



manual

SISTEMA AVE DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA ASISTENCIA EN LA VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE LA INFLUENZA AVIAR, BASADO EN EL RIESGO



Fotografías portada:

Imágenes izquierda: Paul Bingham, de un brote de IAAP en British Columbia, Canadá, en 2004

Imagen central: E. León, INTA, Argentina

Imagen derecha: Kung, N., Morris, R., Jackson, R., Stevenson, M., Shortridge, K., Peiris, M., 2006. Avian influenza virus transmission in the live poultry marketing system in Hong Kong. In, *Proceedings of the 14th Federation of Asian Veterinary Associations Congress and the Food Safety & Biosecurity, and Epidemiology & Animal Health Management Branches of the New Zealand Veterinary Association*, Auckland, New Zealand, pp. 193 - 195.

SISTEMA AVE DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA ASISTENCIA EN LA VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE LA INFLUENZA AVIAR, BASADO EN EL RIESGO

Este manual ha sido elaborado en el marco de la Carta de Acuerdo entre la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), durante el año 2007

Emilio A. León and Sergio J. Duffy

INTA - CICVyA, Instituto de Patobiología.
CC25, 1712, Castelar. República Argentina

Mark A. Stevenson and Caryl Lockhart

Massey University, Institute of Veterinary, Animal and Biomedical
Sciences, EpiCentre. Private Bag 11-222.
Palmerston North. Nueva Zelanda

Ernesto J.A. Späth

Coordinador Regional de Proyecto TCP/RLA/3106
Influenza Aviar en el Cono Sur. FAO.

**Centro de Emergencia para el Control de las
Enfermedades Transfronterizas de los Animales (ECTAD)**

Oficina Regional para América Latina y el Caribe (FAORLC)

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

ISBN 978-92-5-306318-5

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al:

Jefe de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica
de la División de Comunicación de la FAO,
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia
o por correo electrónico a:
copyright@fao.org

Índice

Prólogo	v
Antecedentes	vii
PARTE 1	
Sistemas de información geográfica	1
Definición	3
Elementos de los datos geográficos	4
Resolución espacial	6
ArcView Ejercicio 1	7
Crear una vista o 'view'	7
Atributos de un objeto en un tema	8
Tabla de atributos	9
Mapa coroplético o 'choropleth map'	9
Crear rótulos	9
Generar una disposición de un mapa o 'map layout'	9
Más ejemplos de mapas	11
Formato de los datos	14
Datos 'Vector'	14
Datos 'Raster'	15
Cálculos 'raster'	17
ArcView ejercicio 2	18
Determinación de grillas y propiedades de análisis	21
Análisis de la grilla	22
Georeferenciamiento	24
Proyecciones	24
Proyecciones cónicas	25
Proyecciones cilíndricas	26
Proyecciones planas o azimutales	26
Datos o 'datums'	27
Sistemas de coordenadas	28
La proyección transversa Mercator	29
El sistema transverso Mercator universal	29
Sistemas de grilla transversos Mercator	31
Coordenadas planas de cada estado de los EE.UU.	32
ArcView Ejercicio 3	33

PARTE 2	
El sistema propuesto	35
Introducción	37
Vigilancia epidemiologica	38
Vigilancia epidemiologica de la influenza aviar	39
Vigilancia basada en evaluacion de riesgo	40
Sistema de informacion geografica para la identificacion de areas de riesgo para la introduccion y diseminacion del virus de la IAAP	41
Finalidad	41
Objetivo	41
Métodos	41
Factores de riesgo	41
Preparación de las capas temáticas	49
Unificación de las capas temáticas	50
Mapa de riesgo	56
Conclusion	57
Referencias	58

Prólogo

La avicultura de América Latina y el Caribe (ALC) contribuye significativamente a la seguridad alimentaria, el desarrollo económico y a la reducción de la pobreza en la región. Tanto que la carne y los huevos de aves son los productos de origen animal más consumidos, permitiendo al Continente Americano ocupar el primer lugar a nivel mundial en lo que a producción de carne de pollo se refiere. Razón por la que para mantener esta pujante y exitosa actividad se requiere de óptimas condiciones de salud animal.

En el ámbito mundial desde el 2003 han ocurrido severos brotes de Influenza Aviar de Alta Patogenicidad H5N1 (IAAP – H5N1) en aves de corral, aves silvestres y seres humanos. Esta enfermedad viral se disemina a través de las aves migratorias silvestres, granjas avícolas con deficientes medidas de bioseguridad, el traslado de aves de corral y productos avícolas, los mercados de aves vivas y el comercio legal e ilegal de aves silvestres.

La epizootia de IAAP – H5N1 tuvo su origen en Asia, diseminándose en forma progresiva al Medio Oriente, Europa y África. A junio del 2008 la enfermedad se encontraba reportada en 62 países. A la fecha el Continente Americano no ha sido afectado por la enfermedad, pero debido a: las rutas migratorias, el comercio de productos avícolas, el movimiento de personas y otros factores de riesgo hacen que el continente este expuesto a sufrir la introducción de la enfermedad en un momento dado.

Por la alarma que causo la súbita expansión mundial de la enfermedad, al inicio del 2006 varios países de la región solicitaron asistencia técnica a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), con el propósito de mejorar sus sistemas de prevención, por lo que con carácter de emergencia la FAO aprobó cuatro proyectos regiones que abarcaron 33 de sus países miembros, estos se enfocaron en capacitar al personal profesional de los países en el diagnóstico y la vigilancia epidemiológica de la IAAP – H5N1 para mejorar su detección temprana y control ante la eventual aparición de la enfermedad.

Dentro de las actividades principales de asistencia, la FAO mediante un acuerdo de cooperación con el INTA (Instituto de Tecnología Agropecuaria de la Argentina) y la colaboración del Centro de Epidemiología de la Universidad de Massey en Nueva Zelanda, desarrollaron el Sistema **AVE** de Información Geográfica para Asistencia en la Vigilancia Epidemiológica de la Influenza Aviar Altamente Patógena (basado en riesgo). El Sistema AVE considera ocho factores de riesgo por los que la IAAP – H5N1 puede ingresar a los países de ALC (fronteras, aeropuertos, ríos, sitios de asentamiento de aves silvestres, rutas pecuarias terrestres, aves de traspatio, espejos de agua y comercialización de aves) cada uno de estos temas o capas son sobrepuestos en un determinado mapa, de forma sencilla para evaluar el riesgo sobre el posible ingreso de la enfermedad a una área determinada, así como para realizar una vigilancia epidemiológica de la enfermedad dirigida al riesgo, reduciendo los costos de las operaciones de vigilancia en los servicios veterinarios nacionales de la región.

El presente Manual del Sistema AVE se espera que sea de utilidad para que el personal de los servicios veterinarios nacionales pueda elaborar mapas de riesgo sobre la IAAP – H5N1 u

otras enfermedades aviares, sirviendo también de apoyo para el personal técnico del sector privado y la academia en los países de la región. En complemento y como ayuda pedagógico, la FAO próximamente producirá un curso a distancia sobre la generación de mapas de riesgo empleando el sistema AVE.

La FAO espera que el sistema AVE y el presente Manual contribuyan a fortalecer la vigilancia epidemiológica para prevenir el ingreso o en su caso control temprano de la IAAP – H5N1 en los países de ALC, proteger el patrimonio avícola de la región y la salud de sus habitantes. Así mismo, la FAO desea agradecer a los doctores Emilio León, Mark A. Stevenson, Caryl Lockhart, Sergio J. Duffy y Ernesto Späth por los esfuerzos realizados para el desarrollo del Sistema AVE y del presente Manual.

Moisés Vargas-Terán

Oficial de Salud Animal FAO/SLS

Antecedentes

A partir del año 2003 han ocurrido severos brotes de Influenza Aviar (IA) en aves de corral y silvestres. También se han detectado casos en seres humanos. Se trata de la Influenza Aviar Altamente Patógena (IAAP), producida por el virus de IA del subtipo H5N1. El agente etiológico se disemina a través de varias vías, entre las que se encuentran las aves migratorias silvestres, las granjas avícolas con deficientes medidas de bioseguridad, el traslado de aves de corral y productos avícolas, los mercados de aves vivas y el comercio legal e ilegal de aves silvestres.

Los brotes de la enfermedad inicialmente estuvieron confinados en varios países del este y sudeste asiático (Camboya, China, Indonesia, Japón, Corea, Laos, Malasia Tailandia y Vietnam). Sin embargo, desde principios de 2004 la IAAP debida a H5N1 afectó a una mayor variedad de aves silvestres y en cautiverio, y avanzó en dirección noroeste desde Hong Kong (enero 2004) a través de Japón, Corea, China, Mongolia a Kazajstán y Rusia (agosto 2005). En octubre 2005 fue diagnosticada en los países de la península balcánica, Rumania y Turquía. En febrero 2006 el virus H5N1 se extendió a 13 nuevos países: Irak, Nigeria, Azerbaiyán, Bulgaria, Grecia, Italia, Eslovenia, Irán, Austria, Alemania, Egipto, India, Francia y Níger.

El continente Americano aún no ha sido afectado por el virus IAAP H5N1, pero las diferentes rutas de migración de las aves migratorias acuáticas (desde Siberia oriental a Alaska o desde Islandia vía Groenlandia hacia el norte de Canadá), el comercio de productos avícolas, el movimiento de personas y otros factores de riesgo hacen que el continente esté expuesto a sufrir la introducción del virus en cualquier momento.

Por lo expuesto anteriormente, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha desarrollado cuatro Proyectos Regionales de asistencia de emergencia para la detección temprana y prevención de la IAAP subtipo H5N1 en América Latina y el Caribe:

- TCP/RLA/3103 (Caribe): Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Cuba, República Dominicana, Dominica, Granada, Guyana, Haití, Jamaica, San Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Surinam, y Trinidad y Tobago
- TCP/RLA/3104 (Centroamérica): Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá
- TCP/RLA/3105 (Región Andina): Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela
- TCP/RLA/3106 (Cono Sur): Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay

El objetivo general de estos proyectos fue reforzar la capacidad de los países beneficiarios para generar y compartir información sobre la IAAP, con el fin de fortalecer los planes de alerta precoz y reacción temprana ante una eventual introducción de la IAAP, en especial, a través de aves migratorias y del comercio de aves silvestres.

En el marco de estos cuatro proyectos regionales, la FAO firmó con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), a través de su Centro de Investigación en Ciencias Vet-

erinarias y Agronómicas (CICVyA), en Castelar, República Argentina, una carta de acuerdo cuya principal finalidad fue:

“desarrollar un modelo de identificación de áreas de potencial riesgo de introducción y diseminación del virus H5N1, mediante un sistema de información geográfica (SIG), que sirva de apoyo a las acciones de vigilancia epidemiológica de la IAAP en los 33 países beneficiarios”

Las acciones se extendieron desde enero a noviembre de 2007.

En el presente manual se presenta el modelo desarrollado, se describen los parámetros necesarios para que funcione y se muestran algunos resultados, en carácter de ejemplo, obtenidos con datos de la Argentina.

PARTE 1

Sistemas de información geográfica

Definición

Un sistema de información geográfica (SIG) (en inglés: geographic information system, GIS), es definido por el diccionario de términos de información geográfica de la Universidad de Edimburgo como:

Un sistema de computación para capturar, almacenar, controlar, integrar, manipular, analizar y mostrar datos relacionados con posiciones sobre la superficie terrestre. Típicamente un SIG se utiliza para manejar mapas. Éstos pueden presentarse como la superposición de varios estratos que representan distintos objetos espaciales, como ser ciudades, caminos, establecimientos rurales, etc. Cada objeto presente en el mapa está ubicado en una posición definida (georeferenciamiento).

El principal valor de un SIG es que define precisamente la ubicación de objetos y suministra a los usuarios la posibilidad de visualizar el entorno espacial de esos objetos. El conocimiento de la ubicación permite la realización de complejos cálculos, tal como la determinación del camino más corto y el menor tiempo de viaje entre dos lugares. Para los epidemiólogos, la capacidad de visualizar datos espaciales constituye un método poderoso para describir los patrones de una enfermedad y es una técnica útil para identificar factores que influyen potencialmente sobre los patrones de una enfermedad.

Elementos de los datos geográficos

Los datos geográficos se construyen a partir de elementos simples, o hechos, acerca del mundo real. En su forma más cruda un elemento de un dato geográfico (llamado dato o datum) relaciona:

- Un lugar
- Un tiempo
- Una propiedad descriptiva acerca del lugar y el tiempo

Por ejemplo, la afirmación: 'La temperatura a las 12:00hs el día 10 de junio de 2003 a la latitud 45° y longitud 60° fue de 25° Celsius' relaciona un objeto espacial (el punto definido por latitud y longitud), un momento en el tiempo (fecha y hora) y una propiedad o atributo (la temperatura atmosférica). En muchos casos los datos geográficos cambian muy lentamente, por lo cual se omite la referencia temporal. La temperatura atmosférica es un atributo que cambia constantemente, de modo que la referencia temporal es un componente importante para su representación.

Los atributos de los objetos espaciales pueden ser de distinto tipo, y globalmente podrían clasificarse de la siguiente manera:

- Nominales: dan nombre a los objetos espaciales. Por ejemplo el nombre de una ciudad o un río
- Ordinales: los valores pueden ser ordenados de manera creciente o decreciente. Por ejemplo, la tierra apta para la agricultura puede clasificarse en términos de la calidad del suelo. Clase 1 puede representar la mejor tierra, clase 2 la que le sigue, y así en más.
- Numéricos: ejemplos de atributos numéricos incluyen temperatura, altura sobre el mar, cantidad de habitantes. Los valores varían en una escala discreta (números enteros) o en una escala continua (números decimales).

Así como los atributos se pueden clasificar en distintos tipos, así también los objetos espaciales. Los distintos tipos de objetos espaciales incluyen:

- Punto: un objeto espacial que no tiene ni largo ni ancho y por lo tanto tiene una dimensión de cero; los puntos pueden usarse para indicar eventos o hechos espaciales, como por ejemplo un caso de enfermedad. El análisis del patrón de puntos se utiliza para identificar si los hechos o eventos están interrelacionados.
- Línea: es un objeto espacial que tiene largo pero no tiene ancho, y por lo tanto posee una dimensión; se utiliza para representar entidades lineales tales como caminos, ríos, cables, etc., que con frecuencia forman redes.
- Polígono o superficie: es un objeto espacial con dos dimensiones, largo y ancho; puede utilizarse para representar objetos naturales tales como países, zonas fronterizas de países, establecimientos agropecuarios, etc.

- Volumen: es un objeto espacial con largo, ancho y profundidad; se usa para representar objetos naturales tales como cauces de ríos, cañadones y montañas; con frecuencia se calculan superficies por derivación al intercalarlas entre medidas de menor dimensión tales como mediciones puntuales de altura.
- Tiempo: con frecuencia se lo considera la cuarta dimensión de los objetos espaciales.

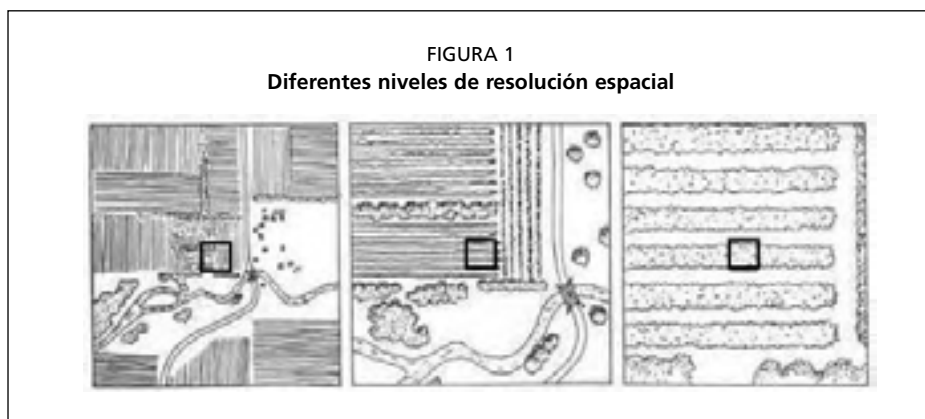
Resolución espacial

La definición de la manera en que se representarán los objetos espaciales en un mapa depende en gran medida de la escala. Por ejemplo, a un bajo nivel de resolución un establecimiento agropecuario se puede representar por un punto. Con mayor nivel de resolución el mismo establecimiento agropecuario puede representarse como una superficie, con sus límites exactos explícitamente definidos. Con un nivel de resolución aún mayor el establecimiento agropecuario puede representarse como una superficie, en la cual, además de información sobre sus límites, se posee información sobre la altura, aspecto y pendiente del terreno.

La Figura 1 ilustra como, a medida que aumenta la resolución espacial, se pueden apreciar más detalles y la forma de los objetos espaciales cambia. Objetos que aparecen como líneas a resoluciones menores (por ejemplo en el diagrama central y de la izquierda), se pueden representar mejor como polígonos a elevado nivel de resolución (diagrama de la derecha).

En principio si recolectáramos suficientes datos de información geográfica podríamos construir una representación completa del mundo. En la práctica, toda representación que se realiza es parcial, ya que se debe limitar el nivel de detalle suministrado o ignorar cambios que ocurren con el tiempo. Una forma común de limitar el detalle es al ignorar la información que es de aplicación a superficies pequeñas, es decir, al reducir la resolución espacial. Una segunda forma es considerar que muchos atributos permanecen constantes a lo largo y a lo ancho de superficies grandes.

La epidemiología espacial comprende ver y analizar datos espaciales, y para realizar esto de forma eficiente se necesita un SIG. Las actividades que se desarrollarán a continuación requieren del software ArcView (del Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, EE.UU.), uno de los paquetes SIG más comúnmente utilizados. No obstante esto, cabe



mencionar que los principios y conceptos que se describirán son comunes a todos los paquetes SIG.

ARCVIEW EJERCICIO 1

Los datos para este ejercicio se hallan en la carpeta EJERCICIO 1 del CD-ROM adjunto. Copie la carpeta completa en el directorio C:\ de su computadora.

Inicie ArcView con un doble clic en el ícono ArcView en el escritorio de Windows. Se abre la ventana principal ArcView, llamada ventana ArcView Application. Maximícela para obtener una mejor visualización. Guarde el proyecto en su archivo de trabajo (ARCHIVO – GUARDAR PROYECTO COMO) con el nombre 'BUENOS_AIRES.'

Los proyectos son usados por ArcView para almacenar vistas, tablas, gráficos y otros componentes que forman parte de una aplicación ArcView. Un archivo de proyecto (*.APR) también registra la ubicación de archivos de mapa (shape) y archivos de datos asociados con el proyecto. Advertencia: si usted mueve archivos que previamente se han guardado como parte de un proyecto ArcView el proyecto no se cargará correctamente cuando intente abrirlo nuevamente.

La interfase ArcView consiste en una colección de vistas ('Views' o mapas), tablas (datos de atributos), gráficos (graphs), configuraciones (para imprimir) y escrituras ('Scripts' o programas macro). Los registros ('Records' u observaciones) en vistas, tablas y gráficos están vinculados en el sentido que seleccionar algún dato en uno seleccionará el mismo dato en cada uno de los otros modos.

Crear una vista o 'view'

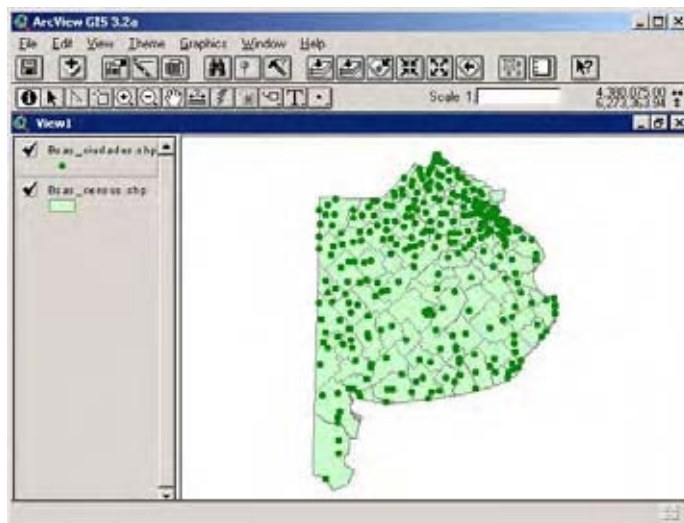
Seleccione la opción vista (Views) en la ventana 'ArcView Application' y oprima el botón 'nuevo' (New). Seleccione 'View', agregar tema (Add Theme) (o haga clic en el botón +). Recorra el sistema de archivos en el cuadro de diálogo de agregar tema para encontrar el archivo BSAS_CENSUS.SHP; haga doble clic en el nombre del archivo o selecciónelo y haga clic en OK. Seleccione el tema para activarlo. Use el mouse para tildar el cuadro adyacente al nombre del tema. Debería aparecer la imagen de la provincia de Buenos Aires y sus departamentos. Repita este procedimiento para BSAS_CUIDADES.SHP (archivo shape que define la ubicación de las localidades en la Provincia). Debería obtener algo similar a lo representado en la Figura 2.

Una vista es una representación visual de objetos espaciales y sus atributos. Aquí se define el contenido y el aspecto de un mapa. Una vista puede contener un estrato o varios estratos superpuestos. Cada estrato puede contener distintos objetos espaciales o diferentes atributos de los mismos objetos (ríos, límites de propiedades, cantidad de animales en cada propiedad, etc.). ArcView denomina tema o 'Theme' a los estratos.

La ventana de la vista está formada por dos secciones. A la izquierda se encuentra la tabla de contenido de la vista, donde se presenta la lista de temas que forman parte del mapa. La tabla de contenido muestra los temas y los símbolos usados para su representación. Los cuadros de tilde al lado de cada tema indican si el tema está o no incluido en el mapa.

Explore el efecto de cambiar el orden de los temas en la tabla de contenido. Los temas ubicados en la parte superior de la lista se exhiben superpuestos a los que están debajo.

FIGURA 2
La ventana "Vista" de ArcView mostrando los límites de los departamentos (en formato polígono) y las localidades (en formato punto)



Se puede cambiar el orden de los temas arrastrándolos hacia arriba o abajo de la lista con el mouse.

Haga Zoom sobre una zona que le interesa con un clic sobre la herramienta 'Zoom In' en la barra de herramientas inferior. Puede hacer Zoom al máximo que le permite el mapa cliqueando en la opción 'Full Extent' en el menú vista o en la barra de herramientas superior.

Atributos de un objeto en un tema

Asegúrese de que la ventana vista esté activa. Maximícela y asegúrese de que esté activo el tema BSAS_CENSUS. Deberá aparecer resaltado (elevado) en la sección tabla de contenido (haga clic en el tema si no está activo).

En la barra de herramientas inferior haga clic en la herramienta identificar ('Identify'), mueva el puntero sobre una unidad (departamento) y haga clic. El casillero identificar resultados muestra información de los atributos asociados con el objeto espacial seleccionado. En este caso se verá el contenido de una serie de campos vinculados al objeto seleccionado, uno de ellos será su nombre (variable DEPARTAMTO). Otros campos contendrán estadísticas de ganado (número de establecimientos ganaderos, número total de vacunos, ovinos, cerdos y porcinos).

Repita el ejercicio anterior para el tema BSAS_CIUDADES. Encuentre el punto que representa la ciudad de Oriente. Puede resultar necesario hacer zoom para poder diferenciar los puntos. Recuerde que el tema activo debe ser BSAS_CIUDADES. Cuando termine guarde el archivo de su proyecto nuevamente.

Tabla de atributos

En la ventana vista asegúrese que el tema activo sea BSAS_CENSUS (haga clic en él). Seleccione tema - tabla ('THEME – TABLE'). Aparecerá la tabla de atributos del tema activo BSAS_CENSUS como una nueva ventana con filas representando registros u observaciones y columnas representando campos o variables. Controle las propiedades de la tabla clicando en tabla – propiedades. Aparece una ventana con los nombres de los campos tildados, quítele la tilde a algunos y vea lo que sucede luego de un clic en el botón OK.

Haga clic en la ventana de aplicación BUENOS_AIRES.APR. Minimícela, sin cerrarla. Seleccione la opción 'Window' del menú y haga clic en 'Tile'. Debería ver la ventana vista y la ventana Tabla de BSAS_CENSUS una al lado de la otra. Quite la tilde del tema BSAS_CIU-DADES en la tabla de contenido de la vista. Seleccione algunos registros en la tabla de atributos. ¿Qué le sucede al mapa?

Cierre la ventana llamada atributos de BSAS_CENSUS (la tabla).

Mapa coroplético o 'choropleth map'

Asegúrese de que la ventana vista esté activa y maximizada y que el tema BSAS_CENSUS esté tildado (debería estar viendo el mapa). Quite el tilde del tema BSAS_CIU-DADES.

Haga doble clic en el tema BSAS_CENSUS (en la tabla de contenido); se abre el editor de leyenda. En 'tipo de leyenda' seleccione 'color graduado', ahora también verá la leyenda 'campo de clasificación'. Seleccione un campo o variable de la lista, como NBOVINOS (número total de bovinos por departamento) y obtendrá una clasificación inicial de los valores.

Utilice el botón 'clasificar' para cambiar la clasificación. La opción por defecto es 'Natural Breaks', pero se puede optar también por otros tipos de clasificaciones. Haga clic en el botón 'aplicar' y obtendrá un mapa coroplético (ver la Figura 3). Se podría abrir nuevamente el editor de leyenda y cambiar los colores de la vista, el tipo de clasificación, el texto de la leyenda y otras características.

Crear rótulos

El nombre de cada departamento podría ser expuesto en el mapa. Para ello, convendría elegir primeramente un tamaño apropiado de fuente: abra la ventana 'Show Symbol' del menú 'Window'. Cliquee el botón de Fuentes y seleccione una fuente tamaño 4. Cierre la ventana 'Symbol'. Asegúrese que la vista esté activa y maximizada y que solamente esté tildado y activo el tema BSAS_CENSUS. El tema BSAS_CIU-DADES no debe de estar tildado.

Haga clic en la opción 'auto-rotular' (Auto-label) del menú tema. Seleccione el campo de la etiqueta DEPARTAMTO y cliquee el botón OK. El mapa ahora debería contener rótulos centrados en cada departamento. Haga zoom para ver los rótulos más claramente. Los rótulos se pueden eliminar seleccionando la opción 'quitar rótulos' (Remove labels) del menú del tema (Figura 4).

Generar una disposición de un mapa o 'map layout'

Seleccione la opción del menú 'VIEW – LAYOUT', luego en 'Template Manager' seleccione 'Landscape' como la plantilla o 'template'. ArcView generará automáticamente un mapa con título, leyenda y escala. Cada uno de los componentes del mapa puede ser editado

FIGURA 3
Mapa coroplético mostrando el número total de bovinos por departamento,
en la provincia de Buenos Aires

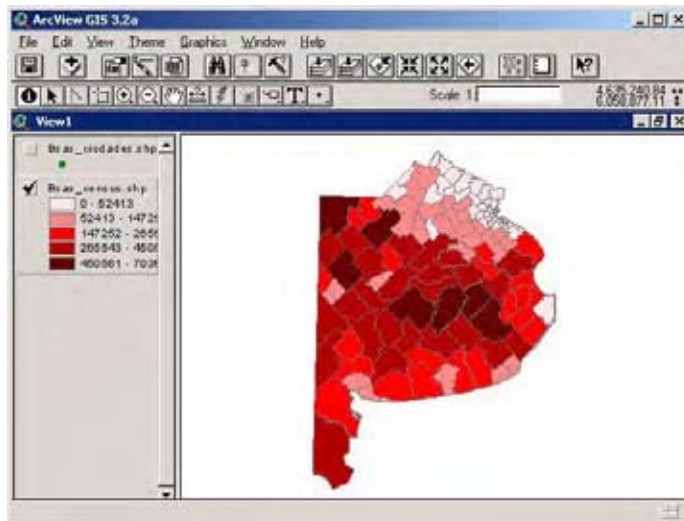


FIGURA 4
Detalle del mapa presentado en la Figura 3,
con el agregado del nombre de cada departamento

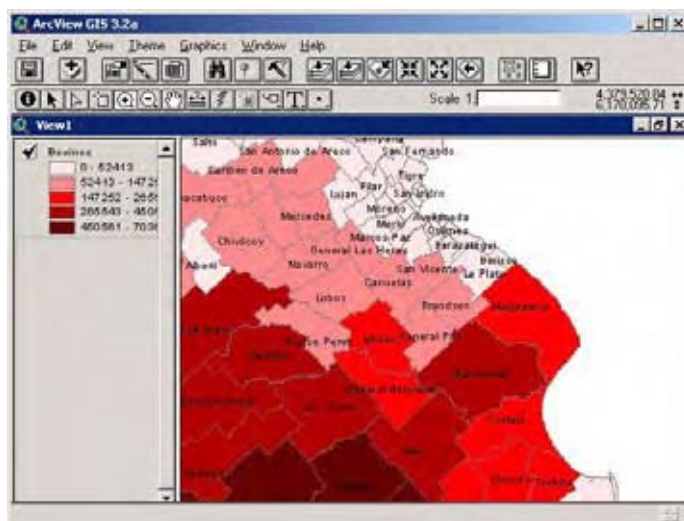
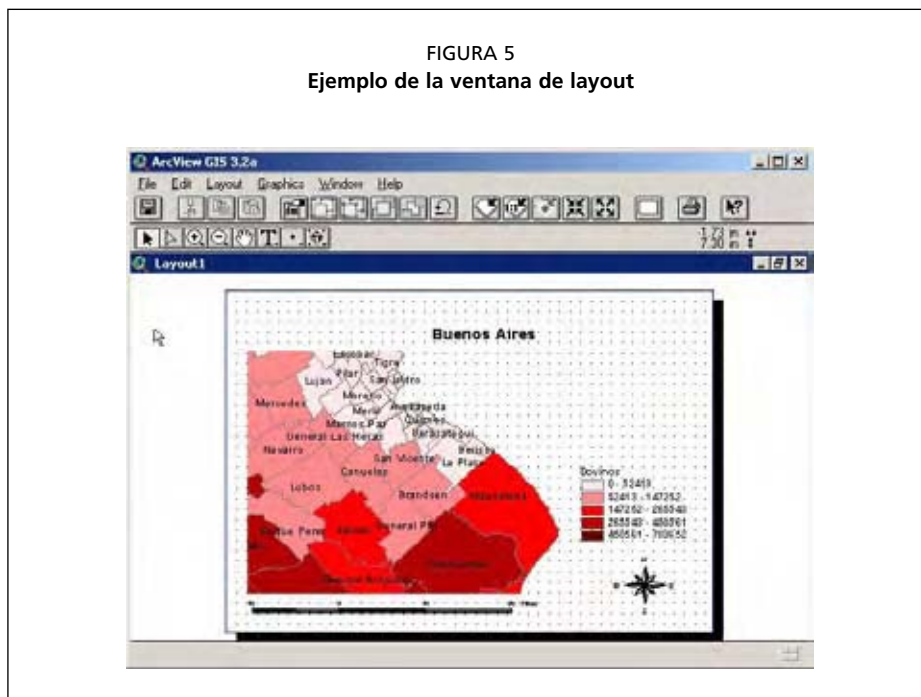


FIGURA 5
Ejemplo de la ventana de layout



seleccionándolo. El título de la leyenda de cada tema puede editarse en la vista, mediante 'Propiedades' (se accede desde 'tema – propiedades') (ver Figura 5).

Más ejemplos de mapas

En el ejemplo anterior los atributos fueron expuestos como un mapa coroplético. ArcView puede confeccionar otros dos tipos de mapas para presentar datos cuantitativos: mapas de puntos y mapas gráficos.

Asegúrese que la vista esté activa y maximizada y tilde la caja para el tema BSAS_CENSUS. Quite el tilde de BSAS_CIUDADES. Haga doble clic en el tema BSAS_CENSUS en la tabla de contenido para abrir el editor de leyendas. En tipo de leyenda seleccione 'punto' (Dot). El objetivo es representar el valor de una variable mediante diferentes densidades de puntos colocados al azar en cada unidad de superficie. En este caso use la variable ESTABLECIM (número de establecimientos por departamento) como el campo de densidad. Haga clic en el botón calcular. ArcView estimará automáticamente el número de establecimientos representados por cada punto. Antes de cerrar el editor de leyendas seleccione un patrón para distinguir los valores faltantes (nulos), un patrón de rayado oblicuo sería una buena elección. Haga clic en el botón aplicar y cierre el editor de leyendas. El mapa debería exponer diferentes densidades de puntos para cada departamento. Estos puntos no representan lugares determinados, ya que el software los colocó al azar en cada unidad de superficie (Figura 6). ¿Cómo se debería interpretar la información que muestra el mapa?

Otra forma de visualizar estos datos es por medio de un mapa de gráficos. Abra nuevamente el editor de leyendas y bajo tipo de leyenda seleccione 'gráfico' (Chart). Seleccione los campos NBOVINOS, NOVINOS, NCHANCHO y NCABRA individualmente y haga clic en

FIGURA 6
Mapa de puntos representando la densidad de establecimientos por departamento

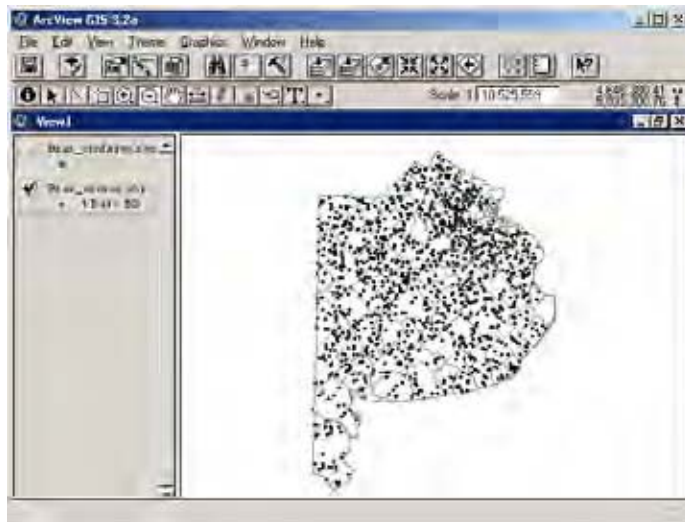


FIGURA 7
Mapa de gráfico, mostrando la proporción relativa de individuos de cada especie por departamento

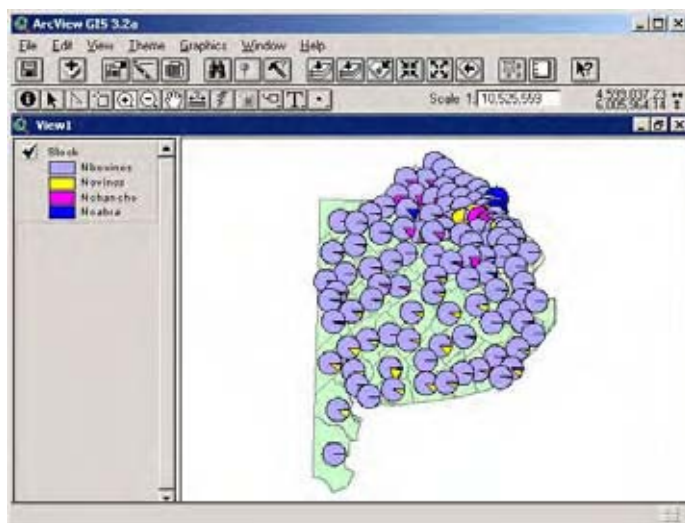
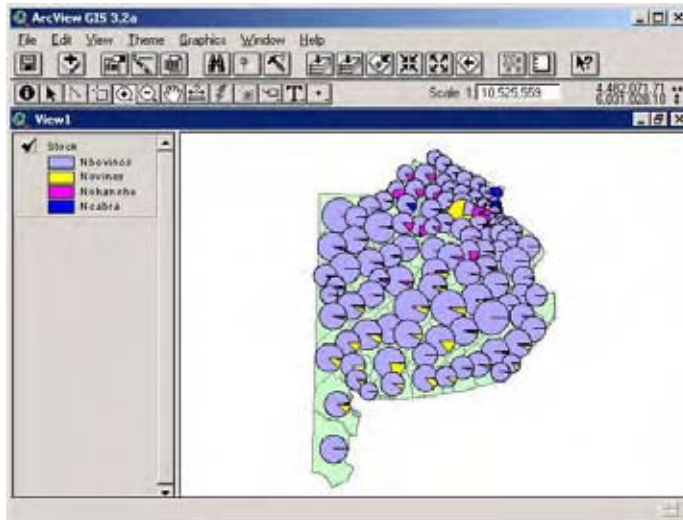


FIGURA 8

Similar representación a la presentada en la Figura 7, pero en este caso el tamaño de cada torta está en proporción con el número total de animales por departamento



el botón 'agregar' (Add). Haga clic en el botón 'propiedades' y determine como 4 el tamaño mínimo del gráfico de torta (minimum pie chart size to 4) y como 12 el máximo. Haga clic en OK, luego en 'aplicar' y cierre el editor de leyenda (Figura 7). En cada departamento los bovinos representan la especie predominante. En el sur de la Provincia, los ovinos constituyen la mayor proporción del ganado. Uno o dos departamentos poseen una proporción relativamente elevada de caprinos. Ya que esto no concuerda con los datos (data set) del todo, los datos de estos departamentos deben controlarse para detectar errores.

También es posible determinar el tamaño de los gráficos de torta según una tercera variable, que en este caso podría ser la cantidad total de ganado por departamento (NTOTAL). La variable debe especificarse como el 'tamaño de campo' (size field) en propiedades, en el editor de leyenda (Figura 8).

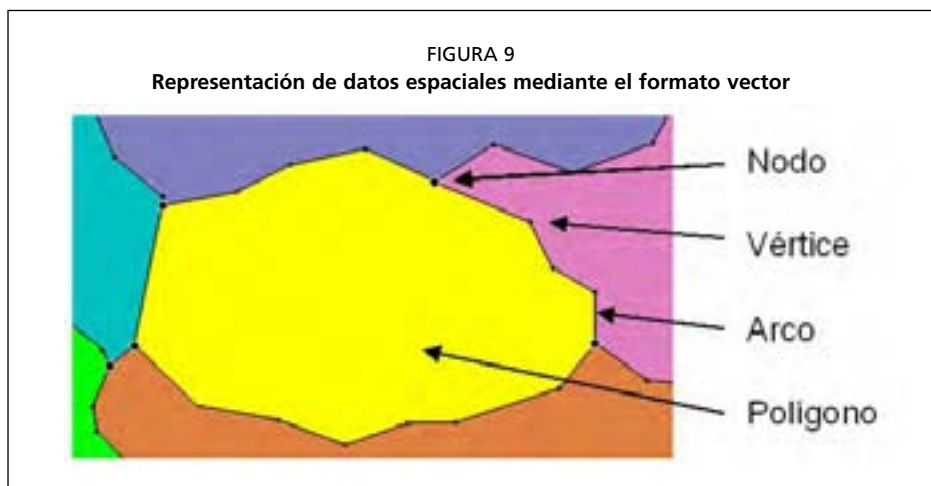
Formato de los datos

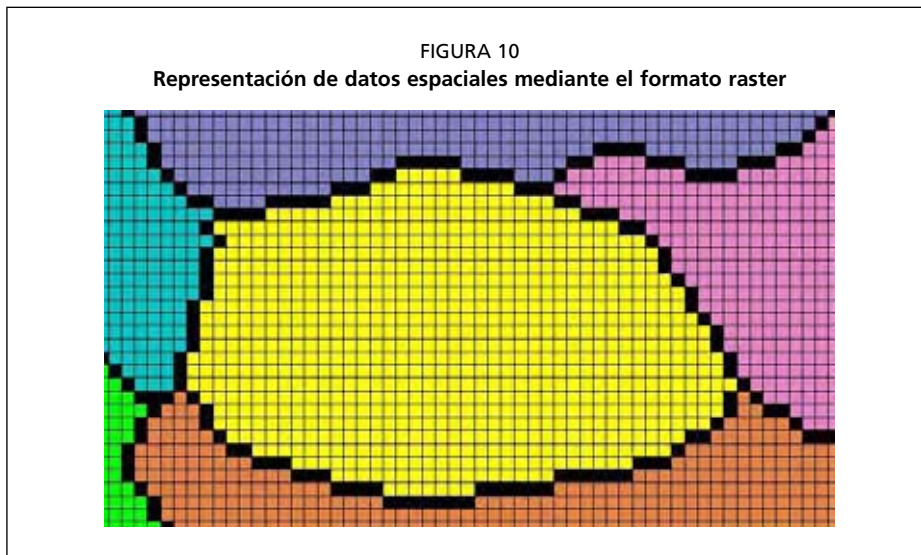
En un SIG los objetos espaciales pueden ser almacenados en dos tipos de formatos: 'raster' o 'vector'. Los objetos en formato 'vector' están compuestos por puntos, líneas y polígonos. Los objetos en formato 'raster' por celdas cuadradas (píxeles) que conforman una grilla. Cada celda tiene un valor que representa una propiedad o atributo. Si bien cualquier tipo de dato geográfico puede ser presentado en formato 'raster', es especialmente adecuado para representar datos continuos.

DATOS 'VECTOR'

Los datos 'vector' están compuestos por puntos, líneas y polígonos. Este modelo de datos espaciales se conoce como topología de arcos-nodos ('arc-node topology'). Los arcos están compuestos por nodos y vértices. Los arcos comienzan y terminan en nodos, y pueden tener 0 o más vértices entre los nodos. Los vértices definen la forma del arco a todo su largo. Los arcos que se conectan entre sí comparten un nodo común.

Los puntos representan lugares discretos dentro de una zona de estudio. Son puntos verdaderos, como el punto más alto de una montaña, o puntos virtuales, en base a la escala de representación. Por ejemplo, la ubicación de una ciudad en un mapa carretero se representa por un punto, aunque en realidad la ciudad ocupa una superficie definida. Las líneas representan características tales como ríos y carreteras. Cada línea está compuesta por una cantidad de diferentes coordenadas, que conforman la forma de la línea, como así el registro tabular para la característica del vector de la línea. Los polígonos conforman superficies limitadas. Los polígonos están formados por arcos limitados, que registran la ubicación de cada polígono (ver Figura 9).



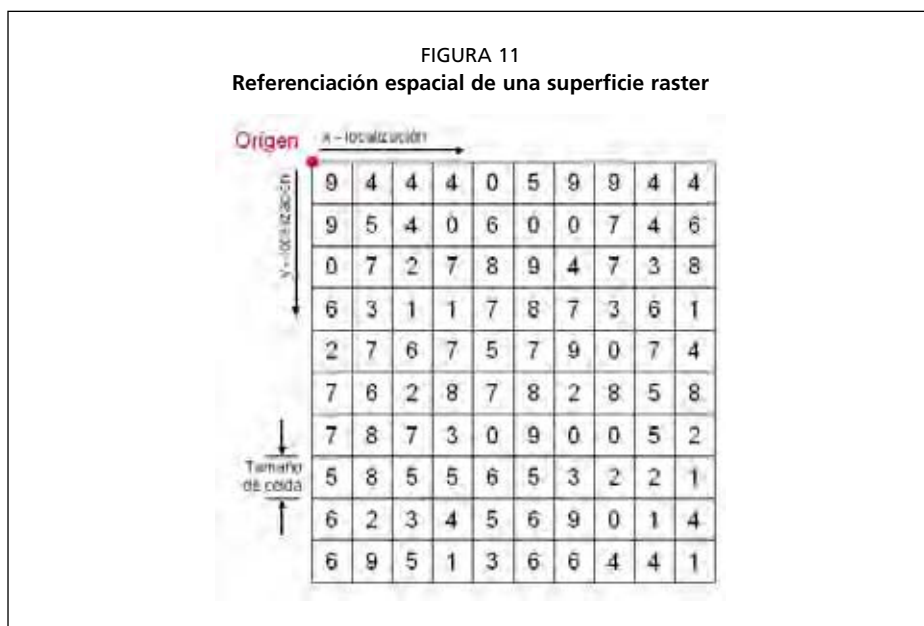


DATOS 'RASTER'

En una representación 'raster', el espacio geográfico está dividido en una ordenación de celdas (una matriz), tal como se ve en la Figura 10. Estas celdas a veces se denominan pixels.

En general, a las celdas se les asigna un único valor numérico, pero con temas de grilla o 'grid themes' (un formato de datos de propiedad registrada de ArcInfo), los valores de las celdas también pueden contener texto adicional y atributos numéricos. Todos los juegos de datos 'raster' poseen una referencia espacial determinada por un método muy simple: solamente un vértice del tema o 'theme' raster está georeferenciado (Figura 11). Debido a que el tamaño de celda es constante tanto en dirección horizontal como en dirección vertical, las ubicaciones de las celdas están referenciadas por designaciones hilera-columna, más bien que por coordenadas explícitas para la ubicación del centro de cada celda. Diferentes formatos de archivo 'raster' pueden tener su origen en el extremo izquierdo inferior en lugar del extremo izquierdo superior. Cada celda o píxel contiene un valor que representa un fenómeno numérico o un código usado para referencia a un valor no-numérico.

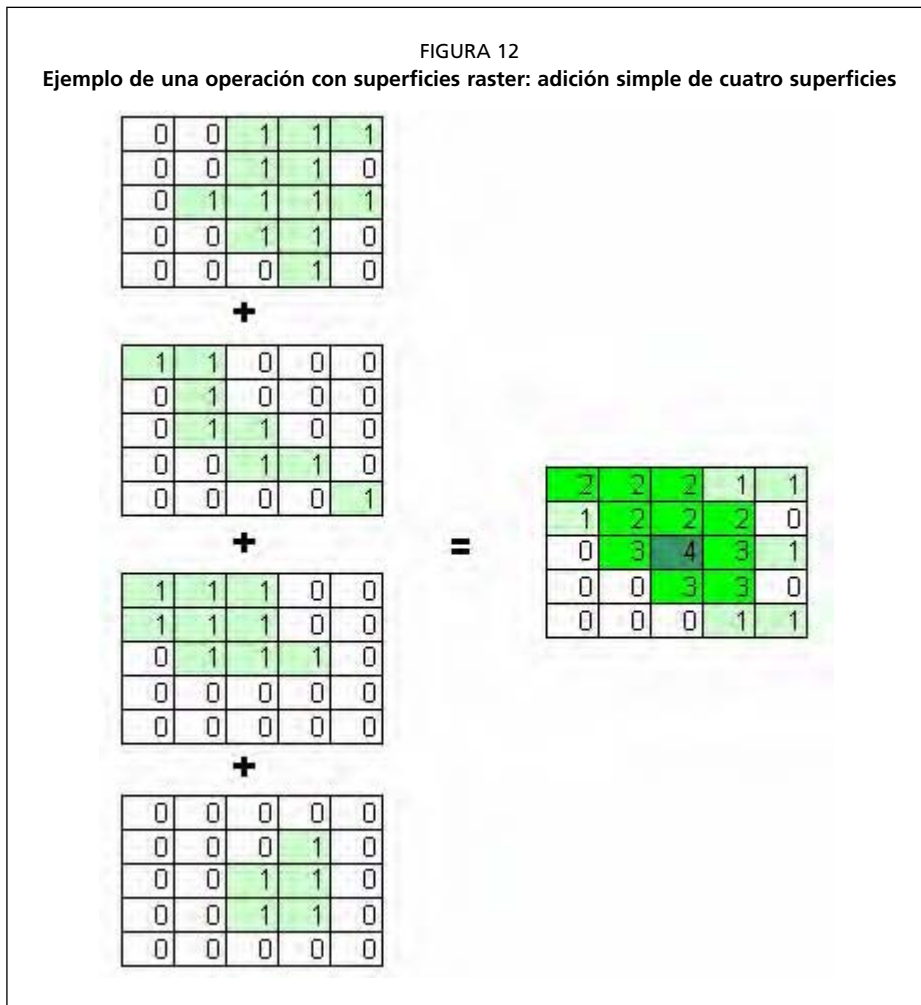
Con los datos 'vector', cada punto, nodo y vértice tiene una ubicación representada por una coordenada absoluta y explícita. Las celdas 'raster', por el contrario, son georeferenciadas con relación al origen de la coordenada del tema. Esto mejora inmensamente el tiempo de procesamiento en comparación con ciertos tipos de procesamiento de datos 'vector'. Sin embargo, los tamaños de archivo de los juegos de datos 'raster' pueden ser muy grandes en comparación con los juegos de datos 'vector' que representen el mismo fenómeno para la misma superficie espacial. Además hay una relación geométrica entre la resolución 'raster' y el tamaño de archivo. Un juego de datos 'raster' con celdas de la mitad del tamaño (es decir, de 10 m de lado en lugar de 20 m de lado) puede necesitar hasta 4 veces más tamaño de almacenaje, porque cuatro celdas de 10 m ocupan el espacio de una sola celda de 20 m.



Las celdas pueden tener un valor (0 - infinito) o pueden no tener valor (nulas o sin datos). La diferencia entre éstas es importante. Valor nulo significa o que los datos caen fuera de los límites del área de estudio, o que los datos no fueron recolectados o que no hay datos disponibles para esas celdas. En general, cuando se usan celdas nulas en un análisis, el valor final de la misma ubicación de la celda es también un valor nulo. Los juegos de datos de grilla pueden almacenar valores enteros o valores de datos con punto flotante (decimal), aunque algunos otros formatos de datos solamente pueden almacenar valores enteros. Los datos de imágenes simples típicas no tendrán límites en cuanto al número de valores de celda únicos (típicamente 0 - 255).

Cuando la información se representa en formato 'raster' a cada celda componente se le asigna un valor de un único atributo y se pierden todos los detalles acerca de la variación dentro de la celda componente. El tamaño elegido para las celdas dentro de una superficie 'raster' depende de la resolución de los datos usados para crear la superficie. La celda debe de ser lo suficientemente chica como para capturar el detalle requerido, pero suficientemente grande como para que los datos puedan ser almacenados y analizados con eficiencia. A medida que aumenta la homogeneidad de los datos, también puede aumentar el tamaño de la celda designada.

Cuando se está creando datos 'raster' se pueden aplicar varias reglas para especificar como se codificará una celda: en la mayoría de las situaciones al atributo que ocupa la mayor parte de la superficie de la celda se le asigna el valor del atributo de la celda. En otras circunstancias la regla toma en cuenta el punto central de la celda y se le asignan a la celda los valores del atributo en el punto central. Aunque en general se prefiere la regla que tiene en cuenta el atributo que ocupa la mayor superficie de la celda, la regla del punto central se usa con frecuencia porque es rápida para calcular el valor.



Cálculos 'raster'

Hay tres categorías básicas de funciones para la creación de las nuevas superficies 'raster': global, focal, y zonal. Las funciones globales calculan su algoritmo en cada celda del juego de datos o 'data set' (Figura 12). Uno puede imaginar al motor de cálculo de la función global como algo que comienza en una celda ubicada en determinado lugar, hace el cálculo de todos los datos ingresados para esa ubicación, y luego se corre a la próxima celda ubicada en determinado lugar, hace lo mismo y así en más. Las funciones focales consideran barrios, de modo que la celda de salida es el resultado de un cálculo realizado sobre un grupo de celdas determinado por una ventana de celdas (conocido como un foco o 'kernel') alrededor de cada celda de interés. Por ejemplo, un algoritmo alisador (filtro de bajos pasajes o 'low-pass filter') tomará el valor medio de una celda foco o 'kernel' de 3 x 3 y colocará el valor de salida en la ubicación de la celda central. Si el foco o 'kernel' contiene ubicaciones fuera de la grilla, estas ubicaciones no son usadas en los cálculos. Las funciones

zonales realizan análisis de un grupo de celdas con un valor común (una zona) en uno de los ingresos de datos o 'inputs'.

Para la mayoría de las funciones 'raster', que no sean las que simplemente identifican o seleccionan grupos de celdas, las operaciones tienen el formato conceptual de una expresión algebraica. Por esta razón, la sintaxis de las operaciones analíticas 'raster' se denomina frecuentemente "álgebra de mapas".

```
output = input_grid1 operator input_grid2 ...
output = salida
input = entrada
grid = grilla
```

Por ejemplo, para multiplicar dos 'input rasters' slp_grid y dem se usa la siguiente sintaxis:

```
slp_dem = slp_grid x dem
```

Generalmente los juegos de datos de ingreso y de salida (input and output data sets) son superficies 'raster', pero también pueden ser juegos de datos 'vector', tales como zonas poligonales o temas de iso-líneas. En ArcView 3.x se crean afirmaciones de álgebra de mapas y otras funciones analíticas usando las herramientas calculador de mapas o 'Map Calculator' y cuestionador de mapas o 'Map Query'. El calculador de mapas contiene controles para seleccionar estratos (que pueden considerarse valores en la expresión del álgebra de mapas o 'Map Algebra'), números y operadores. Hay diferentes clases de operadores (aritméticos, relacionales, Booleanos, logarítmicos, trigonométricos y potencias) que se pueden usar para desarrollar las expresiones del álgebra de mapas.

La Tabla 1 resume las características de las representaciones de 'raster' y 'vector' en un SIG.

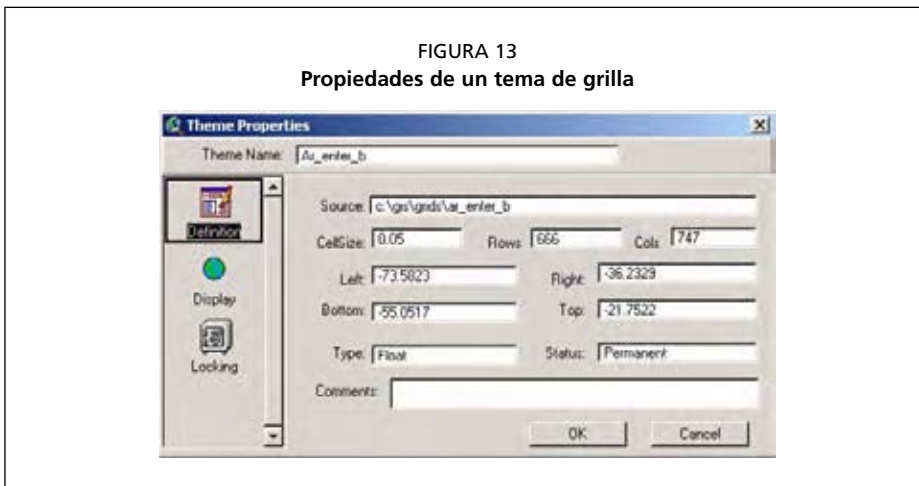
ARCVIEW EJERCICIO 2

Los temas de la grilla son representaciones gráficas de la implementación ArcView del modelo de datos 'raster'. Los temas de la grilla son almacenados con un valor numérico para cada celda. Los valores de las celdas pueden ser números enteros o decimales. Las grillas de valores enteros tienen valores enteros en sus celdas, mientras que las grillas de valores de punto flotante poseen valores decimales. Los valores de las celdas se almacenan en tablas resumen conocidas como tablas de atributos de valores o 'Value Attribute Tables'

TABLA 1
Características de representaciones de 'raster' y 'vector' en un SIG

Factor	Raster	Vector
Fuente	Sensado remoto	Mapas impresos, mapas digitalizados
Aplicaciones	Aplicaciones ambientales	Sociales, económicas, administrativas
Resolución	Fijo	Variable
Volumen de datos	Depende del tamaño de las celdas usadas	Depende del nivel de detalle
Eficiencia	Eficiente	Relativamente ineficiente

FIGURA 13
Propiedades de un tema de grilla



(VATs) dentro del subarchivo info del archivo de trabajo. Debido a que el número posible de valores únicos en las grillas de valores de punto flotante es elevado, no se construyen o no hay disponibles VATs para grillas de valores de punto flotante. Los VATs para grillas de valores enteros poseen un rango de valores (máximo menos mínimo) menor de 100.000 y un número de valores únicos menor a 500.

Aunque las preguntas cuestionando mapas o 'Map Queries' pueden realizarse tanto en las grillas de valores enteros como en las de valores con punto flotante, las características normales o preguntas cuestionando mapas solamente son posibles con grillas de valores enteros con VATs. Esto se debe a que una pregunta de una característica normal depende de la existencia de una tabla de temas. Las grillas sin VATs no tienen tablas de temas, y por lo tanto no se encuentran disponibles para preguntas o cuestionamientos normales.

Se pueden ver las propiedades del tema de la grilla seleccionando tema – propiedades del menú vista o 'View' mientras un tema de grilla esté activo. El diálogo de propiedades del tema o 'Theme Properties' (Figura 13) muestra el nombre del tema tal como aparece en la tabla de contenido, la ubicación del archivo fuente, el tamaño de celda, el número de hileras y columnas, las coordenadas inferior izquierda y superior derecha, el tipo de grilla (valores enteros o de punto flotante) y la condición o 'Status' (temporario o permanente).

Los temas de grilla se agregan a vistas de la misma manera que los temas de características o de imágenes, mediante Vista – agregar tema. Al abrirse la ventana 'Agregar tema' se puede apreciar una lista denominada 'Tipo de dato de origen' (Data Source Types), donde debe seleccionarse la opción 'Datos de grilla' (Grid Data Source). La lista de temas se actualizará e incluirá solamente temas de datos de grilla. Para poder cargar temas de grilla en una vista antes debe activarse la extensión 'Analista espacial' (Spatial Analyst Extension). Si esta extensión no está activa es posible agregar fuentes de datos de grilla a una vista, pero solamente como imágenes simples, que no pueden ser cuestionados (queried) ni analizados de ninguna forma. Los temas de imágenes no se encuentran asociados con otros valores de atributos que no fueran un simple valor numérico usado para colorear el mapa.

Las presentaciones de temas de grillas se cambian de la misma manera que los otros

FIGURA 14
Visualización de un tema con formato raster (o grilla)



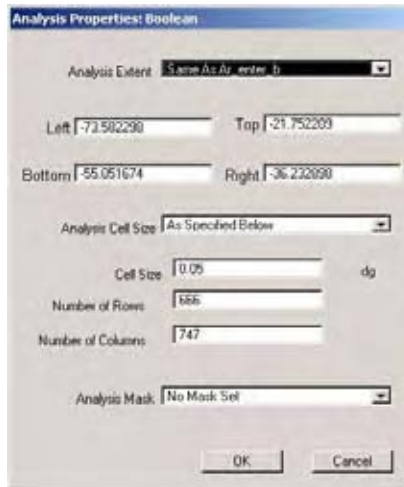
tipos de temas, mediante el editor de leyendas. Al igual que con los temas de características poligonales, el sombreado de relleno puede cambiarse alterando los símbolos de las clases individuales, alternado el color de la rampa, los rótulos de las leyendas y las propiedades de clasificación (Figura 14).

En los temas de grilla se puede visualizar los valores de las celdas individuales usando la herramienta 'Identify'. Haciendo clic en una celda para el tema de grilla activo se verá los valores del atributo. El diálogo de 'Identify Results' mostrará el nombre del tema de, las coordenadas X e Y de la celda y el valor de la celda.

Cuando el analista espacial realiza operaciones que crean nuevas grillas al pasar, estas nuevas grillas son almacenadas en el directorio de trabajo. Si el tema se borra de la vista, la grilla se borrará del disco. Para asegurarse de que las grillas nuevas creadas se guardan, hay que guardar el proyecto o seleccionar tema – guardar juego de datos o THEME - SAVE DATA SET en el menú. Cuando guarde temas de grilla, puede elegir el directorio del sistema de archivos y el nombre del tema, más bien que aceptar el nombre y ubicación por defecto asignados por ArcView.

Si necesita manejar juegos de datos de grilla, puede usar archivo –manejar fuentes de datos o FILE - MANAGE DATA SOURCES en el menú View. Esta herramienta le permite copiar, asignar otro nombre y borrar grillas de la misma forma que se manejan los archivos shape. Las grillas pueden ser copiadas, renombradas o movidas a diferentes lugares del disco rígido. Para poder copiar, renombrar o borrar un tema o 'theme', deben quitarse del proyecto todas las referencias al tema.

FIGURA 15
Ventana para determinación de las propiedades de análisis



Determinación de grillas y propiedades de análisis

Cuando se crean grillas nuevas usando operaciones de análisis espaciales, el usuario puede seleccionar propiedades de la grilla creada. Las propiedades se determinan seleccionando Análisis – propiedades (ANALYSIS – PROPERTIES) en el menú. Luego de determinadas las propiedades de análisis y guardado el proyecto, las mismas propiedades serán utilizadas para otros análisis dentro de la vista donde fueron determinadas. Las diversas propiedades de análisis pueden copiarse de temas existentes, o pueden ingresarse manualmente (Figura 15).

La extensión 'Analista espacial' determinará cuán grande (espacialmente) será la grilla de salida. Es posible determinar la extensión del análisis manualmente con cualesquier coordenadas válidas, dentro del alcance de la vista o presentación, o dentro del alcance espacial de un tema dentro de una vista. Solamente se generarán datos de salida por las celdas dentro del alcance del análisis o 'Analysis Extent'. Esto se usa frecuentemente cuando es de interés analizar un área pequeña, más bien que realizar la operación en todo el área de estudio. El 'Analysis Extent' es un simple rectángulo.

Debe tenerse presente que alterar el alcance del análisis o 'Analysis Extent' alterará el registro de las grillas. Si usted crea una nueva grilla en base a una existente, pero con diferente alcance de análisis (aunque el tamaño de la celda sea el mismo), las dos grillas no se superpondrán correctamente a menos que el alcance del análisis tenga un origen ubicado en un vértice de una celda de la grilla original. Esto puede tener efectos significativos sobre los subsiguientes procesos, cálculos y mediciones.

Las grillas existentes se almacenan con un cierto tamaño de celda conocido. Usted puede ver de que tamaño es la celda de cualquier tema de grilla activando el tema de grilla

FIGURA 16
Ventana del calculador de mapas



y eligiendo Tema – propiedades menú Vista. Cuando se está realizando análisis de multi-grillas es preferible elegir un tamaño de celda de salida que es igual al tamaño del de la celda de entrada más grande. Siempre es posible disminuir el contenido de información volviendo a muestrear las celdas a un tamaño de celda más grande, pero es imposible aumentar el contenido de información partiendo celdas. Dado que la celda individual es la característica más pequeña capaz de resolver en una grilla, no es aconsejable subdividir las celdas en diferentes valores. El tamaño de celda es igual al largo del lado de una sola celda, no la superficie de la celda. También debe recordarse que el tamaño de la celda se almacena en las unidades de mapa del juego de datos.

Puede determinarse automáticamente el número de hileras y columnas por la combinación de tamaño de celda y coordenadas limitantes. O el número de hileras y columnas puede determinarse manualmente, en cual caso el tamaño de la celda cambiará para acomodar el nuevo número de hileras y columnas.

Análisis de la grilla

Las funciones analíticas 'raster' son realizadas accediendo a funciones contenidas dentro de los menús ANALYSIS y SURFACE mientras está activa la extensión 'Analista espacial'. En la próxima sección se describirán varios tipos de análisis 'raster'. El análisis 'raster' que usa múltiples grillas es posible por el referenciamiento espacial de grillas a un espacio de coordenadas comunes.

Para la mayoría de las funciones de grilla, que no sean las que simplemente identifican un grupo seleccionado de celdas, las operaciones toman el formato conceptual de una expresión algebraica. Las afirmaciones de álgebra de mapas y otras funciones analíticas son creadas usando herramientas especiales, tales como las herramientas MAP CALCULATOR y MAP QUERY. El calculador de mapas o MAP CALCULATOR contiene controles para

seleccionar estratos o 'Layers' (que se pueden considerar como valores en la expresión de álgebra de mapas), números y operadores. Hay distintas clases de operadores (aritméticos, relacionales, Booleanos, logarítmicos, trigonométricos, potencias). El área de expresión es donde se construye la expresión del álgebra de mapas, o haciendo clic en partes del GUI, o escribiendo una expresión con una sintaxis (Avenue-syntax) válida. La salida o resultado del cálculo de mapa es una grilla temporaria cuyo nombre se ve en la barra del título del Map Calculator (Figura 16).

Georeferenciamiento

El término georeferenciamiento se refiere al proceso de asignar información de ubicación a datos geográficos. El requisito primario de un georeferenciamiento es que sea único para que no haya confusión acerca de la ubicación que se georeferencia; y que su significado sea compartido por todos los que están trabajando con la información. Además, un georeferenciamiento debe persistir a lo largo del tiempo. En todos los casos las georeferencias se basan en algún tipo de sistema de coordenadas para definir la ubicación de los puntos en el espacio bidimensional o tridimensional.

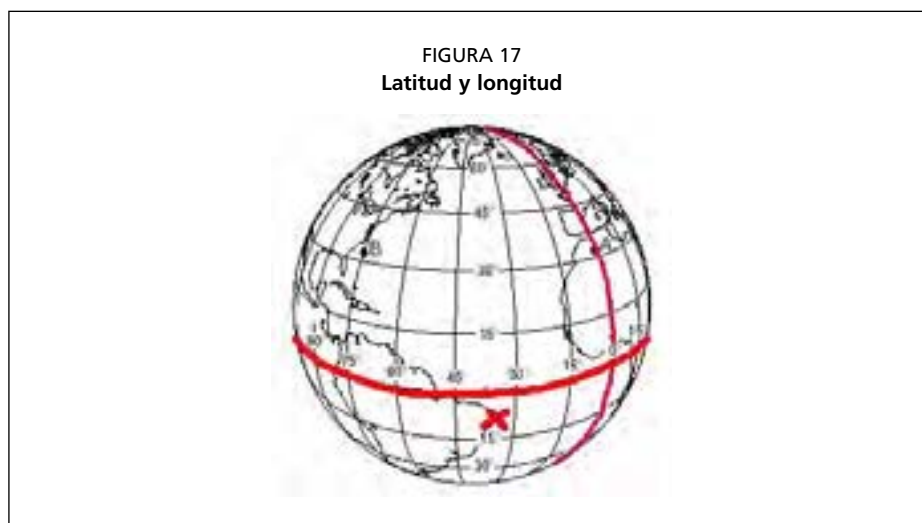
René Descartes (1596 - 1650) introdujo sistemas de coordenadas basadas en ejes ortogonales (a ángulo recto). Estos sistemas bidimensionales y tridimensionales usados en geometría analítica frecuentemente se conocen como sistemas cartesianos. Sistemas similares basados en ángulos desde la línea de inicio se conocen como sistemas polares. Antes de analizar los diferentes tipos de sistemas de coordenadas usadas en geografía, se suministra algo de información básica sobre elipsoides y proyecciones de mapas.

PROYECCIONES

El mejor modelo de la Tierra sería una esfera tridimensional que tuviera la misma forma que la Tierra. Con frecuencia se usan globos esféricos con este propósito. Sin embargo, los globos tienen varios inconvenientes: (1) los globos son grandes y poco maniobrables, (2) generalmente son de una escala que no es apropiada para los propósitos para los cuales se usan la mayoría de los mapas, y (3) generalmente se quiere ver más detalle que lo que es posible mostrar en un globo. Además, los equipos de medición estándar no pueden usarse para medir distancias en una esfera, ya que se han construido para usar en superficies planas.

El sistema de coordenadas esféricas de latitud-longitud expresa posiciones sobre la superficie de la Tierra en términos de ángulo más bien que coordenadas este y norte (cartesianas planas). Usando este sistema, las líneas horizontales o este-oeste son líneas de igual latitud o paralelas. Las líneas verticales norte-sur son líneas de igual longitud o meridianos. Estas líneas cubren todo el globo y forman una red en grilla llamada graticula. La línea de la latitud a mitad de camino entre los polos es latitud cero y se llama Ecuador. El eje vertical, que define la línea de longitud cero, se llama primer meridiano. Para la mayoría de los sistemas de coordenadas geográficas, el primer meridiano es la longitud que pasa por Greenwich en el Reino Unido. Otros países usan primeros meridianos que pasan por Berna, Bogotá, y París.

El punto de intersección del Ecuador y el primer meridiano define el Origen (0,0). La esfera Tierra está dividida entonces en cuatro cuadrantes geográficos basados en las lecturas de compás desde el origen. Por encima y por debajo del Ecuador están el Norte y el Sur, y a la izquierda y a la derecha del primer meridiano están el Oeste y el Este. La latitud y la longitud se miden tradicionalmente en grados decimales o en grados minutos y segundos (DMS) (Figura 17).



Las latitudes se miden en relación al Ecuador y van de -90° en el Polo Sur a $+90^\circ$ en el Polo Norte. La longitud se mide con relación al primer meridiano (que se ve como una línea roja que corre de norte a sur en la Figura 17) como positiva, hasta 180° , cuando se viaja hacia al este y como negativa, hasta -180° , cuando se viaja hacia el oeste. Si el primer meridiano está en Greenwich, entonces el punto más oriental de Sudamérica (marcado con x en la Figura 17) tiene una latitud de aproximadamente -7° (negativa, porque está al sur del Ecuador) y una longitud de aproximadamente -37° (negativa, porque está al oeste del primer meridiano de Greenwich). La latitud y la longitud de este punto se escribirían S 7° O 37° .

Cuando la forma de la Tierra se basa en el 'WGS 84 Elipsoid' un grado de latitud en el Ecuador es igual a 110,57 kilómetros. En los polos, un grado de latitud es igual a 111,69 kilómetros. Un grado de longitud en el Ecuador es igual a 111,05 kilómetros. A 60° N un grado de longitud es igual a 55,52 kilómetros. Note que:

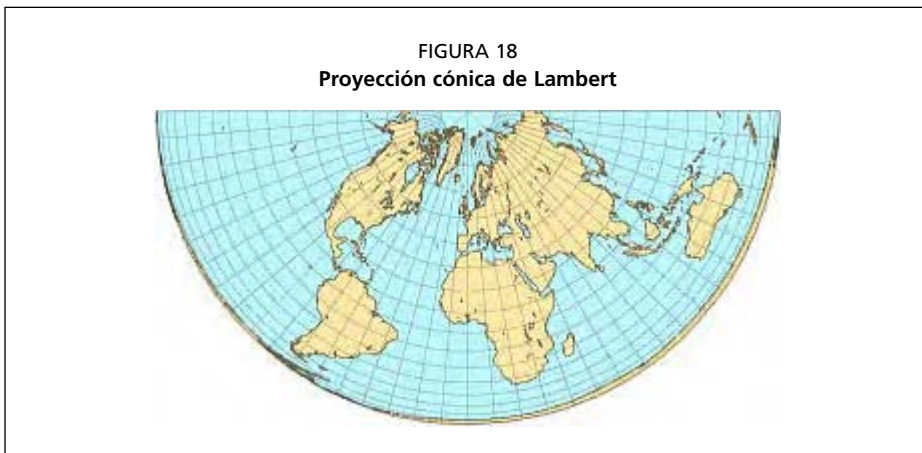
- Se dan los valores de latitud en primer lugar, luego los de longitud (recordar que 'latitud' está antes que 'longitud' en orden alfabético)
- Use grados decimales en lugar de grados, minutos y segundos

Las proyecciones de mapas son juegos de modelos matemáticos que transforman las coordenadas esféricas (tales como latitud y longitud) en coordenadas planas. Los sistemas de coordenadas cartesianas asignan dos coordenadas a cada punto en una superficie plana al medir la distancia desde un origen paralelo a dos ejes dibujados en ángulo recto. Estos ejes con frecuencia se llaman x e y, y las coordenadas asociadas se llaman coordenadas x e y, respectivamente. Dado que es común alinear el eje y con el Norte en aplicaciones geográficas, las coordenadas de una proyección en una hoja plana con frecuencia se denominan del este y del norte. Los tipos básicos de proyecciones son cónicas, cilíndricas y planas.

Proyecciones cónicas

En el caso cónico la Tierra se proyecta sobre un cono tangente o secante que luego se corta a lo largo y se coloca sobre una superficie plana. Los paralelos (líneas de latitud), se representan por arcos circulares concéntricos, y los meridianos (líneas de longitud), por líneas rec-

FIGURA 18
Proyección cónica de Lambert



tas, radiantes, separadas por espacios iguales. Este tipo de proyección es usado para efectuar mapas de regiones de latitud media, tales como Canadá y Estados Unidos. El resultado tiene una menor distorsión global de las superficies con tierra y agua. La proyección cónica conforme de Lambert es una versión comúnmente usada del tipo cónico (Figura 18).

Proyecciones cilíndricas

En el caso de las proyecciones cilíndricas, la Tierra se proyecta sobre un cilindro tangente o secante que también se corta a lo largo y se coloca sobre una superficie plana. El resultado es una red con espacios iguales de meridianos derechos, verticales. Una línea recta entre dos puntos cualquiera en esta proyección sigue una sola dirección o sentido, llamada una línea de rumbo loxodrómico. Esta característica hace útil a la proyección cilíndrica en la construcción de cartas de navegación. Cuando se usa el cilindro como una superficie para proyectar a toda la Tierra en un único mapa, hay distorsión significativa de las latitudes de mayor valor, los paralelos se separan más y los polos no pueden mostrarse. La proyección Mercator, es el ejemplo más conocido de esta clase y es una de las primeras proyecciones (circa 1569) (Figura 19).

Proyecciones planas o azimutales

Con la proyección plana, una porción de la superficie de la Tierra se transforma desde un punto de vista de la perspectiva en una superficie plana. En el caso polar, los paralelos se representan por círculos concéntricos que comparten un punto de origen común desde el cual irradian los meridianos, espaciados a ángulo recto. Esta proyección muestra la dirección verdadera solamente entre el punto central y las otras ubicaciones en el mapa. Aunque estas proyecciones se usan con más frecuencia para confeccionar mapas de regiones polares, pueden centrarse en cualquier punto de la superficie de la Tierra. La proyección gnomónica es un tipo de proyección plana en la cual cualquier círculo grande aparece como una línea recta. Un gran círculo es el círculo creado cuando un plano corta a la Tierra a través de su centro. Este término se usa con mayor frecuencia en la expresión 'ruta del gran círculo', que es el camino más corto entre dos puntos de la superficie de la Tierra (Figura 20).

FIGURA 19
Proyección cilíndrica equidistante



FIGURA 20
Proyección azimutal, meridiano central 70°



Es apropiado elegir una proyección en base las propiedades de las mediciones de más importancia en el trabajo que se está realizando. Por ejemplo, si es muy importante obtener medidas de superficie exactas (por ejemplo, para determinar el área de dispersión de una especie animal), sería conveniente elegir una proyección de igual superficie.

Datos o 'datums'

La forma de la Tierra es un esferoide (una esfera levemente aplanada) más bien que una esfera perfecta. Para determinar esto, se han realizado grandes cantidades de ensayos a lo largo de los años, los cuales han resultado en una gran cantidad de definiciones elipsoides (se pueden ver ejemplos en la Tabla 2). El sistema de coordenadas generalizado centrado en la tierra (WGS84) provee una buena solución global para todos los sitios en la Tierra. Sin embargo, para mediciones locales específicas, WGS84 no puede dar cuenta de variaciones locales. Para esto se han desarrollado datos o 'datums' locales. El datum local de América del Norte (North American Datum) de 1927 (NAD27) calza más estrechamente sobre la superficie de la Tierra en el cuadrante superior izquierdo de la sección transversal de la Tierra. NAD27 solamente calza este cuadrante, de modo que su uso en otra parte de la

TABLA 2
Definiciones elipsoides comunes usadas en geografía

Título	Longitud del eje mayor (metros)	Aplanamiento
Airy 1830	6377563	299,325
Australian National	6378160	298,250
Bessel 1841	6377483	299,153
Clarke 1866	6378206	294,979
Clarke 1880	6378249	293,465
Helmert 1906	6378200	298,300
GRS 80	6378137	298,257
South American 1969	6378160	298,250
WGS 72	6378135	298,260
WGS 84	6378137	298,257

Tierra originará errores serios de medición. Para confeccionar mapas de Norteamérica, para obtener las mediciones y ubicaciones más exactas se usan, NAD27 o NAD83/91.

Dato o 'Datum' es un término que uno puede encontrar cuando se trata de proyecciones de mapas. Un dato o 'datum' define la posición del esferoide con relación al centro de la Tierra. Con frecuencia se usa datos o 'datums' locales para alinear un esferoide dado más estrechamente con la superficie de la Tierra en una zona en especial. No es apropiado usar un dato o 'datum' local fuera de la zona para la cual se diseñó.

Sistemas de coordenadas

Una vez proyectados los datos geográficos sobre una superficie plana, se deben hacer referencias de las características utilizando un sistema de coordenadas planas. El sistema geográfico (latitud-longitud) que se basa en ángulos medidos en una esfera, no es válido para mediciones en una superficie plana. Por lo tanto, se usa un sistema de coordenadas cartesianas, en el cual el origen (0, 0) se encuentra hacia la parte inferior izquierda de la sección plana. El punto verdadero de origen (0, 0) puede no estar próximo a los datos del mapa que se está usando. Se miden las coordenadas desde el punto de origen. Sin embargo, con frecuencia se usan falsos corrimientos o desviaciones hacia el este y falsos corrimientos o desviaciones hacia el norte, que efectivamente corren el origen a un origen distinto en el plano. Esto se usa para minimizar la posibilidad de usar valores negativos de coordenadas (para facilitar los cálculos de distancia y superficie) y para disminuir el valor absoluto de las coordenadas (para que los valores sean más fáciles de leer, transcribir y calcular). Los sistemas de georeferenciamiento se pueden dividir en dos grupos:

- Sistemas globales, que se usan para definir la posición de todas las ubicaciones o puntos en la superficie de la Tierra.
- Sistemas regionales, que se definen para áreas específicas, con frecuencia países, estados o provincias.

Cualesquiera sea el sistema de coordenadas usadas, debe poseer las siguientes características:

TABLA 3
Sistemas de georeferenciamiento comúnmente usados

Sistema	Dominio	Resolución	Ejemplo
Nombre del lugar	Variará	Varía según tipo de característica	Sydney, Canadá Sydney, Australia
Dirección postal	Global	Tamaño de lugar con un código postal – generalmente una casa o edificio, pero puede ser un establecimiento agropecuario o granja grande	105 Woodham Lane Addlestone, Surrey
Código postal	País	Zona ocupada por un número definido de buzones	El código postal de Addlestone, Surrey, UK, Reino Unido es KT15 3NB
Característica telefónica de la zona	País	Varía de país en país	Si usted está llamando por teléfono a una residencia en Nueva Zelanda con un número de teléfono que comienza con un 06, usted sabe que el lugar al cual está llamando está ubicado en la parte sur de la isla norte.
Sistema catastral	Autoridad inmobiliaria local	Área ocupada por una sola parcela de tierra	Un mapa de propiedad de la tierra que se mantiene con los propósitos de cobrar impuestos o crear un registro público de propiedad de la tierra.
Latitud y longitud	Global	Infinito	E113°59'53.0", N22°22'36.6"
Coordenadas del plano estatal	Únicos para el estado o país	Infinito	Grilla nacional del Reino Unido

- Debe ser único, para que no haya ninguna confusión sobre la ubicación o sitio que se referencia;
- Su significado debe ser compartido entre todos los que trabajen con la información;
- Debe persistir con el correr del tiempo.

La Tabla 3 lista y describe algunos de los sistemas de georeferenciamiento más comúnmente usados.

La proyección transversa Mercator

La proyección más simple de todas es la proyección transversa Mercator en la cual la longitud se toma en x y la latitud en y. El resultado es una imagen muy distorsionada de la Tierra, con los polos extendiéndose en toda la parte superior e inferior del mapa (Figura 21). La proyección transversa Mercator posee meridianos rectos y paralelos que los cortan en ángulo recto. La escala es verdadera en el Ecuador o en dos paralelos estándar equidistantes del Ecuador.

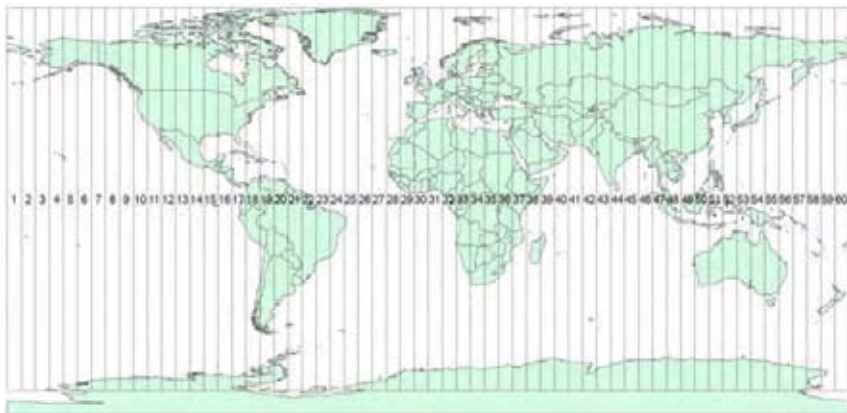
El sistema transverso Mercator universal

El sistema transverso Mercator universal (UTM) se basa en la proyección transversa Mercator y con frecuencia se usa en aplicaciones militares y en juegos de datos mundiales o

FIGURA 21
Proyección transversa Mercator



FIGURA 22
Proyección universal transversa Mercator (UTM)



nacionales. Con el sistema UTM la Tierra se divide de este a oeste en 60 zonas (llamadas números de zonas UTM en los cuales los números van de 1 a 60), en las cuales a cada zona le corresponde un ancho de 6° (Figura 22). Se confecciona un mapa de cada zona con la proyección transversa Mercator con un meridiano central en el centro de la zona. El número de zona UTM 1 se aplica a las longitudes desde O 180° a O 174° (una línea trazada entre la Rusia y Alaska, que atraviesa el Océano Pacífico).

Cada zona UTM se divide de norte a sur en designadores. Hay 20 zonas latitudinales

entre las latitudes 80°S a 84°N que se designan con las letras C a X, con omisión de la letra O. Cada uno de estas zonas esta 8 grados Sur-Norte, menos la zona X que está 12 grados Sur-Norte. Se hace referencia a las áreas por medio del número de zona longitudinal seguido por la letra de zona latitudinal. Por ejemplo, la punta sur de Sudamérica es 19F. Ubicaciones o puntos dentro de una zona UTM se miden en metros al este del meridiano central y al norte del Ecuador. Sin embargo las derivaciones hacia el este (eastings) aumentan hacia el este desde el meridiano central que tiene un falso este de 500 km de modo que solamente se miden los estes positivos en cualquier punto de la zona. Los corrimientos o derivaciones hacia el norte aumentan hacia el norte desde el Ecuador y el valor del Ecuador difiere en cada hemisferio. En el hemisferio Norte el Ecuador tiene una derivación hacia el norte de 0. Para sitios en el hemisferio sur el Ecuador tiene una falsa derivación hacia el norte de 10.000 km.

Debido a que hay 60 diferentes proyecciones en el sistema UTM, los mapas no calzan en los límites. Las zonas se transforman en tal problema en las latitudes elevadas que el sistema UTM normalmente se reemplaza por proyecciones azimutales centradas en cada polo por encima de la latitud de 80° (estos se conocen como sistemas estereográficos polares universales o Universal Polar Stereographic systems, UPS).

Las coordenadas UTM son fácilmente reconocibles porque comúnmente están formados por un entero de 6 dígitos y una letra (por ejemplo: 563257E, 4467843N). Son útiles para el análisis espacial de grandes áreas porque las distancias se pueden calcular para puntos dentro de la misma zona con poco error (en general no más de 0,04%). Las grillas UTM se encuentran marcadas en muchos mapas topográficos y muchos países proyectan sus mapas topográficos usando UTM, de modo que es fácil obtener coordenadas UTM de los mapas para su ingreso a los juegos de datos digitales.

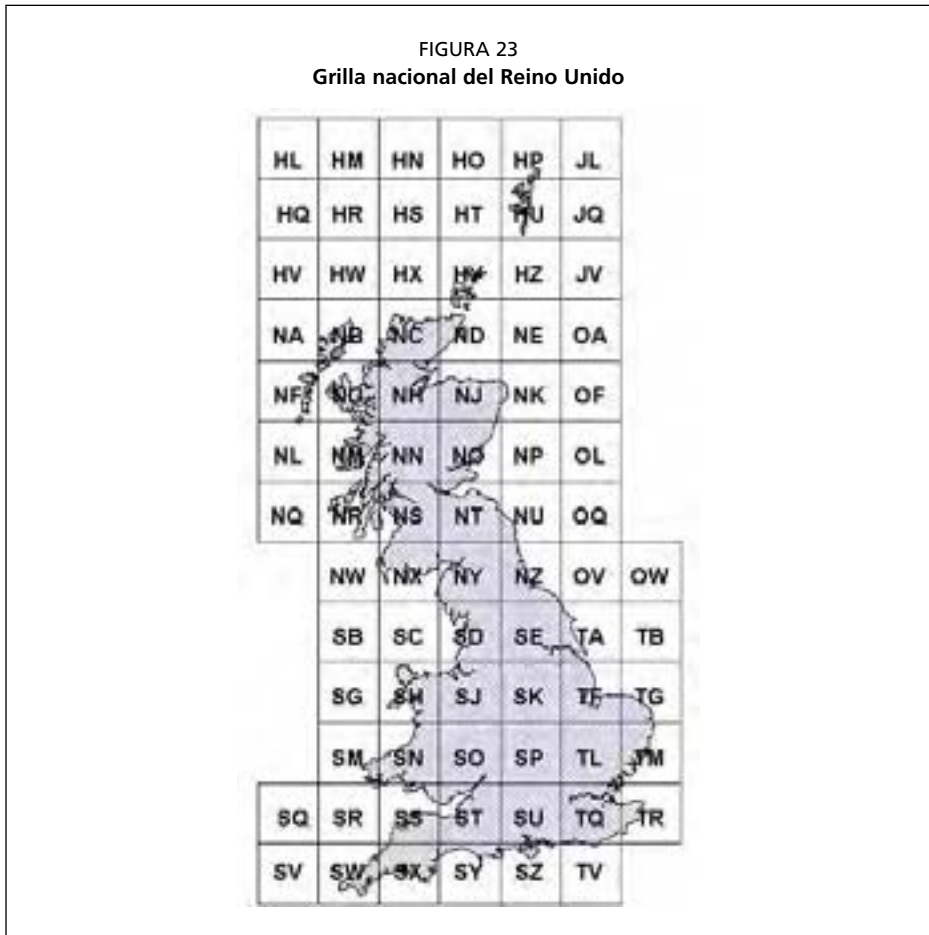
Sistemas de grilla transversos Mercator

Muchos países han definido sus sistemas de grillas en base a las coordenadas transversas Mercator que cubren su territorio. La grilla nacional británica (British National Grid) (Figura 23) es un ejemplo de un sistema de grilla nacional confeccionado en base a la proyección transversa Mercator.

La grilla nacional británica es administrada por el Ordnance Survey of Great Britain y es un sistema de gerefencia único de cada sitio o punto de Inglaterra, Escocia y Gales. El verdadero origen del sistema se encuentra en N 49° y O 2°. Las grillas son de 100 kilómetros de Este a Oeste y 100 kilómetros de Norte a Sur. Las primeras dos letras de una referencia de la grilla nacional británica define en cual de las grillas se encuentra la ubicación o sitio (Figura 23). Los tres dígitos siguientes representan múltiplos de 100 metros y definen la coordenada con derivación este (en relación al origen de la grilla respectiva). Los últimos tres dígitos (nuevamente en múltiplos de 100 metros) definen la coordenada con derivación norte en relación al origen de la grilla respectiva.

Si se toma, por ejemplo, la georeferencia SP254186 de la grilla nacional británica, el origen de la grilla SP (es decir, su vértice sudoeste) está 400 kilómetros al este y 200 kilómetros al norte del origen del mapa (N 49° y O 2°, el vértice sudoeste de la grilla rotulada SV en la Figura 23). LA ubicación o sitio está $(254 \times 100) / 1000 = 25,4$ kilómetros al este y $(186 \times 100) / 1000 = 18,6$ kilómetros al norte del origen de la grilla SP. Las coordenadas en la grilla para esta ubicación o sitio son 4254000, 218600.

FIGURA 23
Grilla nacional del Reino Unido

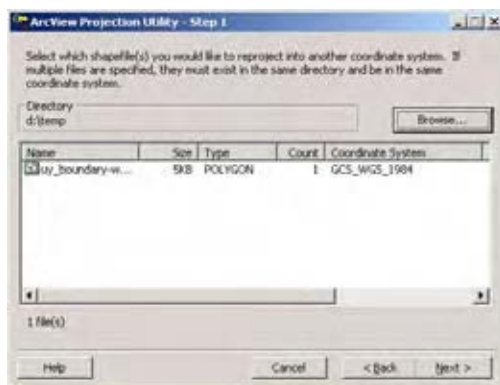


Coordenadas planas de cada estado de los EE.UU.

En los EE.UU. cada estado tiene su propio sistema de coordenadas. Los sistemas planos estatales se desarrollaron para poder proveer sistemas de referencia locales que estuvieran vinculados con un dato o datum nacional. En los EE.UU. el sistema plano estatal (State Plane System) de 1927 se desarrolló en la década de 1930 y se basó en el dato Norteamericano de 1927 (North American Datum 1927, NAD-27). Las coordenadas NAD-27 se encuentran en unidades inglesas (pies).

Un catastro se define como el mapa de propiedad de la tierra en un área, y se mantiene con propósitos de cobrar impuestos a la tierra o crear un registro público de propiedad de la tierra. El proceso de subdivisión en nuevas parcelas de tierra al dividir parcelas existentes. Las parcelas de tierra en un catastro con frecuencia poseen una identificación única por medio de un número o código que son razonablemente persistentes a lo largo del tiempo, satisfaciendo de esta forma los requisitos de un sistema de georeferenciamiento. Sin embargo, los códigos de identificación tienden a no ser ampliamente conocidos fuera de las jurisdicciones en las cuales se usan y a no usar una secuencia de interpretación general. En consecuencia raramente se usan salvo con propósitos administrativos.

FIGURA 24
Primer paso para la definición de la proyección deseada:
indicar el archivo shape que se desea reproyectar



ARCVIEW EJERCICIO 3

Si los datos espaciales en su vista se encuentran en grados decimales quizás quiera considerar reproyectar sus datos. No es necesario que vuelva a proyectar sus datos, pero debe saber que ArcView dibujará la vista tratando a las coordenadas de latitud y longitud como coordenadas planas x e y. Si su proyecto no requiere un elevado nivel de exactitud de ubicaciones o sitios y si no va a realizar cuestionamientos en base a ubicación y distancia, no será necesario volver a proyectar su mapa. Para todas las otras aplicaciones se recomienda volver a proyectar el mapa.

En epidemiología es usual usar la proyección UTM porque se pueden computar con exactitud las distancias entre puntos. Re-proyectando datos desde grados decimales a UTM es por lo tanto una tarea común. Aquí se brindan instrucciones paso por paso para reproyectar datos que se encuentran en grados decimales a formato UTM. Con los propósitos de realizar el ejercicio se trabajará con un mapa de Uruguay. El propósito del ejercicio es reproyectar los datos en formato UTM (zona 21S).

Con la ventana del proyecto activa, se debe cargar el 'utility wizard' de la proyección usando archivo – extensiones o FILE - EXTENSIONS. Active la vista o 'view' y seleccione 'ArcView Projection Utility' del menú FILE. Seleccione el archivo 'UY_boundary-WGS84.shp' para reprojectarlo y haga clic en el botón 'Next' (Figura 24).

Complete el 'Input' para el archivo de forma o 'shape' a ser reprojectado: sistema de coordenadas, datos o 'datum', y unidades. Si se encuentra presente un archivo de proyección (*.PRJ) para el archivo 'shape' de entrada la utilidad de reproyección leerá los detalles a partir del archivo de proyección y proveerá valores apropiados para el formulario de nombre (Figura 25). Haga clic en el botón 'Next'.

Complete el nombre y los parámetros de salida, tal como se ve en la (Figura 26). Con esto se le está ordenando al programa que reprojecte el mapa de Uruguay en formato UTM. En 'Coordinate System Type' seleccione 'proyectada' (Projected) y en el nombre de la proyección seleccione 'WGS_1972_UTM_Zone21S[32321]'.

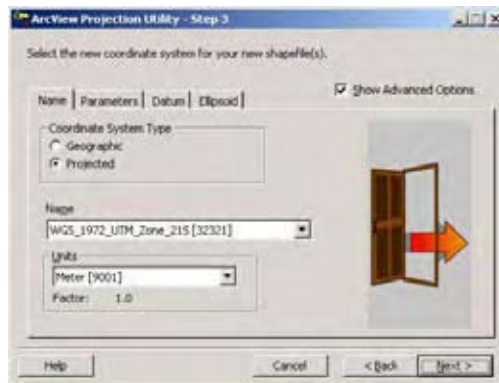
FIGURA 25

Segundo paso para la definición de la proyección deseada: definir el sistema de coordenadas que se desea aplicar al archivo shape indicado en el primer paso



FIGURA 26

Tercer paso para la definición de la proyección deseada: definir el nombre del sistema de coordenadas del archivo shape convertido



El paso final es especificar el nombre del nuevo archivo shape, con la nueva proyección. Busque una ubicación apropiada, especifique el nombre del archivo convertido (por ej. Uruguay_boundary-UTM21S.shp) y haga clic en 'Next' y 'Finish' para completar la tarea. Aparecerá una ventana mostrando el progreso del proceso de conversión (esto puede llevar cierto tiempo si sus archivos de mapa son grandes y su computadora es lenta).

Cree una nueva vista y agréguele el tema Uruguay_boundary-UTM21S. Compare el mapa de Uruguay con proyección UTM y el del mismo país proyectado en grados decimales.

PARTE 2

El sistema propuesto

Introducción

La producción avícola comercial en los países de América Latina y el Caribe manifiesta un constante crecimiento. Esto es importante desde varios aspectos, como ser el impulso al desarrollo económico, el aporte de mano de obra y el fundamental papel de provisión de carne y huevo a la población. Por lo que resulta fundamental preservar las condiciones óptimas de la sanidad avícola en los ámbitos nacional y regional.

En la actualidad el Continente Americano se encuentra libre de la influenza aviar altamente patógena (IAAP) debida al virus de influenza tipo A subtipo H5N1. Esta enfermedad viene diseminándose rápidamente a nivel mundial desde el año 2003, demostrando ser una de las más importantes enfermedades transfronterizas de los animales. Actualmente constituye una emergencia sanitaria internacional en extensas regiones de Asia, Medio Oriente, África y Europa. Provoca graves pérdidas en la producción avícola, reduce el comercio internacional de aves y sus productos, con el consiguiente desempleo de las personas vinculadas a la avicultura y afecta la seguridad alimentaria de las poblaciones de los países afectados.

Hasta septiembre de 2007 se ha confirmado la muerte de 200 personas en 11 de los 12 países donde se detectó la infección en humanos. Sin embargo, la transmisión sostenida del virus entre humanos aún no se ha producido, por lo que luchar contra la enfermedad en las aves domésticas es esencial para reducir la cantidad de virus circulante, disminuyendo con ello el riesgo de contagio al ser humano y la amenaza de una posible pandemia de influenza humana.

Aunque el subtipo H5N1 de la IAAP no se encuentre presente en el Continente Americano, otros subtipos virales de alta patogenicidad se han presentado en México en 1994 (H5N2), Chile en 2002 (H7N3), Canadá (H7N3) y Estados Unidos (H5N2) en 2004, quedando en evidencia la factibilidad para que este tipo de virus infecte a las poblaciones de aves de la región, pero también la capacidad de algunos países para detectar, controlar y erradicar la enfermedad.

Vigilancia epidemiológica

En el Anexo 3.8.1 del Código Sanitario para los Animales Terrestres de la OIE se define a la vigilancia epidemiológica como la obtención, la verificación y el análisis sistemático y continuo de datos y la difusión rápida de la información a quienes la necesiten para que puedan tomar medidas (OIE, 2007).

En términos generales, sus objetivos son:

- a. demostrar la ausencia de enfermedad o infección
- b. detectar la aparición de una enfermedad o infección (detección temprana de enfermedades exóticas o emergentes)
- c. determinar la distribución temporal y/o espacial de una enfermedad o infección

La vigilancia puede ser clasificada de acuerdo a diferentes criterios, entre los cuales se encuentran los siguientes:

Según los medios utilizados para recopilar los datos: vigilancia pasiva o activa. En la vigilancia pasiva el principal usuario de la información, generalmente los servicios veterinarios oficiales, no toma acciones para iniciar la recolección de los datos. Los mismos provienen de distintas fuentes, como ser ganaderos, veterinarios privados, plantas de faena y otros. Comúnmente son recolectados mediante sistemas de notificación o declaración de enfermedades. En la vigilancia activa, por el contrario, el usuario de la información toma acciones para iniciar la recolección de los datos. Puede ser mediante la aplicación de estudios estructurados aleatorios o no aleatorios.

Según su enfoque, la vigilancia puede clasificarse como específica o general. En la primera las acciones están orientadas al estudio de una enfermedad o agente en particular, mientras que en la segunda se intenta detectar la presencia de enfermedades o agentes de todo tipo.

Según la manera de seleccionar las unidades en estudio la vigilancia se basa en estudios estructurados no aleatorios, o en estudios estructurados aleatorios. Los estudios estructurados no aleatorios pueden ser de diversos tipos, y es aconsejable utilizar varios de ellos a la vez. Pueden estar orientados a demostrar ausencia de enfermedad, a la detección precoz, a la estimación de prevalencia o incidencia, etc. Entre ellos se encuentran los sistemas de notificación de enfermedades, los programas de control, los análisis o estudios específicos, las inspecciones ante y post mortem, el registro de los resultados de laboratorio y otros. Los estudios estructurados aleatorios incluyen a los censos y a los muestreos probabilísticos.

Vigilancia epidemiológica de la influenza aviar

La OIE define a la influenza aviar de denuncia obligatoria como la infección de las aves de corral por cualquier virus de influenza de tipo A perteneciente a los subtipos H5 o H7 o por cualquier virus de influenza aviar con un índice de patogenicidad intravenosa superior a 1.2 (o que cause una mortalidad de un 75% de los casos por lo menos), en el Capítulo 2.7.12 del Código Sanitario para los Animales Terrestres (OIE, 2007).

Además, en el Anexo 3.8.9 del mismo código se presentan las directrices para la Vigilancia de la enfermedad. La OIE sugiere que los Servicios Veterinarios Oficiales deberán contar con un sistema de vigilancia para la IAAP, en el cual se hayan establecido procedimientos para: a- detectar casos clínicos compatibles; b- tomar muestras y remitirlas rápidamente a un laboratorio capaz de diagnosticar la enfermedad; c- manejar un sistema de registro, gestión y análisis de datos de diagnóstico y vigilancia. El programa de vigilancia de la IAAP deberá incluir un sistema de alerta inmediata que abarque a toda la cadena de producción. Por otro lado, se deberán implementar regularmente pruebas serológicas y virológicas en los grupos de animales de alto riesgo, como ser los situados en zonas fronterizas o en áreas donde el contacto con aves acuáticas silvestres existe.

Vigilancia basada en evaluación de riesgo

La vigilancia epidemiológica tradicional se implementa en toda la población susceptible de un determinado territorio. En cambio, la vigilancia epidemiológica basada en la evaluación del riesgo de exposición se focaliza en los estratos de la población que presentan una mayor probabilidad de presentar el evento de interés.

Es un concepto relativamente reciente, que fue desarrollado originalmente en referencia a los programas de vigilancia de encefalitis espongiforme bovina (BSE) (Doherr *et al.*, 2001; Doherr y Audigé, 2001; Doherr *et al.*, 2002; Mornat *et al.*, 2002).

Recientemente ha sido definida por Stärk *et al.* (2006) como un programa de vigilancia en cuyo diseño se ha evaluado el riesgo de exposición y de presentación de un evento junto con enfoques tradicionales, para lograr una efectiva recolección de datos con mayor eficiencia (menor relación costo/beneficio).

La vigilancia epidemiológica de IAAP basada en evaluación del riesgo es recomendada por la OIE en el Anexo 3.8.9 del Código Sanitario para los Animales Terrestres (OIE, 2007).

Sistema de informacion geografica para la identificacion de areas de riesgo para la introduccion y diseminacion del virus de la IAAP

FINALIDAD

Mejorar la efectividad de los sistemas de vigilancia epidemiológica de IAAP, de manera de favorecer la detección temprana del agente en caso de producirse su ingreso, y a la vez mejorar su eficiencia en términos de costos y beneficios

OBJETIVO

Identificar las áreas de mayor riesgo para el ingreso y la difusión del virus de la IAAP

MÉTODOS

Se desarrolló un sistema de información geográfica para generar mapas de identificación de áreas de riesgo para la aparición de IAAP.

Los mapas son el resultado de la integración de varios temas o capas. A su vez, cada tema está constituido por la distribución geográfica de un único factor de riesgo.

Para la confección de los mapas y la realización de los análisis espaciales se utilizó el programa ArcView 3.2 (ESRI). El manejo de los datos se realizó mediante MS Access.

Los datos tuvieron diferentes orígenes, los cuales serán descriptos más adelante. A los fines de ejemplificar el desarrollo y los resultados del modelo se presentarán mapas y datos de Argentina. Para que el modelo pueda ser utilizado por otros usuarios se deberá contar con los datos requeridos, sabiendo que no es necesario contar con todas las capas, o que es posible agregarle algunas más.

Factores de riesgo

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

- a. el área de interés está libre de la enfermedad
- b. el virus puede ingresar mediante aves migratorias silvestres
- c. el virus puede ingresar mediante el comercio legal de aves vivas o sus productos
- d. el virus puede ingresar mediante el comercio ilegal de aves vivas o sus productos
- e. el virus puede ingresar mediante el comercio legal de aves silvestres
- f. el virus puede ingresar mediante el comercio ilegal de aves silvestres

- g. el virus puede ingresar mediante el movimiento de personas
- h. las aves domésticas de traspatio constituyen una fuente potencial de multiplicación y difusión local del virus
- i. las aves domésticas de producción comercial constituyen una fuente potencial de difusión masiva de la enfermedad
- j. las áreas donde coexisten aves migratorias silvestres, aves domésticas de traspatio y aves domésticas de producción comercial son las de mayor riesgo de aparición de la enfermedad

Muchos de estos hechos, así como buena parte de los factores de riesgo que se describirán a continuación han sido descritos, entre otros, por FAO (2004), Morris y Jackson (2005), FAO (2006) y Kilpatrick *et al.* (2006).

Frontera

Si el supuesto de que el virus no existe en el área de estudio es correcto, entonces para ingresar deberá atravesar las fronteras. Puede hacerlo vía aves migratorias silvestres, comercio legal o ilegal de animales o productos, y/o mediante el movimiento de personas. En el caso en que las áreas colindantes, por ejemplo los países limítrofes, presenten el mismo estatus sanitario de libre, las zonas fronterizas representarán un riesgo relativamente bajo. Si un país fronterizo realiza importaciones de productos procedentes de zonas infectadas, entonces el riesgo de la zona fronteriza se verá incrementado. Si en un país fronterizo está presente el virus, el riesgo en la zona fronteriza será lógicamente mayor.

Independientemente de las situaciones expuestas anteriormente, se tendrá un mapa que presentará al área en estudio dividida en dos partes: a- con el factor de riesgo ausente; b- con el factor de riesgo presente. La importancia relativa de este factor de riesgo será ajustada de la manera que se indicará posteriormente.

En la Figura 27 puede verse un mapa de Argentina mostrando su frontera, y otro con un área de 50 km de ancho hacia el interior de la misma, definiendo la presencia del factor de riesgo. El mapa forma parte de los archivos provistos por ESRI conjuntamente con el paquete ArcView. El área de frontera fue realizado con ArcView, utilizando la función "Create buffer" del menú "Theme", definiendo una distancia de 50 km hacia el interior del tema.

Aeropuertos

Otra vía potencial de ingreso del virus es a través de los aeropuertos, por donde se movilizan no sólo las personas, sino también los productos que podrían ser portadores del agente.

Para confeccionar un mapa de los aeropuertos es necesario contar con las coordenadas geográficas de cada uno de los aeropuertos presentes en el área bajo estudio. Esto puede obtenerse mediante la utilización de un GPS, o bien por medio de búsquedas en Internet. Deberá confeccionarse una base de datos donde figure la identificación de los aeropuertos y las coordenadas de cada uno de ellos. Estos datos se agregarán al modelo sirviéndose de la función "Add Event Theme" del menú "View". De esta manera los aeropuertos constituirán un tema (o capa) nuevo en la vista. Posteriormente deberá crearse un área alrededor de cada aeropuerto, del diámetro que se considere adecuado, mediante la función "Create buffer", sobre el tema que presenta los aeropuertos.

FIGURA 27
Izquierda: Frontera argentina;
derecha: área fronteriza de 50 km de ancho

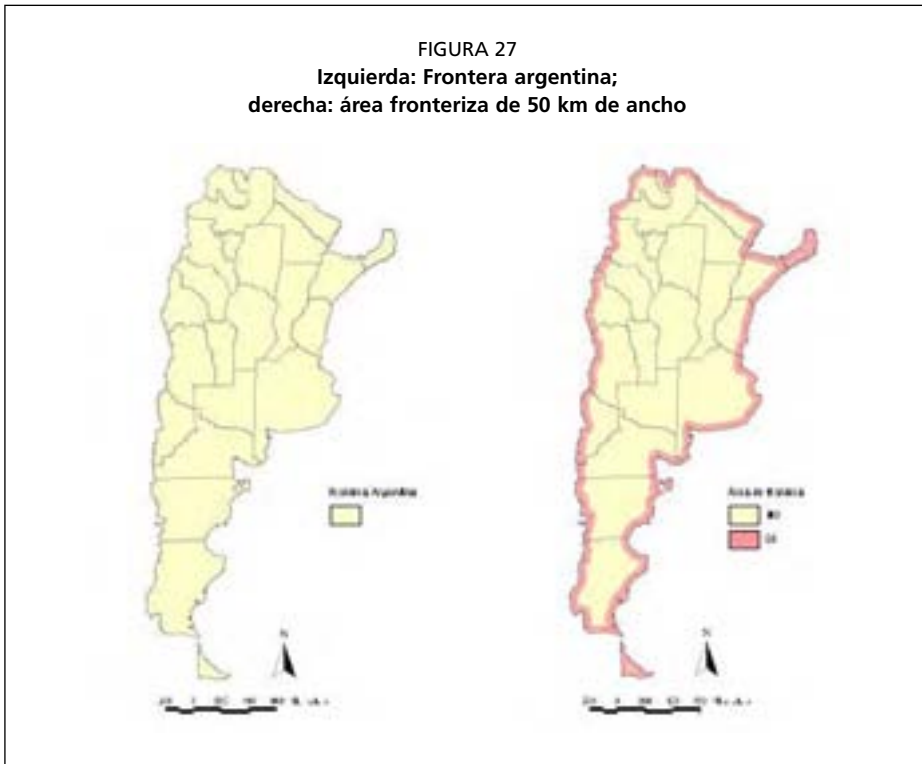
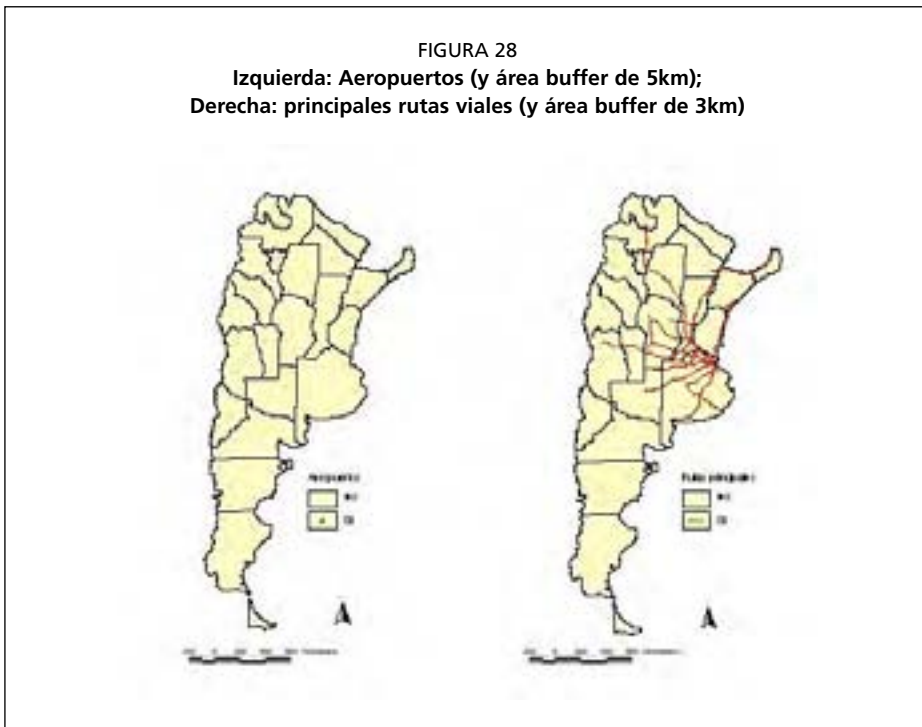


FIGURA 28
Izquierda: Aeropuertos (y área buffer de 5km);
Derecha: principales rutas viales (y área buffer de 3km)



A modo de ejemplo, en la Figura 28 se observa la distribución de los aeropuertos de Argentina, rodeados por un área de 5 km de diámetro.

Rutas

Las rutas pueden constituir una importante vía de difusión del virus de la IAAP, dado que por ellas se movilizan las cargas tanto de aves vivas como de productos. Por esta razón se las ha incluido en el modelo.

Los mapas digitales representan a las rutas en forma de segmentos. Actualmente son relativamente fácil de conseguir, ya que tanto organizaciones oficiales como privadas a digitalizados los mapas de los países. En muchos casos suelen estar disponibles en Internet.

De la totalidad de rutas y caminos existentes en el área bajo estudio deberían quedar en el modelo sólo las que se juzgen de importancia en el tema, es decir, aquellas por la que transita una parte importante de la producción avícola. Una vez que se disponga del tema con las rutas más significativas, al igual que en los casos anteriores, se deberá trazar un área del ancho que se considere apropiado a su alrededor. El ancho apropiado depende de diversos factores, como ser la cantidad y frecuencia de carga transportada, el tipo de camión (abierto o cerrado), etc.

En la Figura 28 se aprecia el mapa de la red vial principal de Argentina. Alrededor de cada ruta se ha creado una zona de 3 km de ancho.

Ríos y espejos de agua

Los ríos, espejos de agua, humedales naturales y humedales artificiales, como ser los arrozales, son sitios de elección de las aves migratorias acuáticas para asentarse durante sus migraciones. Además, pueden ser sitios de elección para otras aves silvestres, de tipo residentes anuales o migratorias locales. Cuando las condiciones ecológicas y la época del año son adecuadas es común observar en estos lugares grandes concentraciones de aves, lo cual podría facilitar la difusión del virus de la IAAP.

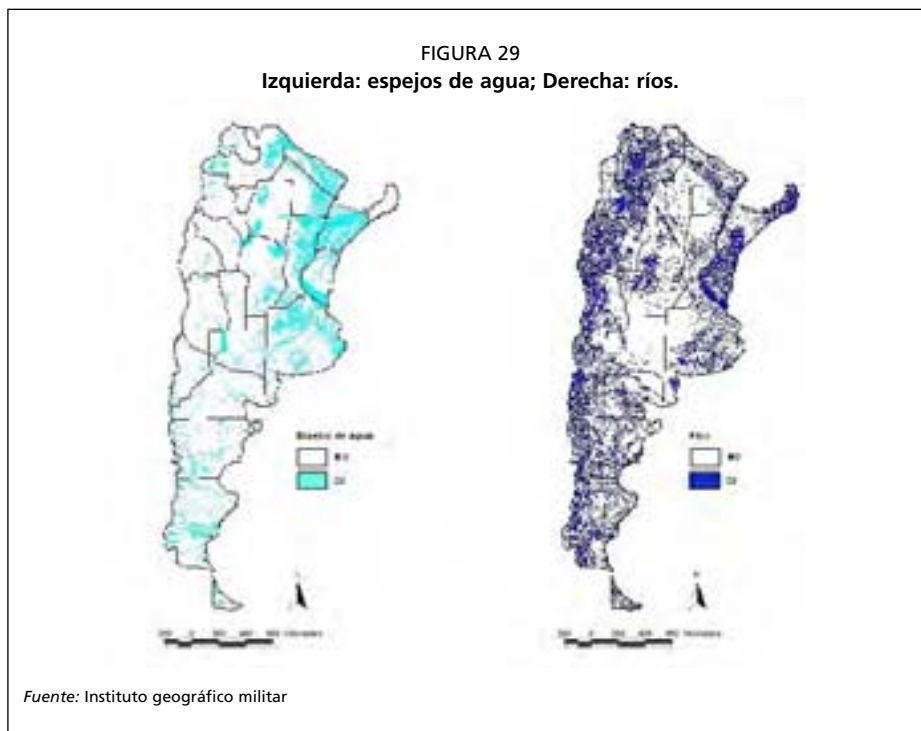
Los mapas de espejos de agua (lagos y lagunas) y de ríos deberán gestionarse ante los organismos oficiales responsables de la cartografía.

En la Figura 29 se presentan los mapas de distribución de espejos de agua y de ríos de la Argentina, generados por el Instituto Geográfico Militar, que es el organismo oficial de referencia para cartografía en el país.

Asentamientos de aves migratorias acuáticas

Es de crucial importancia que en cada país se lleven a cabo reuniones entre los veterinarios de los servicios oficiales y los principales grupos de biólogos, ornitólogos y otros profesionales expertos en la materia, con la finalidad de definir: a- las principales especies de interés; b- las rutas migratorias; c- los sitios de asentamiento de estas especies; d- las épocas en que estas especies están presentes en el país. En este sentido, el trabajo conjunto realizado por a- British Trust for Ornithology, b- Wildfowl & Wetlands Trust y c- Veterinary Laboratories Agency para el Departamento de Medio Ambiente, Alimentos y Asuntos Rurales de Gran Bretaña constituye un remarcable ejemplo (Crick *et al.*, 2006).

La recomendación de llevar a cabo este tipo de trabajos conjuntos ha sido recientemente ratificada por Wetlands International y The European Union for Bird Ringing en un informe realizado para la Comisión Europea (Atkinson *et al.*, 2006).

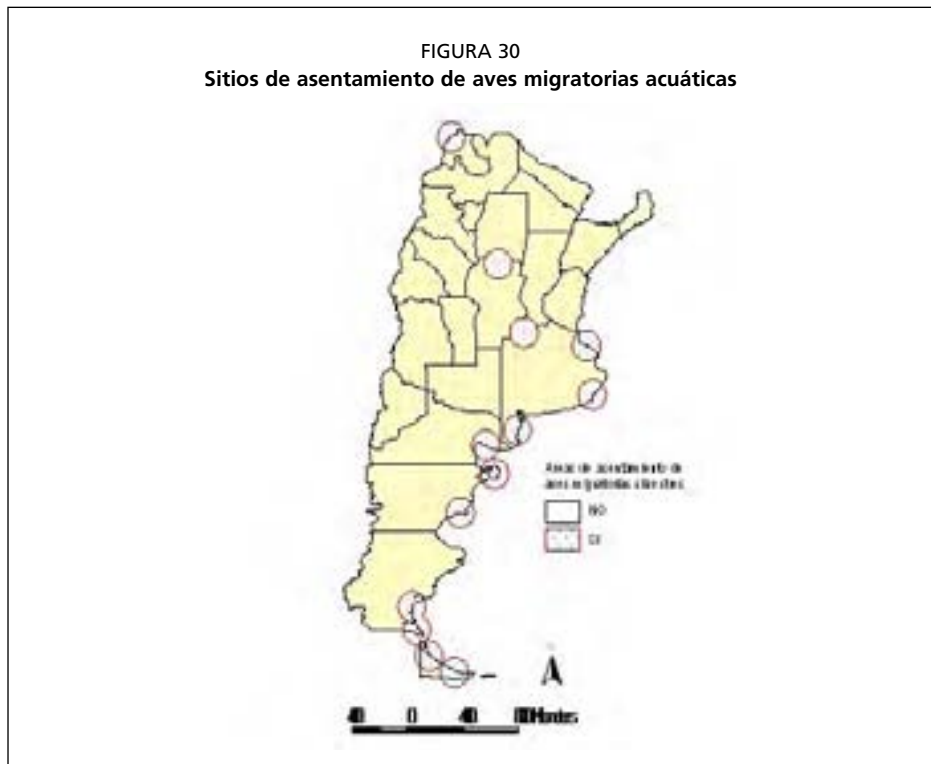


Las aves silvestres de mayor interés son las migratorias acuáticas provenientes del hemisferio norte (neárticas), que en el Cono Sur de América Latina están representadas por especies de los órdenes Anseriformes y Caradriformes. Para definir cuales son las especies de mayor interés en la epidemiología de la IAAP se toman en cuenta las siguientes características: a- habitat: la sobrevivencia del virus es mayor en agua dulce que en agua salina, por lo tanto las especies que se asientan en sitios de agua dulce son de mayor interés; b- gregarismo: las especies que viven en grupos de gran densidad tienen mayor probabilidad de transmitir el virus entre individuos; c- conformación de grupos mixtos: especies que conviven en estrecho contacto con individuos de otras especies.

Los humedales naturales son los sitios de preferencia para estas aves. Allí se ponen en contacto con otras especies de tipo residentes anuales o migratorias locales, las cuales realizan desplazamientos locales y ocasionalmente pueden contactar con aves domésticas mantenidas sin las condiciones mínimas de bioseguridad, como normalmente es el caso de las aves de traspatio.

En la Figura 30 se puede apreciar la localización de los principales sitios de asentamientos de las aves migratorias neárticas en Argentina, representadas por un punto, alrededor del cual se definió un área de 100 km de diámetro. Estas áreas fueron definidas durante un taller realizado en Buenos Aires en el año 2007, al cual asistieron expertos ornitólogos de varios países de la región, además de expertos de Wetlands International. La ubicación de estos sitios es provisoria y requiere de ajustes, los cuales serán realizados a medida que se progrese con los estudios que se están llevando a cabo actualmente.

Las aves migratorias provenientes del hemisferio norte no están presentes durante todo



el año, sino que se las encuentra en épocas muy precisas y definidas. En el caso de Argentina, comienzan a arribar a principios de octubre y permanecen en el país por un período no mayor de seis meses. A fines de marzo ya han completado la migración y entre abril y septiembre están completamente ausentes del territorio nacional.

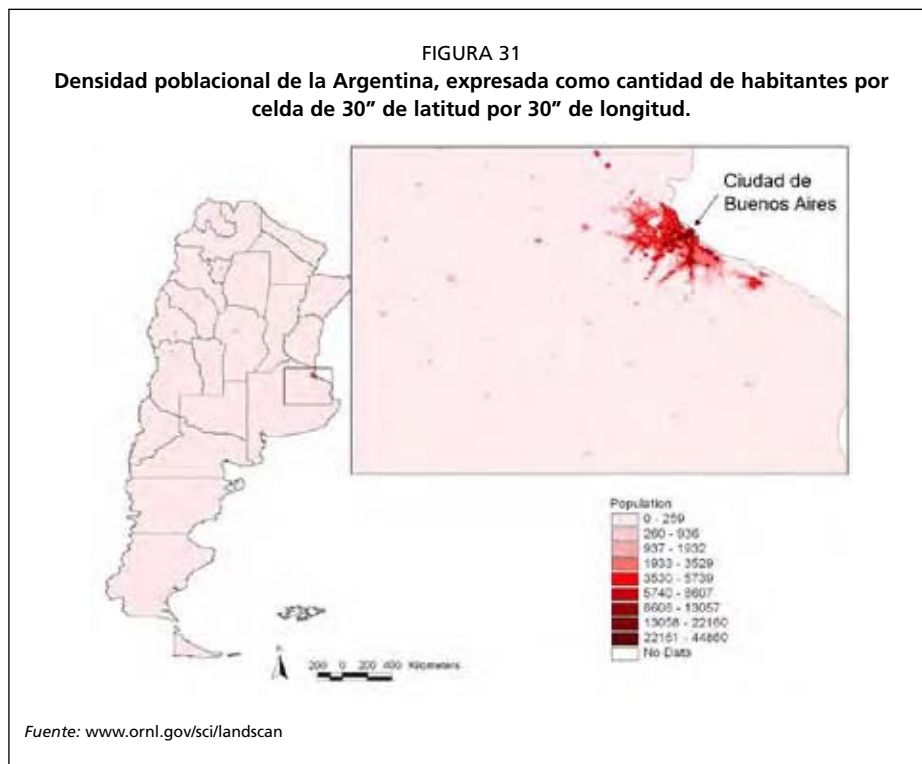
Distribución de aves de traspatio

Es indudable que las aves domésticas de traspatio juegan un rol potencialmente importante en la epidemiología de la influenza aviar, por lo cual su cantidad y distribución deben ser tomadas en cuenta para todo tipo de evaluación de riesgo que se realice.

En condiciones ideales (y teóricas) se debería efectuar un censo para determinar la cantidad y distribución de habitantes de un país o región que son poseedores de este tipo de aves. En condiciones reales esto es impracticable.

Para este modelo se utiliza una estimación de la distribución de las aves de traspatio, en base a datos de distribución de la población humana. Para esto se toman como válidos los siguiente supuestos: a- las aves de traspatio existen sólo donde hay personas, si no hay habitantes humanos no hay aves de traspatio; b- la probabilidad de que un núcleo familiar posea aves de traspatio es inversamente proporcional a la densidad poblacional, dicho de otra manera, es más probable que una familia posea aves de traspatio en un área de baja densidad poblacional, como ser una zona rural, que en un área de alta densidad, como ser una zona urbana.

La estimación de la distribución de las aves de traspatio se comenzó a partir de los



datos de distribución de la población humana obtenidos de "LandScan" (www.ornl.gov/sci/landscan). Esta es una gran base de datos de la población mundial, compilada en una grilla de 30" de latitud por 30" de longitud. En la Figura 31 se muestra la distribución de la población argentina y en el recuadro magnificado se ve la ciudad de Buenos Aires y muchos otros centros urbanos menores.

A partir del número de habitantes por celda se estimó el número de hogares por celda, asumiendo que el número de habitantes por hogar sigue una distribución de Poisson, que para la Argentina es similar a la presentada en la Figura 32. Mediante una función interactiva se le asignó a cada celda de la grilla un número aleatorio de hogares, que siguió la distribución determinada previamente, hasta agotar la población de cada celda.

Una vez determinado el número de hogares por celda se procedió a estimar el número de hogares con tenencia de aves de traspatio. Para ello, se estimó la probabilidad de cada hogar de tener aves de traspatio, en función de la densidad poblacional. En la Figura 33 puede apreciarse la distribución de las celdas de la grilla sobre la Argentina, en función de la densidad poblacional (habitantes por km^2).

En base a la opinión de expertos se determinó la probabilidad de que los hogares tuvieran aves de traspatio, en función de la densidad poblacional de la celda a la que pertenecen (Tabla 4). Esto también puede ser realizado en base a muestreos de hogares en áreas de diferente densidad poblacional.

A continuación se determinó para cada hogar la presencia o no de aves de traspatio, mediante una función aleatoria basada en la distribución de frecuencias descrita en la

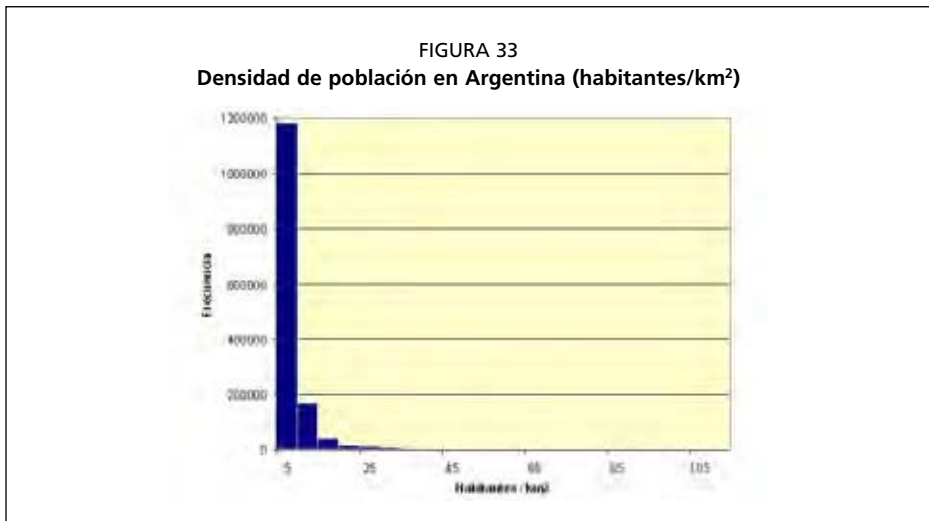


Tabla 4. De esta manera, cada hogar del país fue identificado como poseedor o no de aves de traspatio.

Finalmente, se clasificó cada celda de la grilla del mapa en función de la existencia o no de hogares con aves de traspatio, en una de las siguientes categorías:

- ausencia de aves de traspatio: 0
- presencia de aves de traspatio: 1

En la Figura 34 se puede apreciar la distribución de las grillas con o sin aves de traspatio.

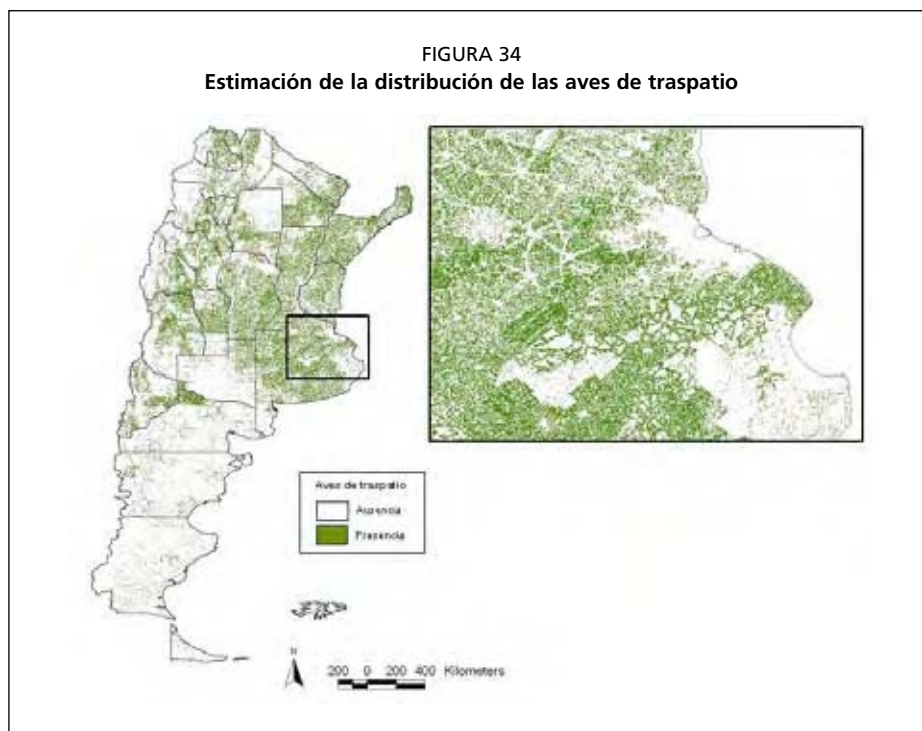
Distribución de aves comerciales

Este es el factor de mayor importancia para el modelo. Los Servicios Veterinarios Oficiales deberían obtener, trabajando en colaboración con el sector privado, las coordenadas geográficas de las granjas de producción avícola del país. Este dato debería estar vinculado

TABLA 4

Probabilidad de que un hogar tenga aves de traspatio, en función de la densidad poblacional

Densidad (habitantes/km ²)	Probabilidad de tener aves de traspatio
<1.5	0.90
1.5 - 4.2	0.50
4.2 - 6.0	0.20
6.0 - 10.0	0.10
>10.0	0.00

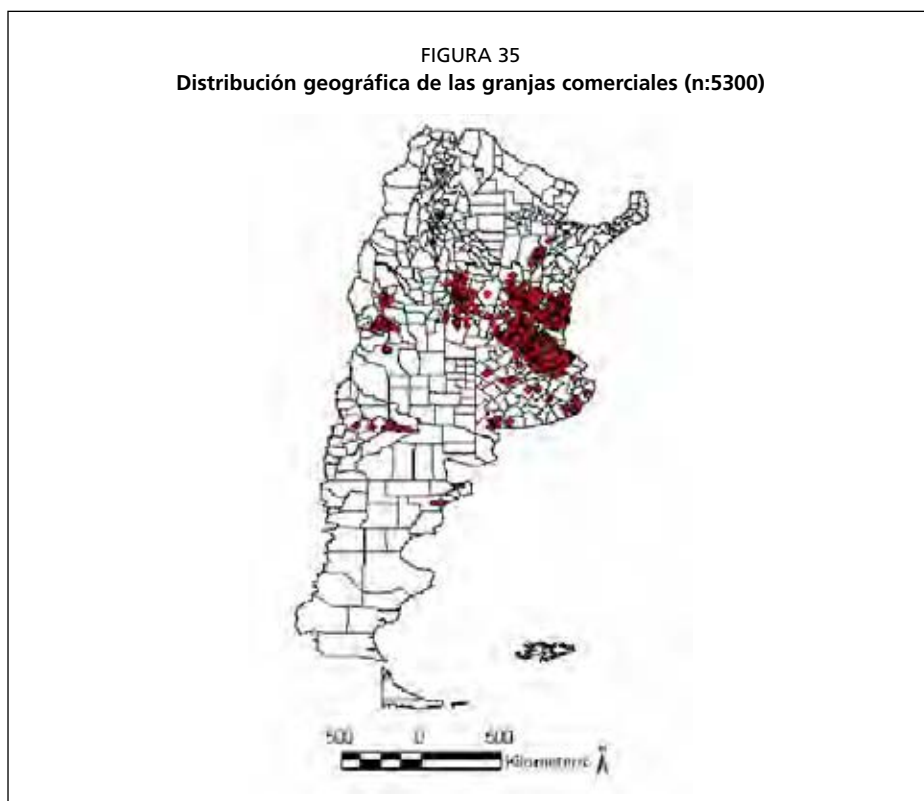


a bases de datos con la descripción de los aspectos más importantes de cada granja, tales como los datos del propietario, la capacidad productiva, el tipo de producción, las medidas de bioseguridad existentes, etc.

En el caso de Argentina, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) ha georreferenciado más de 5300 granjas comerciales en forma de punto (latitud-longitud). Su distribución geográfica puede observarse en la Figura 35.

Preparación de las capas temáticas

En el punto anterior se describió la preparación de mapas para ocho factores de riesgo: fronteras, aeropuertos, rutas, espejos de agua, ríos, sitios de asentamiento de aves silvestres, aves de traspatio y aves comerciales. Cada uno de estos mapas constituirá una capa temática para el mapa de riesgo.



Para unificar el formato de cada capa temática, se dividió el mapa del país en una grilla constituida por 3993 filas \times 2393 columnas. De esta manera, el tamaño de cada pixel fue de aproximadamente 1 km².

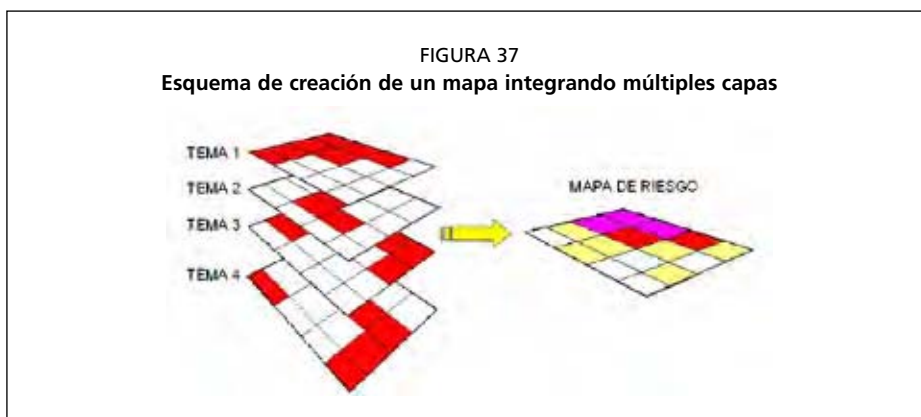
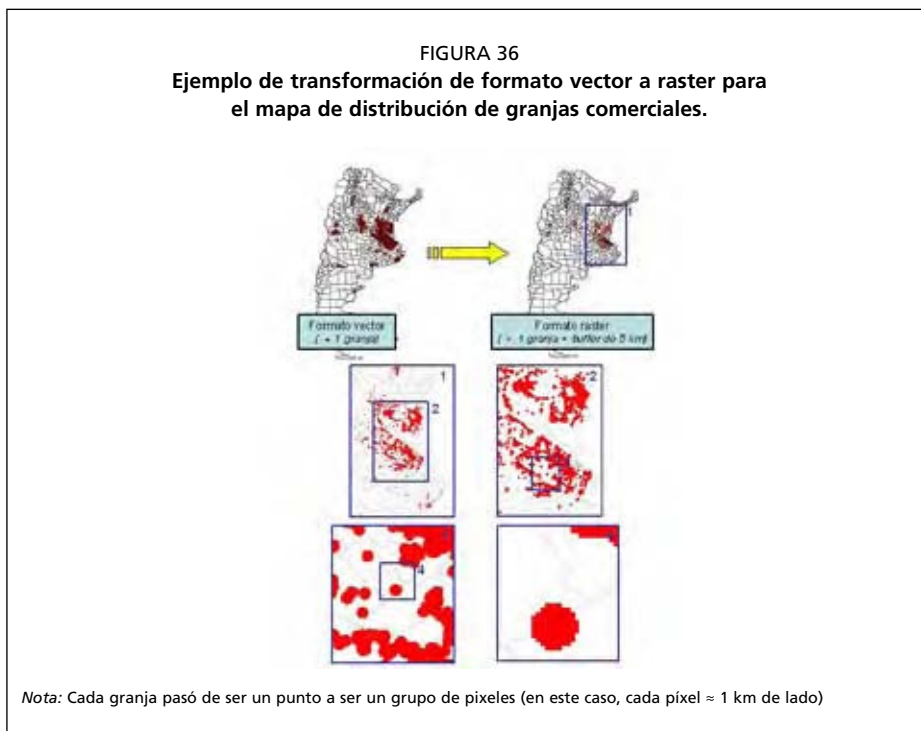
Los mapas donde los datos estaban expresados en forma de vector se convirtieron a formato raster, con una definición coincidente con la grilla (3993 filas \times 2393 columnas). Los mapas con datos originalmente expresados en formato raster, como el caso de las aves de traspatio, se readeclararon a la definición de 3993 filas \times 2393 columnas.

Posteriormente, para cada uno de los 8 mapas se siguió el siguiente procedimiento: cada celda de la grilla (3993 filas \times 2393 columnas) tomó un valor de 0 o 1, de acuerdo a que el evento de interés estuviese presente o no.

En la Figura 36 se puede ver, en carácter de ejemplo, como se transformó el mapa de distribución de granjas comerciales, expresado originalmente en formato vector (cada punto = 1 granja). Además, en este caso se identificó el píxel correspondiente a la ubicación de cada granja, más una zona buffer de 5 km de diámetro.

Unificación de las capas temáticas

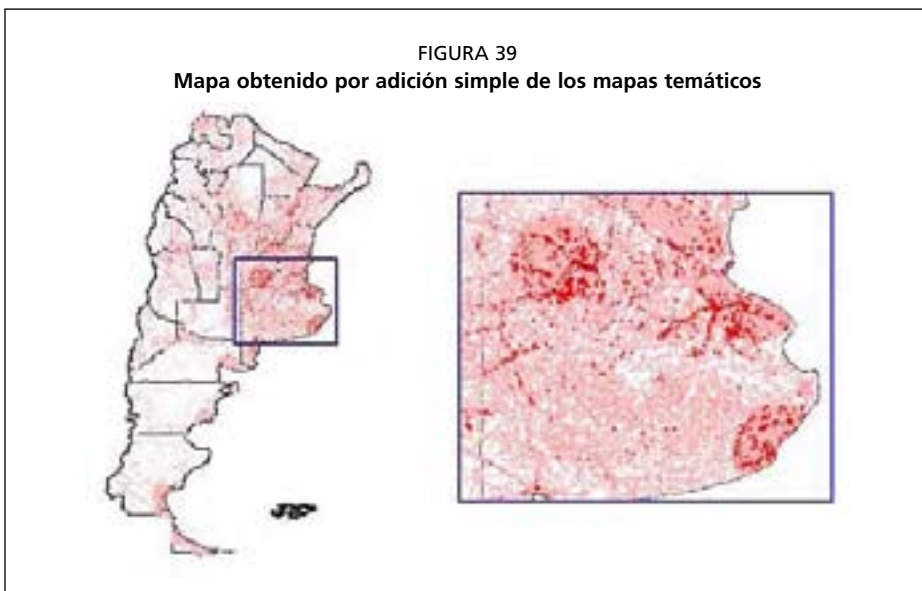
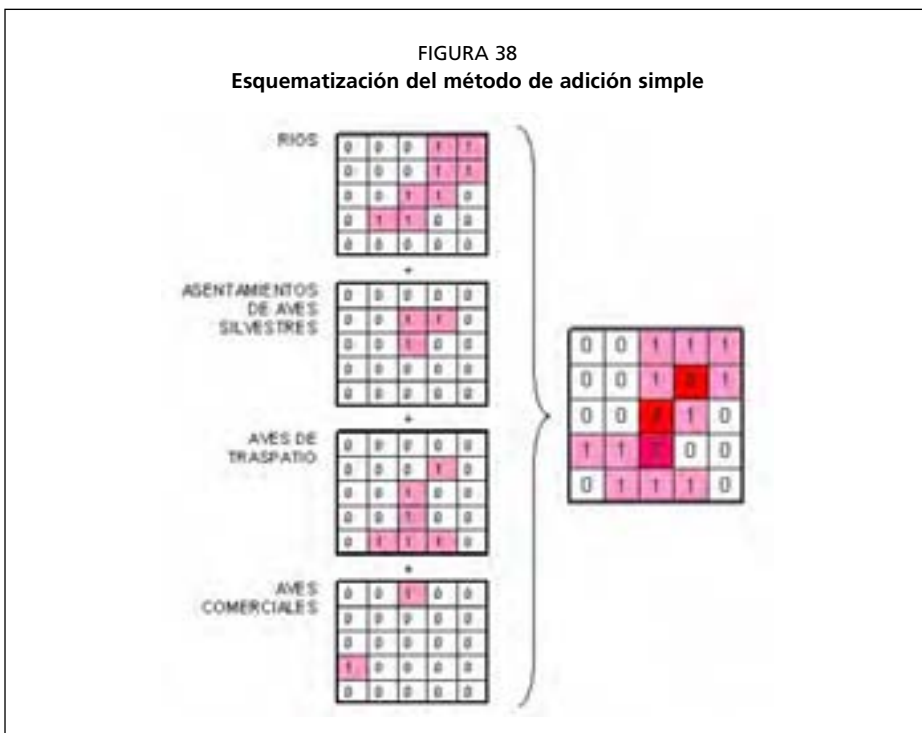
Una vez que las capas temáticas han sido elaboradas y estandarizadas a un formato común, de la manera que se explicó en el punto anterior, deben ser unificadas. Para ello, todas las capas temáticas deben ser superpuestas, de forma tal que produzcan un mapa único en el cual se visualice una síntesis de todas las capas temáticas, a semejanza del esquema que se exhibe en la Figura 37.



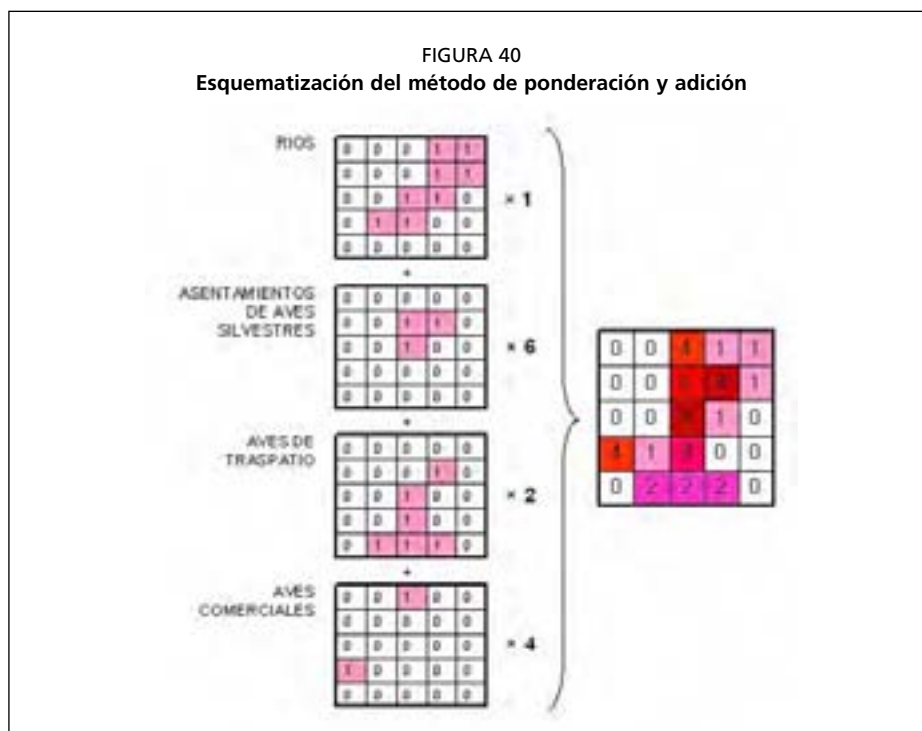
El mapa unificado puede ser confeccionado a partir de diferentes procedimientos, cada uno con sus ventajas e inconvenientes. Entre estos procedimientos se destacan: a- adición simple; b- ponderación y adición; c- comparación de a pares. Los tres métodos serán descriptos a continuación.

Adición simple

Este es el procedimiento más simple. A partir de las capas temáticas en formato raster, donde cada celda tiene un valor de 0 o 1, se creará un nuevo mapa con formato raster, donde cada celda tendrá el valor correspondiente a la suma de todas las capas temáticas. En la Figura 38 puede apreciarse una esquematización de este procedimiento.



Para ejecutarlo se utiliza la función "MAP CALCULATOR" que se encuentra en el menú de "ANALYSIS" (siempre que la extensión "Spatial analysis" se encuentre activada). En la Figura 39 se puede apreciar un mapa obtenido de esta manera, con un detalle ampliado de la provincia de Buenos Aires.



La principal ventaja de este método es su simplicidad, además de producir una clara diferenciación entre las áreas que están en riesgo y aquellas que no lo están. Su inconveniente más importante es la falta de consistencia con la realidad, ya que en la práctica es difícil encontrar situaciones en que todos los factores de riesgo puedan tener la misma importancia relativa.

Ponderación y adición

En este procedimiento, el valor de cada celda de los mapas temáticos (0 o 1) es multiplicado por un factor de ponderación, de acuerdo a la importancia relativa de cada factor de riesgo. Esta ponderación, de tipo semi-cuantitativa, es el paso crítico de este método, y debe estar basada en un detallado análisis de cada elemento, estudio de la bibliografía y consultas con expertos en la materia. Una esquematización del procedimiento se presenta en la Figura 40.

El procedimiento consiste en fijar para cada factor de riesgo un escore comprendido entre 1 y 10, de acuerdo a la importancia relativa que presenta, con relación al riesgo de introducción de IAAP. En la Tabla 5 se presentan, a modo de ejemplo, los escores otorgados a cada factor de riesgo.

A continuación, utilizando nuevamente la función "ANALYSIS - MAP CALCULATOR", puede generarse el nuevo mapa, en base a la siguiente ecuación:

$$[(Fron \times 3) + (Aerop \times 4) + (Rut \times 7) + (Espej \times 9) + (Rios \times 6) + (ASilv \times 9) + (ATras \times 7) + (ACom \times 5)] / 50$$

Con este procedimiento se obtendrá un mapa en formato raster en el cual cada celda

TABLA 5
Score para cada factor de riesgo

Nombre del mapa	Factor de riesgo	Score
Fron	Frontera	3
Aerop	Aeropuertos	4
Rut	Rutas	7
Espej	Espejos de agua	9
Rios	Ríos	6
ASilv	Sitios de asentamiento de aves silvestres	9
ATras	Aves de traspatio	7
ACom	Aves comerciales	5
	TOTAL	50

de la grilla tendrá un valor comprendido entre 0 y 1. En la Figura 41 (a) puede observarse el mapa de Argentina obtenido de esta manera.

Este método tiene la ventaja de producir resultados más realistas que el de adición simple. El inconveniente radica en la determinación de los factores de ponderaciones, que debe ser realizada de manera objetiva, y por ello requiere mayor nivel de conocimiento, tanto de aspectos epidemiológicos de la enfermedad como de los factores de riesgo involucrados.

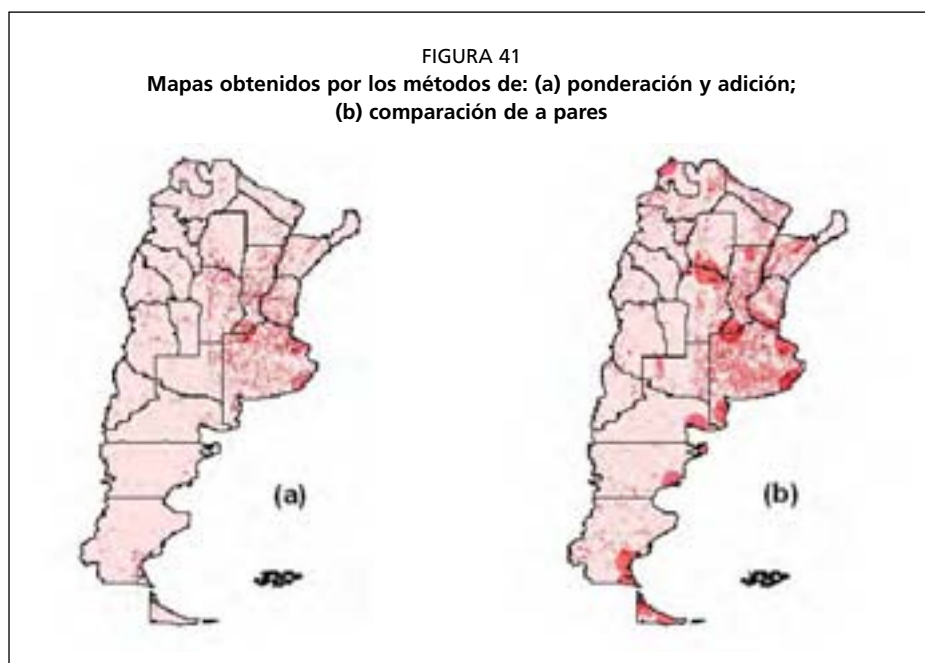


TABLA 6
Posibles valores de la comparación de factores de riesgo

Menos importante						Más importante			
1/9	1/7	1/5	1/3	1		3	5	7	9
extre-mo	muy fuerte	fuerte	mode-rado	igual		mode-rado	fuerte	muy fuerte	extre-mo

TABLA 7
Matriz de adjudicación de escores

	Fron	Aerop	Rut	Espej	Rios	ASilv	ATras	ACom
Fron	1	3,03	3,03	0,33	0,33	0,14	5	5
Aerop	0,33	1	1	0,33	0,33	0,14	5	10
Rut	0,33	1	1	0,33	0,33	0,14	5	10
Espej	3	3	3	1	1	0,14	5	10
Rios	3	3	3	1	1	0,14	5	10
ASilv	7	7	7	7	7	1	3,03	5
ATras	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,33	1	3,03
ACom	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,33	1
TOT	15,06	18,33	18,33	10,30	10,30	2,24	29,36	54,03

Comparación de a pares

Este es otro método de ponderación, en el cual el valor de cada celda de los mapas temáticos (0 o 1), es multiplicado por un factor de ponderación semi-cuantitativo que surge de comparar la importancia de cada factor de riesgo con los demás, de a pares. El cálculo del factor de ponderación comienza por adjudicarle a cada factor de riesgo un escore que indica su importancia relativa con respecto a cada uno de los otros factores de riesgo. Dicho escore puede tomar uno de los valores indicados en la Tabla 6.

Para adjudicar el escore a cada factor de riesgo, es necesario utilizar una matriz (tabla de 2×2) con los factores de riesgo encabezando las columnas y las filas (Tabla 7). En un primer paso deben completarse las celdas ubicadas en la parte inferior de la diagonal (cruce de igual fila y columna). Por ejemplo, en la primera columna de la Tabla 7 se indicó que aeropuertos y rutas son moderadamente menos importantes (1/3) para el riesgo de introducción de la IAAP que las fronteras, espejos de agua y ríos son moderadamente más importantes (3), aves silvestres son muy fuertemente más importantes (7) y aves de traspas-tio y comerciales son fuertemente menos importantes (1/5). A continuación se completan las celdas de la parte superior de la diagonal, con la inversa del valor de la celda recíproca de la parte inferior. Por ejemplo, a la celda Aerop \times Fron se le asignó un valor de 0,33, y a la celda ASilv \times Espej un valor de 7. Entonces, para completar la parte superior de la tabla, a la celda Fron \times Aerop le corresponderá la inversa de 0,33 ($1/0,33$ o $0,33^{-1}$), o sea 3,03, y a la celda Espej \times ASilv la inversa de 7 ($1/7$ o 7^{-1}), o sea 0,14. Una vez completada la totalidad de las celdas de la matriz se debe calcular el total de cada columna.

A continuación, cada escore es dividido por el total de la columna en que se encuentra. Hecho esto, se calcula la media aritmética de los nuevos valores para cada fila. Un ejemplo de estos pasos se puede ver en la Tabla 8.

TABLA 8

Escores divididos por el total de la columna, y media aritmética de cada fila

	Fron	Aerop	Rut	Espej	Rios	ASilv	ATras	ACom	Media
Fron	0,07	0,17	0,17	0,03	0,03	0,06	0,17	0,09	0,10
Aerop	0,02	0,05	0,05	0,03	0,03	0,06	0,17	0,19	0,08
Rut	0,02	0,05	0,05	0,03	0,03	0,06	0,17	0,19	0,08
Espej	0,20	0,16	0,16	0,10	0,10	0,06	0,17	0,19	0,14
Rios	0,20	0,16	0,16	0,10	0,10	0,06	0,17	0,19	0,14
ASilv	0,46	0,38	0,38	0,68	0,68	0,45	0,10	0,09	0,40
ATras	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,15	0,03	0,06	0,04
ACom	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,02	0,02

TABLA 9:

Factor de ponderación para cada factor de riesgo, calculado por el método de comparación de a pares

Nombre del mapa	Factor de riesgo	Escore
Fron	Frontera	0,10
Aerop	Aeropuertos	0,08
Rut	Rutas	0,08
Espej	Espejos de agua	0,14
Rios	Ríos	0,14
ASilv	Sitios de asentamiento de aves silvestres	0,40
ATras	Aves de traspatio	0,04
ACom	Aves comerciales	0,02

En la Tabla 9 se presenta el factor de ponderación para cada factor de riesgo, que es la media calculada en el paso anterior.

Finalmente, por medio de la función "ANALYSIS - MAP CALCULATOR", se puede obtener el mapa, en base a la ecuación:

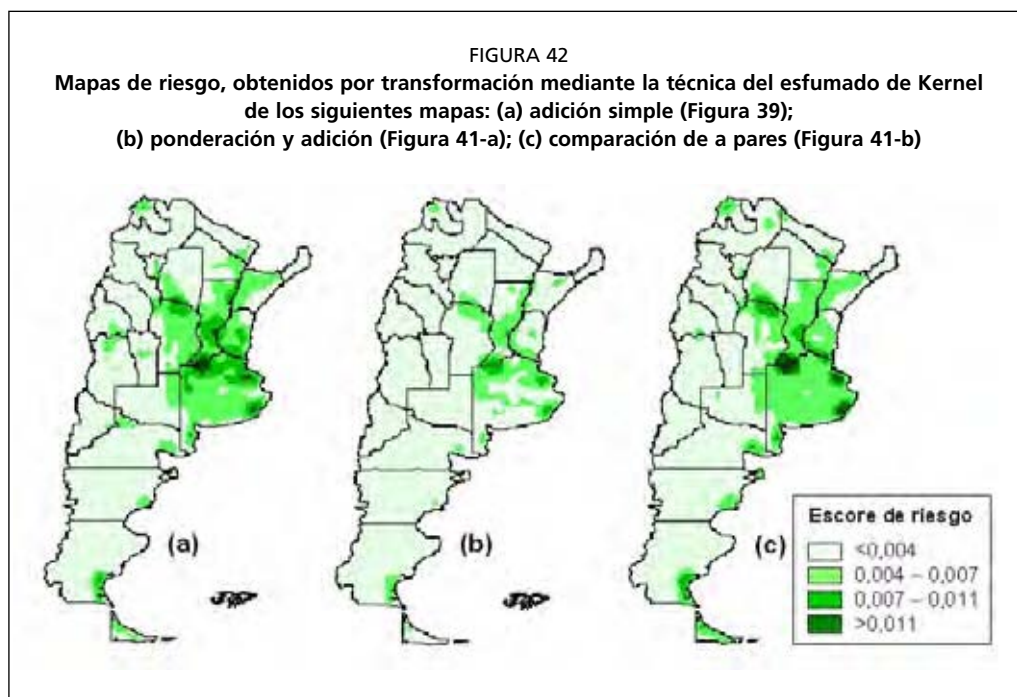
$$(Fron \times 0,10) + (Aerop \times 0,08) + (Rut \times 0,08) + (Espej \times 0,14) + (Rios \times 0,14) + (ASilv \times 0,40) + (ATras \times 0,04) + (ACom \times 0,02)$$

Así se obtendrá un mapa en formato raster en el cual cada celda tendrá un valor comprendido entre 0 y 1. En la Figura 41 (b) puede observarse el mapa de Argentina obtenido por este procedimiento.

Mapa de riesgo

A partir del procedimiento descrito en el punto anterior se pueden obtener mapas en formato raster, en los cuales la intensidad del color de las celdas está asociada al riesgo de introducción de IAAP (Eastman *et al.*, 1995). Sin embargo, son mapas difíciles de interpretar, poco adecuados para identificar grandes áreas de riesgo dado que presentan una distribución irregular de las celdas. Por esta razón es que deben ser ajustados.

Para ello, se aconseja aplicar la técnica del esfumado de Kernel (Kernel smoothing). El



objetivo que se busca es la identificación de áreas con diferente nivel de riesgo, en función de la densidad de celdas con igual o similar escore de riesgo. Así por ejemplo, un área será identificada como de alto riesgo si en ella existen muchas celdas con escore alto en estrecha proximidad espacial.

Para llevar a cabo esta técnica primeramente se debe crear un mapa de puntos a partir de un mapa raster unificado (presentando la información de varias capas temáticas, como se explicó en el punto anterior). Esto se logra utilizando la función "GRID TO POINT" del menú "TRANSFORMATION". Dos formularios se abrirán de manera consecutiva, en el primero hacer clic en OK, en el segundo indicar en "Density type" : Kernel.

En la Figura 42 se muestran tres mapas obtenidos de esta manera. En ellos se pueden identificar grandes áreas con diferente riesgo de introducción de IAAP. Esto permite fijar diferentes estrategias de vigilancia en cada una.

CONCLUSION

El sistema propuesto, basado en la identificación de áreas de riesgo potencial de introducción de IAAP, permite y favorece la implementación de estrategias de vigilancia epidemiológica basada en evaluación del riesgo, concentrando esfuerzos e inversiones en las áreas donde la probabilidad de que el evento ocurra es mayor.

Debe tenerse presente que el éxito de este método depende en gran medida de que la evaluación de riesgo haya sido el resultado de la participación de expertos de distintas disciplinas en la definición conjunta de los escores de riesgo (Elliott *et al.*, 2005).

Este tipo de vigilancia epidemiológica de IAAP es recomendada por la OIE en el Anexo 3.8.9 del Código Sanitario para los Animales Terrestres (OIE, 2007).

Referencias

- Atkinson, P.W.; Clark, J.A.; Delany, S.; Hamalla Diagana, C.; du Feu, C.; Fiedler, W.; Fransson, T.; Gauthier-Clerc, M.; Grantham, M.; Gschweng, M.; Hagemeijer, W.; Helmink, T.; Johnson, A.; Khomenko, S.; Martakis, G.; Overdijk, O.; Robinson, R.; Solokha, A.; Spina, F.; Issa Sylla, S.; Veen, J.; Visser, D.** (2006). Urgent Preliminary Assessment of Ornithological Data Relevant to the Spread of Avian Influenza in Europe. Wetlands International and The European Union for Bird Ringing. Report to the European Commission (STUDY CONTRACT N°07010401/2005/425926/MAR/B4), London, p. 344.
- Crick, H.Q.P.; Atkinson, P.W.; Newson, S.E.; Robinson, R.A.; Snow, L.; Balmer, D.E.; Chamberlain, D.E.; Clark, J.A.; Clark, N.A.; Cranswick, P.A.; Cromie, R.L.; Hughes, B.; Grantham, M.J.; Lee, R.; Musgrove, A.J.** (2006). Avian Influenza Incursion Analysis (through wild birds). British Trust for Ornithology, Wildfowl & Wetlands Trust, and Veterinary Laboratories Agency. Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs, ISBN 1-904870-87-2, London, p. 167.
- Doherr, M.G.; Audigé, L.** (2001). Monitoring and surveillance for rare health-related events: a review from the veterinary perspective. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, **356**:1097-1106.
- Doherr, M.G.; Heim, D.; Fatzer, R.; Cohen, C.H.; Vandevelde, M.; Zurbriggen, A.** (2001). Targeted screening of high-risk cattle populations for BSE to augment mandatory reporting of clinical suspects. *Prev. Vet. Med.*, **51**:3-16.
- Doherr, M.G.; Hett, A.R.; Cohen, C.H.; Fatzer, R.; Rufenacht, J.; Zurbriggen, A.; Heim, D.** (2002). Trends in prevalence of BSE in Switzerland based on fallen stock and slaughter surveillance. *Vet. Rec.*, **150**:347-348.
- Eastman, J.R.; Jin, W.; Kyem, P.A.; Toledano, J.L.** (1995). Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **61**:539-547.
- Elliott, J.; Heesterbeek, S.; Lukensmeyer, C.; Slocum, N.** (2005). *Participatory Methods Toolkit. A Practitioner's manual*. King Baudouin Foundation and Flemish Institute for Science and Technology Assessment.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations** (2006). Preparing for Highly Pathogenic Avian Influenza. Animal Production and Health Manual 3. ISBN 92-5-105548-3.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations** (2004). Guiding Principles For Highly Pathogenic Avian Influenza Surveillance And Diagnostic Networks in Asia. In: FAO Expert meeting on Surveillance And Diagnosis of Avian Influenza in Asia, Bangkok, 21 - 23 July 2004.
- Kilpatrick, A.M.; Chmura, A.A.; Gibbons, D.W.; Fleischer, R.C.; Marra, P.P.; Daszak, P.** (2006). Predicting the global spread of H5N1 avian influenza. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **103**:19368-19373.

- Morignat, E.; Ducrot, C.; Roy, R.; Baron, T.; Vinard, J.L.; Biacabe, A.G.; Madec, J.Y.; Bencsik, A.; Debeer, S.; Eliazsewicz, M.; Calavas, D.** (2002). Targeted surveillance to assess the prevalence of BSE in high-risk populations in western France and the associated risk factors. *Vet. Rec.*, **151**:73-77.
- Morris, R.S. y Jackson, R.** (2005). Epidemiology of H5N1 Avian Influenza in Asia and Implications for Regional Control. FAO, Rome.
- Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE)** (2007). <http://www.oie.int>
- Stärk, K.D.C.; Regula, G.; Hernández, J.; Knopf, L.; Fuchs, K.; Morris, R.S.; Davies, P.** (2006). Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: Review of current approaches. *BMC Health Services Research*, **6**.

MANUALES FAO: PRODUCCIÓN Y SANIDAD ANIMAL

1. Small-scale poultry production, 2004 (I, F)
2. Buenas prácticas para la industria de la carne, 2007 (I, E, F, Ar)
3. Preparándose para la influenza aviar altamente patógena, 2007 (I, E^e, F^e, M^e)
4. Vigilancia de la influenza aviar altamente patógena en las aves silvestres, 2007 (I, E^e, F^e, Ar^e, C^e, R^e)
5. Wild birds and Avian Influenza – An introduction to applied field research and disease sampling techniques, 2007 (I, B, R)
6. Programas de Compensación para una Emergencia Sanitaria de IAAP-H5N1 en América Latina y el Caribe, 2008 (I^e, E^e)
7. Sistema AVE de Información Geográfica para la Asistencia en la Vigilancia Epidemiológica de la Influenza Aviar, Basado en el Riesgo (E^e)

Disponibilidad: julio de 2009

Ar	-	Árabe	Multil	-	Multilingüe
C	-	Chino	*		Agotado
E	-	Español	**		En preparación
F	-	Francés	^e		Publicación electrónica
I	-	Inglés			
P	-	Portugués			
R	-	Ruso			
M	-	Mongol			
B	-	Bahasa			

Los cuadernos técnicos de la FAO pueden obtenerse en los Puntos de venta autorizados de la FAO, o directamente solicitándolos al Grupo de Ventas y Comercialización, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia.

FAO ANIMAL HEALTH MANUALS

1. Manual on the diagnosis of rinderpest, 1996 (I)
2. Manual on bovine spongiform encephalopathy, 1998 (I)
3. Epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of swine, 1998
4. Epidemiology, diagnosis and control of poultry parasites, 1998
5. Recognizing peste des petits ruminant - A field manual, 1999 (I, F)
6. Manual on the preparation of national animal disease emergency preparedness plans, 1999 (I)
7. Manual on the preparation of rinderpest contingency plans, 1999 (I)
8. Manual on livestock disease surveillance and information systems, 1999 (I)
9. Recognizing African swine fever. A field manual, 2000 (I, F)
10. Manual on Participatory Epidemiology - Method for the Collection of Action-Oriented Epidemiological Intelligence, 2000 (I)
11. Manual on the preparation of african swine fever contingency plans, 2001 (I)
12. Manual on procedures for disease eradication by stamping out, 2001 (I)
13. Recognizing contagious bovine pleuropneumonia, 2001 (I, F)
14. Preparation of contagious bovine pleuropneumonia contingency plans, 2002 (I, F)
15. Preparation of Rift Valley fever contingency plans, 2002 (I, F)
16. Preparation of foot-and-mouth disease contingency plans, 2002 (I)
17. Recognizing Rift Valley fever, 2003 (I)

Este manual presenta en su primera parte una introducción a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sus usos en Vigilancia de las enfermedades animales. En la segunda parte se describe un modelo para la Vigilancia de la Influenza Aviar de Alta Patogenicidad (IAAP) que permite estimar, en base a una serie de datos georreferenciados, las áreas de mayor riesgo potencial para la introducción y difusión del virus de la IAAP en países libres del mismo. El modelo puede ser aplicado por los Servicios Veterinarios Oficiales de los países que dispongan de los datos necesarios, y constituye una herramienta de apoyo para la adopción de medidas de Vigilancia basadas en la estimación del riesgo.

This manual provides, in the first part, an introduction to the use of Geographic Information Systems (GIS) in veterinary epidemiology. The second part describes how a GIS can be used to develop a surveillance strategy for Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI). The approach allows users to identify locations 'at risk' for avian influenza incursion and spread. Informed by appropriate data, this methodological approaches described in this manual provide Official Veterinary Services with a useful set of tools to support the development of surveillance strategies based on risk.

ISBN 978-92-5-306318-5



I0943S/1/07.09/1