

Influenza aviar. Oportunidades de mejora del sistema de vigilancia activa basado en riesgo en Cuba



Avian Influenza. Opportunities to improve the active surveillance system based on risk in Cuba

<https://eqrcode.co/a/ZQHVuF>

^{1*} Damarys de las Nieves Montano, ¹ María Irian Percedo, ² Silvio Vioel Rodríguez, ¹³ Osvaldo Fonseca, ¹ Yosdany Centelles, ¹ Oshin Ley, ¹ Yandy Abreu, ¹ Beatriz Delgado, ⁴ Yolanda Capdevila, ⁵ Kleber Regis Santoro, ⁴ Teresita Quesada, ⁴ Manuel Peláez, ¹ Pastor Alfonso

¹Grupo de Epidemiología y Clínica, Dirección de Salud Animal, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Centro Colaborador de la OIE para la Reducción de Riesgo de Desastres en Sanidad Animal. San José de las Lajas 32700, Mayabeque, Cuba.

²GEOCUBA Investigación y Consultoría, Cuba IC. Loma y 39, Nuevo Vedado, Cuba.

³Departamento de Epidemiología y Salud Global, Universidad de Umeå, Suecia.

⁴Centro Nacional de Salud Animal (CENASA), Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.

⁵Universidad Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), Brasil

RESUMEN: El perfeccionamiento continuo de la vigilancia y el control de la influenza aviar (IA) son prioridades a nivel mundial debido a la permanencia de esta amenaza a escala global. El objetivo del presente trabajo fue identificar oportunidades de mejora en el sistema de vigilancia activa de la IA establecido en Cuba. Mediante análisis geoespacial multicriterio se mapeó con resolución de 1 km². Adicionalmente, se tuvo en cuenta la existencia de zonas de contigüidad entre granjas avícolas (< 3 km) donde pudiera verse favorecida la difusión del agente causal en caso de introducción. Como resultado, se identificaron áreas con muy alto riesgo de ocurrencia, ya sea por exposición o difusión que, en ocasiones, se favoreció por la contigüidad entre granjas avícolas comerciales. A partir de estos hallazgos se logró refinar el criterio preexistente para la selección de granjas a ser investigadas durante la vigilancia activa, lo cual pudiera mejorar la capacidad de detección de casos positivos. La precisión y el manejo del riesgo de difusión son de gran importancia porque suele ser el principal determinante de la magnitud de la epidemia. Se concluye que existen áreas estratégicas y de marcada importancia hacia donde se deben dirigir, prioritariamente, los principales recursos para fortalecer la bioseguridad y la vigilancia encaminada a la alerta rápida.

Palabras clave: análisis multicriterio, riesgo, influenza aviar, vigilancia.

ABSTRACT: Continuously improving surveillance and control of avian influenza (AI) is a global priority given the continued presence of this threat at a global scale. The objective of this work was to identify opportunities to improve the active AI surveillance system established in Cuba. It was mapped with a resolution of 1 km² using the multi-criteria geospatial analysis. Additionally, it was taken into account the existence of contiguity zones among poultry farms (< 3 km), where the diffusion of the causal agent could be favored in case of introduction. As a result, areas with a very high risk of occurrence were identified, either by exposure or diffusion, which was sometimes favored by the contiguity among commercial poultry farms. Based on these findings, it was possible to define the pre-existing criteria for targeting AI active surveillance, which could improve the detection capacity of eventual positive cases. Accuracy and management of the risk of spread is of great importance because it is often the main determinant of the magnitude of the epidemic. It is concluded that there are strategic areas of marked importance, towards which the main resources should be directed as a priority to strengthen both biosecurity and surveillance aimed at rapid alert.

Key words: multi-criteria analysis, risk, avian influenza, surveillance.

*Autor para la correspondencia: Damarys de las Nieves Montano. E-mail: damarysmv@censa.edu.cu

Recibido: 27/08/2020

Aceptado: 29/10/2020

INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de brotes de la influenza aviar (IA) ha tenido un aumento sin precedentes y sostenido a nivel mundial (1); en ocasiones, con implicaciones para la salud pública, debido a la capacidad de algunas cepas para infectar humanos, incluso de forma grave (2).

El estudio de los factores asociados a la ocurrencia de brotes de IA en otros países posibilitan extrapolar esta información para la modelación de mapas de riesgo basados en conocimiento, como alternativa a los procedimientos basados en datos (3). Los mapas son una de las fuentes más importantes de información para el diseño de vigilancia basada en riesgo y sistemas de control de enfermedades (4,5). Estos procedimientos resultan de utilidad para países libres de la enfermedad como es el caso de Cuba, donde la avicultura tiene, además, alta importancia para la seguridad alimentaria.

En Cuba está implementado un sistema de vigilancia activa de la IA basado en riesgo (6,7). En este sistema, el riesgo de exposición básicamente es deducido por la proximidad de los predios avícolas a los asentamientos de aves migratorias acuáticas. En los casos de falta de información de abundancia de aves silvestres acuáticas, el sistema recurre al por ciento de la superficie municipal con hábitat favorable para estas aves como variable subrogada de la posibilidad de contacto con aves silvestres y, basado en ello, se seleccionan las granjas a ser investigadas (8). Tal selección tiene la limitante de asumir que determinados factores de riesgo están homogéneamente distribuidos en el espacio y, por otra parte, no contempla otros factores de los cuales puede depender la exposición (3,9).

Una de las formas más efectiva de considerar diversos factores de riesgo pudiera ser el análisis multicriterio geoespacial, que gana en calidad en la medida que se reduce la resolución a la cual se realizan. Está basado en los principios del análisis multicriterio para la toma de decisiones (MCDA) que se deriva de las Teorías de Matrices, Grafos, Organizaciones, Medida, Decisiones Colectivas, entre otras. Nace como

herramienta para analizar fenómenos complejos y no repetibles, que no pueden ser verificables objetivamente en laboratorio (10). Actualmente existe un fuerte aumento de su aplicación en salud. Expertos de varios países lo plantean como mejor vía para alcanzar las metas de salud en América Latina, donde los sistemas sanitarios cuentan con pocos recursos frente a enfermedades cada vez más costosas, por lo que es fundamental definir prioridades (11).

Estos análisis constituyen una herramienta de apoyo en el proceso de toma de decisiones sobre la solución más conveniente, especialmente en la planificación, dado que basado en la opinión de expertos permite integrar diferentes criterios en un solo marco de análisis (12,13). En Cuba esta metodología puede resolver las limitantes antes mencionadas en el sistema de vigilancia activa de la IA, llevándolo a menor resolución espacial que la superficie municipal.

Estos métodos incluyen identificar factores relevantes para el riesgo de enfermedad, la estimación del nivel de riesgo y la mapeación de su distribución espacial (14). Además, permiten la optimización de recursos materiales, ya que se identifican desde áreas geográficas hasta unidades avícolas, donde existe un mayor riesgo de introducción y exposición al virus de IA (VIA), las cuales deben ser prioritarias para la asignación de recursos destinados a la vigilancia y la prevención.

El incremento en el número de enfermedades emergentes y transfronterizas ha puesto de relieve la necesidad de establecer sistemas a escalas más amplias y de menor resolución. Esta estrategia favorece el procesamiento de enfermedades en tiempo real, con una rápida transmisión de información a los decisores, permitiendo tomar medidas rápidas de prevención y control ante posibles brotes. Con estos antecedentes, se abordó el análisis multicriterio geoespacial de riesgo de ocurrencia de IA y fue complementado con el análisis de contigüidad entre granjas avícolas, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora del sistema de vigilancia activa de la IA en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de datos fundamentales y generación de capas geoespaciales de factores de riesgo

Se conformó una base de datos georreferenciados de las granjas avícolas de todos los tenedores identificados en el país. A partir del centroide del cuadrante epidemiológico (1 km²) referido para cada granja avícola por el Sistema de Información Vigilancia Epizootológica (SIVE), de la Dirección Nacional de Salud Animal, se calculó la latitud y la longitud de su ubicación con una precisión de al menos 0,75 km.

La población de aves de traspatio se obtuvo a partir de los registros del servicio veterinario de las Unidades Empresariales de Base, subordinadas a la División Tecnológica Avícola, del Ministerio de la Agricultura (MINAG), la Sociedad Cubana de Productores Avícolas (SOCPA) y los Departamentos Municipales de Sanidad Animal. Para determinar la localización de aves de traspatio se calculó su densidad poblacional (cabezas/km²); para esto se asumió que estaban homogéneamente distribuidas por municipio.

En el estudio se incluyó la información referida a diferentes factores de riesgo potenciales para la introducción-diseminación de la IA en el país, como son la hidrografía permanente, la presencia de humedales, el uso de la tierra (arroceras) y las carreteras principales y secundarias, obtenidas de GEOCUBA Investigación y Consultoría, sitios de asentamientos para aves silvestres (IBAs), suministradas por el Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP), así como la población humana (rural y urbana) por consejos populares registrada por la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI).

Riesgo de ocurrencia

El cálculo del riesgo de ocurrencia de IA se realizó a partir de la metodología de análisis multicriterio semicuantitativo basado en conocimiento (4). Los factores de riesgo, que

favorecen la introducción y exposición al virus de IA antes mencionados, se señalaron en mapas.

Para la determinación de los factores de riesgo a incluir en el modelo se tuvieron en cuenta los siguientes supuestos:

- el área de interés está libre de la enfermedad
- el virus puede ingresar mediante aves migratorias silvestres
- el virus puede ingresar mediante el movimiento de personas
- las aves domésticas de traspatio constituyen una fuente potencial de difusión local menos evidente del virus
- las aves domésticas de producción comercial constituyen una fuente potencial de difusión masiva evidente de la enfermedad
- las áreas donde coexisten aves migratorias silvestres, aves domésticas de traspatio y aves domésticas de producción comercial son las de mayor riesgo de desarrollo epidémico de la enfermedad.

Se realizaron modificaciones a la metodología según particularidades del país, por ejemplo: los supuestos establecidos para el comercio legal o ilegal de aves silvestres, de corral y sus productos, se desestimaron, debido a la imposibilidad de medirlos o asignarlos para una localización específica en el territorio estudiado. Se excluyeron las fronteras terrestres consideradas como factor de riesgo de introducción (4), por no ajustarse a la condición de isla de Cuba.

Preparación de las capas temáticas

El geoprocesamiento de los datos se realizó mediante el sistema de información geográfica QGis versión 3.0.1 en la proyección NAD 27 (3795). Cada factor de riesgo se representó en un mapa individual o capa temática. Para unificar el formato de cada capa, los datos expresados en formato vector se convirtieron a ráster, con un tamaño de pixel de un km². Los datos originalmente expresados en formato ráster, como el caso de las aves de traspatio, se transformaron al mismo tamaño de pixel.

Unificación de las capas temáticas

Las capas temáticas elaboradas y estandarizadas al formato ráster fueron unificadas por superposición y visualizadas en un mapa único, mediante el método de ponderación y adición.

Ponderación y adición

A los factores de riesgo incluidos en el análisis se les asignó un factor de ponderación (FP), según la importancia que se le concede para la introducción/diseminación de la IA en el país. La ponderación, de tipo cuantitativa, es un paso crítico del método utilizado por su influencia en los resultados del análisis. Los valores asignados a cada factor se fundamentaron en un análisis detallado de cada uno, la revisión de la bibliografía (3,4,9) y una consulta a expertos en la materia realizada y promovida por la red de Salud Animal del Caribe (CaribVET), apoyada por la opinión de expertos nacionales.

A cada factor de riesgo se le asignó un FP comprendido entre 1 y 10, de acuerdo con su importancia relativa, para la introducción y exposición de influenza aviar de alta patogenicidad (IAAP). En la [Tabla 1](#) se presentan los FP asignados a cada factor de riesgo según León *et al.* (4).

Se hicieron otras modificaciones a la metodología según particularidades de Cuba, como son: las arrozceras se les asignó la misma ponderación que para IBAs y se incluyó las densidades de poblaciones de anátidas comerciales, otorgándoles igual ponderación que a estas. El valor de cada celda de los mapas

temáticos fue multiplicado por el FP definido para cada factor de riesgo. Posteriormente, se generó el nuevo mapa en formato ráster, basado en la siguiente ecuación:

$$[(Aerop \times 4) + (Carreteras \times 7) + (H_{permanente} \times 6) + (ASilv_{arrocercas} \times 9) + (ATras \times 7) + (Anátidas \times 9) + (ACom \times 5)] / 47$$

Donde:

ASilv_arrocercas áreas de importancia para las aves + arrozceras + Anátidas

El resultado expresado de cada pixel de la cuadrícula se representó con una escala graduada de colores para los valores comprendidos entre 0 y 1.

Confección de mapas de riesgo basados en la proximidad entre las granjas avícolas comerciales

A partir de la geolocalización de cada granja se identificaron las que estuvieran próximas en un radio ≤ 3 km², correspondiente a los límites del área focal generalmente establecidos para la influenza aviar (15,16).

Se empleó el sitio Epitools para calcular el tamaño de muestra, o sea, el número de granjas requerido para detectar, al menos, una granja infectada de IA, si se introdujera la misma. Para el cálculo de muestra se tuvo en cuenta el total de granjas comerciales como tamaño de población finita, una prevalencia de 5 %, un nivel de confianza de 95 % y precisión de 5 %, según las normas de la Unión Europea (UE) (17). Todos estos supuestos se tuvieron en cuenta para la reelección de granjas para vigilancia, principalmente en zonas de proximidad identificadas con más de 10 granjas comerciales.

Tabla 1. Ponderación de factores de riesgo para la ocurrencia de la influenza aviar. /*Ranking of risk factors for the occurrence of avian influenza.*

Factores de riesgo	Ponderación	Siglas
Puertos y Aeropuertos	4	Aerop
Rutas (autopistas y carreteras)	7	Carreteras
Arrocercas (Espejos agua)	9	Arrocercas
Ríos (hidrografía permanente)	6	H_permanente
Sitios de asentamientos para aves silvestres (IBAs)	9	IBAs
Densidad aves traspatio	7	ATras
Densidad granjas avícolas comerciales	5	ACom
Densidad granjas de Anátidas	9	Anátidas

RESULTADOS

El riesgo de ocurrencia de IA (Fig. 1) se dedujo como muy alto para el 17 % de las áreas analizadas, mientras que el 65 % y 22 % tuvieron niveles de riesgo bajo y despreciable, respectivamente. Los factores de riesgo de mayor presencia con 19,14 % fueron: la densidad de población de anátidas comerciales y el hábitat favorable para aves silvestres acuáticas (IBAs, arroceras y humedales). Le suceden la densidad de aves de traspatio y la proximidad a carreteras principales y secundarias con 14,89 % cada uno y las hidrografías permanentes con 12,76 %, entre los demás restantes.

Se observó la conformación de ecozonas debido a la interacción de todos los factores de riesgos asociados y a la contigüidad entre las áreas con iguales categorías de riesgo Muy Alto y Alto, a la menor resolución espacial empleada en el análisis (1 km²).

El estudio de la población expuesta por granjas próximas en un radio de 3 km (Fig. 2), reveló que esta condición está presente en el 30,26 % de las granjas. Se destacan dos áreas en las regiones occidental y oriental (Fig. 2) que involucran 96 y 25 granjas, con poblaciones acumuladas de 3,2 y 1,1 millones de individuos, respectivamente. De estas, 210 granjas están a menos de un km de proximidad. A su vez, el 61 % de las granjas con proximidad estrecha se localizó en el occidente del país.

En la región occidental existen 257 granjas avícolas comerciales, el 49,23 % del total nacional, y en ella destaca un área con 96 granjas en alto riesgo por proximidad. Entre estas se incluyen algunas de anátidas (8,33 %), con una población total de aproximadamente 116 mil aves. Esta familia perteneciente al orden Anseriforme, de por sí constituye un riesgo adicional para las gallináceas. A diferencia, en la región central (Fig. 2), fue menor el número de granjas avícolas comerciales con elevada proximidad.

DISCUSIÓN

Este es el primer estudio que se hace en Cuba, mediante análisis geoespacial multicriterio, sobre la apreciación del riesgo de introducción de una enfermedad exótica. Si bien en el país está implementado un sistema de vigilancia activa basado en riesgo para la IA, la mejora continua de la vigilancia epidemiológica es una garantía de que se conserve, e incluso optimice su capacidad para la alerta temprana. El refinamiento de la estratificación de las áreas para identificar aquellas de mayor riesgo de ocurrencia de IA, pone a disposición del servicio veterinario mapas más idóneos para la toma de decisiones y la optimización del sistema de vigilancia basada en riesgo establecido en el país.

La incorporación de nuevos factores de riesgo en el análisis, así como la confluencia e

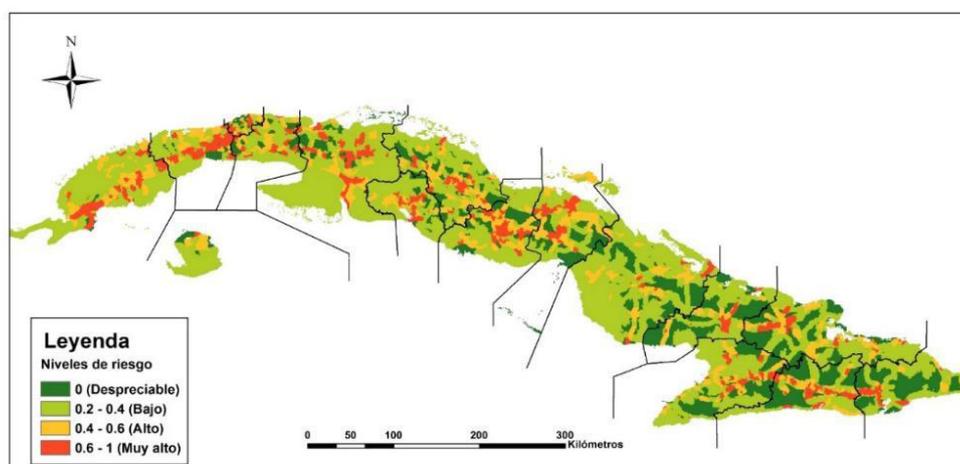


Figura 1. Riesgo de ocurrencia de influenza aviar en Cuba deducido mediante análisis multicriterio basado en conocimiento. / *Risk of occurrence of avian influenza in Cuba though knowledge-based multi-criteria analysis.*

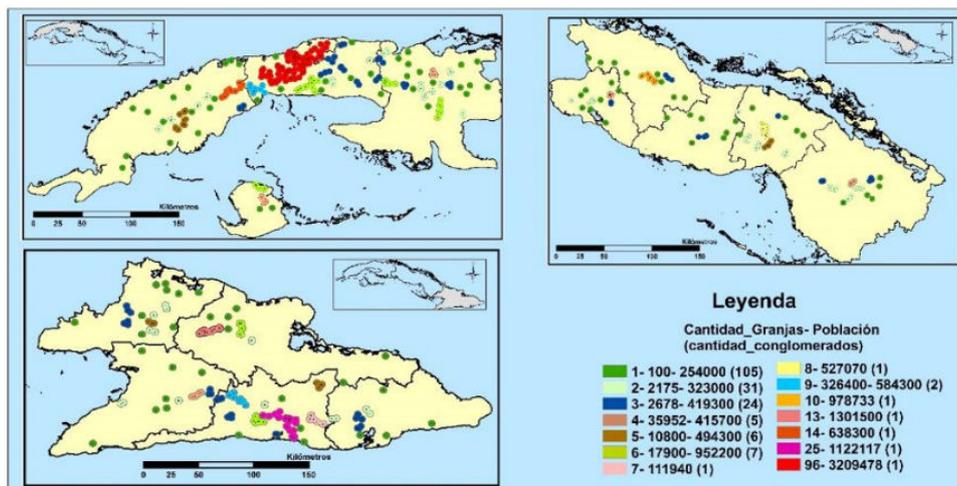


Figura 2. Riesgo de exposición por proximidad (≤ 3 km) entre granjas avícolas comerciales en las regiones occidental, central y oriental de Cuba. / *Risk of exposure by proximity (≤ 3 km) among commercial poultry farms in the western, central and eastern regions of Cuba.*

interacción de varios de ellos no considerados en el sistema de vigilancia implementado, se había ya señalado como favorable a la mayor precisión de zonas o áreas, con mayor probabilidad de exposición a la IA en el país (6,7).

La metodología multicriterio que se presenta, promovida por la red de Salud Animal del Caribe (CaribVET), empieza a utilizarse en algunos países de la región (18). En el caso de Cuba, resuelve la limitante del supuesto de la distribución espacial homogénea de determinados factores de riesgo utilizada precedentemente (19). El nuevo procedimiento permitió mapificar mejor la estratificación de los niveles de riesgo y, por consiguiente, señala zonas donde deben priorizarse los recursos para garantizar la alerta temprana a través de la vigilancia, así como la bioseguridad en las crianzas avícolas.

Estudios previos muestran alto riesgo de introducción en diversas regiones del país, principalmente en zonas de baja altitud y con características pantanosas, como la región sur de las provincias Pinar del Río y Matanzas y en la región norte de Ciego de Ávila, debido a la existencia de sitios de asentamiento para aves acuáticas migratorias (7,19). Este resultado se reafirma en el presente estudio y adicionalmente identifica a la provincia Sancti Spiritus como nueva área con alto riesgo.

La inclusión de otros factores asociados a la idoneidad para la ocurrencia de IA también refina

el resultado de este análisis (Fig. 1). Esto incluye la alta ponderación dada a factores como las poblaciones de anátidas comerciales, aun cuando se prevenga el contacto directo o indirecto con aves silvestres (20-22). La crianza de anátidas, por lo general en semiconfinamiento, propicia la exposición al VIA y luego su difusión como resultado de la combinación de su menor respuesta de anticuerpos y manifestaciones asintomáticas de la infección (23,24).

La producción de traspatio fue otro factor con alta ponderación en el modelo empleado, aun cuando diversos países afectados por IA muestran diferencias en la importancia de este tipo de producción para la ocurrencia de la enfermedad (25-27). No obstante, algunos estudios en Asia, Medio Oriente y África indican una asociación directa entre la alta densidad de aves de traspatio, anátidas comerciales y silvestres y la ocurrencia de brotes de IA (26). En estos casos también influyen las deficientes condiciones de bioseguridad y la alta predominancia de este tipo de crianza (28,29). En consideración del principio de la precaución en la comunicación del riesgo, se optó por utilizar alta ponderación para este factor en el presente trabajo.

Es de destacarse que, dada la confluencia espacial de áreas con similares niveles de riesgo alto, se identificaron ecozonas de extensión variable donde resultó mayor la probabilidad de

ocurrencia e incluso de difusión de la IA (30). Las enfermedades infecciosas no se limitan por barreras políticas, más bien se favorecen por la confluencia e interacción de diversos factores asociados con su ocurrencia; la identificación de ecozonas para la ocurrencia de las enfermedades favorecería el manejo del riesgo. Por ello, la identificación de ecozonas con mayor riesgo destaca la necesidad de la vigilancia coordinada entre las instancias técnico-administrativas de diferentes territorios, lo cual, constituye una oportunidad adicional de refinamiento de la vigilancia.

En las regiones de origen de los corredores migratorios de aves silvestres se notifican prevalencias variables del agente, en ocasiones cercanas al 40 % (31). Cuba es atravesada por dos importantes corredores de aves migratorias, el del Mississippi y el Atlántico (32). Este hecho permite suponer el consiguiente riesgo de exposición al VIA para las aves de corral, fundamentalmente en las áreas con condiciones favorables para la interfaz aves domésticas-silvestres.

En áreas donde la IA es exótica, los factores de riesgo considerados más relevantes son aquellos relacionados con la introducción del virus (33). En Cuba, donde existe control de las importaciones de riesgo, dada su condición de isla, la principal fuente potencial de infección son las aves acuáticas migratorias, en tanto la proximidad a sus asentamientos y el estado de la bioseguridad en las granjas pueden aumentar la probabilidad de contacto directo o indirecto con las aves de corral (34).

En otros estudios se combina la idoneidad de ocurrencia con modelos de difusión por análisis de redes del flujo de la ponedora comercial, como población predominante (30). Aún se requiere profundizaren otras vías de conectividad entre granjas y las distintas regiones del país que puedan favorecer la diseminación de la enfermedad.

Riesgo basado en proximidad entre las granjas avícolas comerciales

Se reconoce que la proximidad de una granja a otra infectada puede aumentar más de cuatro veces el riesgo de exposición al VIA (33).

Asimismo, otras vías de contacto directo (35,36) se favorecen en relación con la proximidad y, además, existen evidencias de transmisión aerógena del VIA, especialmente en un radio menor de un km (37,38). Debido a que algunas de las granjas en tales zonas comparten propósitos productivos, es más probable que tengan contacto entre ellas por actividades como el acopio de huevos o el abasto de pienso. La relación de vecindad entre granjas puede tener altas implicaciones económicas en caso de introducción de la enfermedad en el país, puesto que en el occidente se concentra alta proporción de la avicultura comercial.

Como la proximidad es un factor que no se puede modificar sin costos importantes, al menos a mediano o largo plazos, las opciones de mitigación deben estar dirigidas a intensificar acciones de prevención y vigilancia. Por consiguiente, las áreas con alta proximidad deben ser prioritarias para la asignación de recursos destinados a la vigilancia y la bioseguridad. Constituyen, además, áreas en las que las entidades estatales y/o privadas deben evitar el fomento de desarrollo avícola.

En Cuba el sector avícola tiene alto peso en la seguridad alimentaria, los sectores estatales y empresariales son los de mayores productividad y densidad avícolas; pero aun así no se satisface las demandas requeridas por la población. Esta situación pudiera ser resuelta incrementando la productividad en las granjas existentes o creando nuevas unidades con estos fines. Ambas opciones necesitan de la actividad reguladora del estado, en aras de prevenir y controlar eventos de desastres sanitarios debido a enfermedades emergentes y reemergentes. Por tanto, es importante conocer qué áreas pudieran representar alto riesgo para la crianza de aves, ya que de esta forma se puede reducir el nivel de riesgo.

Oportunidades de mejora del sistema de vigilancia basado en riesgo establecido para la IA

Los resultados del presente trabajo identificaron oportunidades de perfeccionamiento del sistema de vigilancia establecido. Se conoce que la identificación del riesgo por proximidad a

asentamientos de aves migratorias está asociada con la ocurrencia de IA (28), pero tiene la limitante de no tomar en cuenta la contribución de otros factores que pueden aumentar ese riesgo, incluso en interacción con otros elementos de riesgo.

El análisis multicriterio empleado resuelve la limitante señalada al incluir otros factores de riesgo de introducción y exposición anteriormente no considerados. Además, se tuvo en cuenta una resolución espacial menor, lo cual confiere una mayor precisión en la identificación del nivel de riesgo de cada área, según sus características intrínsecas. Por otro lado, el análisis de proximidad mostró que existe relación de vecindad estrecha entre gran número de granjas, lo cual puede propiciar la rápida diseminación de la enfermedad en territorios más extensos si se introdujera el virus.

Actualmente son objeto de vigilancia activa basada en riesgo 154 de 522 sitios de crianza avícolas en Cuba. La incorporación de nuevos factores de riesgos (Fig. 1), a menor resolución espacial y por proximidad (Fig. 2), sugiere una redefinición de granjas avícolas a muestrear; incluso, la identificación de más de 15 granjas en nuevas zonas con alto riesgo de ocurrencia de IA sugiere sean incorporadas en una nueva selección, en tanto al menos otras 10 granjas con nivel de riesgo, bajo o moderado, podrían ser excluidas. Tal decisión pudiera aumentar la probabilidad de detección de la enfermedad en caso de introducción.

La identificación de nuevas áreas geográficas con alta probabilidad de riesgo de ocurrencia de IA, en particular las que por proximidad pueden aumentar la magnitud de las consecuencias de una eventual introducción de IA, permite trazar estrategias de vigilancia y prevención más efectiva, incluso reducir la probabilidad de establecimiento endémico del VIA.

CONCLUSIÓN

Se identificaron oportunidades de mejora del sistema de vigilancia activa de la influenza aviar implementado en Cuba, a partir de la integración de mayor cantidad de factores riesgo mediante análisis multicriterio, las cuales de implementarse pueden favorecer la capacidad de alerta rápida y

la asignación de recursos para la prevención mediante la bioseguridad en áreas prioritarias. Ambas acciones (vigilancia y bioseguridad) contribuyen a la resiliencia sanitaria.

REFERENCIAS

1. WAHIS. Summary of Immediate notifications and Follow-ups. 2019. Disponible en: http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/Immsummary.
2. Bailey ES, Choi JY, Fieldhouse JK, Borkenhagen LK, Zemke J, Zhang D, *et al.* The continual threat of influenza virus infections at the human-animal interface. *Evol Med Public Heal.* 2018;(1):192-198.
3. Stevens KB, Gilbert M, Pfeiffer DU. Modeling habitat suitability for occurrence of highly pathogenic avian influenza virus H5N1 in domestic poultry in Asia: A spatial multicriteria decision analysis approach. *Spat Spatiotemporal Epidemiol.* 2013;4:1-14.
4. León E, Duffy SJ, Stevenson MA, Lockhart C, Späth E. Sistema AVE de información geográfica para la asistencia en la vigilancia epidemiológica de la influenza Aviar, basado en el riesgo. *FAO Animal Production and Health Manual.* 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i0943s/i0943s00.pdf>
5. Stevens KB, Pfeiffer DU. Sources of spatial animal and human health data: Casting the net wide to deal more effectively with increasingly complex disease problems. *Spat Spatiotemporal Epidemiol.* 2015;13:15-29.
6. Ferrer E, Alfonso P, Ippoliti C, Abeledo M, Calistri P, Blanco P, *et al.* Development of an active risk-based surveillance strategy for avian influenza in Cuba. *Prev Vet Med.* 2014;116(1-2):161-167.
7. Alfonso P, Ferrer E, Abeledo M, Fonseca O, Fernández O, Percedo M, *et al.* Perfeccionamiento del sistema de vigilancia activa de la influenza aviar basado en el análisis de riesgo de su introducción al país. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba.* 2016. Disponible en: <http://www.revistacuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/550>
8. MINAG. Programa de emergencia de la Influenza aviar. La Habana; 2016.

9. Paul MC, Goutard FL, Roulleau F, Holl D, Thanapongtharm W, Roger FL, *et al.* Quantitative assessment of a spatial multicriteria model for highly pathogenic avian influenza H5N1 in Thailand, and application in Cambodia. *Sci Rep.* 2016;6:1-10.
10. Köksalan M, Wallenius J, Zionts S. Multiple criteria decision making : from early history to the 21st century. World Scientific. 2011. Disponible en: <https://books.google.es/books>.
11. Fuentes. El análisis multicriterio (MCDA) en la toma de decisiones. Página web PMFarma. 2018. Disponible en: <http://www.pmfarma.es/articulos/2341-el-analisis-multicriterio-mcda-en-la-toma-de-decisiones.html>.
12. Berumen S a, Llamazares F. La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuad Adm.* 2007;20(34):65-87.
13. Zapata EI. Estimación de escenarios en el potencial de introducción, establecimiento y dispersión del agente causal de la Influenza Tipo "A". Universidad autónoma de San Luis Potosí. 2018;16. Disponible en: <https://ninive.uaslp.mx/xmlui/handle/i/5512>
14. Pfeiffer DU, Robinson TP, Stevenson M, Stevens KB, Rogers DJ, Clements ACA. Identifying factors associated with the spatial distribution of disease. En: *Spatial Analysis in Epidemiology.* Oxford University Press; 2008. p. 81-109. Disponible en: <http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780198509882.001.0001/acprof-9780198509882-chapter-7>
15. CFSPH. Aviar Influenza The C for FS and PH. *Influenza-Es.* 2010;71-73. Disponible en: <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/influenza-es.pdf>
16. OIE. Vigilancia sanitaria de los animales terrestres. Código Sanitario Para Los Animales Terrestres. 2019;Capítulo 1(Artículo 1.4.1.):1-10. Disponible en: http://www.oie.int/index.php?id=169&L=2&htmlfile=chaptre_1.1.4.htm
17. Alba A, Casal J, Napp S, Martin PAJ. Assessment of different surveillance systems for avian influenza in commercial poultry in Catalonia (North-Eastern Spain). *Prev Vet Med.* 2010;97(2):107-118.
18. Sanford B, Gongora V, Tortosa la Osa S, Elayiz A, Hammami P, Squarzoni C, *et al.* Development of GIS capacities in animal health in the Caribbean, application to the Avian Influenza risk mapping - the essential contribution of CaribVet. 2017.
19. Rodríguez SV, Alfonso P. Geospatial analysis for avian influenza risk appreciation in Cuba. 2018. Disponible en: <http://www.informaticahabana.cu/en/node/4396>
20. Flint PL, Pearce JM, Franson JC, Derksen DV. Wild bird surveillance for highly pathogenic avian influenza H5 in North America. *Virol J.* 2015;12(1):151.
21. Bengtsson D, Safi K, Avril A, Fiedler W, Wikelski M, Gunnarsson G, *et al.* Does influenza A virus infection affect movement behaviour during stopover in its wild reservoir host? *R Soc Open Sci.* 2016;3(2):150-633.
22. Henning J, Pfeiffer DU, Stevenson M, Yulianto D, Priyono W, Meers J. Who Is Spreading Avian Influenza in the Moving Duck Flock Farming Network of Indonesia? Russell CJ, editor. *PLoS One.* 2016;11(3):e0152123.
23. Curran JM, Robertson ID, Ellis TM, Selleck PW, O'Dea MA. Variation in the Responses of Wild Species of Duck, Gull, and Wader to Inoculation with a Wild-Bird-Origin H6N2 Low Pathogenicity Avian Influenza Virus. *Avian Dis.* 2013;57(3):581-586.
24. Hotta K, Takakuwa H, Yabuta T, Ung TTH, Usui T, Nguyen HLK, *et al.* Antibody survey on avian influenza viruses using egg yolks of ducks in Hanoi between 2010 and 2012. *Vet Microbiol.* 2013;166(1-2):179-183.
25. Smith G, Dunipace S. How backyard poultry flocks influence the effort required to curtail avian influenza epidemics in commercial poultry flocks. *Epidemics.* 2011; (3)2:71-75.
26. Alkhamis M, Hijmans RJ, Al-Enezi A, Martínez-López B, Perea AM. The Use of Spatial and Spatiotemporal Modeling for Surveillance of H5N1 Highly Pathogenic Avian Influenza in Poultry in the Middle East. *Avian Dis.* 2016;60(1):146-155.
27. Paul MC, Gilbert M, Desvaux S, Rasamoelina, Andriamanivo H, Peyre M, *et al.* Agro-Environmental Determinants of Avian Influenza Circulation: A Multisite

- Study in Thailand, Vietnam and Madagascar. PLoS ONE. 2014;9(7): e101958. doi:10.1371/journal.pone.0101958
28. Martin V, Pfeiffer DU, Zhou X, Xiao X, Prosser DJ, Guo F, *et al.* Spatial Distribution and Risk Factors of Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) H5N1 in China. Ferguson NM, editor. PLoS Pathog. 2011;7(3):e1001308.
29. Conan A, Goutard FL, Sorn S, Vong S. Biosecurity measures for backyard poultry in developing countries: a systematic review. BMC Vet Res. 2012;8(1):240.
30. Ippoliti C, Candeloro L, Savini L, Conte A, Gilbert M, Ayala J, *et al.* Combining multicriteria decision analysis and network-based model to assess the vulnerability of commercial Cuban poultry to avian influenza viruses. Front Vet Sci. 2019. https://www.frontiersin.org/10.3389/conf.fvets.2019.05.00110/event_abstract
31. Belkhiria J, Alkhamis MA, Martínez-López B. Application of Species Distribution Modeling for Avian Influenza surveillance in the United States considering the North America Migratory Flyways. Sci Rep . 2016;33161. doi: 10.1038/srep33161.
32. Blanco P, Sánchez B, Wiley JW. Recuperación de aves migratorias neárticas de los órdenes Falconiformes y Accipitriformes en Cuba. 2015. Disponible en: <http://repositorio.geotech.cu/xmlui/handle/1234/256>.
33. Correia-Gomes C, Sparks N. Exploring the attitudes of backyard poultry keepers to health and biosecurity. Prev Vet Med . 2020;104812.
34. Rimi NA, Sultana R, Muhsina M, Uddin B, Haider N, Nahar N, *et al.* Biosecurity Conditions in Small Commercial Chicken Farms, Bangladesh 2011-2012. Ecohealth. 2017;14(2):244-258.
35. Wang Y, Li P, Wu Y, Sun X, Yu K, Yu C, *et al.* The risk factors for avian influenza on poultry farms: A meta-analysis. Prev Vet Med . 2014;117(1):1-6.
36. USDA APHIS. HPAI Response Services V. Public Version. 2017. Final Repo. Disponible en: https://www.aphis.usda.gov/animal_health/emergency_management/downloads/hpai/h7-hpai-lpai-finalreport.pdf
37. OIE. Infección por los virus de la Influenza Aviar. Código Sanitario para los Animales Terrestres. 2019;1.4(10.4.1.): 174-175. Disponible en: https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/chapitre_avian_influenza_viruses.pdf
38. Frías-Salcedo J., Mex M. Artemisa. Rev Sanid Mil. 2006;60(2):109-115.

Contribución de los autores: Damarys de las Nieves Montano: realizó el análisis espacial y la escritura del manuscrito. María Irian Percedo sugirió correcciones e interpretación de las salidas. Silvio Vioel Rodríguez: conformó las bases de datos georreferenciados y geoprocesamiento. Osvaldo Fonseca: brindó asistencia en análisis. Yosdany Centelles: participó en el análisis y discusión de los resultados. Oshin Ley: participó en el análisis y discusión de los resultados. Yandy Abreu: realizó la conformación de bases de datos georreferenciados. Beatriz Delgado: participó en el análisis y discusión de los resultados. Yolanda Capdevila: conformó las bases de datos georreferenciados. Kleber Regis Santoro: sugirió correcciones y realizó la interpretación de las salidas. Teresita Quesada: participó en la conformación de bases de datos georreferenciados. Manuel Peláez: realizó sugirió correcciones e interpretación de las salidas. Pastor Alfonso: realizó la concepción del análisis, supervisión de la ejecución del estudio. Todos los autores revisaron y aprobaron el manuscrito.

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses relacionados con el presente artículo.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)