, comunicaciòn personal, 15 diciembre de 2018). Por lo tanto, varias de las aves muestreadas podrían ser nacidas post-brote.

La enfermedad de Newcastle se considera endémica en Guatemala (Correa, 1963). Es una de las enfermedades con mayores implicaciones económicas en el mundo (Mészáros, 1983). La enfermedad de Newcastle es uno de los problemas más frecuentes para los productores de aves en nuestro país. La premisa acerca de esta enfermedad es que se distribuye para todo el país (Correa, 1963). Según los datos que obtuvimos podemos refutar ese argumento ya que solo lo encontramos en cuatro individuos de *Cairina moschata.* Los resultados para la enfermedad de Newcastle son importantes porque significan que los patógenos no se distribuyen uniformemente para todos los individuos de la población estudiada ni para todas las especies estudiadas. Se sabe que patógenos como Newcastle pueden ser catastróficos para aves como avestruces (Samberg, Hadash, Perelman, & Meroz 1989), pavorreales (Vijayarani,

Muthusamy, Tirumurugaan, Sakthivelan & Kumanan, 2010) y codornices (Lima, Santin, Paulillo & Doretto Junior, 2004

La Influenza *es una enfermedad en la que se ha relacionado a los patos como reservorios (Chen et al., 2004). En este estudio las dos especies de patos no presentaron evidencia serológica contra influenza aviar. Se sabe que en nuestro país ha sido reportada la circulación de virus de influenza tipo A en aves migratorias como la cerceta de ala azul (*Anas discors*) (González-Reiche et al., 2012; González-Reiche et al., 2017). Los patos pueden ser animales a tomar en cuenta como factor comparador en este tipo de estudios.

En este estudio tampoco encontramos anticuerpos circulantes contra *Salmonella*. Las infecciones causadas por bacterias del genero *Salmonella* pueden causar daños irreparables en la fauna silvestre (Reed et al., 2003). Se han reportado casos de mortalidad en animales silvestres que fueron producidos por organismos del género *Salmonella* (Alley et al., 2007; Refsum et al., 2002). A lo largo de la historia se ha difundido que la Salmonelosis está asociada a los reptiles sin agregar que existen casos en los que las aves son las que se encuentran involucradas en los casos (Kruse, Kirkemo & Handeland, 2004). Las aves silvestres se consideran potenciales diseminadores de zoonosis (Chomel et,al 2007; Millán et al., 2004). Existen reportes de mortalidad en aves paseriformes que adquirieron la enfermedad al estar en contacto con granjas tecnificadas, en las cuales adquirieron variedades de *Salmonella* resistentes a antimicrobianos y que además tenían un alto potencial zoonótico (Guenther et al., 2011).

En nuestro medio, los campesinos no suelen tener la cultura de vacunar los animales, lo cual significa que las poblaciones de animales son susceptibles a ser afectados por cualquier enfermedad infecciosa. La mayoría de veces que se encuentran evidencia de la circulación de anticuerpos es porque existió una exposición a patógenos que desencadenaron una respuesta inmune. Sin embargo, el tamaño de las muestras no permite inferencias sobre las frecuencias de morbilidad tanto para el sitio de estudio cómo para el sitio de procedencia de los animales.

El mercado El Guarda es un sitio en el que se dan interacciones casi únicas. En el lugar se pueden observar mamíferos domésticos como perros y gatos, aves silvestres y de corral, reptiles, roedores sinantrópicos y peces, además de una gran cantidad de personas que diariamente visitan el lugar para realizar actividades comerciales y alimentación. El sitio cumple con características perfectas para que cualquier patógeno que circule en el medio pueda ser diseminado hacia distintas especies y lugares. Las características que presenta el mercado El Guarda son similares a las que se han descrito para el mercado de la provincia de Guangdong en China, en el cual sabemos que se iniciaron las pandemias del SARS (Guan et al., 2003; Li et al., 2005), la de Influenza de Alta Patogenicidad (Chan, 2002; Chen et al., 2006) y la del Coronavirus en Wuhan (Nishiura et al., 2020). El Guarda también podría contar

adicionalmente con los agravantes de encontrarse cerca del Hospital Roosevelt (uno de los dos hospitales nacionales más grandes del país) y de la parada más grande del transporte público Transmetro. El Guarda cumple con características ideales para recibir y diseminar a cualquier agente de alta patogenicidad.

Los datos obtenidos en este estudio servirán como primer paso para diseñar estudios que permitan hacer investigaciones más prolongadas con el fin de tener líneas de investigación más prolíficas. Sería muy valioso realizar estudios para determinar la tasa de recambio de las especies de animales que llegan al Mercado El Guarda. En el futuro sería interesante poder tomar muestras de los fómites que se encuentran en el mercado El Guarda ya que no son sometidos a medidas de limpieza al ser desocupados, sin importar que posteriormente sean ocupados con animales incluso de distinto taxón. Durante nuestro estudio tuvimos una percepción importante para destacar y es que el Mercado El Guarda es un lugar que cumple con las características para que cualquier microorganismo con potencial patógeno emerja hacia su periferia como ha ocurrido en brotes zoonóticos en Asia.

Conclusión

La evidencia de circulación de patógenos en las aves estudiadas es escasa y de eso se sigue que la circulación de patógenos de donde provienen estas aves también sería escasa, que hay algún tipo de selección de animales por parte de los vendedores del mercado o que algunas especies serían no susceptibles a los patógenos estudiados. La evidencia de circulación del virus de Newcastle sólo se encontró en *Cairina Moschata.*

Referencias

- Acha, P. N., & Szyfres, B. (2003). *Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales: Volumen I*. Organización Panamericana de la Salud.
- Aguilar-Miller, H., Guerra-Centeno, D., Valdez-Sandoval, C., Monterroso, P., & Anleu, R. G. (2016). Estudio serológico de anticuerpos contra patógenos comunes, en gallinas de patio de la aldea El Caoba, Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala. *Revista Naturaleza, Sociedad y Ambiente*, *3*(1), 95-106.
- Alexander, D. J. (2000). Newcastle disease and other avian paramyxoviruses. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, *19*(2), 443-455.
- Alexander, D. J., Bell, J. G., & Alders, R. G. (2004). *A technology review: Newcastle disease, with special emphasis on its effect on village chickens* (No. 161). Food & Agriculture Organization.
- Altizer, S., Dobson, A., Hosseini, P., Hudson, P., Pascual, M., & Rohani, P. (2006). Seasonality and the dynamics of infectious diseases. *Ecology letters*, *9*(4), 467-484.
- Alley, M. R., Connolly, J. H., Fenwick, S. G., Mackereth, G. F., Leyland, M. J., Rogers, L. E., ... & Reed, C. E. M. (2002). An epidemic of salmonellosis caused by *Salmonella typhimurium* DT160 in wild birds and humans in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, *50*(5), 170-176.

- Andrés, S., Vico, J. P., Garrido, V., Grilló, M. J., Samper, S., Gavín, P., ... & Mainar-Jaime, R. C. (2013). Epidemiology of subclinical salmonellosis in wild birds from an area of high prevalence of pig salmonellosis: phenotypic and genetic profiles of *Salmonella* isolates. *Zoonoses and public health*, *60*(5), 355-365.
- Aquino-Sagastume, E., Guerra-Centeno, D. S., Valdez-Sandoval, C., Villatoro, F., Villatoro, D., & Santizo, B. (2016). Exploratory serosurvey for antibodies to avian pathogens in backyard chickens from a satellite community of Jalapa City, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud, 3*(2), 157-166.
- Berg, M., Johansson, M., Montell, H., & Berg, A. L. (2001). Wild birds as a possible natural reservoir of Borna disease virus. *Epidemiology & Infection, 127*(1), 173-178.
- Boonyapisitsopa, S., Chaiyawong, S., Nonthabenjawan, N., Jairak, W., Prakairungnamthip, D., Bunpapong, N., & Amonsin, A. (2016). Sentinel model for influenza A virus monitoring in free-grazing ducks in Thailand. *Veterinary microbiology*, *182*, 35-43.
- Borysenko, M., & Borysenko, J. (1982). Stress, behavior, and immunity: Animal models and mediating mechanisms. *General Hospital Psychiatry*, *4*(1), 59-67.
- Bueno, I., Smith, K. M., Sampedro, F., Machalaba, C. C., Karesh, W. B., & Travis, D. A. (2016). Risk prioritization tool to identify the public health risks of wildlife trade: the case of rodents from Latin America. *Zoonoses and public health, 63*(4), 281-293.
- Chan, P. K. (2002). Outbreak of avian influenza A (H5N1) virus infection in Hong Kong in 1997. *Clinical Infectious Diseases*, 34(Supplement_2), S58-S64.
- Chen, H., Deng, G., Li, Z., Tian, G., Li, Y., Jiao, P., ... & Yu, K. (2004). The evolution of H5N1 influenza viruses in ducks in southern China. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 101*(28), 10452-10457.
- Chen, H., Smith, G. J. D., Li, K. S., Wang, J., Fan, X. H., Rayner, J. M., ... & Cheung, C. L. (2006). Establishment of multiple sublineages of H5N1 influenza virus in Asia: implications for pandemic control. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 103*(8), 2845-2850.
- Chomel, B. B., Belotto, A., & Meslin, F. X. (2007). Wildlife, exotic pets, and emerging zoonoses. *Emerging infectious diseases*, *13*(1), 6.
- Cojulún-Samayoa, L., Guerra-Centeno, D., Fuentes-Rousselin, H., Meoño-Sánchez, E., & Valdez-Sandoval, C. Exploración de la presencia de *Salmonella* en agua de acuarios de peces ornamentales de Guatemala. *Redvet, Revista Electrònica de Veterinaria, 19*(6), 1-10.
- Connolly, J. H., Alley, M. R., Dutton, G. J., & Rogers, L. E. (2006). Infectivity and persistence of an outbreak strain of *Salmonella* enterica serotype Typhimurium DT160 for house sparrows (Passer domesticus) in New Zealand. *New Zealand veterinary journal*, *54*(6), 329-332.
- Correa, W. M. (1963). Avian diseases in Guatemala. *Poultry Science*, *42*(3), 559-561.

- Cuello, S., Vega, A., & Noda, J. (2011). Actualización sobre la enfermedad de Newcastle. REDVET. *Revista electrónica de Veterinaria, 12*(6).
- Daniels, M. J., Hutchings, M. R., & Greig, A. (2003). The risk of disease transmission to livestock posed by contamination of farm stored feed by wildlife excreta. *Epidemiology & Infection*, *130*(3), 561-568.
- Daszak, P., Tabor, G. M., Kilpatrick, A. M., Epstein, J. O. N., & Plowright, R. (2004). Conservation medicine and a new agenda for emerging diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1026*(1), 1-11.
- De Micheo, R. S., & de la Naturaleza, F. D. (2007). Informe de conteos de anátidas en Guatemala.
- Dulo, F., & Pal, M. (2017). Emerging viral zoonoses and their implications on public health. *World Applied Sciences Journal*, *35*(2), 188-198.
- Escobar, L. E. (2011). Anticuerpos circulantes contra Influenza Aviar y Newcastle en zanates (Quiscalus mexicanus) de la ciudad de Guatemala. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, *12*(3), 1-8.
- Fagan, J., & Komar, O. (2016). *Peterson field guide to birds of northern Central America*. Houghton Mifflin Harcourt.
- García-García, J., & Ramos, C. (2006). Influenza, an existing public health problem. *Salud Pública de México*, *48*(3), 244-267
- Geethika, A., Abraham, M. J., Nair, N. D., Krithiga, K., & Priya, P. M. (2017). Pathology of *Salmonella* choleraesuis Related Respiratory Infection in Piglets, Its Isolation, Identification and Antibiogram. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, *6*(10), 3166-3173.
- Gomes, C. W. C., Funkler, G., Andretta, I., Gonçalves, M. O., Santos, H. F., & Cruz, C. E. F. (2018). Newcastle disease vaccination in captive-bred wild birds. *Tropical animal health and production*, 1-5.
- González-Reiche, A. S., Morales-Betoulle, M. E., Alvarez, D., Betoulle, J. L., Müller, M. L., Sosa, S. M., & Perez, D. R. (2012). Influenza A viruses from wild birds in Guatemala belong to the North American lineage. *PloS one*, *7*(3).
- González-Reiche, A. S., & Perez, D. R. (2012). Where do avian influenza viruses meet in the Americas?. *Avian diseases*, *56*(4s1), 1025-1033.
- Gonzalez-Reiche, A. S., Nelson, M. I., Angel, M., Müller, M. L., Ortiz, L., Dutta, J., ... & Perez, D. R. (2017). Evidence of intercontinental spread and uncommon variants of low-pathogenicity avian influenza viruses in ducks overwintering in Guatemala. *Msphere*, *2*(2).
- Guan, Y., Zheng, B. J., He, Y. Q., Liu, X. L., Zhuang, Z. X., Cheung, C. L., ... & Butt, K. M. (2003). Isolation and characterization of viruses related to the SARS coronavirus from animals in southern China. *Science*, *302*(5643), 276-278.
- Guenther, S., Ewers, C., & Wieler, L. H. (2011). Extended-spectrum beta-lactamases producing E. coli in wildlife, yet another form of environmental pollution?. *Frontiers in microbiology*, *2*, 246.
- Hugo, A., Makinde, O. D., Kumar, S., & Chibwana, F. F. (2017). Optimal control and cost effectiveness analysis for Newcastle disease eco-epidemiological model in Tanzania. *Journal of biological dynamics*, *11*(1), 190-209.

- Johnson, C. K., Hitchens, P. L., Evans, T. S., Goldstein, T., Thomas, K., Clements, A.,. & Mazet, J. K. (2015). Spillover and pandemic properties of zoonotic viruses with high host plasticity. *Scientific reports, 5*, 14830.
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature, 451*(7181), 990.
- Kalaiyarasu, S., Mishra, N., Khetan, R. K., & Singh, V. P. (2016). Serological evidence of widespread West Nile virus and Japanese encephalitis virus infection in native domestic ducks (Anas platyrhynchos var domesticus) in Kuttanad region, Kerala, India. *Comparative immunology, microbiology and infectious diseases, 48*, 61-68.
- Kang, M. S., Jeong, O. M., Kim, H. R., Jang, I., Lee, H. S., & Kwon, Y. K. (2015). Arthritis in an egret (Egretta intermedia) caused by *Salmonella* Typhimurium and its potential risk to poultry health. *Journal of wildlife diseases, 51*(2), 534-537.
- Kilpatrick, A. M., Chmura, A. A., Gibbons, D. W., Fleischer, R. C., Marra, P. P., & Daszak, P. (2006). Predicting the global spreakd of H5N1 avian influenza. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(51), 19368-19373.
- Kruse, H., Kirkemo, A. M., & Handeland, K. (2004). Wildlife as source of zoonotic infections. *Emerging infectious diseases*, *10*(12), 2067.
- Lee, C. W., Senne, D. A., & Suarez, D. L. (2004). Effect of vaccine use in the evolution of Mexican lineage H5N2 avian influenza virus. *Journal of virology*, *78*(15), 8372-8381
- Li, W., Shi, Z., Yu, M., Ren, W., Smith, C., Epstein, J. H., ... & Zhang, J. (2005). Bats are natural reservoirs of SARS-like coronaviruses. *Science*, *310*(5748), 676-679.
- Lima, F. S., Santin, E., Paulillo, A. C., & Doretto Junior, L. (2004). Evaluation of different programs of Newcastle disease vaccination in Japanese quail (Coturnix coturnix japonica). *International Journal of Poultry Science*, *3*(5), 354-356.
- Mészáros, J. F. (1983). Control of infectious diseases in large-scale poultry breeding and production. *World's Poultry Science Journal*, 39(2), 132-142.
- MCNAMEE, P., CHRISTENSEN, J., SOUTTER, J., RODGERS, H., CRAIG, N., PEARSON, P., & BOND, J. (1998). Cost analysis of early supported hospital discharge for stroke. *Age and Ageing*, *27*(3), 345-351.
- Meslin, F. X., Stohr, K., & Heymann, D. (2000). Public health implications of emerging zoonoses. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, *19*(1), 310-317.
- Millán, J., Aduriz, G., Moreno, B., Juste, R. A., & Barral, M. (2004). *Salmonella* isolates from wild birds and mammals in the Basque Country (Spain). *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 23(3), 905-912.
- Morand, S. (2018). Biogeography and the ecology of emerging infectious diseases.

- Nishiura, H., Jung, S. M., Linton, N. M., Kinoshita, R., Yang, Y., Hayashi, K., ... & Akhmetzhanov, A. R. (2020). The extent of transmission of novel coronavirus in Wuhan, China, 2020.
- Office International Des Epizooties. (2015). *Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals: Mammals, Birds and Bees*. Office International Des Epizooties.
- Parrish, C. R., Holmes, E. C., Morens, D. M., Park, E. C., Burke, D. S., Calisher, C. H., ... & Daszak, P. (2008). Cross-species virus transmission and the emergence of new epidemic diseases. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, *72*(3), 457-470.
- Ramey, A. M., Poulson, R. L., González-Reiche, A. S., Wilcox, B. R., Walther, P., Link, P., ... & Perez, D. R. (2014). Evidence for seasonal patterns in the relative abundance of avian influenza virus subtypes in blue-winged teal (Anas discors). *Journal of Wildlife Diseases*, *50*(4), 916-922.
- Reed, K. D., Meece, J. K., Henkel, J. S., & Shukla, S. K. (2003). Birds, migration and emerging zoonoses: West Nile virus, Lyme disease, influenza A and enteropathogens. *Clinical medicine & research*, *1*(1), 5-12.
- Refsum, T., Heir, E., Kapperud, G., Vardund, T., & Holstad, G. (2002). Molecular epidemiology of *Salmonella* enterica serovar Typhimurium isolates determined by pulsed-field gel electrophoresis: comparison of isolates from avian wildlife, domestic animals, and the environment in Norway. *Applied and Environmental Microbiology*, *68*(11), 5600-5606.
- Ruíz, S. A. M., Centeno, D. S. G., Leonardo, E. L. B., Rohn, K., Kösters, S., & Kreienbrock, L. (2016). Participatory epidemiology at the neotropics: study of diseases of backyard livestock and description of hunting patterns in Uaxactún, Maya Reserve Biosphere, Guatemala. *BMC research notes*, 9(1), 207.
- Saito, L. B., Diaz-Satizabal, L., Evseev, D., Fleming-Canepa, X., Mao, S., Webster, R. G., & Magor, K. E. (2018). IFN and cytokine responses in ducks to genetically similar H5N1 influenza A viruses of varying pathogenicity. *The Journal of general virology*, *99*(4), 464.
- Samberg, Y., Hadash, D. U., Perelman, B., & Meroz, M. (1989). Newcastle disease in ostriches (Struthio camelus): field case and experimental infection. *Avian Pathology*, *18*(2), 221-226.
- Sakai, K., Sakabe, G., Tani, O., Watanabe, Y., Jahangir, A., Nakamura, M., & Takehara, K. (2007). Characterization of Newcastle disease virus isolated from northern pintail (Anas acuta) in Japan. *Journal of Veterinary Medical Science, 69*(12), 1307-1311.
- Slemons RD, Johnson DC, Osborn JS, Hayes F. 1974. Type-A influenza viruses isolated from wild freeflying ducks in California. *Avian Diseases 18*,119–124.
- Shivaprasad, H. L., Timoney, J. F., Morales, S., Lucio, B., & Baker, R. C. (1990). Pathogenesis of *Salmonella* enteritidis infection in laying chickens. I. Studies on egg transmission, clinical signs, fecal shedding, and serologic responses. *Avian Diseases 34* (3), 548-557.

- Skov, M. N., Madsen, J. J., Rahbek, C., Lodal, J., Jespersen, J. B., Jørgensen, J. C. & Baggesen, D. L. (2008). Transmission of *Salmonella* between wildlife and meat-production animals in Denmark. *Journal of applied microbiology*, *105*(5), 1558-1568.
- Thorns, C. J. (2000). Bacterial food-borne zoonoses. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, *19*(1), 226-239.
- Tong, S., Li, Y., Rivailler, P., Conrardy, C., Castillo, D. A. A., Chen, L. M., ... & Turmelle, A. S. (2012). A distinct lineage of influenza A virus from bats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(11), 4269-4274.
- Villa Espinosa, A., Pueyo Pintor, R., Navarro Serrano, A., Baselga, J. M., & Baselga, R. (Mayo, 2010). El examen serológico con muestras de sangre obtenidas en papel de filtro. XXXV Symposium de cunicultura. Simposio de ASESCU llevado a cabo en Segovia.
- Webster, R. G. (1998). Influenza: an emerging disease. *Emerging infectious diseases*, *4*(3), 436.