

Modelo analítico jerárquico para la priorización de humedales según riesgo de ingreso de influenza aviar

Claus Köbrich*, Mario Maino y Fernando Aguilar

Unidad de Economía Agraria, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. Casilla 2, Correo 15, La Granja, Chile.

*Autor para correspondencia: claus.kobrich@gmail.com

Abstract

C. Köbrich, M. Maino and F. Aguilar. 2009. Analytic hierarchy model to rank wetlands according to avian influenza introduction risk. Avian influenza has led to serious social, political and commercial problems. To keep countries free from this disease, it is of great importance to focus surveillance and early warning programs at points of higher entry and spread risk. One is the arrival of infected migratory birds and the subsequent virus transfer to nearby production systems. In the case of Chile, 32 wetlands were identified, in which this situation occurs. This work uses the analytic hierarchy process (AHP) to obtain a ranking of these wetlands. To that end, a panel of experts identified risk factors, which were subsequently evaluated using agricultural census data. The obtained ranking showed that the wetlands of Lake Budi, the mouth of River Maipo and the El Yali wetland, had the highest risk scores. Sensitivity analysis showed that the model was robust to changes in priorities of the decision model.

Key words: AHP model, wetlands, avian influenza.

INTRODUCCIÓN

La influenza aviar, es una enfermedad viral que afecta a las aves y ha generado un gran impacto a nivel mundial, tanto por las grandes pérdidas económicas, producto de los sacrificios sanitarios, como también por los riesgos de una propagación a los seres humanos, debido a posibles mutaciones. La clasificación del agente causal, se refiere a un virus de la familia Orthomyxoviridae, género *Influenzavirus* y corresponde a una enfermedad listada como de notificación inmediata por la Organización Mundial de la Salud Animal (OIE, 2009). Hay tres clases de virus influenza; estos son influenza tipo A, B y C (Farris *et al.*, 2005). Dentro de las aves, los virus influenza tipo A, infectan comúnmente a las aves de corral (pollos, pavos, patos, codornices y gansos domésticos) así como muchos tipos de aves silvestres (FAO, 2007). Los virus influenza tipo A, están mutando constantemente y se dividen en subtipos en base a dos proteínas que se encuentran en la superficie del virus. Estas proteínas se llaman hemaglutinina (HA)

y neuraminidasa (NA). Hay 16 subtipos HA y 9 subtipos NA (Fouchier *et al.*, 2005). Las proteínas HA / NA, generan clasificaciones de virus de influenza aviar de baja patogenicidad (IABP) y virus influenza aviar de alta patogenicidad (IAAP) (Escorcía *et al.*, 2008).

El ingreso a un plantel de producción avícola de influenza aviar altamente patógena, tiene severos impactos en la producción, debido a una alta mortalidad (pudiendo alcanzar 100% de los individuos afectados) y una marcada disminución de la producción de huevos (OIE, 2002). Chile ha sufrido los impactos económicos de la influenza aviar altamente patógena, ya que en el año 2002, se presentó un brote de IAAP subtipo H7N3, que tuvo como consecuencia el sacrificio sanitario de 483.536 aves. Los costos producidos en este brote, contemplaron costos públicos directos (US\$ 683.000), atribuibles a las acciones de la campaña de emergencia, asesorías de expertos internacionales y personal, así como costos privados directos (US\$ 5.600.000), debido a la eliminación y destrucción de aves y

productos, y de la implementación de medidas preventivas y de control. Los costos privados indirectos se estimaron en US\$ 16.335.000, que incluyeron un menor volumen de exportaciones, lo que afectó el precio en el mercado interno, los costos de almacenaje y la reexportación de productos, entre otros (Rojas y Moreira, 2006).

El virus puede entrar a un sistema productivo, a través de heces de aves portadoras, alimentos, agua, equipo y ropa contaminados. Una de las vías de ingreso más difíciles de controlar son las aves acuáticas y marinas clínicamente normales que pueden introducir el virus en las granjas avícolas (OIE, 2002). Muchas especies de aves silvestres pueden abrigar el virus de la influenza aviar, pero las aves asociadas a humedales, tales como Anseriformes (particularmente patos, gansos y cisnes) y Charadriiformes (particularmente gaviotas y golondrinas de mar), constituyen el reservorio principal del virus (Webster *et al.*, 1992).

A partir de estos hechos se reconoce un riesgo latente, que está en relación con el traspaso del virus influenza aviar por parte de aves migratorias contagiadas, que arriban a los humedales de nuestro país, hacia los sistemas productivos adyacentes, particularmente de la agricultura familiar campesina, debido a que en esos predios abundan factores que facilitan el ingreso del virus de la influenza aviar a las aves de traspaso.

El riesgo de la infección de IAAP en las aves domésticas, transmitidas por las aves silvestres no se ha medido directamente; pero si se asume que las congregaciones de aves acuáticas, representan potencialmente un foco importante para la transmisión, los humedales u otras áreas de agua superficial, se pueden utilizar como variables probables en la localización de infección (Pfeiffer, 2006). El Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG), en su plan de prevención y respuesta a la influenza aviar, definió como humedales de riesgo aquellos que contasen con

al menos una de las siguientes características (SAG, 2006):

- a. Lugares de concentración de aves migratorias.
- b. Lugares con una alta densidad poblacional de aves silvestres.
- c. Proximidad de planteles avícolas industriales y/o tenedores de traspaso.

Con estos criterios identificó 32 humedales distribuidos a lo largo de Chile, como sitios riesgosos. Entonces, si se desean implementar medidas tendientes a disminuir el riesgo o a realizar una detección temprana del virus, se debe actuar sobre estos 32 humedales. Sin embargo, como existen diferencias entre ellos, surge la necesidad de enfocar los esfuerzos de vigilancia epidemiológica, en los humedales de mayor riesgo. Como respuesta a esta situación, aparece el presente trabajo, cuyo objetivo es jerarquizar estos 32 humedales en base a riesgo de traspaso del virus, desde la vida silvestre (humedales y aves silvestres) hacia las aves domésticas. Para realizar dicha tarea, se recurrió a un método de decisión multicriterio, específicamente el proceso analítico jerárquico, el cual permite obtener una ordenación de estos humedales, desde el más riesgoso al menos riesgoso. Con el análisis de los resultados se pretende facilitar la toma de decisiones en cuanto a la prevención del ingreso de esta enfermedad.

En este contexto, este estudio se planteó como objetivo jerarquizar y clasificar 32 humedales a lo largo de Chile, según factores de riesgo agrícola y factores de riesgo de los humedales, para el ingreso de la influenza aviar a los sistemas productivos cercanos. Con este fin se formularon los siguientes objetivos específicos:

- a. Identificar los factores de riesgo agrícola y propios de los humedales para el ingreso de la IAAP.
- b. Construir un modelo para priorizar los humedales en base al riesgo de ingreso de la IAAP.
- c. Clasificar los humedales, según el riesgo

de traspaso de influenza aviar altamente patógena a los sistemas productivos cercanos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La jerarquización de humedales en base al riesgo de traspaso de influenza aviar hacia aves domésticas ubicadas en predios cercanos, depende de múltiples factores, por lo que el análisis debe permitir la inclusión de múltiples variables de decisión. Por ellos se recurrió al método de evaluación y decisión multicriterio que corresponde al Proceso Analítico Jerárquico o AHP (Analytic Hierarchy Process) desarrollado por Saaty (1980). Este proceso consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico. Así permite que un decisor estructure un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un modelo jerárquico que básicamente contiene diferentes niveles: Meta u Objetivo, Criterios, Subcriterios y Alternativas (Ávila, 2000). Se entiende por criterio a un concepto que puede ser medido e interpretado de manera cualitativa o cuantitativa, y que afecta significativamente a la meta u objetivo definido para el AHP.

La primera etapa del proceso es la estructuración del modelo. Esto se inicia definiendo la meta del estudio, para lo cual se tomó en cuenta las características del problema y el propósito que debía cumplir el estudio. Luego se constituyó un panel de expertos cuyas principales tareas fueron estructurar el modelo a través de la identificación de factores de riesgo e identificar la información que sería necesaria para la evaluación de cada humedal en función de cada factor de riesgo. Este panel de seis personas estuvo conformado por médicos veterinarios provenientes del mundo académico y el ámbito público. Ellos fueron:

- Álvaro González R.: Médico Veterinario experto en vigilancia epidemiológica de la división de Protección Pecuaria del

SAG, Sub-Departamento de Vigilancia Epidemiológica.

- Héctor Hidalgo O.: Patólogo aviar, Médico Veterinario y M.S., académico de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.
- Jürgen Rottman S.: Ornólogo, Médico Veterinario Universidad de Chile, miembro activo unión de ornólogos de Chile (UNORCH), miembro activo y socio fundador del Comité Nacional pro Defensa Flora y Fauna (CODEFF).
- Charif Tala G.; Médico Veterinario experto en vida silvestre, encargado Unidad de Vida Silvestre y Ecosistemas del Departamento Protección de Recursos Naturales de Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).
- Santiago Urcelay V.; Epidemiólogo, Médico Veterinario, Licenciado en Salud Pública, “Master in Preventive Veterinary Medicine”, académico de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.
- Cristóbal Verdugo V.: Epidemiólogo, Médico Veterinario, M.S. en Medicina Veterinaria Preventiva.

El trabajo con los expertos se inició con una entrevista personal, en la cual cada uno identificó, explicó y justificó los factores de riesgo que a su juicio eran los más importantes. Cada factor identificado fue ordenado y clasificado como criterio o subcriterio, de forma de construir una jerarquía que dio forma al modelo AHP.

Para estimar la importancia relativa de cada criterio y sub-criterio, el método del AHP utiliza juicios numéricos, basados en la escala fundamental (Saaty, 1980) y luego, a través de un proceso matemático, sintetiza los juicios y entrega las prioridades o importancias relativas (Ávila, 2000). En este estudio se reunió a los expertos, los que por medio de comparaciones pareadas emitieron juicios sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios y de sus sub-criterios.

De esta manera, se construyó una matriz para los criterios y dentro de cada criterio una matriz de subcriterios. Estas matrices fueron luego utilizadas para calcular la importancia relativa de criterios y subcriterios, en función del problema en cuestión, es decir el riesgo del traspaso del virus desde un humedal hacia las aves domésticas. El método estima además la inconsistencia de los juicios. Dado que en todos los casos esta fue aceptable, inferior a 0,1, no fue necesario revisar ni corregir los juicios iniciales.

Una vez construido el modelo se procedió a tomar el listado con los 32 humedales de riesgo identificados (SAG, 2006) y relacionar cada uno de ellos con el último nivel del modelo jerárquico. La información referida a las características específicas de cada humedal, fue aportada por el experto en vida silvestre. La información referida a la agricultura y los predios en el área de influencia del humedal, fue obtenida de la base de datos construida con la información del VI Censo Agropecuario de 1997, realizado por el INE. Para definir el área de influencia, se georeferenció cada humedal en mapas geográficos de escalas de 1:250.000, marcándolos en coordenadas del sistema UTM. Luego, los expertos de vida silvestre y epidemiología, definieron el área de influencia para cada humedal, es decir, aquella en donde el riesgo de traspaso del virus debe ser medido. A continuación se superpuso las coordenadas de los humedales georeferenciados, sobre un mapa con los distritos del censo agropecuario de 1997, con el fin de identificar los distritos censales contenidos dentro de las áreas de influencia de cada humedal. Finalmente, para cada distrito censal se extrajo la información sobre:

- Superficie del distrito (m²).
- Número de explotaciones agropecuarias (predios).
- Número de aves en cada explotación (patos, gansos, gallinas, pavos).
- Superficie de las construcciones identificadas como gallineros en cada explotación (m²).

- Nivel educativo del encuestado en cada explotación.

Tanto las variables cualitativas asociadas a los humedales como las cuantitativas obtenidas del censo fueron transformadas en puntajes de riesgo, de forma de incorporar en el modelo la importancia relativa de cada uno de los 32 humedales. En el caso de las variables cualitativas se hicieron comparaciones pareadas para evaluar la importancia de cada categoría. En el caso de variables cuantitativas, se dio un puntaje 0 a la mejor situación y 1 a la peor, asignando linealmente los puntajes intermedios.

Finalmente, el puntaje obtenido por el humedal se ponderó por la importancia relativa de cada subcriterio, y este resultado por la importancia relativa del criterio. El puntaje final corresponde, entonces, a la suma ponderada de criterios por puntajes de riesgo de manera que los puntajes obtenidos por los humedales permiten ordenarlos de acuerdo a su riesgo relativo. La construcción y priorización del modelo, así como el posterior análisis de sensibilidad, fueron realizados utilizando el programa Expert Choice 2000 ®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Construcción del modelo

La construcción se inició con la definición del problema, en este caso “El riesgo de traspaso del virus influenza aviar, desde aves migratorias posiblemente contagiadas, que arriban a los humedales de nuestro país, hacia las aves domésticas de los predios cercanos a estos humedales”. En este contexto, se les planteó a los expertos la necesidad de conocer el riesgo de traspaso del virus hacia las aves domésticas, y por lo tanto debían identificar factores que aumentaban o disminuían este riesgo. Los factores identificados fueron luego clasificados en tres criterios:

- a. Humedal: Reúne los factores de riesgo que tienen que ver con el humedal en sí, tamaño, ubicación geográfica,

conformación, etc., así como con las aves de vida silvestre, tanto residentes como migratorias, que viven en él.

- b. Agrícola: Agrupa los factores de riesgo que presenta toda la agricultura en las zonas cercanas a los humedales, esto es la suma de los predios en el área de influencia.
- c. Predial: Agrupa a los factores de riesgo que presenta un predio cualquiera situado en las zonas cercanas a los humedales, esto es un predio promedio en el área de influencia.

Respecto al criterio humedal, los expertos plantearon la posibilidad de separar el factor geográfico del humedal (ubicación, tamaño, etc.) del biológico (número de especies y aves migratorias o no, etc.). Sin embargo la escasa información cuantitativa o cualitativa disponible no permitió hacerlo. Otro punto importante de discusión se dio en torno al factor agrícola y predial, ya que se tenía la impresión que significaban cosas similares o que el predial no era más que un subcriterio del agrícola. Sin embargo, se argumentó que no daba lo mismo un humedal con alto riesgo agrícola y bajo riesgo predial, que uno con bajo riesgo agrícola y alto predial. El primer caso representa muchos predios de

bajo riesgo y el segundo pocos de alto riesgo. Incluso se indicó que las estrategias de control e intervención deberían ser diferentes. En vista de lo anterior ambos factores se mantuvieron como criterios independientes.

El criterio humedal incluye tres subcriterios (Cuadro 1). El subcriterio ubicación del humedal los definió como costeros o interiores. El sub-criterio riesgo del humedal clasificó cada uno en de alto, mediano o bajo riesgo, considerando una estimación del número y diversidad de especies aviares y el tamaño del humedal. Para ello, se creó una ficha para cada humedal a través de recopilación de publicaciones científicas y censos en los humedales. Luego, con las fichas, se recurrió al experto en vida, el cual conoce la mayoría de los humedales y posee conocimiento de las rutas de migración, quien caracterizó el riesgo de cada humedal. El último subcriterio, tipo de humedal, los separó en aquellos que tenían desembocadura de río formando deltas o formado por lagunas dispersas y los que no tenían desembocadura de río que formara deltas o lagunas dispersas. En todos estos casos los expertos establecieron a través de comparaciones pareadas la importancia relativa de cada criterio.

Cuadro 1. Sub-criterios asociados al criterio Humedal, sus categorías, puntajes de riesgo y forma en que éstos fueron evaluados.

Sub-criterio	Categorías	Puntaje	Forma de evaluación
Ubicación geográfica	Costero	1,00	Comparación pareada
	Interior	0,63	
Riesgo humedal	Alto riesgo	1,00	Comparación pareada
	Mediano riesgo	0,69	
	Bajo riesgo	0,29	
Tipo	Con desembocadura	1,00	Comparación pareada
	Sin desembocadura	0,30	

Nota: Los puntajes se obtuvieron a través de comparación pareada usando la escala fundamental de Saaty (1980) y representan la importancia relativa de cada criterio.

Al criterio agrícola también se le asoció tres subcriterios (Cuadro 2). El primero evaluó la existencia de predios con gallineros. Para ello en el área de influencia de cada humedal se clasificó los predios que tenían aves domésticas sin gallineros, con gallineros caseros (menores a 20 m²) y con gallineros comerciales (mayores a 20 m²). La cifra de 20 m² corresponde, según los expertos, al tamaño mínimo de un gallinero comercial de mayor bioseguridad. En el modelo entonces, se incluyó el subcriterio gallineros con tres categorías, cuyo puntaje de riesgo fue

evaluado por los expertos y sub-subcriterio número de predios con puntaje de riesgo evaluado como incremento lineal. En forma similar se operó con el subcriterio tipo de aves. Los expertos asignaron un puntaje de riesgo a la existencia de gallinas, pavos, patos y gansos y luego se dio un puntaje de riesgo a cada humedal según el total de aves de cada una de estas especies en el área de influencia. El tercer subcriterio, predios con aves simplemente contó el número de predios con una o más de estas aves domésticas y se asignó el puntaje de riesgo linealmente.

Cuadro 2. Sub-criterios asociados al criterio Agrícola, sus categorías, puntajes de riesgo y forma en que éstos fueron evaluados.

Sub-criterio	Categorías	Puntaje	Rango	Forma de evaluación
Gallineros	No hay	0,606	0 a 1.239 predios	Incremento lineal
	Caseros	0,263	0 a 629 predios	
	Comerciales	0,131	0 a 41 predios	
Tipo de aves	Gallinas	0,388	0 a 4.928.000 gallinas	Incremento lineal
	Pavos	0,256	0 a 1.492 pavos	
	Patos	0,198	0 a 2.411 patos	
	Gansos	0,158	0 a 3.914 gansos	
Predios con aves	---	0,255	0 a 1.899	Incremento lineal

Nota: Los puntajes se obtuvieron a través de comparación pareada usando la escala fundamental de Saaty (1980) y representan la importancia relativa de cada criterio.

El criterio predial incluyó cuatro subcriterios (Cuadro 3). El primero consideró el tamaño de los predios, pero no como superficie promedio, sino que a través de su densidad, es decir el número

de predios por cada 1000 ha. El puntaje de riesgo se asignó como incremento lineal. El subcriterio tipo de aves y el sub-subcriterio número de aves se incluyó de manera similar que

en el criterio agrícola. El subcriterio construcciones por predio corresponde al número de gallineros dividido por el número de predios con

aves. Finalmente el subcriterio nivel educativo da cuenta del promedio de educación recibido por los encargados de las explotaciones.

Cuadro 3. Sub-criterios asociados al criterio Predial, sus categorías, puntajes de riesgo y forma en que éstos fueron evaluados

Sub-criterio	Categorías	Puntaje	Rango	Forma de evaluación
Densidad	---	0,360	0 a 55 predios por cada 1.000 hectáreas	Incremento lineal
Tipo y total de aves	Gallinas	0,388	0 a 18.694 gallinas	Incremento lineal
	Pavos	0,256	0 a 9,2 pavos	
	Patos	0,198	0 a 10 patos	
	Gansos	0,158	0 a 33,7 gansos	
Construcciones	---	0,286	0 a 1 construcción	Decrecimiento lineal
Nivel educativo	---	0,078	0 a 4*	Decrecimiento lineal

*: 0 - ningún tipo de educación; 1 - educación básica; 2 - educación media; 3 - educación técnica; 4 - educación superior

Nota: Los puntajes se obtuvieron a través de comparación pareada usando la escala fundamental de Saaty (1980) y representan la importancia relativa de cada criterio.

Priorización del modelo

La Figura 1 presenta la estructura del modelo, con sus tres criterios y respectivos subcriterios. Los números representan las prioridades locales calculadas, esto es la importancia que tiene

cada criterio con respecto al objetivo principal o cada subcriterio con respecto al criterio. Como los criterios representan todos los factores de riesgo, su suma siempre será igual a 1,0. Lo mismo es válido para los subcriterios.

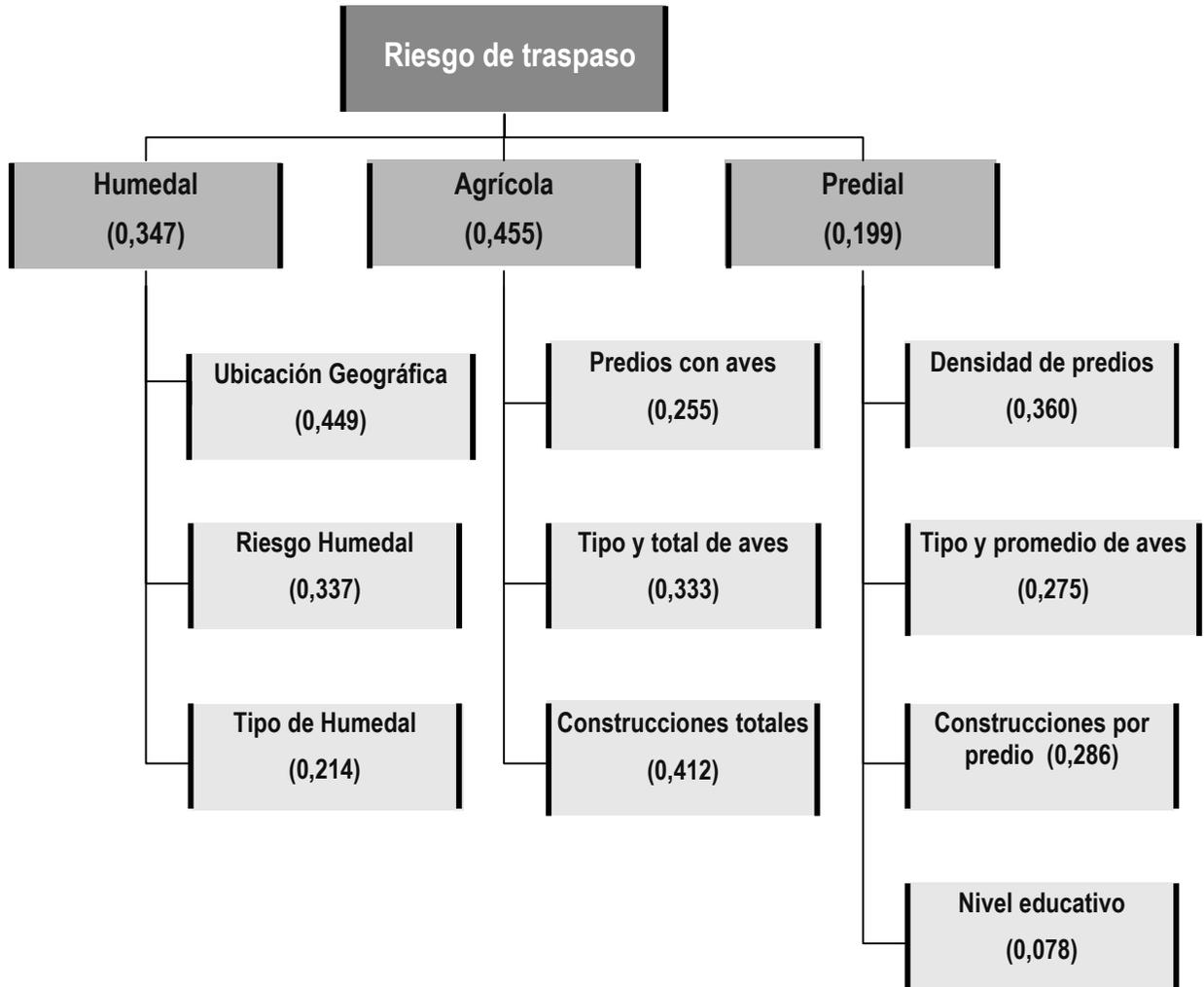


Figura 1. Estructura y prioridades locales del Modelo Jerárquico

Al analizar los puntajes finales de los humedales, se observa que el Lago Budi alcanza un puntaje muy superior respecto de los que le suceden (Figura 2). Además se puede apreciar que a partir

del humedal ubicado en la posición número 7 del ranking, las diferencias en puntajes no sobrepasan más de 0,003 unidades de riesgo; incluso hay humedales con los mismos puntajes.

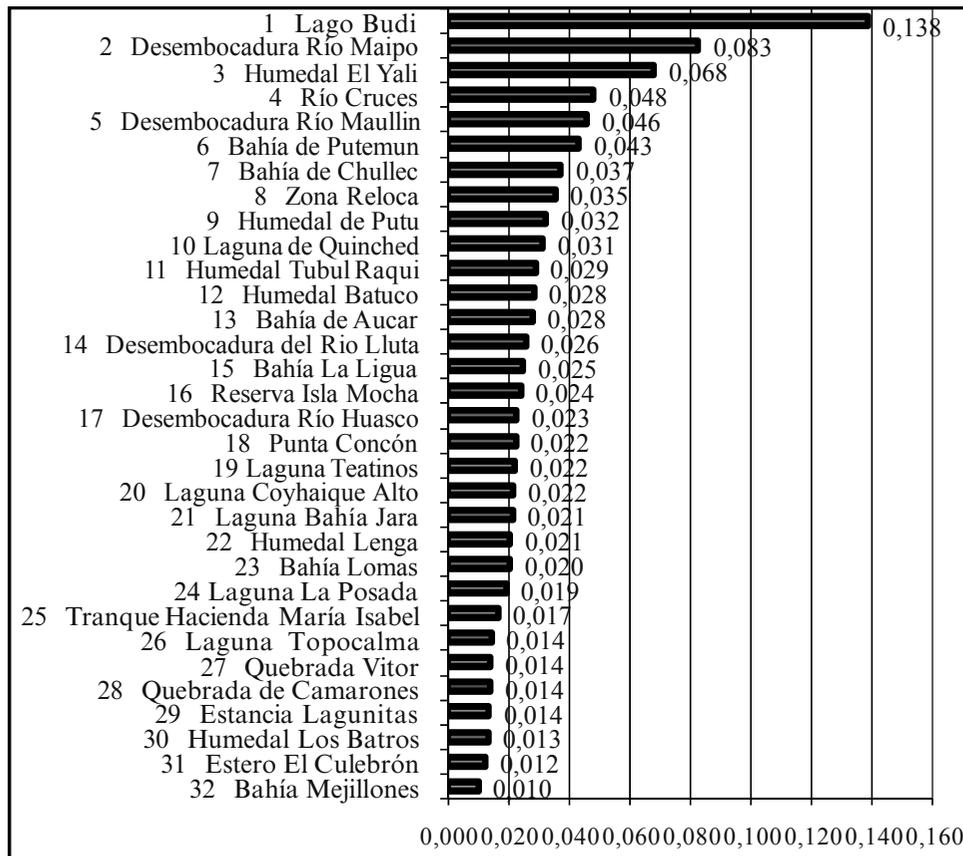


Figura 2. Puntaje de riesgo total obtenido por cada humedal.

A partir de la jerarquización construida, se formaron cuatro categorías con el propósito de focalizar diferenciadamente los recursos para prevención y detección temprana de influenza aviar. Los grupos son los siguientes:

- a. Humedales de riesgo extremo: Corresponden a los humedales de mayor puntaje del ranking, es decir Lago Budi, desembocadura del Río Maipo y Humedal El Yali.
- b. Humedales de alto riesgo: Corresponden a los humedales del Río Cruces, desembocadura del Río Maullín y la Bahía de Putemún, entre las posiciones que van desde la 4 hasta la 6.
- c. Humedales de riesgo intermedio: Corresponden a los humedales ubicados entre las posiciones 7 y 25 del ranking,

ambas inclusive (Figura 2).

- d. Humedales de menor riesgo: Corresponden a los humedales, entre las posiciones que van desde la 26 hasta la 32 del ranking.

El modelo AHP también fue usado para comparar el riesgo asociado a cada criterio individualmente, con el fin de determinar en qué forma los criterios y subcriterios contribuyen al puntaje final de cada humedal (Figura 3). Al observar los puntajes de riesgo asociados al criterio humedal, se observa una distribución más homogénea y sin grandes diferencias entre los puntajes, los cuales no sobrepasan los valores de 0,05 unidades de riesgo. Pero, al observar los valores correspondientes a los criterios agrícola y predial, se advierten mayores fluctuaciones de los

puntajes de riesgo. Por lo tanto, los factores que más influyen en los puntajes totales finales y, en consecuencia, en la posición del humedal en el ranking, son los que se encuentran asociados a las características de la agricultura y los predios en las zonas de influencia de los humedales (número y tipo de aves domésticas, densidad de los predios, tipo de construcciones, etc.). En otras

palabras, de acuerdo a este resultado las medidas cuyo objetivo sea el de mitigar el riesgo de ingreso de influenza aviar, debiesen ser orientadas a controlar principalmente la tenencia de aves de traspatio, porque son las características asociadas a este tipo de tenencia de aves, las que asignan a los humedales los mayores niveles de riesgo.

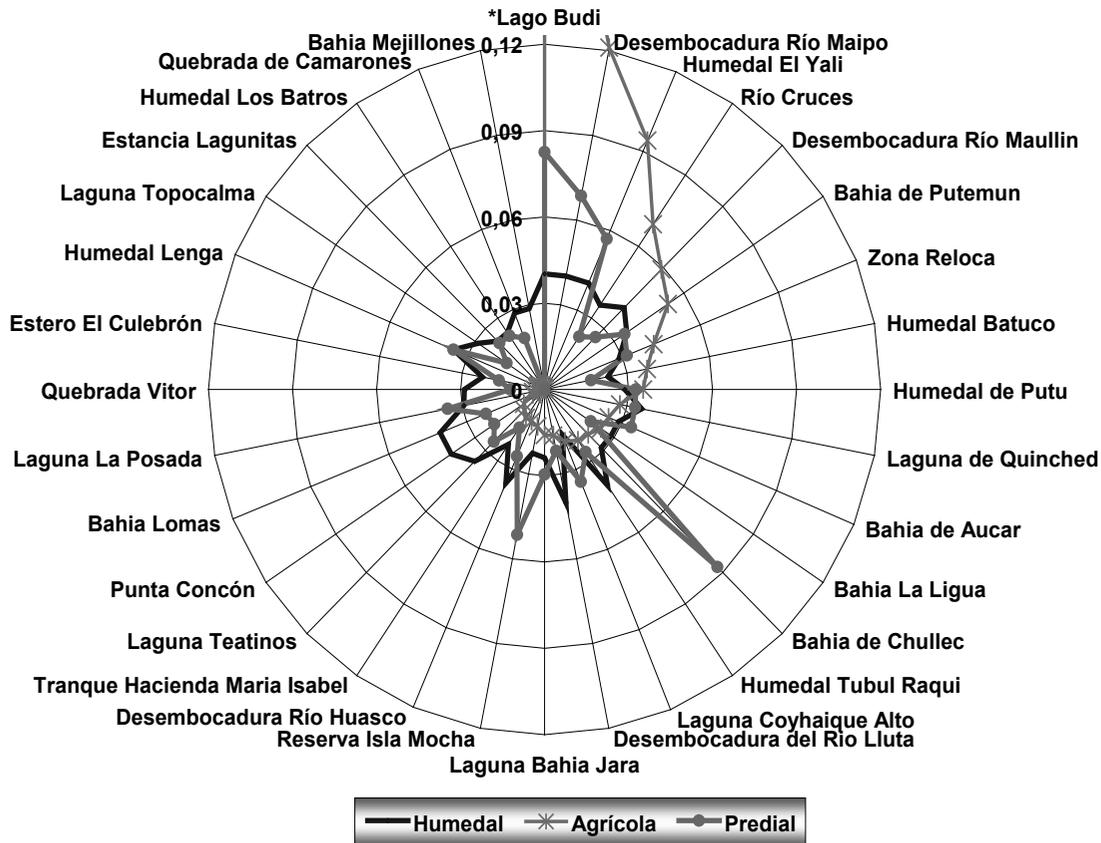


Figura 3. Puntaje de riesgo alcanzado por cada humedal para cada uno de los tres criterios principales. *: Lago Budi obtiene un puntaje de 0,237 unidades de riesgo para el criterio agrícola.

Individualmente, se debe destacar el riesgo agrícola del Lago Budi, de la desembocadura del río Maipo, del humedal El Yali, del Río Cruces, de la desembocadura del río Maullín y de la bahía de Putemún. Igualmente destacable es el riesgo predial del Lago Budi, de la desembocadura del río Maipo, del humedal El Yali, de la bahía de Chullec y de la Reserva Isla Mocha (Figura 3).

Por último, se analizó la sensibilidad de los resultados obtenidos, es decir, cuanto se modificaban los puntajes de riesgo de cada humedal, y con ello el ranking construido, frente a cambios (simulados) en la importancia relativa de los criterios. En este caso, se analizó el comportamiento del ranking, realizando simulaciones que aumentan un 10% la importancia de un cri-

terio en desmedro de los otros dos. La decisión de simular con un valor de 10%, fue debido a que es un rango aceptable en relación a los juicios de los expertos. Los resultados obtenidos con este análisis de sensibilidad, demostraron que el ranking es robusto, ya que sólo se observaron pequeños cambios en los humedales ubicados entre las posiciones 10 y 27 del ranking, cambiando máximo una o dos lugares. El ranking de los demás humedales no cambió en estas sensibilizaciones. Estas mínimas diferencias se observaron al cambiar la importancia de cualquiera de los tres criterios.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio se refieren tanto a la construcción del modelo como a sus resultados. Con respecto a los resultados, el modelo utilizado permitió jerarquizar los 32 humedales en base a riesgo de traspaso del virus influenza hacia las aves domésticas. De esta forma se construyó un ranking en el cual se identifica al Lago Budi como el más riesgoso, seguido de la desembocadura del río Maipo y el humedal El Yali. El ranking construido permitió identificar cuatro grupos de diferente riesgo, lo que permitirá hacer más eficiente la distribución de esfuerzos, gestiones y recursos para la prevención y detección temprana de la influenza aviar. Además se determinó que el criterio humedal no es el principal causante de las diferencias entre los humedales. Son los criterios asociados a la agricultura y los predios ubicados en el área de influencia los que afectan de mayor forma el riesgo de cada humedal. Estos factores, a diferencia de los factores asociados al criterio humedal, se pueden intervenir y por lo tanto se pueden tomar medidas tendientes a mejorar las condiciones que hacen a estos predios más riesgosos.

Desde un punto de vista metodológico, la construcción del modelo permitió desglosar el problema en sus factores causales y, a pesar de que

la información agrícola y predial no está actualizada, obtener una clasificación de los humedales de acuerdo a su nivel de riesgo. Sin embargo, hay varios aspectos que deben ser tomados en cuenta en la aplicación del AHP. El modelo da cuenta de los factores de riesgo identificados por los expertos y que a su vez puedan ser medidos o calificados a nivel de cada humedal. En la teoría no es necesario contar con información cuantitativa o incluso cualitativa, ya que los propios expertos pueden juzgar la situación de cada humedal. Sin embargo, la existencia de 32 humedales riesgosos hace prácticamente imposible hacer las comparaciones pareadas humedal por humedal. Por ello, dado que la información cuantitativa y cualitativa sobre los humedales es limitada, sería interesante contar con mayores datos sobre las poblaciones de aves silvestres que en ellos habitan temporal o permanentemente. De esta forma el modelo podría incluir o reflejar de manera más apropiada los factores de riesgo. También sería importante contar con información agrícola y predial actualizada, la que al momento de la realización de este estudio no estaba disponible a nivel de distrito censal, especialmente si esta información estuviese georeferenciada, de forma de definir mejor el área de influencia e identificar más precisamente los predios incluidos en ella.

RESUMEN

La influenza aviar ha llevado a serios problemas de tipo social, político y comercial. Para mantener al país libre de esta enfermedad, se debe focalizar los programas de vigilancia y alerta temprana en los puntos de mayor riesgo de ingreso y diseminación. Uno de ellos es el ingreso de aves migratorias infectadas y el posterior traspaso del virus hacia los sistemas productivos adyacentes. En el caso chileno, se identificó 32 humedales, en que se da esta situación. Este trabajo utiliza el proceso analítico jerárquico (AHP) para obtener una ordenación de estos humedales. Para ello, un grupo de ex-

peros determinó factores de riesgo, los que posteriormente fueron evaluados utilizando datos del censo agropecuario. En el ordenamiento obtenido destacan los humedales del Lago Budi, desembocadura del río Maipo y El Yali como los de mayor riesgo. El análisis de sensibilidad demuestra que el ordenamiento es robusto frente a cambios en las prioridades del modelo de decisión utilizado.

Palabras clave: modelo AHP, humedales, influenza aviar.

LITERATURA CITADA

- Ávila, M.2000. El AHP (proceso analítico jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras; el caso de Brasil. http://www.rlc.fao.org/proyecto/gcp/rla/126/jpn/Doc_Proyecto.htm.
- Escorcía, M., V., Vázquez, S., Méndez, A., Rodríguez- Ropón, E.Lucio, and G. Nava. 2008. Avian influenza: genetic evolution under vaccination pressure. *Virology Journal* 5: 15.
- FAO. 2007. Wild Birds and Avian Influenza: an introduction to applied field research and disease sampling techniques. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Whitworth, D., Newman, S., Mundkur, T. y Harris, P. (ed.). Roma, Italia. 114 p.
- Farris, V., C. Pellerin y C. Porter. 2005. Ante el desafío de la gripe aviar. Oficina de Información Internacional, Departamento de Estado de EE.UU. Washington DC, USA. P. 10-11.
- Fouchier, R., V., Munster, A., Wallensten, T., Bestebroer, S., Herfst, D., Smith, G., Rimmelzwaan, B, Olsen, and A. Osterhaus. 2005. Characterization of a novel Influenza A Virus Hemagglutinin Subtype (H16) Obtained from Black-Headed Gulls. *Journal of Virology* 79 (5): 2814 - 2822.
- OIE. 2009. Enfermedades de la Lista de la OIE (Actualizada el 05/01/2009). Organización Mundial de la Salud Animal, Paris Francia, Disponible en: http://www.oie.int/esp/maladies/es_classification2009.htm
- OIE. 2002. Enfermedades animales; influenza aviar altamente patógena. Organización Mundial de la Salud Animal, Paris Francia. Disponible en: http://www.oie.int/esp/maladies/fiches/e_A150.htm#1
- Pfeiffer, D. 2006. Assessment of H5N1 HPAI Risk and the Importance of Wild Birds. *Journal of Wildlife Diseases* 40 (3): S47-S50.
- Rojas, H. y R. Moreira. 2006. Boletín Veterinario Oficial, BVO N° 6 (octubre, 2006). Número especial de influenza aviar. Disponible en: <http://www.sag.gob.cl>
- Saaty, T. 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill. EE.UU. 287 p.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2006. Programa de Vigilancia Epidemiológica. Manual de Procedimiento N° 1. VIGEP/MP1. Vigilancia en zonas de riesgo asociadas a la presencia de aves silvestres y/o de corral para la detección precoz de la Influenza Aviar. Disponible en: [http://www.sag.cl/opendocs/asp/pagVerRegistro.asp?boton=Doc49&argInstanciaId=49&argCarpetaId=1346&argTreeNodosAbiertos=\(1346\)\(-49\)&argTreeNodoSel=1338&argTreeNodoActual=1346&argRegistroId=2596](http://www.sag.cl/opendocs/asp/pagVerRegistro.asp?boton=Doc49&argInstanciaId=49&argCarpetaId=1346&argTreeNodosAbiertos=(1346)(-49)&argTreeNodoSel=1338&argTreeNodoActual=1346&argRegistroId=2596)
- Webster, R., W., Bean, O., Gorman, T. Chambers, and Y. Kawaoka. 1992. Evolution and Ecology of Influenza A Viruses. *Microbiological Reviews* 56 (1): 152-179.