



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



**“CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE HUMEDALES  
SEGÚN RIESGO DE INGRESO DE INFLUENZA AVIAR  
ALTAMENTE PATÓGENA A CHILE”**

**FERNANDO AMÉRICO AGUILAR RÍOS**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico  
Veterinario Departamento de  
Fomento de la Producción  
Animal.

**PROFESOR GUÍA: CLAUS KÖBRICH GRÜEBLER**

SANTIAGO – CHILE  
2008

## RESUMEN

El presente trabajo consistió en la utilización de un método de evaluación y decisión multicriterio para realizar una jerarquización de 32 humedales de Chile, en base al riesgo de traspaso de influenza aviar altamente patógena, desde las aves migratorias y residentes ubicadas en los humedales, hasta las aves domésticas ubicadas en los predios cercanos a estos humedales. Se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) a través del programa computacional Expert Choice 2000.

En la metodología se requirió la participación de expertos del área pecuaria, los cuales tomaron el problema de riesgo de traspaso del virus, desglosándolo en sus componentes principales; luego, mediante un proceso de priorización y evaluación, asignaron un valor numérico a cada componente del problema. Finalmente, se vinculó cada uno de los 32 humedales con cada componente y, a través de las características propias de estos humedales, se obtuvo un puntaje de riesgo.

Como resultado, se logró un ordenamiento, que jerarquiza a los humedales de mayor a menor riesgo de traspaso del virus influenza aviar. Además, la disposición del ranking permitió la formación de cuatro grupos de diferente riesgo, que permiten enfocar de una mejor manera las gestiones y recursos para la prevención y detección temprana de la influenza aviar.

## **SUMMARY**

A hierarchy of 32 Chilean wetlands was made considering the risk of highly pathogenic avian influenza transfer from migratory and resident birds located in the wetlands to the domestic birds of the nearby properties, using an evaluation and multi-criteria decision method. The Analytic Hierarchy Process (AHP) was applied using the Expert Choice 2000 computer software.

The methodology included the participation of livestock experts, who broke down the transfer risk problem into its main components. Afterwards, they gave a numeric value to each problem component by means of a prioritization and evaluation process. Finally, and based on their own characteristics, each of the 32 wetlands were linked to each component in order to obtain a risk score.

As a result, a hierarchy that ranks the wetlands according to their avian influenza transfer risk was obtained. Moreover, the layout of the ranking made possible the formation of four different risk groups, which allow a better distribution of management and resources for the prevention and early detection of the avian influenza.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La influenza aviar es una enfermedad viral que afecta a las aves y ha generado un gran impacto a nivel mundial, no sólo por las grandes pérdidas económicas, producto de los sacrificios sanitarios, sino que también por los riesgos de una propagación a los seres humanos, debido a posibles mutaciones. Esto ha llevado a serios problemas de tipo social, político y comercial.

Chile es un país que hasta hoy se declara libre de influenza aviar y que para mantener esta condición, debe realizar medidas estrictas de control que abarquen las diferentes vías de ingreso del virus. Una de las vías de entrada más complicadas de controlar, es el ingreso de aves migratorias provenientes de zonas donde la influenza aviar ya se encuentra establecida.

Existe 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.

Se puede analizar esta situación desde el punto de vista de las aves silvestres que se concentran en los sitios conocidos como humedales, y del punto de vista de las aves domésticas que habitan en los predios cercanos. Acá es donde se reconoce que existe un riesgo asociado al traspaso del virus. El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) identificó 32 humedales distribuidos a lo largo de Chile donde ocurre esta situación de riesgo. Entonces, si se desean implementar medidas tendientes a disminuir el riesgo o también obtener una detección temprana del virus, actuar sobre estos 32 humedales aparece como una alternativa. Sin embargo, como existen diferencias entre los humedales, surge la necesidad de enfocar los esfuerzos de vigilancia epidemiológica, en los humedales de mayor riesgo. Como respuesta a esta situación, aparece el siguiente trabajo, cuyo objetivo es jerarquizar estos 32 humedales en base a riesgo de traspaso del virus, desde la vida silvestre (humedales y aves silvestres) hasta las aves domésticas. Para realizar dicha tarea se recurrió a la herramienta proporcionada por los métodos de decisión multicriterio, específicamente el proceso analítico jerárquico, que 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.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.- Influenza aviar altamente patógena

La clasificación del agente causal, se refiere a un virus de la familia Orthomyxoviridae, género *Influenzavirus* y corresponde a una enfermedad ubicada en la lista A de la Oficina Internacional de Epizootias (OIE, 2002).

Hay tres clases de virus influenza; estos son influenza tipo A, B y C (Farris *et al.*, 2005). La diferencia entre los tres tipos de virus, radica en las variaciones antigénicas en la proteína de la matriz llamada proteína M, la cual cubre la nucleocapside de los viriones y que son específicas para cada género (García-García y Ramos, 2006)

De las tres clases de virus influenza, el que reviste una mayor importancia es el virus influenza tipo A, debido a que afecta tanto a las aves como a los mamíferos, entre ellos los seres humanos (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). Los subtipos de influenza A se denominan conforme a sus proteína de superficie HA y NA, siendo posibles muchas combinaciones diferentes de estas proteínas, por ejemplo un virus “H5N1” tiene una proteína HA 5 y una proteína NA1 (Farris *et al.*, 2005). Las proteínas HA / NA juegan un papel clave durante la infección celular, generando clasificaciones de virus de influenza aviar de baja patogenicidad (LPAI) y virus influenza aviar de alta patogenicidad (HPAI) (Escorcía *et al.*, 2008). La clasificación de los virus influenza aviar en virus de baja o alta patogenicidad depende de la virulencia presentada en aves domesticas (FAO, 2007). Hasta la fecha todos los microorganismos altamente patógenos aislados, han sido virus A de influenza de los subtipos H5 y H7 (OIE, 2002).

La epidemiología de los virus influenza aviar altamente patógenos (HPAI) los define como altamente contagiosos (OIE, 2002).

Los aislamientos de influenza aviar altamente patógena (HPAI), se han obtenido fundamentalmente en aves de corral comercialmente criadas, principalmente en gallinas y pavos (OIE, 2002).

Para la influenza aviar altamente patógena (HPAI), los signos clínicos descritos incluyen depresión severa, inapetencia, secreciones nasal y oral, edema facial con crestas y barbillas tumefactas y cianóticas, deshidratación, plumaje desgastado, hemorragias petequiales en las superficies de las membranas internas, muertes súbitas (la mortalidad puede alcanzar 100% de los individuos afectados) y marcada disminución de la producción de huevos (OIE, 2002).

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).

Como procedimientos de laboratorio, las pruebas de identificación del agente recomendadas por la OIE, consisten en la inoculación de huevos de gallina embrionados entre 9 a 11 días de edad, seguido por demostración de la hemoaglutinación, prueba de inmunodifusión para confirmar la presencia del virus de la influenza A, determinación del subtipo con antisueros monoespecíficos y evaluación de la virulencia de la cepa por el índice de patogenicidad intravenoso en gallinas de 4-8 semanas de edad. En cuanto a las pruebas serológicas descritas, se encuentran la hemoaglutinación, prueba de inhibición de hemoaglutinación y también inmunodifusión en gel agar (OIE, 2002).

## **2.- Influenza aviar y aves silvestres**

Aunque las aves silvestres son reconocidas como reservorios naturales de los virus influenza tipo A (Webster *et al.*; 1992, Hansen, 1999), los estudios de numerosos aislamientos de varios subtipos de virus reportados desde aves silvestres, no logran dilucidar totalmente, la distribución del virus y las interacciones entre aves reservorios y aves silvestres (Stallknecht y Brown, 2007).

Muchas especies de aves silvestres pueden abrigar el virus de la influenza aviar, pero las aves asociadas a humedales y a los ambientes acuáticos 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).

Los virus Influenza aviar de baja patogenicidad (LPAI) se han aislado por lo menos de 105 especies de aves silvestres de 26 diversas familias (Olsen et al., 2006). En cuanto a la cepa específica H5N1 del virus de influenza aviar, se ha encontrado en varias especies de aves silvestres, detectándose en 75 especies provenientes de 10 órdenes aviarios diferentes, siendo en las especies de ambientes acuáticos como humedales, donde los aislamientos ocurren en una mayor frecuencia (FAO, 2007).

Los virus de la influenza aviar en aves acuáticas silvestres, se han mantenido durante un largo tiempo en un estado de equilibrio evolutivo (estasis evolutivo), y por lo tanto, los hospederos infectados generalmente no muestran signos de enfermedad. Los virus de influenza aviar infectan principalmente las células de la zona intestinal y se excretan en altas concentraciones en las heces, demostrándose que estos virus siguen siendo infecciosos en agua de lago, por 4 días a una temperatura de 22° C y más de 30 días a una temperatura de 0° C. Estas condiciones predisponen a un predominio relativamente alto del virus para las aves que viven en ambientes acuáticos, debido a una eficiente transmisión a través de la ruta fecal-oral, en las aguas superficiales (Webster et al., 1992).

Acontecimientos recientes, indican que el equilibrio de muchos años entre los virus de la influenza tipo A y las aves acuáticas silvestres, pudo haber sido interrumpido, debido a que en Diciembre del 2002, se registraron brotes de influenza aviar altamente patógena del subtipo H5N1, causando muertes entre aves migratorias y aves acuáticas residentes, incluidos patos, en dos parques de Hong Kong (Sturm-Ramírez et al., 2004; Ellis et al., 2004). Estas eran las primeras divulgaciones de influenza aviar causando una alta mortalidad entre aves silvestres desde 1966, donde golondrinas en Sudáfrica fueron afectadas por la cepa H5N3 de alta patogenicidad (Stallknecht y Brown, 2007).

En mayo y junio del 2005, se produjo el principal brote de influenza aviar H5N1 hasta esa fecha, ocurrió en el lago Qinghai al oeste de China, afectando a miles de aves silvestres y que desde fines del invierno hasta el verano del 2006 se diseminó rápidamente a través de Asia, Europa y África (Liu et al., 2005; mencionado por Xiao et al., 2007).

Las mortalidades en aves silvestres debido al virus de influenza aviar, han generado una serie de estudios enfocados a dilucidar si estos brotes están asociados a un cambio en la epidemiología del virus. Uno de ellos consistió en inocular

experimentalmente patos mallards (*Anas platyrhynchos*) con diferentes cepas de virus influenza H5N1 aislados entre los años 1997 y 2003 en Asia. Como resultado, los virus H5N1 aislados a partir de 1997 y 2001, no fueron transmitidos de manera eficiente entre los patos inoculados y no causaron muestras importantes de la enfermedad, a diferencia de los individuos inoculados con cepas H5N1 aisladas a partir del 2002, donde 23 patos mallards experimentalmente inoculados, tuvieron títulos altos del virus y manifestaron diferentes signologías, desde leve letargo e inapetencia, recuperándose posteriormente y diseminando el virus, hasta signos de severa disfunción neurológica y muerte (Sturm-Ramírez et al., 2004). El segundo suceso importante en los virus aislados a partir del 2002 en Asia, es el cambio en la excreción del virus en los animales infectados, variando de una excreción cloacal, a una excreción traqueal aumentada, sugiriendo que los virus pueden ser transmitidos vía respiratoria (Sturm-Ramírez et al., 2004; Hulse-Post et al., 2005). Estos resultados incitan a preguntar si las aves acuáticas, tales como patos, pueden actuar como portadores asintomáticos del virus de la influenza, cuando están infectados con H5N1 altamente patógeno (Sturm-Ramírez et al., 2005).

Pequeñas aves terrestres como gorriones (*Passer domesticus*), estorninos europeos (*Sturnus vulgaris*) y palomas blancas (*Colomba spp*) inoculados experimentalmente con 4 cepas asiáticas H5N1, dos aisladas en Tailandia el 2005 y dos aisladas en Hong-Kong el 2006, dieron como resultado una alta patogenicidad y una excreción traqueal creciente. Sin embargo, la tasa de transmisión intraespecies para estos hospederos aviares resultó ser baja (Boon et al., 2007).

Las mortalidades sin precedentes, asociadas a la infección del virus influenza altamente patógeno del subtipo H5N1, en aves silvestres en Asia, proporciona una ventana que da una nueva visión sobre el potencial intercambio entre aves silvestres y domésticas, ampliando de esta manera los papeles en que las aves silvestres y, particularmente, las migratorias pueden influir en la epidemiología del virus influenza (Stallknecht y Brown, 2007).



### **3.- Aves migratorias y virus de influenza aviar.**

Las migraciones de las aves corresponden a desplazamientos periódicos, regulares y predecibles en el tiempo y espacio. Éstos pueden ser de la población completa o de una parte de ella y se realizan entre un sitio y otro; después de un tiempo, vuelven a su lugar original. Estos desplazamientos se repiten cíclicamente (Tala, 2006).

El grado de movimientos migratorios, puede variar enormemente entre y dentro de las especies, de hecho, ciertos segmentos de una población pueden permanecer en un área hospitalaria todo el año como "residentes permanentes" si las condiciones ambientales lo permiten. Otras especies tienen migraciones anuales muy largas; crían en las altas latitudes del ártico durante el verano del hemisferio norte y luego viajan a latitudes medias o meridionales más hospitalarias ubicadas en el hemisferio sur (FAO, 2007).

Las aves migratorias neárticas incluyen una porción importante de la avifauna de América del Norte: 338 especies de aproximadamente 650 especies, son aves migratorias que se reproducen en la región neártica y que invernan en las regiones neotropicales pudiendo llegar a las regiones australes. (Rappole, 1993). Para Chile se han registrado unas 474 especies de aves, lo que representa casi el 5% de las especies conocidas mundialmente. De las especies registradas en Chile, unas 325 se reproducen habitualmente en nuestro país, unas 70 son consideradas como visitantes estacionales, ya sea de verano o de invierno, mientras que unas 60 han sido observadas sólo accidental u ocasionalmente (UNORCH, 2007).

El potencial para el transporte y la difusión de ciertos microorganismos patógenos por las aves migratorias, es de preocupación y un tema que ha llevado a una vigilancia creciente, este tipo de aves podrían ser implicados en el transporte de patógenos virales o microbianos por tres mecanismos principales: como portadores biológicos, como portadores mecánicos y como los anfitriones y transportadores de ectoparásitos infectados (Hubálek, 2004).

En cuanto al virus influenza aviar HPAI H5N1, no está claro si las aves migratorias desempeñan un papel activo en la extensión geográfica de la enfermedad. Se ha discutido que las aves infectadas, serían afectadas de tal manera, que no podrían continuar la migración, y así sería poco probable dispersar el virus de HPAI H5N1 (Fouchier et al., 2007). Aunque esto puede ser verdad para la mayoría de las aves

silvestres, se ha demostrado que en la infección experimental de patos, algunas aves sobreviven a la infección y vierten el virus de HPAI H5N1 sin muestras evidentes de la enfermedad (Sturm-Ramirez et al., 2004). Sin embargo, para tener certeza de que aves migratorias son portadoras asintomáticas del virus HPAI H5N1, y así saber si desempeñan un papel importante en la extensión global de la enfermedad; los resultados positivos al virus se deben obtener durante las diferentes estaciones o lugares de descanso de la migración (Feare y Yasué, 2006).

La vigilancia de patos silvestres en el hemisferio norte, revela un alto predominio del virus de la influenza aviar, sobre todo en aves juveniles, donde las mayores detecciones del virus, son a comienzos del otoño antes de las migraciones al sur. En América del norte, el predominio otoñal es de 60% en los patos muestreados en los sitios cercanos a las áreas de crianza canadienses, de 0,4 a 2% en los lugares de hibernación en los EE.UU. meridionales y de 0,25% en los patos que vuelven a las tierras de crianza en primavera (Krauss et al., 2004., mencionado por Fouchier et al., 2007).

En cuanto a Sudamérica, la vigilancia para el virus influenza aviar ha sido históricamente mínima. El primer informe de un aislamiento de un virus influenza aviar, a partir de un ave silvestre en Suramérica, ocurrió el 27 de Octubre del año 2001. Un pato silvestre (*Cyanotera anas*) resultó positivo para un virus influenza H7N3. Mediante análisis genético y posteriormente filogenético, se logró relacionar a este virus con linajes de aves silvestres norteamericanas y con los virus aislados de un brote en aves de corral en Chile el año 2002, sugiriendo un relativo apoyo a la teoría de que el virus en Chile, fue introducido, por un ave silvestre migratoria (Spackman et al., 2006).

#### **4.- Humedales**

La definición más aceptada de humedal corresponde a "extensiones de marismas, pantanos, turberas y aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros" (RAMSAR, 2006).

Actualmente Chile cuenta con nueve humedales de importancia internacional (Sitios Ramsar), cubriendo un total de 160.154 hectáreas (CONAMA, 2006).

Aunque existen múltiples tipos de humedales, con una enorme variedad de ecosistemas que hacen muy difícil su clasificación y definición de límites, se reconocen cinco sistemas principales de humedales (Fernández, 2001):

- Marino: humedales costeros incluyendo costas rocosas
- Estuario : incluye deltas, marismas de marea y manglar
- Lacustre: referente a lagos
- Ribereño: humedales asociados a ríos y arroyos
- Palustre: implica lodazales, marismas, pantanos y ciénagas

El riesgo de la infección de HPAI, para las aves domésticas, contagiadas 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 para las aves silvestres (Pfeiffer, 2006).

Las aves acuáticas se alimentan, se crían y han desarrollado habilidades para explotar humedales naturales, pudiendo ser encontrados en virtualmente todos los tipos de humedales. Como los anfitriones salvajes que tienen más frecuencia de detección del virus H5N1, las aves asociadas a humedales representan un blanco apropiado para la vigilancia activa de la enfermedad, una revisión de sus estrategias generales de anidamiento, de migración y de alimentación es provechosa para entender su papel potencial en la extensión del virus H5N1 (FAO, 2007).

## **5.- Influenza aviar y su impacto en Chile y el mundo.**

En los últimos años, se ha presentado una serie de brotes de influenza aviar altamente patógena (HPAI) en más de una decena de países. El orden cronológico de los brotes de influenza aviar de alta patogenicidad (H5N1), inició en diciembre del 2003 en la República de Corea. En enero del 2004 ya se encontraba en Vietnam, Tailandia, Camboya, Hong Kong, Japón, República Popular de China, Indonesia, Malasia, Taipei China y República Democrática Popular de Laos. Durante el año 2004, se extendió a Rusia, Croacia, Filipinas, Turquía y Rumania. En el período comprendido entre finales

del año 2005 y el primer semestre del año 2006, la enfermedad se expandió a Europa y a África. Como consecuencia, hasta finales del 2006 más de 209 millones de pollos han muerto o han sido sacrificados producto de la enfermedad (IICA, 2006).

En el continente americano la cepa H5N1 no está presente. Sin embargo, en años recientes, otros subtipos de virus de HPAI (H5N2 y H7N3) han causado brotes de gripe aviar en Canadá, Chile, Estados Unidos y México, los que fueron controlados o erradicados con éxito (FAO, 2006).

En el año 2002 en Chile ocurrió un brote de influenza aviar de baja patogenicidad subtipo H7N3 en una granja comercial de pollos. Un mes más tarde, y luego de un incremento repentino de muertes, se aisló un virus H7N3 de alta patogenicidad. El cambio de patogenicidad, fue atribuido a un evento de recombinación del virus (Suárez, 2004).

El brote del año 2002 correspondió al primer registro de Chile y Sud América de una cepa de virus de influenza aviar altamente patógena en aves de corral, y tuvo como consecuencia el sacrificio sanitario de 483.536 aves. En cuanto a los costos producidos en este brote, contemplaron costos públicos directos (US\$ 683.000), atribuibles a las acciones de campaña emergencial, asesorías de expertos internacionales y personal, así como costos privados directos (US\$ 5.600.000), debidos a la eliminación y destrucción de aves y productos, además 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).

Al comparar la producción y las exportaciones de productos avícolas entre los años 2001 y 2003, se puede apreciar el efecto de la enfermedad sobre la industria avícola nacional, al producirse en el año 2002 un descenso en relación al anterior del 68% en las toneladas producidas y de un 35% en las exportaciones, posteriormente a la erradicación de la enfermedad, se apreció en el 2003 un aumento del 2,7% en la producción de carne de ave (Verdugo, 2004).

### **III. OBJETIVOS**

#### **A.-) Objetivo General**

Analizar y clasificar Humedales, según factores de riesgo agrícola y factores de riesgo de los humedales, para el ingreso de la influenza aviar altamente patógena a sistemas productivos cercanos.

#### **B.-) Objetivos Específicos**

- 1.-** Identificar los factores de riesgo agrícola para el ingreso de la influenza aviar altamente patógena.
- 2.-** Identificar factores de riesgo propios de los humedales, para el ingreso de influenza aviar altamente patógena.
- 3.-** Clasificar los humedales, según el riesgo de traspaso de influenza aviar altamente patógena a los sistemas productivos cercanos.

#### IV. DESARROLLO METODOLÓGICO

##### 1.- Definición del problema.

El ingreso de la influenza aviar altamente patógena (HPAI) a las aves domésticas de nuestro país, tendría serias repercusiones económicas y sociales, por lo cual es un tema de creciente preocupación. Dentro de las vías de ingreso de esta enfermedad, existe una que llama particularmente la atención. Esta vía se refiere al ingreso de aves migratorias posiblemente contagiadas con el virus de influenza aviar altamente patógena a nuestro territorio. Abordar este problema es muy complejo debido a que se encuentran dos sistemas implicados. Uno corresponde a las aves de vida silvestre (migratorias y residentes) ubicadas en los humedales. El otro sistema, corresponde a las explotaciones agropecuarias o predios agrícolas, ubicados en las cercanías de los humedales. Acá se encuentran las aves domésticas, las que se distribuyen en diversos niveles de producción, que van desde sistemas de crianza de traspatio, pasando por pequeñas explotaciones comerciales, hasta grandes industrias avícolas. Entre estos dos sistemas, se reconoce un problema. Este problema será definido como “el riesgo de traspaso del virus influenza aviar altamente patógena, desde aves migratorias posiblemente contagiadas, que llegan a los humedales del país, hacia las aves domésticas de los sistemas productivos cercanos a estos humedales”.

Los pasos que siguen en esta metodología, apuntan a jerarquizar humedales en base al riesgo de traspaso del virus a las aves domésticas. El proceso que conlleva jerarquizar estos humedales está condicionado por múltiples criterios, y una de las formas en que mejor se puede desarrollar, es mediante un **método de decisión multicriterio**.

## 1.1 Métodos de evaluación y decisión multicriterio.

Tomar una decisión donde la solución sea dada por un único criterio, no siempre representa una gran complicación. Sin embargo, cuando los criterios son muchos y a su vez las alternativas para emprender una solución también son varias, el problema se torna más complicado. Afortunadamente existen herramientas que ayudan a solucionar dichos problemas. Estas herramientas corresponden a los métodos de evaluación y decisión multicriterio. Estos, “comprenden la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización con varias funciones objetivo simultáneas, un agente decisor y procedimientos de evaluación racionales y consistentes” (Martínez, 1998).

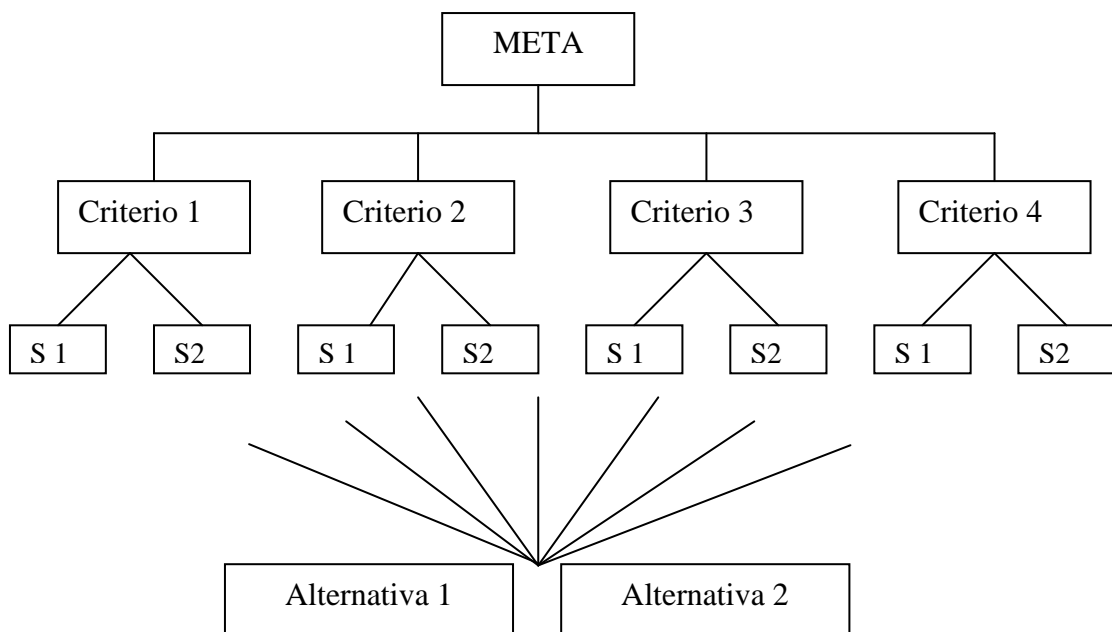
Los métodos de evaluación y decisión multicriterio, no consideran la posibilidad de encontrar una solución óptima. En función de las preferencias del agente decisor y de objetivos predefinidos (usualmente conflictivos), el problema central de los métodos multicriterio consiste en (Martínez, 1998):

- Seleccionar la(s) mejor(es) alternativas;
- Aceptar alternativas que parecen “buenas” y rechazar aquellas que parecen “malas”;
- Generar una “ordenación” (ranking) de las alternativas.

Para lograr lo anterior, han surgido diversos enfoques, métodos y soluciones, tanto continuos como discretos. Entre los principales métodos de evaluación y decisión multicriterio discretos, se encuentran: Ponderación Lineal (“scoring”), Utilidad multiatributo (MAUT), Relaciones de superación y **Proceso Analítico Jerárquico (AHP- “The Analytic Hierarchy Process”)** (Ávila, 2000).

## 1.2 Proceso analítico jerárquico (AHP).

El proceso analítico jerárquico (en adelante AHP), es un método que fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty. Consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico. El propósito del método, es permitir que un agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un Modelo Jerárquico que básicamente contiene diferentes niveles: **Meta u Objetivo, Criterios, Subcriterios<sup>1</sup> y Alternativas** (Fig. 1) (Saaty, 1986)<sup>2</sup>.



S: Subcriterios

Figura 1: Estructuración del modelo jerárquico

El AHP, mediante la construcción de un modelo jerárquico, permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerla y analizarla por partes, visualizar los efectos de cambios en los niveles y sintetizar. Este modelo se fundamenta principalmente en: (Saaty, 1986).

<sup>1</sup> Estos pueden no existir o tener a su vez otros subcriterios.

<sup>2</sup> Una descripción detallada de las bases de la metodología, puede ser encontrada en la bibliografía citada.



- La estructuración del modelo jerárquico (representación del problema mediante identificación de meta, criterios, subcriterios y alternativas);
- Priorización de los elementos del modelo jerárquico;
- Comparaciones pareadas entre los elementos;
- Evaluación de los elementos mediante asignación de “pesos”;
- “Ranking” de las alternativas de acuerdo con los pesos dados;
- Síntesis;
- Análisis de Sensibilidad.

El programa computacional que fue ocupado para realizar este proceso, corresponde al Expert Choice 2000®. Este programa está dedicado a las decisiones multicriterio discretas, trabaja con el método AHP en ambiente Windows y es de fácil uso. Los pasos concernientes a este proceso analítico jerárquico, serán explicados a medida que se avanza en la metodología.

## **2.- Identificación de los factores de riesgo.**

### **2.1 Definición del panel de expertos**

El panel de expertos participantes en este estudio fue la base fundamental del AHP. El objetivo principal de este panel, fue construir el modelo que podrá jerarquizar los humedales, identificar los factores de riesgo que influyen en el traspaso del virus a las aves domésticas, identificar la información necesaria para generar la base de datos a usar en la evaluación de cada humedal y finalmente, asignar los puntajes de riesgo en cada nivel del modelo, mediante el proceso de evaluación y priorización.

Para el AHP, no existe un número determinado de expertos, ellos pueden ir, desde un solo individuo, con la responsabilidad de tomar una decisión, que afectará al ente implicado en efectuar el proceso (las compañías, organizaciones, etc.), grupos relativamente pequeños y homogéneos con objetivos comunes, hasta grandes grupos

con diversas opiniones dentro de una misma organización (Catrinu, 2006). De esta forma, el número de expertos es definido por las áreas que presente el problema a desglosar, el conocimiento que ellos demuestren en esas áreas y la disponibilidad de trabajo. Se recomienda un grupo pequeño para un mejor manejo de este, altamente informado acerca del tema, motivado y paciente (Saaty, 1986). Para este AHP, las áreas que se desean cubrir son las siguientes:

- Epidemiología veterinaria.
- Patología aviar.
- Ornitología.
- Conocimiento de transmisión del virus en poblaciones silvestres y domésticas.
- Conocimiento de rutas de migración de las aves.
- Conocimiento acerca de la ecología de los humedales y los tipos de humedales a lo largo de Chile.

De esta forma, se buscó expertos que pudieran cubrir los conocimientos en estas áreas y dependiendo de la disposición de tiempo que ellos presentaron, se logró construir un panel de expertos, conformado por seis profesionales provenientes del mundo académico y el ámbito público. Los expertos que conformaron este panel fueron los siguientes:

- **Álvaro González R.;** Médico Veterinario U. de Chile, desempeña labores en la división de Protección Pecuaria del SAG, en Sub. Departamento de Vigilancia Epidemiológica.
  
- **Héctor Hidalgo O.;** Médico Veterinario U. de Chile, Master of Science, Profesor de asignatura Patología Aviar en la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad De Chile.
  
- **Jürgen Rottman S.;** Médico Veterinario U. de Chile, Ornitólogo.

- **Charif Tala G.;** Médico Veterinario U. de Chile, encargado Unidad de Vida Silvestre y Ecosistemas del Departamento Protección de Recursos Naturales de Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).
- **Santiago Urcelay V.;** Médico Veterinario U. de Chile, Licenciado en Salud Pública, “Master in Preventive Veterinary Medicine”, Universidad de California, Davis. Profesor de asignatura Epidemiología y Salud Pública en la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad De Chile.
- **Cristóbal Verdugo V.;** Médico Veterinario U. de Chile, “PhD student, Master in Preventive Veterinary Medicine”, Universidad de California, Davis.

## 2.2 Entrevistas personales a cada experto.

En ellas, se identificaron los factores de riesgo asociados al traspaso del virus influenza aviar altamente patógena, a las explotaciones agropecuarias cercanas a los humedales, con el objetivo de trabajarlos dentro del AHP. El método de trabajo consistió en dos o más reuniones individuales de aproximadamente 60 minutos. La entrevista fue estructurada con una pregunta abierta, en la cual el experto podía explicar y justificar los factores identificados. La pregunta fue:

- Desde su juicio, ¿Qué factores de riesgo, contribuyen a que el virus de influenza aviar altamente patógena, transportado posiblemente por aves migratorias que arriben a los humedales, traspase y genere un contagio a las aves domésticas ubicadas en las explotaciones agropecuarias cercanas a estos puntos?

Al culminar la fase de entrevistas se obtuvieron los diferentes factores de riesgo, los cuales fueron agrupados en, factores asociados a las aves silvestres (migratorias y

residentes), factores asociados a los humedales y factores asociados a los predios. A continuación se presentan de manera general los factores identificados:

### **Aves silvestres**

- Lugar donde provienen las aves migratorias, es decir si provienen de sitios o países donde se encuentre el virus.
- Tipo de aves migratorias identificadas en el humedal.
- Tiempo de permanencia de las aves migratorias en los humedales.
- Patrones de conducta que realizan las aves silvestres en los humedales, esto en relación con áreas de alimentación y reproducción.
- Comportamiento, tipo y número de aves residentes del humedal.
- Densidad poblacional de aves silvestres en los humedales.

### **Humedales**

- Ubicación geográfica del humedal (costero, interior).
- Conformación o tipo de humedal (si es desembocadura de río, laguna, vegas de inundación, componentes mixtos, etc.).
- Relación del humedal con los predios (abastecimiento de agua, contacto directo entre aves domésticas y residentes).
- Tamaño del humedal.
- Existencia de lagunas cercanas que sirvan como sitios de dispersión de las aves.
- Número de aves migratorias que llegan al humedal.

## Predios

- Tipo de aves domésticas en los predios.
- Número de aves domésticas en los predios.
- Nivel de bioseguridad en los predios.
- Origen de las aves de reposición en los predios, sobre todo en los lugares fronterizos.
- Distancia del predio al humedal.
- Densidad poblacional de los predios con aves.
- Número de predios con aves.
- Asistencia veterinaria en la zona.
- Manejos de tipo veterinarios.
- Existencia y calidad de construcciones donde se confinen las aves domésticas (gallineros).
- Movimiento de guano para fertilización de los predios; y origen del guano.
- Nivel educacional y capacitación de las personas.
- Tipo y nivel de explotación avícola (traspatio, comercial).
- Distribución espacial de los predios en torno al humedal.

Debido a que el AHP requiere que cada humedal sea calificado o medido para cada factor, se debió seleccionar aquellos que pudieron ser cuantificables, para incluirlos en el AHP, porque existen factores de riesgo, para los que no existe información, por ejemplo el caso de la fertilización de predios con guano. Otra situación es cuando se puede trabajar con variables o conceptos que de una forma indirecta, evalúen factores de riesgo. Un claro ejemplo de ello, es cuando un humedal esta asociado a un ecosistema costero. Acá, se puede esperar que el número de aves migratorias que arriben a tal sitio, sea mayor que un humedal interior, así de esta manera indirectamente se puede estimar riesgo en base a densidad y número de aves, siempre asumiendo lo inespecífico que esto puede llegar a ser y por lo tanto tomar las precauciones al momento de evaluar y priorizar. Es importante aclarar, que cada factor de riesgo seleccionado será debidamente explicado de cómo influye en un posible traspaso y contagio en aves de corral domésticas, en el momento en que se construya el modelo.

### **3.- Construcción del modelo jerárquico**

Con los factores de riesgo identificados se estructuró la jerarquía del problema en: Meta u Objetivo General, Criterios, Subcriterios y Alternativas.

El objetivo de esta etapa, fue desglosar el problema en sus componentes principales, para lo cual se trabajó con los expertos en entrevistas personales. Los pasos que se deben seguir para el proceso de estructuración del modelo jerárquico son:

1. Identificación del problema
2. Definición del objetivo
3. Identificación de Criterios
4. Identificación de Subcriterios
5. Identificación de alternativas

#### **3.1 Identificación del problema**

Este punto ya ha sido analizado en el comienzo de la metodología. Sin embargo, es fundamental dejar en claro que continúa siendo el mismo problema identificado, es decir:

**“El riesgo de traspaso del virus influenza aviar altamente patógena, desde aves migratorias posiblemente contagiadas, que llegan a los humedales del país, hacia las aves domésticas de los sistemas productivos cercanos a estos humedales”**

#### **3.2 Definición del objetivo**

Un objetivo es una dirección identificada para mejorar una situación existente. El objetivo está en un nivel independiente y los otros elementos de la jerarquía que serán los criterios, subcriterios y alternativas apuntan en conjunto a la consecución del mismo (Ávila, 2000).

El objetivo es, “jerarquizar los humedales en base al riesgo de traspaso de influenza aviar, desde aves silvestres a las aves domésticas”. Por lo tanto, en la estructuración del AHP, el objetivo principal o meta, estará definida como **riesgo de traspaso**.

### **3.3 Identificación de Criterios.**

Los criterios son los conceptos que pueden ser medidos e interpretados de manera cualitativa o cuantitativa y que afectan significativamente a la meta u objetivo definido para el AHP. Para este modelo, el razonamiento efectuado consistió en identificar que criterios son los que influyen en el posible traspaso del virus influenza aviar, desde los humedales, hacia las aves domésticas. Los criterios identificados por los expertos fueron:

**a.-) Humedal:** Este criterio reúne los factores de riesgo que tienen que ver con las aves de vida silvestre, tanto residentes como migratorias y con los factores de riesgo que presentan los humedales en sí (tamaño, ubicación geográfica, conformación, etc.).

**b.-) Agricultura:** Este criterio, agrupa los factores de riesgo que presenta el conjunto de predios situados en las zonas cercanas a los humedales. Evalúa el riesgo de traspaso del virus hacia las aves domésticas, mediante la cuantificación en la sumatoria de los factores de riesgo identificados.

**c.-) Predios Promedio:** Este criterio, agrupa a los factores de riesgo que presenta un predio tipo (promedio), situado en las zonas cercanas a los humedales, pretende evaluar el riesgo de traspaso del virus hacia las aves domésticas, mediante la cuantificación de los promedios de estos factores de riesgo.

Las dos primeras jerarquías del modelo AHP, pueden ser visualizadas en la figura 2.

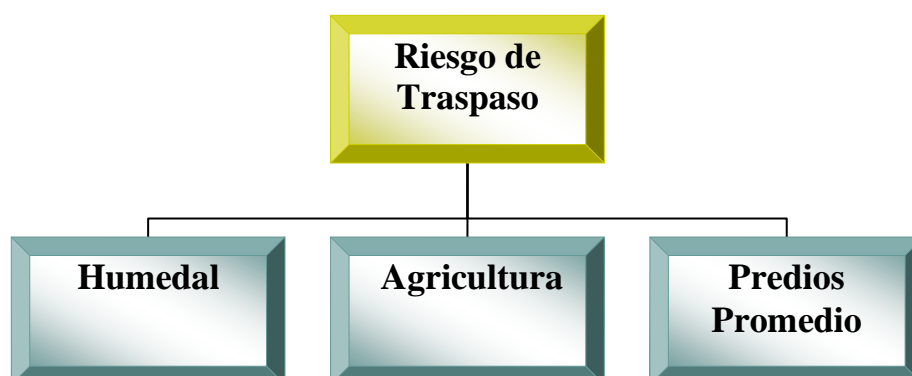


Figura 2: Visualización de los criterios que contribuyen al riesgo de traspaso del virus, de estos criterios se desprenderán subcriterios.

### 3.4 Identificación de subcriterios

Los subcriterios dependen directamente de los criterios y fueron identificados por los expertos. De algunos subcriterios, además se desprenden subniveles. Cada subcriterio y subnivel, a su vez, está condicionado por variables que los definen y que los condicionan para su nivel de riesgo. En el último nivel jerárquico, se debe identificar además los valores o categorías que ellos pueden tomar, ya que posteriormente cada humedal deberá ser medido o evaluado en términos de estos subcriterios y subniveles. Los subcriterios y subniveles identificados se presentan a continuación y la estructuración general del modelo AHP se muestra en la figura 3.



#### **a.-) Subcriterios dependientes del criterio Humedal**

- **Ubicación geográfica del humedal:** Este subcriterio se refiere a un tipo de clasificación, orientada a identificar si un humedal pertenece a un ambiente costero, o si es clasificado como de ambiente interior, de esta manera se pretende dar una estimación acerca de las aves migratorias que llegan a los humedales, siendo en mayor número para los humedales de ubicación costera, por lo que representan un mayor riesgo.

- **Tipo de humedal:** Se refiere a si el humedal es del tipo desembocadura de río con formación de un gran delta, o se encuentra rodeado por lagunas adyacentes dispersas. En ambos casos se estima un riesgo mayor, debido a que en los grandes deltas son más frecuentes los avistamientos de aves silvestres y en los humedales asociados a complejos de lagunas, existe una mayor dispersión de estas aves silvestres, tanto para anidar como para buscar alimento. La contraparte de esta clasificación, se refiere a la ausencia de deltas o lagunas adyacentes.

- **Caracterización del humedal:** Surge para satisfacer la necesidad de poder tener una aproximación del número de aves silvestres, diversidad de especies avistadas y tamaño del humedal, a partir de estos puntos, los expertos clasificaron cada uno de los humedales, en categorías de alto, mediano o bajo riesgo.

#### **b.-) Subcriterios dependientes del criterio Agricultura**

- **Construcciones:** Se entiende como el lugar habilitado para guarecer las aves domésticas en los predios, pudiéndose entender como gallineros. Para los expertos es un indicador importante en el riesgo de traspaso, ya que por un lado existen predios que declaran tener aves y carecen de estas construcciones, por lo que representan un alto riesgo de traspaso, debido a que las aves se encuentran más dispersas y sin ningún nivel de bioseguridad. Por otro lado se pueden estimar construcciones de tipo casero

(traspatio) y tipo comercial con menores niveles de riesgo. Para ello cada predio fue clasificado en uno de las siguientes categorías, las que a su vez constituyen un subnivel:

- Sin construcciones.
- Construcciones caseras.
- Construcciones comerciales.

El nivel de corte, lo estableció un experto considerando que las explotaciones comerciales, son aquellas con más de 150 aves y una densidad de 8 aves por metro cuadrado (estandarizado), a partir de esto, se estimaron 20 metros cuadrados de gallineros. Por lo tanto, las construcciones que van de 1 a 20 metros cuadrados, estiman a predios con aves de tipo casero o traspatio, y las construcciones de más de 20 metros cuadrados, estiman a predios, con tenencia de aves de tipo comercial. La categoría de 0 metros cuadrados de construcciones, indica los predios que declaran tener aves, pero que no tienen construcciones para guarecerlas, manifestando un alto riesgo de traspaso.

- **Tipo y número de aves totales:** Estima el riesgo concerniente a las aves domésticas en los predios, de este subcriterio se desprenden 4 subniveles, los que corresponden a los tipos de aves, y dependiendo de las características que tenga cada tipo de ave, se les asignaran niveles de riesgo, los cuales se incrementan, mientras mayor cantidad de aves tengan los predios. Los subniveles de este subcriterio y que corresponden a los tipos de aves son los siguientes

- Gallinas
- Pavos
- Patos
- Gansos

- **Predios con aves:** Se refiere al número de predios que declaran tener aves y se encuentran en las zonas de influencia de los humedales, a un mayor número, el riesgo es mayor.

### c.-) Subcriterios dependientes de Predios Promedio

- **Construcciones por cada explotación:** Corresponde a la proporción de predios que tienen construcciones que sirven para guarecer a las aves, mientras más cercano a 0 indica un nivel más alto de riesgo, debido a que en ese humedal los predios que declaran tener aves, tienen menos construcciones, por otra parte mientras más cercano a 1, el riesgo para ese humedal será menor, debido a que existen más predios con construcciones para guarecer a las aves.

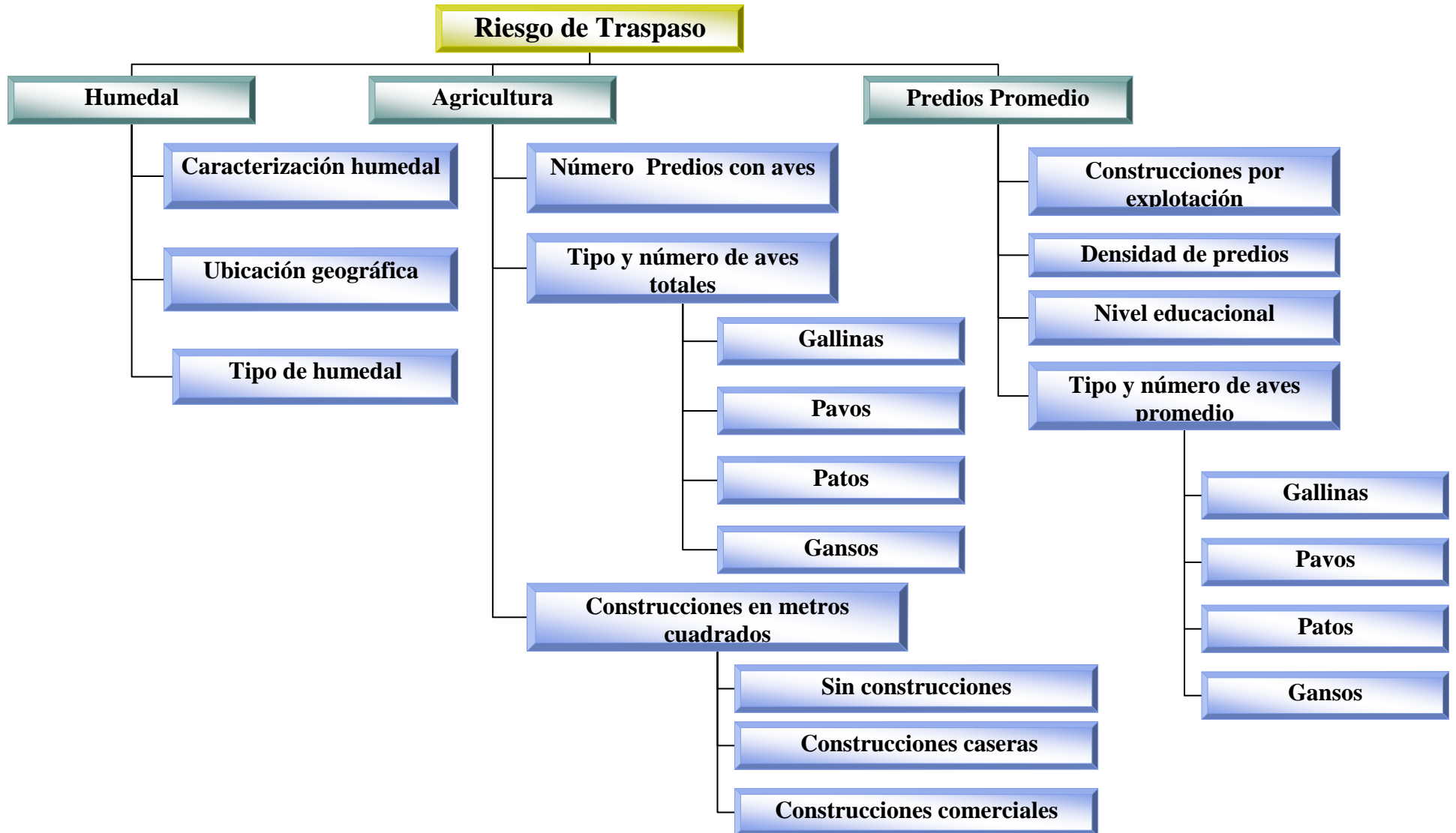
- **Tipo y número de aves promedio:** Este subcriterio estima nuevamente a los tipos de aves domésticas, pero en este nivel, el objetivo es enfocarse en los promedios de los distintos tipos de aves en los predios, donde mientras más aves en promedio existan, el riesgo es mayor. De este subcriterio se desprenden 4 subniveles, correspondientes a los tipos a aves a medir según sus promedios en los predios, estos subniveles son:

- Gallinas
- Pavos
- Patos
- Gansos

- **Densidad de predios:** Expresa la densidad de los predios que declaran tener aves en el área de influencia del humedal. Este subcriterio está construido en base a número de explotaciones por cada 1000 hectáreas. Aunque es importante recalcar que los predios no están uniformemente distribuidos, una mayor densidad de predios en el área de influencia del humedal, representa un riesgo mayor.

**- Nivel educacional de los habitantes en los predios:** La forma de medir el riesgo, es el promedio del nivel educacional, de los predios en los humedales. Este subcriterio se mide a través de la clasificación que hace el censo agropecuario, con respecto a los estudios de quien está a cargo del predio; se clasifica en, 0 (ningún tipo de educación) ,1 (educación básica), 2 (educación media), 3 (educación técnica) y 4 (educación superior), por lo tanto a mayor nivel educacional menor riesgo. Se asume que a un mayor nivel educacional, se realizan mejores manejos de las aves, tanto en medidas orientadas a la sanidad, mantención eficiente de las aves dentro de los predios y una mayor información e implementación de medidas tendientes a evitar el traspaso de influenza aviar a sus explotaciones.

Figura 3: Estructura jerárquica del modelo AHP



### 3.5 Identificación de las alternativas (Humedales).

El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) en su plan de prevención y respuesta a la influenza aviar, tiene medidas y criterios de acción a nivel Pre frontera, Frontera y Post frontera. En este último ítem se encuentran una variedad de medidas. Ateniéndose solamente al tema de aves migratorias y humedales, el SAG definió zonas de riesgo para influenza aviar. Se identificó como humedal de interés todo aquel que cumpla con al menos una de las siguientes características:

1. Lugares de concentración de aves migratorias.
2. Lugares con una alta densidad poblacional de aves silvestres.
3. Proximidad de planteles avícolas industriales y/o tenedores de traspatio.

Con estos criterios se logró identificar 32 humedales distribuidos por todo Chile, los que corresponden a las alternativas del proceso AHP. Estos se presentan en el cuadro 1.

#### Humedales a jerarquizar

Nº	Humedal	Región	Comuna
1	Desembocadura del Río Lluta	1	Arica
2	Quebrada de Vitor	1	Arica
3	Quebrada de Camarones	1	Camarones, Huara
4	Bahía de Mejillones	2	Mejillones
5	Tranque Hacienda Maria Isabel	3	Caldera, Copiapó
6	Desembocadura Río Huasco	3	Huasco
7	Laguna Teatinos	4	La Serena
8	Estero el Culebrón	4	Coquimbo
9	Bahía la Ligua	5	La Ligua, Papudo
10	Punta Concón	5	Quintero, Concón
11	Humedal Batuco	13	Tiltil, Lampa

<b>N°</b>	<b>Humedal</b>	<b>Región</b>	<b>Comuna</b>
12	Desembocadura Río Maipo	5	Santo Domingo, San Antonio
13	Humedal El Yali	5	Santo domingo
14	Laguna Topocalma	6	Litueche
15	Humedal del Putú	7	Curepto, Constitución
16	Zona Costera de Reloca	7	Chanco
17	Humedal de Lengua	8	Talcahuano
18	Humedal Los Batros	8	San Pedro de la Paz, Chiguayante
19	Laguna la Posada	8	Coronel
20	Humedal Tubul Raqui	8	Arauco
21	Reserva Isla Mocha	8	Lebu
22	Lago Budi	9	Saavedra
23	Río Cruces (Santuario de la Naturaleza)	10	Valdivia, Mariquina
24	Desembocadura del Río Maullin	10	Maullin
25	Bahia de Aucar	10	Quemchi
26	Bahia de Putemún	10	Castro
27	Bahía de Chullec	10	Quinchao
28	Laguna de Quinched	10	Chonchi
29	Laguna Coyhaique Alto	11	Coyhaique
30	Laguna Bahia Jara	11	Chile Chico
31	Estancia Lagunitas	12	Laguna Blanca
32	Bahía Lomas	12	Primavera

\* Fuente: Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

Cuadro 1: Humedales chilenos identificados por el SAG como zonas de riesgo.

### 3.5.1 Confección de la Base de Datos

Con los humedales identificados, el siguiente paso, fue acceder a la información referida a las explotaciones agropecuarias ubicadas en las cercanías de los humedales. Esta información, fue obtenida a partir de los datos del censo agropecuario, realizado el año 1997. Las unidades geográficas que contienen los datos prediales y que fueron utilizadas, corresponden a una subdivisión comunal y son conocidos como **distritos censales**. Esta subdivisión comunal es el área más pequeña a la que se puede acceder. Para seleccionar la información relevante y convertirla en una base de datos referente a los predios, se realizaron los siguientes pasos.

**a.-) Georeferenciar los 32 humedales;** En mapas de escala cartográfica 1:250000, se marcó un punto estimando el centro de cada humedal, posteriormente este punto es documentado en un sistema de coordenadas UTM.

**b.-) Definir el área de influencia del humedal;** Corresponde, al área que los expertos estiman, que es donde se debe medir el riesgo, el tamaño de ésta, determina los distritos censales donde se extrajo la información de los predios. La definición de esta área fue construida mediante las opiniones de los expertos, donde los principales criterios tomados para definir el área, están en relación con las aves domésticas, su interacción y cercanía con el humedal. Otro criterio tiene que ver con áreas definidas en programas de vigilancia epidemiológica. Los expertos definieron un área formada por un radio de 2,5 km a partir del centro del humedal, con esto se crea un círculo de 5 kilómetros de diámetro, donde los distritos censales contenidos en él son los seleccionados. Cuatro humedales requirieron de un mayor radio para estimar su área de influencia, ya que su tamaño es mayor o presentan lagunas que pueden servir como lugares de mayor tránsito y dispersión de aves silvestres. Estos humedales y sus áreas de influencia fueron:



- Humedal el Yali (V región), gran tamaño y con muchas lagunas dispersas; 5 Km de radio.
- Humedal del Putú (VII región), gran tamaño; 5 Km de radio.
- Lago Budi (IX región), compuesto por un lago de gran tamaño; 7,5 Km de radio.
- Desembocadura Río Maullin (X región), desembocadura de río de gran tamaño; 10 Km. de radio.

**c.-) Selección de los distritos censales mediante un Sistema de Información Geográfica;** mediante el programa computacional ARC VIEW, sobre un mapa de distritos censales del año 1997, se sobrepuso un mapa de los humedales georeferenciados con sus respectivas áreas de influencia. Los distritos contenidos, dentro de los círculos formados por las áreas de influencia, fueron los seleccionados. Este proceso ocupó el programa computacional ARC VIEW versión 3.2 y se realizó en las oficinas de ODEPA.

**d.-) Extracción de la información necesaria;** de cada distrito censal, fue extraída la siguiente información:

- Superficie de los distritos censales (metros cuadrados).
- Explotaciones agropecuarias existentes en el distrito (predios).
- Número de aves en cada explotación (patos, gansos, gallinas, pavos).
- Superficie de las construcciones, conocidas también como gallineros (en metros cuadrados).
- Nivel educacional en los predios.

#### **4.- Priorización y evaluación del AHP.**

Para realizar esta etapa, se reunieron los expertos. En primer lugar, ellos revisaron la estructuración del modelo jerárquico, con la finalidad de determinar, si se cumplen los objetivos; una vez que los expertos se encontraron conformes con el modelo, se procedió a la priorización y evaluación de este.

En esta etapa, los expertos realizan comparaciones pareadas en cada nivel del modelo jerárquico, en estas comparaciones, ellos emiten juicios sobre la importancia relativa que tienen los criterios, subcriterios y subniveles en cuanto al riesgo de traspaso. Para realizar este proceso, los expertos utilizan la escala fundamental de Saaty, (anexo 1). Esta escala, les permite a los expertos emitir sus juicios en forma numérica. A partir de estas comparaciones pareadas, se construye una matriz y a partir de ella, las preferencias o importancia relativa de cada criterio, subcriterio y subnivel. De esta manera, cada componente del modelo jerárquico obtiene un valor numérico que indica cuan relevante o importante resulta ser un criterio, subcriterio y subnivel para el riesgo de traspaso. Adicionalmente el AHP, mediante un índice, muestra las inconsistencias que pueden ocurrir a través de la emisión de los juicios. Este índice de inconsistencia se considera alto, cuando tiene un valor mayor a 0,10. En ese caso, se recomienda revisar nuevamente los juicios, con el fin de determinar algún factor que sea el responsable de dicha inconsistencia (Saaty, 1986). Para el caso de este modelo, los índices de inconsistencia en todos los juicios, fueron aceptables.

Finalmente, se debe vincular cada uno de los 32 humedales con los 10 subcriterios y los 11 subniveles dependientes de estos. Este paso, implica identificar categorías de riesgo en el último nivel de la jerarquía y luego, asignarles un puntaje de riesgo. La forma de estimación del puntaje de riesgo, depende de si la variable a medir es cualitativa o cuantitativa.

Para las variables cualitativas, el puntaje de riesgo, es obtenido mediante comparaciones pareadas entre las categorías. Acá, los expertos emiten juicios sobre la importancia relativa que tienen las categorías, en cuanto al riesgo de traspaso.

Para las variables cuantitativas, los puntajes se asignan en base a incrementos y decrecimientos lineales. Para el incremento lineal el puntaje de riesgo aumenta a medida que el valor que alcanza la variable aumenta (Ej: a mayor número de aves en los predios, mayor riesgo). El riesgo medido a través del decrecimiento lineal, se aplica en sentido inverso, es decir, el puntaje de riesgo disminuye, a medida que el valor que alcanza la variable aumenta (Ej: a mayor nivel educativo, menor riesgo)

Finalmente, el puntaje total que obtiene cada humedal, corresponde a los puntajes obtenidos en cada subnivel, ponderado por el puntaje de cada subcriterio, y estos a su vez por el puntaje del criterio.

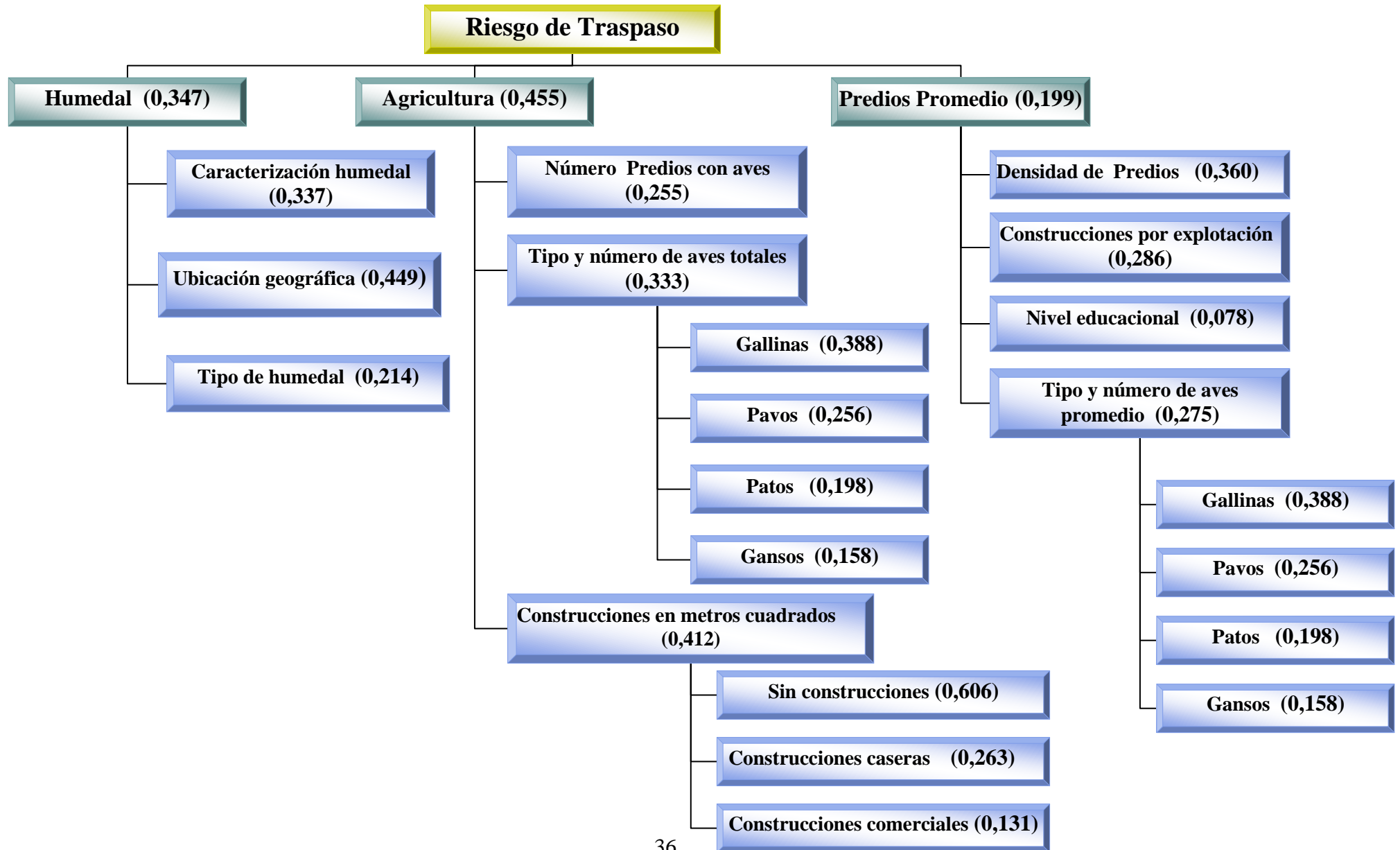
## **V. RESULTADOS**

### **1.- Resultados de la evaluación y priorización del AHP.**

En primer lugar, en la figura 4, se presenta la estructura jerárquica, en paréntesis, se muestran las respectivas ponderaciones de los criterios, subcriterios y subniveles, estas ponderaciones son las obtenidas por las comparaciones pareadas hechas por los expertos.

En segundo lugar, se presentan los resultados correspondientes al proceso de vinculación de los humedales con el modelo, por lo tanto, estos resultados se ubican en el último nivel de la jerarquía, la forma de asignación del puntaje de riesgo, fue explicada en la etapa de priorización y evaluación del modelo, los resultados se muestran a través de las tablas A, B y C.

Figura 4: Estructura jerárquica del modelo AHP, con sus respectivas ponderaciones



**Tabla A:** vinculación de los humedales con los subcriterios dependientes del criterio Humedal.

Subcriterio	Categorías y Puntajes de Riesgo	Asignación de puntaje
Ubicación Geográfica del Humedal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costero = 1,00</li> <li>- Interior = 0,63</li> </ul>	Variable cualitativa, comparación pareada.
Caracterización del Humedal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto riesgo = 1,00</li> <li>- Mediano riesgo = 0,69</li> <li>- Bajo riesgo = 0,29</li> </ul>	Variable cualitativa, comparación pareada.
Tipo de Humedal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Humedal con desembocadura de río formando grandes deltas o conformado por lagunas dispersas = 1,00</li> <li>- Humedal sin desembocadura de río formando grandes deltas, ni conformado por lagunas dispersas = 0,30</li> </ul>	Variable cualitativa, comparación pareada.

Es importante, explicar como se realizó la clasificación de humedal en, alto, mediano o bajo riesgo. Esta se hizo en base a la estimación de número, diversidad de especies aviares y tamaño del humedal. Para ello, se creó una ficha informativa de cada humedal con la información obtenida a través de:

- Censos realizados por la Unión de Ornitólogos de Chile (UNORCH).
- Censos neotropicales de aves acuáticas en América Latina realizados por la asociación Wetlands Internacional en el año 2004 y 2005.
- Boletines Chilenos de ornitología, estos documentos son publicados por UNORCH.
- Caracterización de los 32 Humedales por el SAG, donde se estima el tamaño de los humedales y se describen avistamientos de algunas especies
- Documento CONAMA “Resumen de áreas marinas protegidas oficialmente y de sitios propuestos para conservación marina”.

Con las fichas se recurrió a uno de los expertos, el cual conoce la mayoría de los humedales y posee un gran conocimiento de las rutas de migración, con el fin que caracterizara cada humedal en alto, mediano o bajo riesgo.

**Tabla B:** vinculación de los humedales con los subcriterios y subniveles dependientes del criterio Agricultura.

<b>Subcriterio</b>	<b>Subniveles dependientes del subcriterio</b>	<b>Asignación de Puntaje</b>
Construcciones	Sin construcciones	Incremento lineal entre 0 - 1239 predios sin construcciones
	Construcciones caseras	Incremento lineal entre 0 - 629 predios con construcciones caseras
	Construcciones comerciales	Incremento lineal entre 0 - 41 predios con construcciones comerciales
Tipo y número de aves totales	Gallinas	Incremento lineal entre 0 - 4928000 gallinas
	Pavos	Incremento lineal entre 0 - 1492 pavos
	Patos	Incremento lineal entre 0 - 2411 patos
	Gansos	Incremento lineal entre 0 - 3914 patos
Número de predios con aves	No tiene	Incremento lineal entre 0 - 1899 predios.



**Tabla C:** vinculación de los humedales con los subcriterios dependientes del criterio Predios Promedio.

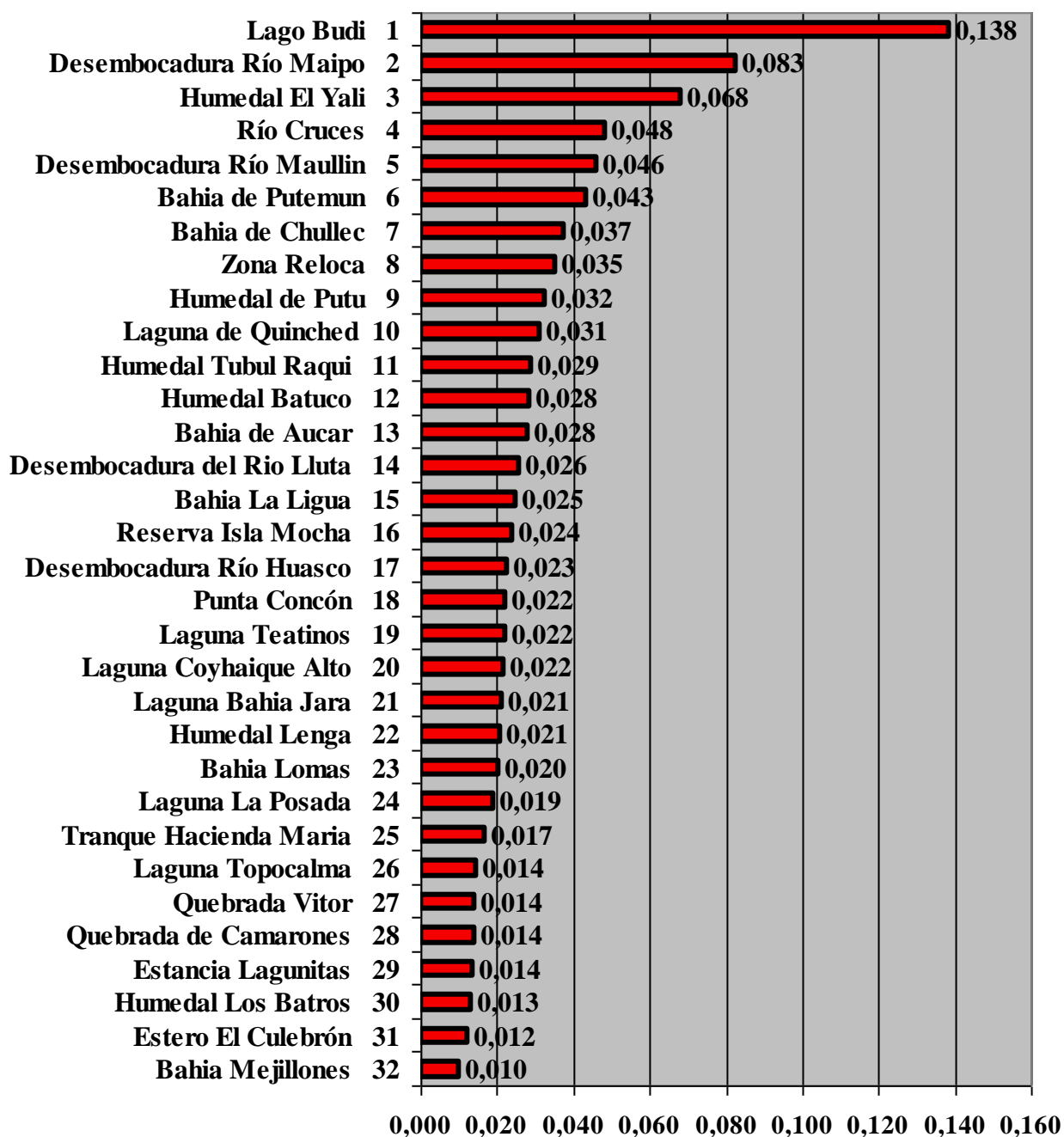
<b>Subcriterio</b>	<b>Subniveles dependientes del subcriterio</b>	<b>Asignación de Puntaje</b>
Tipo y número de aves promedio	Gallinas	Incremento lineal entre 0 - 18694 gallinas
	Pavos	Incremento lineal entre 0 - 9,2 pavos
	Patos	Incremento lineal entre 0 - 10 patos
	Gansos	Incremento lineal entre 0 - 33,7 patos
Densidad de predios con aves	No tiene	Incremento lineal entre 0 – 55 predios con aves /1000 hectáreas.
Construcciones por cada explotación	No tiene	Decrecimiento lineal entre 0 – 1, construcciones por predio
Nivel educacional	No tiene	Decrecimiento lineal entre 0 – 4, nivel educacional promedio en los predios con aves.

## **2.- Ordenamiento final de los Humedales**

El AHP, realizado por el programa “Expert Choice 2000 ®”, entregó un ordenamiento de los 32 humedales, de mayor a menor riesgo, junto con un puntaje que indica el nivel de riesgo de cada humedal, con respecto a los otros 31 humedales.

A continuación, en el grafico número 1, en el eje Y, se muestra el ranking con los humedales y su respectiva ubicación, están ordenados en forma descendente, desde el que presenta mayor riesgo, con un puntaje de 0,138 unidades de riesgo asignadas por el programa, hasta el humedal de menor riesgo con un puntaje de 0,010 unidades, estas unidades se encuentran graficadas en el eje X.

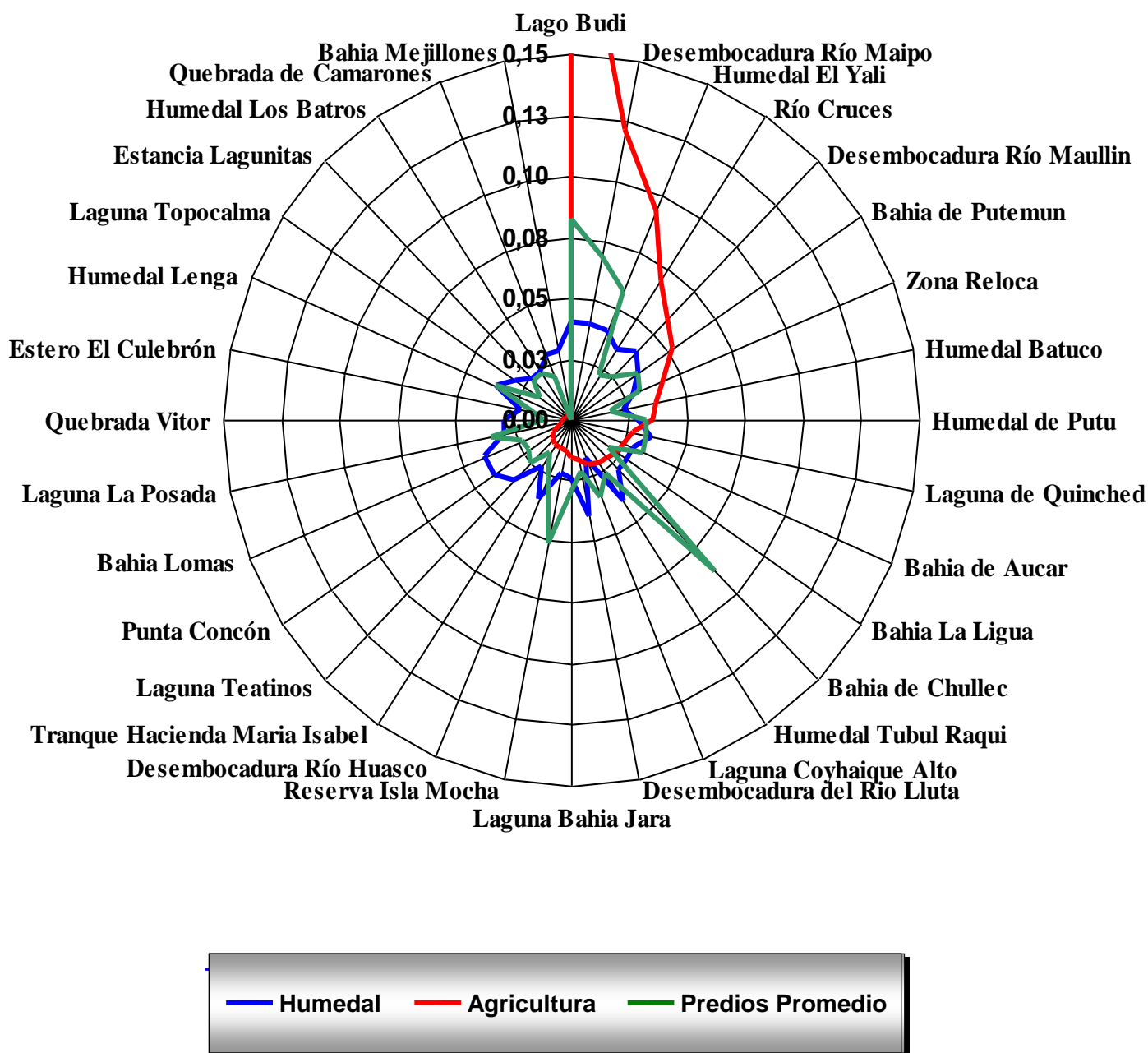
**Grafico 1: Humedales jerarquizados en base al riesgo de traspaso de influenza aviar hacia las aves domésticas**



Al analizar el gráfico 1, se puede observar que el humedal correspondiente al Lago Budi, logra un puntaje relativamente muy superior respecto de los humedales que le suceden. Además también 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 asignadas por el programa. Incluso se presentan humedales con los mismos puntajes. Esta observación es importante, en el caso que se deseen generar categorías o grupos dentro de este ranking con el objetivo de enfocar esfuerzos tendientes a la prevención o detección temprana de influenza aviar.

La comprensión de esta secuencia, pasa por entender que el problema identificado, fue desglosado en sus componentes principales y que dependiendo de la importancia que los expertos asignaron a estos componentes, los humedales son jerarquizados a través de sus características. El programa “Expert Choice ®”, entrega una jerarquización y puntaje de riesgo por cada componente del problema por separado, de esta manera podemos ver como se comportan los humedales con respecto a los criterios Humedal, Agricultura y Predios Promedio. A continuación se presenta un gráfico de tipo radial, que muestra conjuntamente los puntajes recibidos por cada humedal, para los criterios Humedal, Agricultura y Predios Promedio. El objetivo es poder determinar separadamente, en que forma los factores asociados a cada criterio, contribuyen al puntaje final de cada humedal.

**Grafico Número 2: Puntaje obtenido por cada humedal, en los criterios, Humedal, Agricultura y Predios Promedio.**



Nota: El puntaje correspondiente al Lago Budi, para el criterio Agricultura, es 0,237. Para un mayor entendimiento del grafico, se decidió presentar hasta las 0,15 unidades de riesgo, de esta manera, se pueden apreciar de una forma más clara, la distribución de los criterios con menores puntajes.

Al comparar los puntajes de riesgo del criterio Humedal con los otros dos criterios, 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. Por otro lado, al observar los valores correspondientes a los criterios Agricultura y Predios Promedio, se advierten variaciones entre estos valores, con grandes 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 en el ranking, son los que se encuentran asociados, a las características de los predios en las zonas de influencia de los humedales (número y tipo de aves domésticas, densidad de los predios, tipo de construcciones, etc.).

### **3.- Análisis de Sensibilidad.**

Este análisis, permite visualizar cuán sensibles son los humedales jerarquizados frente a cambios (simulados) en la importancia de los criterios. A veces, la dependencia de los cambios en los criterios, es muy débil, por lo que la ordenación final conduce a decisiones "robustas", que no se ven afectadas por ligeros (o incluso grandes) cambios. Por el contrario, otras veces la ordenación final es muy susceptible a cualquier pequeño cambio en los criterios, por lo que las decisiones finales son muy críticas. Estos efectos es muy conveniente que los expertos los conozcan y que puedan experimentar con ellos hasta calibrarlos debidamente (Barba-Romero, 1998). De esta manera, dependiendo de cuan consistentes puedan ser estos cambios, se realizan las simulaciones correspondientes para evaluar la robustez de los resultados finales.

Para el caso de estos resultados, se analizó el comportamiento de los humedales ordenados, realizando simulaciones que aumentan un 10% la importancia de un criterio en desmedro de los otros dos. Por ejemplo, cuando se aumenta la importancia en un 10% del criterio Humedal, este pasa desde un valor de 0,347 a tener un valor de 0,447 de importancia para el riesgo de traspaso del virus, disminuyendo esta importancia en los criterios Agricultura y Predios Promedio. Luego se analizan los cambios y se comparan con el "ranking" original. La decisión de simular con un valor de 10%, fue debido a que es un rango máximo aceptable, en relación a los juicios de los expertos en base a la información manejada.

Los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad, demostraron que la jerarquía robusta, ya que los humedales ubicados en los primeros 9 lugares del “ranking”, junto con los humedales ubicados en las 5 últimas posiciones, son insensibles a los cambios simulados, manteniéndose en las posiciones originales. Además, para los humedales que se encuentran “rankeados” entre las posiciones que van de la 10 a la 27, las modificaciones en las posiciones de estos humedales son mínimas, y en caso de existir, no sobrepasan más allá de subir o bajar, una o dos posiciones en relación a su “ranking” original.

Con este análisis se puede comprender de mejor forma la jerarquía obtenida por este AHP, ya que por un lado, se puede demostrar que los humedales al estar bien posicionados en el ranking, dan estabilidad y un nivel de confianza frente a los valores originales de los criterios, ya que los cambios producidos en las diversas simulaciones, no fueron extremos.

## **VI. DISCUSIÓN**

El proceso AHP realizado, puede alcanzar una mejor comprensión al analizar y discutir dos puntos esenciales, el primero corresponde al desarrollo metodológico y el segundo a la interpretación de los resultados.

### **1.- Desarrollo Metodológico**

El desarrollo metodológico, presenta dos puntos claves, uno en relación con la elección de los expertos y el otro con la factibilidad de trabajar la información necesaria con la que se construye el modelo jerárquico.

Para el caso de la elección de los expertos, se entiende como un paso fundamental en la construcción del modelo, ya que todo el proceso se encuentra supeditado a su participación. No existe un número fijo de expertos estipulado para el AHP, pero la cantidad y la elección de ellos, está condicionada por los objetivos perseguidos y por la disponibilidad de trabajo que ellos tengan. Para este AHP, la disponibilidad de tiempo representó un problema, por lo cual los procesos se fueron alargando. Este hecho, trajo como consecuencia la limitación en la inclusión de otros posibles expertos, los cuales aportarían a un debate más amplio, enriqueciendo mucho más el modelo jerárquico.

En cuanto a la información necesaria para trabajar el AHP, está en base a la identificación de factores de riesgo por los expertos, determinándose aquellos factores de riesgo relacionados a los humedales y aves silvestres por un lado, y factores relacionados a los predios por otro. En ambos casos se identificaron factores de riesgo, que no podían ser cuantificados o cuya disponibilidad de información era limitada. Claros ejemplos son el factor distancia del predio al humedal o la distribución de los predios en torno al humedal, factores tomados en cuenta en una etapa inicial, pero que posteriormente no pudieron ser incluidos. Sin embargo, los expertos asumieron esta situación y buscaron la mejor forma de trabajar la información disponible, generando diferentes tipos de clasificaciones mediante la construcción de categorías que pudieran dar una aproximación a un nivel de riesgo. Este fue el caso de la caracterización de humedales en base a número, diversidad de especies y tamaño del humedal; y la generación de las categorías de construcciones, en



caseras y comerciales, dando al modelo un nivel de ajustabilidad frente a posibles limitantes.

## **2.- Interpretación de los resultados**

Los humedales jerarquizados ya habían sido identificados como riesgosos por el SAG, y por lo tanto, los resultados jerarquizan a los humedales en base a una comparación entre ellos.

Al observar los puntajes finales y verlos en un gráfico, se puede advertir que existen diferencias entre estos puntajes. Estas diferencias, pueden llevar a la formación de grupos dentro de la jerarquía, para realizar dicho paso, es necesario analizar la distribución de los puntajes de riesgo, desde el menor hasta el mayor, en conjunto con los intervalos que estos toman entre cada posición del ranking. De esta manera, se pueden proponer la formación de 4 grupos o categorías, cuyo objetivo, es enfocar eficientemente los esfuerzos tendientes a la prevención y detección temprana de influenza aviar. Los grupos son los siguientes:

- 1- Humedales de riesgo extremo = Corresponden a los 3 primeros humedales del ranking, con especial énfasis en el primer lugar, perteneciente al lago Budi, el cual muestra un alto puntaje de riesgo, que logra diferenciarlo ampliamente de los demás humedales.
- 2- Humedales de alto riesgo = Corresponden a los humedales, entre las posiciones que van desde la 4 hasta la 6.
- 3- Humedales de riesgo intermedio = Corresponden a los humedales, entre las posiciones que van desde la 7 hasta la 25. La característica principal de este grupo, es que los intervalos de los puntajes de riesgo, no sobrepasan las 0,003 unidades con respecto a las posiciones que les preceden.
- 4- Humedales de menor riesgo = Corresponden a los humedales, entre las posiciones que van desde la 26 hasta la 32.

El puntaje final y por ende, la posición que obtenga en el “ranking” cada humedal, está principalmente influida, por los factores de riesgo que se miden a través de los criterios Agricultura y Predios Promedio, los cuales representan a los predios en la áreas de influencia de los humedales. Identificar esta característica es relevante, y su importancia radica, en que es en los predios, donde se da la posibilidad de adoptar medidas cuyo objetivo sea el de mitigar el riesgo de ingreso de influenza aviar, estas medidas 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 en este AHP, le asignan a los humedales los mayores niveles de riesgo.

Finalmente y a modo de recomendación, es importante tomar en cuenta que la información utilizada, pertenece al censo agropecuario de 1997, por lo que corresponden a mediciones de hace 10 años atrás, respecto al momento de realizar este trabajo, esta limitación puede ser subsanada mediante la actualización de información, usando las mediciones del censo agropecuario de 2007, tomando en cuenta, la ventaja de que el modelo se encuentra construido.

## VII. CONCLUSIONES

- 1.- La jerarquización de los 32 Humedales en base a riesgo de traspaso del virus influenza aviar altamente patógeno, desde los humedales a las aves domésticas en los predios, puede ser realizado mediante el AHP. Ello da como resultado una ordenación en base a riesgo de traspaso.
- 2.- Al analizar la distribución de los puntajes finales, junto con el análisis de sensibilidad, se pueden proponer la formación de 4 grupos de diferente riesgo, cuyo objetivo es hacer más eficiente la distribución de esfuerzos, gestiones y recursos para la prevención y detección temprana de la influenza aviar.
- 3.- El criterio Humedal estima la probabilidad de encontrar el virus en la vida silvestre. A través de los valores asignados por el AHP contribuye al puntaje final de cada humedal, pero no es el principal causante de la diferenciación entre los 32 humedales rankeados
- 4.- Los factores de riesgo identificados para los criterios Predios Total y Promedio, evalúan el riesgo de traspaso del virus, desde un humedal hacia los predios, independiente de la existencia del virus en la vida silvestre. Estos factores se pueden intervenir, a diferencia de los factores identificados en el criterio Humedal, por lo tanto se pueden tomar medidas tendientes a mejorar las condiciones que hacen a estos predios más riesgosos y como resultado de esto, disminuir la probabilidad de ingreso del virus a las aves domésticas.
- 5.- En este AHP, a través de los juicios de los expertos, las características asociadas a las aves domésticas, especialmente crianza de traspatio, dan a los humedales los mayores niveles de riesgo.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

**ÁVILA, M.** 2000. El AHP (proceso analítico jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras; el caso de Brasil. [en línea] <[http://www.rlc.fao.org/proyecto/gcp/rla/126/jpn/Doc\\_Proyecto.htm](http://www.rlc.fao.org/proyecto/gcp/rla/126/jpn/Doc_Proyecto.htm)> [consulta 11-11-07].

**BARBA-ROMERO, S.** 1998. Conceptos y Soportes Informáticos de la Decisión Multicriterio Discreta . En: Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias. Editado por Eduardo Martínez y Mauricio Escudey. Santiago de Chile. Editorial Universidad de Santiago. p: 34-48.

**BOON, A.; SANDBULTE, M.; SEILER, P.; WEBBY, R.; SONGSERM, T.; GUAN, Y.; Y WEBSTER, R.** 2007. Role of Terrestrial Wild Birds in Ecology of Influenza A Virus (H5N1). Emerging Infectious Diseases 13 (11): 1720 -1724.

**CATRINU, M.** 2007. Decision Aid For Planning Local Energy Systems, Application of Multi-Criteria Decision Analysis. Tesis (Doctorado en Ingenieria). Trondheim, Noruega, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Information Technology, Mathematics and Electrical Engineering, Department of Electrical Power Engineering. 187 h.

**COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA).** 2006. Estrategia Nacional de Humedales. [en línea] <<http://www.conama.cl/portal/1301/article-35010.html>> [consulta 10-02-2007].

**CONVENCIÓN RAMSAR SOBRE LOS HUMEDALES.** 2006. Manual de la Convención Ramsar. Guía a la Convención sobre los Humedales, 4a. edición, [en línea] <[http://www.ramsar.org/lib/lib\\_manual2006s.htm](http://www.ramsar.org/lib/lib_manual2006s.htm)> [consulta 10-02-07].

**ELLIS, T.; BOUSFIELD, B.; BISSETT, L.; DYRTING, K.; LUK, G.; TSIM, S.; STURM-RAMIREZ, K.; WEBSTER, R.; GUAN, Y.; Y PEIRIS, J.** 2004. Investigation of outbreaks of highly pathogenic H5N1 avian influenza in waterfowl and wild birds in Hong Kong in late 2002. Avian Pathology 33 (5): 492 – 505.

**ESCORCIA, M.; VÁZQUEZ, V.; MÉNDEZ, S.; RODRÍGUEZ- ROPÓN, A.; LUCIO, E. Y NAVA, G.** 2008. Avian influenza: genetic evolution under vaccination pressure. [en línea] Virology Journal 5 (15). <<http://www.virologyj.com/content/5/1/15>> [consulta 15-03-08].

**FARRIS, V.; PELLERIN, CH. Y PORTER, CH.** 2005. Ante el desafío de la gripe aviar. Oficina de Información Internacional, Departamento de Estado de EE.UU. Washington DC, USA. : p 10-11.

**FEARE, CH. Y YASUÉ, F.** 2006. Asymptomatic infection with highly pathogenic avian influenza H5N1 in wild birds: how sound is the evidence? [en línea]. Virology Journal 3 (96) <<http://www.virologyj.com/content/3/1/96>> [consulta 10-01-08].

**FERNÁNDEZ, A.** 2001. El Agua En Iberoamérica. Funciones de los Humedales. Calidad de vida y agua segura. Editado por Alicia Fernández Cirelli, CYTED. Buenos Aires, Argentina: p 119-121.

**FOUCHIER, R.; MUNSTER, V.; WALLENSTEN, A.; BESTEBROER, T.; HERFST, S.; SMITH, D.; RIMMELZWAAN, G.; OLSEN, B. Y OSTERHAUS, A.** 2005. Characterization of a Novel Influenza A Virus Hemagglutinin Subtype (H16) Obtained from Black-Headed Gulls. Journal of virology 79 (5): 2814 - 2822.

**FOUCHIER, R.; MUNSTER, V.; KEAWCHAROEN, J.; OSTERHAUS, A. Y KUIKEN, T.** 2007. Virology of avian influenza in relation to wild birds. Journal of Wildlife Diseases 43 (3): 9 -14.

**GARCIA-GARCIA, J. Y RAMOS, C.** 2006. Influenza, an existing public health problem. Salud Pública de Méx. 48 (3):224-267.

**HANSEN, W.** 1999. Avian influenza. En: Friend, M & Frandson, C (1999) (Eds). Field manual of wildlife diseases: general field procedures and diseases of birds. Biological Resources Division, National Wildlife Health Center USGS. Madison, EE.UU. : p 181-184.

**HUBÁLEK, Z.** 2004. An Annotated Checklist of Pathogenic Microorganisms Associated With Migratory Birds. Journal of Wildlife Diseases. 40 (4):639-659.

**HULSE-POST, D.; STURM-RAMIREZ, K.; HUMBERD, J.; SEILER, P.; GOVORKOVA, E.; KRAUSS, S.; SCHOLTISSEK, C.; PUTHAVATHANA, P.; BURANATHAL, C.; NGUYEN, T.; LONG, H.; NAIPOSPOS, T.; CHEN, H.; ELLIS, T.; GUAN, Y.; PEIRIS, J.; Y WEBSTER, R.** 2005. Role of domestic ducks in the propagation and biological evolution of highly pathogenic H5N1 influenza viruses in Asia [en línea]. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 102 (30): 10682–10687. < <http://www.pnas.org/content/102/30/10682.full> > [consulta 12-01-08].

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA).** 2006. Influenza Aviar en las Américas, [en línea]. <<http://www.iica.int/prensa/comuniica/2006/n6-esp/n1.asp>> [consulta 29-06-06].

**MARTÍNEZ, E.** 1998. Evaluación y Decisión Multicriterio: Una Perspectiva. En: Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias. Editado por Eduardo Martínez y Mauricio Escudey. Santiago de Chile. Editorial Universidad de Santiago. p: 9-16.

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD ANIMAL (OIE).** 2002. Enfermedades animales; influenza aviar altamente patógena, [en línea] <[http://www.oie.int/esp/maladies/fiches/e\\_A150.htm#1](http://www.oie.int/esp/maladies/fiches/e_A150.htm#1)> [consulta 20-06-06].

**OLSEN, B.; MUNSTER, V.; WALLENSTEN, A.; WALDENSTROM, J.; OSTERHAUS, A. Y FOUCHIER R.** 2006. Global Patterns of Influenza A Virus in Wild Birds. [en línea] Science 312 <<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/312/5772/384>> [consulta 15-03-08].

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO).** 2006. Guía para la prevención y el control de la gripe aviar en la avicultura de pequeña escala en América Latina y el Caribe. Roma, Italia, Documento 47 paginas.

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO).** 2007. Wild Birds and Avian Influenza: an introduction to applied field research and disease sampling techniques. Editado por Whitworth, D; Newman, S.H; Mundkur, T y Harris, P. Roma, Italia. Documento 114 páginas.

**PFEIFFER, D.** 2006. Assessment of H5N1 HPAI Risk and the Importance of Wild Birds. Journal of Wildlife Diseases 40 (3): S47-S50.

**RAPPOLE, J.** 1993; Aves Migratorias Neárticas en los Neotropicos. Smithsonian Institution. Washington DC USA; p: 2-3.

**ROJAS, H.; MOREIRA, R.** 2006. Boletín Veterinario Oficial, N° 6. Número especial de influenza aviar. Octubre 2006. Documento versión pdf 21 páginas. [en línea] <[http://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/bvo/BVO\\_6\\_numero\\_especial\\_oct\\_2006/articulos/sinopsis\\_IA\\_2002.pdf](http://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/bvo/BVO_6_numero_especial_oct_2006/articulos/sinopsis_IA_2002.pdf)> [consulta 29-06-07].

**SAATY, T.** 1986. *Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Editado por University of Pittsburgh. Pittsburgh, U.S.A. 291 p.

**SPACKMAN, E.; MCCRACKEN, K.; WINKER, K.; Y SWAYNE, D.** 2006. H7N3 Avian Influenza Virus Found in a South American Wild Duck is Related to the Chilean 2002 Poultry Outbreak, Contains Genes from Equine and North American Wild Bird Lineages, and is Adapted to Domestic Turkeys. Journal of Virology. 80 (15): 7760-7764.

**STALLKNECHT, D. Y BROWN, J.** 2007. Wild birds and the epidemiology of avian influenza. Journal of Wildlife Diseases. 43 (3). 15- 20.

**STURM-RAMIREZ, K.; ELLIS, T.; BOUSFIELD, B.; BISSETT, L.; DYRTING, K.; REHG, J.; POON, L.; GUAN, Y.; PEIRIS, M.; Y WEBSTER, R.** 2004. Reemerging H5N1 Influenza Viruses in Hong Kong in 2002 Are Highly Pathogenic to Ducks. Journal of Virology. 79 (9): 4892 – 4901.

**STURM-RAMIREZ, K.; HULSE-POST, D.; GOVORKOVA, E.; HUMBERD, J.; SEILER, P.; PUTHAVATHANA, P.; BURANATHAI, C.; NGUYEN, T.; CHAISINGH, A.; LONG, H.; NAIPOSPOS, T.; CHEN, H.; ELLIS T.; GUAN, Y.; PEIRIS, J.; Y WEBSTER, R.** 2005. Are Ducks Contributing to the Endemicity of Highly Pathogenic H5N1 Influenza Virus in Asia?. Journal of Virology 79 (17): 11269 – 11279.

**SUAREZ, D.; SENNE, D.; BANKS, J.; BROWN, I.; ESSEN, S.; LEE, CH.; MANVELL, R.; MATHIEU-BENSON, CH.; MORENO, V.; PEDERSEN, J.; PANIGRAHY, B.; ROJAS, H.; SPACKMAN, E.; Y ALEXANDER, D.** 2004. Recombination Resulting in Virulence Shift in Avian Influenza Outbreak, Chile. [en línea]. Emerging Infectious Diseases 10 (4): <<http://www.cdc.gov/ncidod/EID/vol10no4/03-0396.htm>>. [consulta 14-01-08].

**TALA, CH.** 2006. Que hacen aquí estas gaviotas... qué hacen aquí, tan lejos de su lugar natal. Boletín Veterinario Oficial, N° 5, I Semestre 2006. [en línea] <[http://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/bvo/BVO\\_5\\_primer\\_semestre\\_2006/articulos/migracion es\\_aves.pdf](http://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/bvo/BVO_5_primer_semestre_2006/articulos/migracion_es_aves.pdf)> [consulta 16-04-08].

**UNIÓN DE ORNITÓLOGOS DE CHILE (UNORCH).** 2007; Aves de Chile. [en línea]. <<http://www.unorch.cl/aves.htm>>. [consulta 10-12-07].

**WEBSTER, R.; BEAN, W.; GORMAN, O.; CHAMBERS, T.; Y KAWAOKA, Y.** 1992. Evolution and Ecology of Influenza A Viruses. Microbiological Reviews 56 (1): 152-179.

**VERDUGO, C.** 2004. Evaluación del impacto económico de un brote de i

Veterinario). Santiago de Chile. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Veterinarias Y Pecuarias; Departamento de Medicina Preventiva Animal. 72 h.

**XIAO, X.; GILBERT, M.; SLINGENBERGH, J.; LEI, F.; Y BOLES, S.** 2007. Remote Sensing, Ecological Variables, and Wild Bird Migration Related to Outbreaks of Highly Pathogenic H5N1 Avian Influenza. Journal of Wildlife Diseases 43 (3): S 40 – S 46.

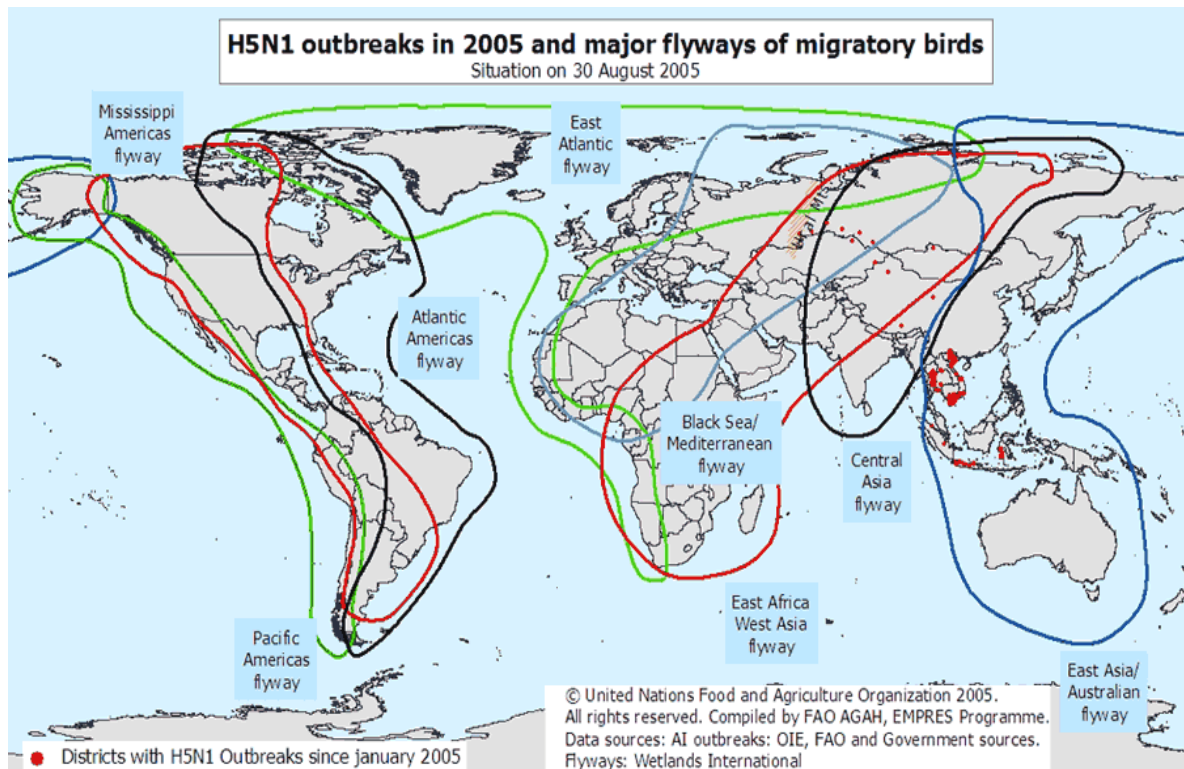


## ANEXO 1: ESCALA PARA ADAPTACIÓN DE JUICIOS NUMÉRICOS AL AHP

<b>ESCALA NUMERICA</b>	<b>ESCALA VERBAL</b>	<b>EXPLICACION</b>
1.0	Ambos elementos son de igual importancia.	Ambos elementos contribuyen con la propiedad en igual forma.
3.0	Moderada importancia de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio favorece a un elemento por sobre el otro
5.0	Fuerte importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es fuertemente favorecido.
7.0	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es muy fuertemente dominante.
9.0	Extrema importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es favorecido, por lo menos con un orden de magnitud de diferencia
2.0,4.0,6.0,8.0	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Usados como valores de consenso entre dos juicios
Incrementos de 0.1	Valores intermedios en la graduación más fina de 0.1 (Por ejemplo 5.2 es una entrada válida)	Usados para graduaciones más finas de los juicios.

Esta escala, fue compuesta por Thomas L. Saaty, matemático creador del AHP. El objetivo es, facilitar la adaptación de juicios verbales a valores numéricos, en cuanto a la importancia relativa de un elemento sobre otro. De esta manera, los expertos tienen una herramienta que facilita los procesos en la etapa de comparaciones pareadas.

## ANEXO 2: PRINCIPALES RUTAS MIGRATORIAS MUNDIALES



Fuente: FAO, 2006. Manual Preparing For Highly Pathogenic Avian Influenza. [En línea]. <[www.fao.org/docs/eims/upload/200354/HPAI\\_manual.pdf](http://www.fao.org/docs/eims/upload/200354/HPAI_manual.pdf)>.

Para el continente americano se distinguen 3 principales rutas. Estas son: atlántico, central y pacífico. Además en las zonas árticas, se reconocen lugares donde las rutas migratorias interactúan con otros continentes, hecho que genera preocupación en cuanto al ingreso del virus influenza aviar altamente patógeno H5N1, por parte de aves migratorias, al continente americano.