



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICOS (SIG) Y SU USO EN  
EPIDEMIOLOGÍA VETERINARIA: ESTUDIO  
DE CASO, LA ENFERMEDAD DE  
AUJESZKY EN EL ESTADO DE  
MICHOACÁN EN 2006”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
PRESENTA:  
**ANTONIO CONSUELO MOLINA**

**ASESORES**

**MVZ. MCV. ORBELÍN SOBERANIS RAMOS**

**Dr. EVARISTO ÁLVARO BARRAGÁN HERNÁNDEZ**

**MÉXICO, D.F.**

**2007**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIA

A mi madre Martha Molina Ramos, primero por haberme traído a este mundo y después por regalarme tiempo de su vida para educarme y formarme como persona, además de apoyarme y motivarme en todo momento. A ti ma`a te doy las gracias infinitamente y quiero que sepas que Te Quiero mucho.

A mi padre Antelmo Consuelo Malvaez, por que a pesar de todo lo aprecio y le guardo mucho respeto y cariño, además valoro mucho ese ímpetu necio de conseguir lo que se propone. A ti papá te doy las gracias por haberme trasmitido tus enseñanzas y conocimiento.

A mi hermana Isabel Consuelo Molina, por tener la fuerza y el coraje para salir adelante pese a cualquier adversidad, por tener la paciencia, comprensión, apoyo y confianza de escucharme en todo momento y darme sus mejores consejos, además de ser la mejor hermana del mundo. A ti Chavelita te doy las gracias por todo y te quiero mucho.

A mi hermano Sergio Consuelo Molina, por todo su apoyo que me ha brindado en todo este tiempo, por influir en mi persona y ser mi ejemplo y meta a seguir en la vida profesional y enseñarme que con un poco de esfuerzo y dedicación todo se puede lograr. Gracias Cano.

A mi hermano Arturo Consuelo Molina, por haber compartido parte de su tiempo a mi lado, enseñarme las cosas buenas y malas de la vida que me ayudaron para poder lograr mis objetivos y metas. Gracias carnal.

A mi hermana Edith R. Consuelo Molina, que desafortunadamente ya no esta con nosotros, pero donde quiera que este le doy gracias por protegerme siempre y a pesar de no recordarla en vida, siempre vivirá en mi mente y mi corazón.

A la pelusa Circe Ismen, por motivarme, apoyarme, confiar en mí y ser parte de los mejores momentos que he vivido hasta hoy.

A mi familia en general, abuelos(as), sobrinos(as), cuñados(as), primos(as) y tíos(as), por haber creído en mí y compartir momentos especiales de mi vida a su lado.

A mis compañeros y amigos que conjuntamente fueron parte de mi formación escolar, especialmente a mis amigos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, con quienes tuve la fortuna de vivir experiencias inolvidables.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México mi alma máter.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por haberme alojado 5 largos años en sus aulas.

A mis asesores el MVZ, MCV. Orbelín Soberanis Ramos y el Dr. Evaristo Álvaro Barragán Hernández que me dedicaron parte de su tiempo, apoyo y sus conocimientos para la realización de esta tesis.

A la Dirección General de Salud Animal de la SAGARPA por brindarme todo su apoyo, conocimiento y asesoría para la realización de este trabajo. En especial, al Dr. Juan Gay Gutiérrez, Director de Vigilancia Epidemiológica, al MVZ. Rafael Sierra Pérez, Subdirector de Regionalización, Rastreabilidad y Análisis de Riesgo y la MVZ. MPVM. Alejandra León Cruz, Subdirectora de Vigilancia Epidemiológica.

A todo el personal del departamento de medicina preventiva y salud pública de la FMVZ por todo su apoyo.

A mis profesores en general que contribuyeron en mi formación académica, en especial a los MVZ. de la Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia quienes me transmitieron su sabiduría y conocimientos.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	16
HIPÓTESIS.....	17
OBJETIVOS.....	17
MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
RESULTADOS.....	24
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS.....	62

## **RESUMEN**

CONSUELO MOLINA ANTONIO. Los Sistemas de Información Geográficos (SIG) y su uso en epidemiología veterinaria: estudio de caso, la enfermedad de Aujeszky en el estado de Michoacán en 2006 (bajo la dirección de: MVZ. MCV. Orbelín Soberanis Ramos y el Dr. Evaristo Álvaro Barragán Hernández).

El presente trabajo, utiliza los Sistemas de Información Geográficos (SIG) en el estudio de caso de la Enfermedad de Aujeszky (EA) en 2006 en el estado de Michoacán, porque el uso y aplicación de nuevas tecnologías, en el área de la epidemiología veterinaria, están enfocadas a la realización de análisis geospaciales de las enfermedades. A través del programa Arc view, se logró georeferenciar y visualizar la ubicación de las granjas porcinas a través de mapas generados de una base de datos, fue posible ubicar geográficamente los municipios en donde ocurrieron focos de la enfermedad de Aujeszky en el estado de Michoacán en el 2006, y asociar, además información complementaria como la infraestructura carretera y los rastros. Lo anterior permitió realizar un análisis epidemiológico que servirá de apoyo en futuros estudios con el uso de los SIG, para estudiantes, académicos y autoridades de la Dirección de Vigilancia Epidemiológica del SENASICA-SAGARPA.

# **INTRODUCCIÓN**

## **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS (SIG)**

### **Consideraciones generales sobre el uso de los SIG**

Un Sistema de Información Geográfico (SIG en español o GIS en inglés, del acrónimo Geographic Information System), es el conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, manipular, integrar, analizar, actualizar, extraer y desplegar información tanto gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos <sup>1, 2, 3, 4</sup>. Es decir, el equipo (hardware) y programas de cómputo (software) integran mapas y gráficos con una base de datos sobre un espacio definido, por lo que la información es de naturaleza espacial y descriptiva <sup>2, 5</sup>. Por lo tanto, para constituir un sistema de estas características, se requiere del recurso humano, hardware, software, metodología y datos geográficos <sup>3, 4, 6</sup>.

### **Historia**

El análisis espacial ha estado presente a lo largo de la historia de los mapas, los cuales han sido utilizados para distintos propósitos, no sólo para la simple ubicación o navegación <sup>3</sup>.

El concepto de superposición espacial fue aplicado desde siempre por los investigadores mediante el empalme de copias transparentes de distintos mapas,

buscando las áreas de coincidencia de los factores analizados. El análisis era complejo si los factores eran varios al igual que su visualización. Con el avance en el uso y la aplicación de las computadoras en los sistemas gráficos, surge la posibilidad de articular los distintos tipos de datos espaciales, y con ello generar el concepto de sistema de información geográfico <sup>4</sup>.

Hasta hace algunos años, el sólo contar con información representaba una ventaja estratégica para las organizaciones; hoy en día no es suficiente, ya que debido a la disponibilidad de una gran cantidad de información y gracias al vertiginoso desarrollo y aplicación de las tecnologías de información, tal ventaja radica no sólo en el poseer la información, sino en la capacidad que se tiene para recopilarla, organizarla y sistematizarla, con la finalidad de tomar decisiones oportunas y sustentadas <sup>3</sup>. A este respecto, la información geográfica no es la excepción, la cual por su naturaleza requiere de un tratamiento especial tanto para su recopilación, organización y sistematización, como para su explotación <sup>3</sup>.

En atención a esos requerimientos, en la actualidad existe un sinnúmero de aplicaciones informáticas que se venden como soluciones a los problemas de recopilación, organización, sistematización y explotación de información geográfica, consideradas como sistemas de información geográficos (SIG). Tales soluciones informáticas requieren estar complementadas de datos geográficos almacenados bajo un modelo de datos que les brinde estructura y consistencia, orientado a los requerimientos que habrá de atender <sup>3</sup>.



Los SIG modernos llegaron cuando las computadoras se volvieron poderosas, más fáciles de usar y más económicas. Hoy día sabemos que los SIG involucran el uso de las computadoras y la tecnología que las acompaña para lograr las tareas tradicionales del ayer. Las metas básicas del uso de la computadora y de la mayoría de los tipos de datos no han cambiado mucho, pero los métodos se han modificado considerablemente <sup>3</sup>.

La potencialidad del SIG consiste en permitir ingresar datos mediante operaciones sencillas, producir nueva información y mostrar el resultado de estas operaciones en mapas o cuadros. La utilización de los SIG resulta imprescindible como herramienta para producir información georeferenciada, analizarla con seguridad, claridad y rapidez, además de una notable reducción en los costos de organización y mantenimiento <sup>4,6</sup>.

Los SIG se han venido desarrollando desde hace más de 20 años y se han aplicado a diversas ramas de la ciencia <sup>7</sup>. En el caso de la salud pública, los SIG han permitido una perspectiva espacial de las enfermedades, por lo que constituyen una herramienta útil para facilitar los procesos de análisis de información y de toma de decisiones en los servicios de salud. Además, su utilización permite ampliar las posibilidades en el monitoreo y control del proceso salud-enfermedad, siendo de gran utilidad para el análisis espacial y temporal de los eventos y para generar nuevas hipótesis de investigación <sup>7,8,9</sup>.

En la década de los 90's, se ampliaron las aplicaciones de los SIG en el análisis epidemiológico, dada la necesidad de incrementar la eficiencia en los programas de salud y en la toma de decisiones, debido principalmente, a la limitación de recursos y al proceso de descentralización de los servicios de salud en la mayoría de los países <sup>7,9</sup>.

### **Ventajas**

Los SIG ofrecen numerosas ventajas para trabajar en el seguimiento de fenómenos que involucran en el tiempo, ya que permiten realizar modificaciones o superposiciones en forma rápida, dentro de las funciones de los SIG se encuentran: la localización y cuantificación de eventos de salud en espacio y tiempo, el monitoreo de eventos de salud y el comportamiento de factores de riesgo, la identificación de áreas geográficas y grupos de población con grandes necesidades de salud. Lo que permite contribuir a la solución de estos problemas, mediante el análisis de múltiples variables y la evaluación del impacto de dichas intervenciones, así como también comparar diferencias temporales y además permite realizar modelaciones para establecer relaciones y tendencias mediante las herramientas necesarias para localizar datos, medir distancias entre datos y explorar como se relacionan con las distintas variables; es decir, establecer localizaciones de eventos, evaluaciones y predicciones <sup>4,7,9</sup>.

La información cartográfica es almacenada como tablas de datos geográficos, estructurada topológicamente y enlazada con sus atributos conformando un

sistema de base de datos relacionable. La información espacial y la descriptiva existen como una sola entidad, esto determina que si se modifica el cuadro de atributos, cambia automáticamente la información espacial y viceversa <sup>3,4</sup>.

Los SIG pueden presentar formatos “raster” o vectoriales, en los primeros la unidad mínima es una celda rectangular o cuadrada contenida en una matriz y representa el valor del atributo para esa ubicación geográfica; en los sistemas vectoriales la representación se realiza mediante segmentos de rectas, líneas y puntos, a los que se enlazan bases de atributos y describen con exactitud áreas geográficas regulares o lineales <sup>3,4,9</sup>.

### **Funciones de los SIG**

Los SIG poseen funciones cartográficas y de análisis espacial. Las funciones cartográficas permiten ingresar un gran volumen de información de distinto tipo, la convierten en datos compatibles, combinan y expresan los resultados en mapas, cuadros o gráficos, así como integrar mapas trazados a distintas escalas, proyecciones o leyendas diversas y realizar cambios de escala y rotaciones <sup>4,9</sup>.

Las operaciones de análisis espacial, consisten en hacer superposición de polígonos, puntos y líneas mediante comandos que realizan la intersección espacial de los temas y mantienen la información de todas las capas en el nuevo mapa generado, superponen mapas adyacentes y sus bases anexas. Hacen intersección de mapas cuando se superponen solo en parte, con esta operación

se conservan solo los elementos que se encuentran dentro del espacio común a ambos temas, genera áreas de influencia de uno o varios objetos geográficos seleccionados, a esta operación se le conoce con el nombre de Buffer<sup>3, 4</sup>.

La extracción de información consiste en identificar un subconjunto de elementos de un tema según el criterio, para seleccionar y crear un nuevo tema; finalmente permiten fusionar elementos mediante un comando que une aquellos que comparten el mismo valor<sup>4</sup>.

### **Base de datos**

Los sistemas de bases de datos tienen una estructura específica donde almacenar los datos y un lenguaje de consulta para extraer información de ellos. Los elementos integrantes de las bases son los datos que se definen por:

- Entidad: es el objeto acerca del cual se coloca el dato.
- Atributo: es una propiedad o característica de la entidad que la describe.
- Valor: es cada una de las distintas opciones que pueden presentar un atributo.

La forma de interacción de las entidades de una base es relacional con un diseño matricial muy simple. Una base de datos relacional presenta columnas para los atributos y filas que representan a las entidades o registros, en el cruce de ambos se encuentra el valor. Mediante el álgebra relacional se vinculan los distintos datos

y tablas. La base cartográfica se relaciona con sus atributos a través de un campo de relación presente en ambas <sup>4</sup>.

## **Datum**

Se define como la posición del esferoide con relación al centro de la Tierra, provee un marco de referencia para realizar localizaciones en la superficie terrestre <sup>3</sup>. Los más utilizados para la República Mexicana según el Instituto Nacional de Estadística Geografía Informática (INEGI) son <sup>3</sup>.

- International Earth Service Terrestrial Reference Frame of 1992 (ITRF92).
- North American Datum of 1927 (NAD27).
- World Geodetic System 1984 (WGS-84).

## **Datos geográficos**

Son las entidades ubicadas en el espacio mediante un sistema predefinido de coordenadas, que pueden ser descritas mediante diversos atributos y cuya relación con respecto a otros elementos en el espacio se puede establecer. Los datos espaciales se definen por su localización, relación y descripción. La localización está dada por su geometría y expresada en coordenadas cartesianas, la relación del elemento con otros en el espacio es manejada por la topología y la descripción está dada por atributos que se localizan en archivos anexos al programa SIG <sup>3,4</sup>.

## **Georeferenciación**

Los datos geográficos deben estar referidos a una localización terrestre. Esto se lleva a cabo usando codificación numérica ordinal o bien codificación nominal. Con los códigos ordinales las locaciones son transformadas en coordenadas de algún sistema de referencia geográfico, los más utilizados son latitud y longitud, UTM (Universal Transverso de Mercator), y CCL (Cónica Conforme de Lambert), es el más utilizado en México<sup>3,4</sup>.

Un sistema de referencia es un conjunto de ejes ortogonales por medio de los cuales cualquier punto de la tierra puede tener una ubicación unívoca. Se expresa su localización a través de un eje de coordenadas que define la posición del punto a partir de los valores que cuantifica su relación con los ejes mencionados. Un SIG, al permitir superponer información geográfica en capas, requiere que todas ellas se expresen en un mismo sistema de coordenadas<sup>4</sup>.

## **Proyecciones**

Los mapas dibujados son planos, pero la superficie terrestre no lo es. La proyección es la transformación de un espacio tridimensional en un mapa bidimensional. Las fórmulas utilizadas para proyectar, son expresiones matemáticas que convierten los datos de un sitio geográfico, latitud y longitud de una esfera o esferoide, en un sitio que lo representa como superficie plana. Este proceso produce distorsiones en la forma, el área, la distancia o la dirección. De acuerdo a esto, las proyecciones pueden ser de varios tipos: las “conformes”

conservan la forma local, las “equiáreas” o “equivalentes” mantienen las áreas sin deformar, las “equidistantes” mantienen las distancias, y la “equidirección” mantiene las direcciones exactas<sup>3, 4</sup>.

### **Sistema de proyección**

Las coordenadas cartesianas geocéntricas están definidas por tres ejes que parten del centro de la tierra (su centro o cero coincide con el centro de masas de la tierra), el eje X pasa por el Meridiano de Greenwich, el Y es perpendicular a éste y el eje Z tiene la dirección del polo norte (o eje terrestre)<sup>4</sup>.

Las coordenadas geodésicas son la posición de un punto definido por latitud, longitud y altura elipsoidal. Está relacionado a un elipsoide de referencia, el cual es un cuerpo que permite representar a la tierra con cierto grado de aproximación a su forma real (geoide)<sup>4</sup>.

La altura elipsoidal en cada punto es la distancia normal desde ese punto al elipsoide. La latitud es el menor ángulo formado por la recta que contiene al punto y el plano del ecuador. La longitud es el ángulo diedro formado por dos planos que contienen al eje del mundo, el que contiene al punto y el plano que pasa por el Meridiano de Greenwich<sup>4</sup>.

## **Sistema de coordenadas planas**

Las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) son el sistema de coordenadas planas adoptado universalmente y corresponde a una proyección cilíndrica transversal. Comprende 60 zonas o fajas longitudinales de 6 grados de ancho, numeradas del 1 al 60, partiendo del meridiano 180° W. En el eje latitudinal, se divide en 20 zonas de 8 grados de extensión partiendo de 80° S hasta 84° N denominadas por las letras C a X, las coordenadas se expresan en metros. Cabe mencionar que en este sistema de coordenadas la República Mexicana se encuentra entre la zona 11 y hasta la 16<sup>3,4</sup>.

Las Coordenadas Cónicas Conforme de Lambert (CCL) se produce al envolver un cono sobre la figura de la superficie de un globo terráqueo y proyectar los puntos sobre él<sup>3</sup>. El eje del cono coincide con el eje de los polos, y el contacto de cono y esfera se produce a lo largo de un paralelo llamado estándar (también puede ser secante obteniendo de dos paralelos estándar)<sup>3</sup>.

Los paralelos que cortan a la tierra se conocen como paralelos tipo, base o estándar. Los paralelos tipo o base para la República Mexicana son los comprendidos entre los 17.5° y 29.5° de latitud norte<sup>3</sup>.

## **El uso de los SIG en epidemiología**

Las ventajas que ofrecen los SIG ha inducido a su aplicación en diversas disciplinas, ya que permiten la ubicación espacial del problema en estudio, la



normalización, organización y actualización de datos, la representación grafica del problema, la interacción entre capas de información espacial y la aplicación de modelos de simulación <sup>4</sup>.

La epidemiología y el análisis de riesgo, son disciplinas analíticas y se fortalecen con la utilización de estas herramientas tecnológicas. Los aportes principales son: La caracterización de áreas territoriales que permiten identificar, definir y visualizar las áreas epidémicas o de riesgo, asociar información a los elementos identificados cartográficamente, generar y visualizar áreas caracterizadas por indicadores de comercialización, de producción, de densidad ganadera, movimientos de entrada y salida de la unidad pecuaria, los tipos de producción y la visualización de las relaciones espaciales entre esos elementos <sup>4</sup>. Con respecto a la epidemiología descriptiva y analítica, permite representar indicadores epidemiológicos de morbilidad, mortalidad, prevalencia, incidencia, indicadores de riesgo, tasas de ataque, contacto y coberturas de vacunación entre otras<sup>4</sup>.

Otro uso es la modelización epidemiológica, que permite visualizar modelos de difusión de la enfermedad y modelos de análisis de riesgo <sup>4</sup>. Con respecto a la vigilancia epidemiológica, se puede realizar un seguimiento retrospectivo y prospectivo de movimientos de la población animal, muestreos serológicos, focos de enfermedad, sospechas y notificaciones, así como la delimitación de áreas focales y perifocales <sup>4</sup>. En caso de atención ante emergencias sanitarias es factible mapificar la disponibilidad de personal y equipos en el área de atención,

los accidentes geográficos, la accesibilidad de las rutas e identificación de los elementos incluidos en el área delimitada <sup>4</sup>.

## **ENFERMEDAD DE AUJESZKY (EA)**

### **Antecedentes históricos**

Fue descrita en 1813, por primera vez, en los Estados Unidos de Norteamérica (EUA) en ganado bovino. En 1849 en Suiza, se utilizó el término de pseudorrabia debido a la similitud de la signología con la enfermedad de la rabia. En 1902 el médico Húngaro Aladar Aujeszky determinó que el agente causal no era bacteriano <sup>10, 11</sup>. En 1910 Schmiedhofer confirma que el agente es viral <sup>11, 12</sup>. En 1931 Shope comprobó que la enfermedad que padecían los bovinos en Iowa, EUA, correspondía a la EA <sup>10, 11, 13</sup>. Sabin y Wright identificaron al virus como un Herpes Simple tipo 1 y Herpes B <sup>10, 11, 14</sup>.

En México en 1945, la enfermedad fue reportada y diagnosticada por Bachtold en ganado bovino de Aguascalientes y posteriormente Ramírez-Valenzuela y Téllez Girón en la década de los cincuentas en Guanajuato <sup>11, 15</sup>. En cerdos, el primer caso fue reportado en La Piedad, Michoacán en 1969, a partir de estos brotes Martell y colaboradores fueron los primeros en efectuar el diagnóstico, aislamiento y tipificación del virus en 1971 <sup>11, 16</sup>.

En los brotes iniciales en México, la EA se presentaba con elevada mortalidad de lechones, con signos clínicos nerviosos y problemas reproductivos en pie de cría, lo que causo gran alarma a los productores, repercutiendo económicamente en la producción porcícola nacional <sup>17</sup>. A tal grado que más de 60 por ciento de las granjas estaban infectadas por EA y cerca de 70% de los animales eran hembras, de ahí que en 1994 se establece en México una campaña nacional oficial con el objetivo de prevenir, controlar y erradicar la EA del país <sup>18</sup>.

### **Epidemiología de la EA**

La EA también se conoce como pseudorrabia, es una enfermedad infecciosa que afecta a varias especies, principalmente al ganado porcino, siendo este el hospedador primario y fuente de infección para él mismo, así como para otras especies. Es producida por un herpesvirus, perteneciente a la familia *herpesviridae*, afectando a distintos tejidos y órganos, principalmente al sistema respiratorio, genital y nervioso, evolucionando rápidamente hasta causar la muerte. El modo de transmisión es por contacto directo de un animal a otro, por vía respiratoria principalmente, e indirectamente a través de fómites que contaminan la vestimenta, equipo de trabajo, el transporte y el aire en zonas de alta densidad de granjas porcinas, así como también el personal puede actuar como difusor del virus <sup>10, 11, 17, 19, 20</sup>.

## **La porcicultura nacional**

La actividad porcícola en México es la más desarrollada en América Latina y la carne de cerdo representa poco más del 25% de la producción nacional de carne. La mayor producción de carne de cerdo en orden decreciente se da en los estados de Sonora, Jalisco, Yucatán, Guanajuato, Puebla, Veracruz y Michoacán, que en conjunto aportan el 73% de la producción nacional, siendo Michoacán un estado que aporta aproximadamente el 5% de la producción, con un volumen aproximado de 41, 908 toneladas anuales <sup>21, 22, 23</sup> .

## **Michoacán**

El Estado de Michoacán se localiza en la parte centro occidente de la República Mexicana, sobre la costa meridional del Océano Pacífico, entre los 17°54'34" y 20°23'37" de latitud Norte y los 100°03'23" y 103°44'09" de longitud Oeste. Colinda con los estados de Colima y Jalisco al noroeste, al norte con Guanajuato y Querétaro, al este con Estado de México, al sureste con el estado de Guerrero y al suroeste con el Océano Pacífico. Cuenta con una superficie de 5'986,400 hectáreas (59,864 km<sup>2</sup>) que representa alrededor del 3% de la superficie total del territorio nacional, con un litoral que se extiende a lo largo de 210.5 Km. sobre el Océano Pacífico <sup>24</sup> .

En Michoacán, la campaña de EA se encuentra en fase de control, y durante el 2006 se presentaron 94 focos. Ante esta situación, resulta necesario establecer el control y la erradicación de la EA, con el fin de elevar la producción y mejorar la

calidad de los productos del cerdo, lo que permitirá que la porcicultura se desarrolle en mejores condiciones económicas y sanitarias <sup>25,26</sup>.

Con los fundamentos anteriores, es factible el uso y aplicación de los SIG en las enfermedades que están bajo campaña nacional oficial en México por la Dirección General de Salud Animal. Ejemplo de ello, es la Enfermedad de Aujeszky (EA) publicada en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ZOO-1994 “Campaña Nacional contra la Enfermedad de Aujeszky”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de septiembre de 1994 <sup>25</sup>.

## **JUSTIFICACIÓN**

Las ventajas que ofrecen los SIG han inducido a su aplicación en diversas disciplinas científicas; en América Latina se están realizando avances sobre su uso en salud animal, ya que permite responder a las necesidades locales de manejo de información epidemiológica y de toma de decisiones; el presente trabajo pretende servir de apoyo en la aplicación práctica de los SIG en México, tomando un estudio de caso para su desarrollo e implementación.

## **HIPÓTESIS**

Los SIG son una herramienta útil para visualizar, caracterizar y evaluar zonas de riesgo de la EA en unidades de producción porcina en el estado de Michoacán en el 2006 mediante la creación de mapas y cuadros, lo cual podría facilitar a quien toma las decisiones modificar las estrategias y por ende lograr los objetivos de las diferentes fases del programa de medicina preventiva.

## **OBJETIVOS**

Caracterizar la frecuencia y distribución de la EA en unidades de producción pecuaria porcícolas en el estado de Michoacán durante el 2006.

Identificar y visualizar zonas de riesgo de la EA en el estado de Michoacán durante el 2006.

Desarrollar un modelo para el análisis geográfico y espacial de información epidemiológica de la EA en el 2006 en el estado de Michoacán.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Utilizando como base la información contenida en el documento "Tamaño de muestra estadístico para Fiebre Porcina Clásica y Enfermedad de Aujeszky en la



porcicultura tecnificada del estado de Michoacán” elaborado por la Dirección General de Salud Animal (DGSA), el cual indica el número de muestras que deben de tomarse de las granjas del estado de Michoacán, así como los expedientes proporcionados por la Dirección de Vigilancia Epidemiológica (DIVE) de la DGSA de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), se integraron 3 bases de datos en hojas de cálculo sobre las Unidades de Producción Pecuaria de cerdos, abarcando tanto la producción tecnificada y semitécnificada, los rastros municipales y focos de la EA en el año 2006 correspondientes al estado de Michoacán.

Estas bases de datos se capturaron en el programa Excel de Microsoft Office y están integradas por las siguientes variables:

- ID, se refiere a la identificación alfanumérica asignada por la SAGARPA.
- LAT. N, se refiere a la latitud norte, obtenida mediante un geoposicionador modelo E-trex de la marca Garmin, en formato de grados, minutos y segundos.
- LONG. W, se refiere a la longitud oeste, obtenida mediante un geoposicionador modelo E-trex de la marca Garmin, en formato de grados, minutos y segundos.
- PROPIETARIO, corresponde al nombre de propietario de la Unidad de Producción Porcina.

- GRANJA, es el nombre con el cual se conoce a la Unidad de Producción Porcina.
- DOMICILIO, contiene el nombre de la calle y número, o carretera y kilómetro donde se ubica la Unidad de Producción Porcina.
- ALTITUD, indica la distancia en metros sobre el nivel del mar, obtenida mediante un geoposicionador modelo E-trex de la marca Garmin.
- VIENTRES, corresponde al número de hembras en etapa reproductiva de la Unidad de Producción Pecuaria.
- SEMENTALES, se refiere al número de machos en etapa reproductiva, por monta natural o inseminación artificial.
- LACTANCIA, comprende a los individuos nacidos vivos del día cero de edad y hasta que alcanzan un peso de 5 a 7 kilogramos al destete (puede variar entre desde los 21 a los 35 días)<sup>27, 28, 29</sup>.
- DESTETE, son los animales separados de la madre que ya no consumen leche, y permanecen en esta etapa hasta alcanzar un peso promedio de 22 kg en aproximadamente 42 días.<sup>27, 28, 29</sup>.
- DESARROLLO, comprende animales de los 22 y hasta los 40 kg<sup>27, 28, 29</sup>.
- CRECIMIENTO, son aquellos individuos que alcanzan un peso aproximado de entre 60 y 70 kilogramos en 10 semanas<sup>27, 28, 29</sup>.
- ENGORDA, aquellos animales que tienen entre 10 y 20 semanas de edad, logrando alcanzar un peso al mercado entre 100 y 110 kg<sup>27, 28, 29</sup>.

- TOTAL, es la suma de animales registrados en vientres, sementales, lactancia, destete, desarrollo, crecimiento y engorda.
- FIN ZOOTÉCNICO, corresponde a las características de producción de la unidad pecuaria. Caracterizado por: Ciclo Completo (CC), es la unidad que cuenta con animales de todas las etapas incluyendo vientres y sementales; Crecimiento (C) únicamente involucra a los animales que tienen esta característica; Engorda (E) solo hay individuos de entre 10 a 20 semanas de edad; granjas de Venta de Lechones (VL) solo cuentan con animales destetados de entre 5 y hasta 22 kg como máximo; las granjas que no tenían información se consignaron Sin Datos (S/D).
- NÚMERO DE CASSETAS, se refiere al número de instalaciones pecuarias destinadas para que los cerdos cumplan su función zootécnica y que se encuentran ubicadas dentro de la misma unidad pecuaria.
- FLUJO COMERCIAL, corresponde a los lugares a donde se comercializan a los animales producto de la engorda y venta de lechones.
- MUNICIPIOS, es la división territorial, política y administrativa del estado de Michoacán donde se ubica la Unidad de Producción Pecuaria.
- FOCOS, lugar donde se presentó al menos un caso de la EA para Michoacán en el 2006<sup>25</sup>.

La base de datos de las granjas se integró con información de 450 unidades pecuarias del estado de Michoacán, misma que fue revisada para corroborar que

no presentara errores de captura o en la codificación de las variables. El proceso de comprobación consistió en revisar 45 registros de la base de datos.

Para saber que registro revisar, se obtuvieron números aleatorios, mediante una calculadora, la cual despliega números aleatorios en milésimos por que solo se consideró aquellos que estuvieran entre 0.001 y 0.450, mismos que se multiplicaron por 1,000. Este número obtenido se correspondió en la hoja de cálculo con el número de renglón, las variables de ese registro se cotejaron contra los documentos y expedientes que se utilizaron para su integración.

Posteriormente se integró otra base de datos con información de 15 rastros municipales localizados en el estado de Michoacán, conteniendo las variables ID, Lat. N, Long W y Municipio.

Con las bases de datos tabulares se procedió a integrar la base de datos cartográfica, para ello, con la orientación del personal del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) las variables Lat. N y Long. W, se transformaron a datum ITRF92, utilizando el programa Traninv disponible en la dirección electrónica: <http://antares.inegi.gob.mx/traninv/>. Las variables antes mencionadas estaban codificadas en grados, minutos y segundos; además había diferencias en cuanto al número de caracteres y decimales, por lo que para que fuera posible la visualización de estos puntos, en el programa Arc View, se realizó la conversión. Posteriormente se le cambió el nombre de la variable de Lat. N por Y\_Coord y la Long. W se le asignó el nombre de X\_Coord con la finalidad de que

el programa SIG pudiera referenciar los puntos de las coordenadas para su visualización en el mapa del estado de Michoacán.

Además de las variables transformadas, la base de datos cartográfica de las Unidades de Producción porcinas, contenía las variables ID, Propietario, Granja, Domicilio, Altitud, Vientres, Sementales, Lactancia, Destete, Desarrollo, Crecimiento, Engorda, Total, Fin Zootécnico, Número de Casetas, Flujo comercial, Municipio.

Por último, se creó una tercera base de datos con la información de los focos presentados por municipio de la EA para el estado de Michoacán en el año 2006, que contenía solo la variable de municipio y número de focos. Información que fue proporcionada por el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica de la DIVE.

Una vez revisada y verificada la información integrada en la base tabular que se capturó en el programa Excel de Microsoft Office, se tuvo que convertir en formato DBF IV (archivo de base de datos del programa de dbase) el cuál es compatible con el programa Arc View. Lo que permitió generar mapas del estado de Michoacán con las granjas distribuidas por municipio, los rastros y municipios donde ocurrieron los focos de la EA.

Los mapas generados nos permitieron realizar el análisis de la ubicación de granjas, rastros y focos de EA en el 2006.

La creación de los mapas con sus atributos se realizó de la siguiente manera:

Con la información de la base de datos convertida al tipo de archivo compatible con el programa Arc View, se procedió a crear un nuevo proyecto (create a new project), después se eligió la opción con una nueva vista (with a new view), una vez desplegada la hoja llamada View1 se comenzaron a extraer las capas de la cartografía que contiene el programa Arc View, respetando el orden siguiente; República Mexicana, división política estatal, división política municipal y sus vías de comunicación (camino y carreteras).

Una vez sobreposicionadas y visualizadas las capas de toda la República Mexicana, con las herramientas del programa Arc View se recortó y extrajo únicamente el estado de Michoacán, con la finalidad de crear una sola capa con la información necesaria para posteriormente generar las capas de las granjas, rastros y focos.

Las capas de las granjas y rastros, se crearon a través de las tablas de atributos, agregándolas como eventos tema (Add Event Theme), esto permitió visualizar la ubicación de las granjas y rastros, en el caso de los focos de EA, se procedió a seleccionar el municipio donde fue reportado el foco; una vez seleccionados los focos se creó una tabla de atributos con la frecuencia de focos de EA presentados por municipio. Lo que permitió generar un mapa con un rango de colores basado en la frecuencia de los focos de EA en el 2006.

Una vez creadas todas las capas se procedió a sobreposicionarlas para realizar el análisis correspondiente con la ayuda de las Herramientas del Arc View.

## RESULTADOS

Las variables y la distribución de las frecuencias, se organizaron mediante un arreglo ordenado por rangos con base en las sugerencias de Daniel <sup>31</sup>.

La base de datos de las Unidades de Producción porcícolas contenía 450 registros, de los que solamente fue posible obtener información para 441 registros, de las variables ID, Lat. N, Long W, Propietario, Altitud y Municipio.

### Variable granja

Solamente en 259 (59%) registros se obtuvieron datos, del resto 182 (41%) no fue posible, por lo que se le asignó a la Unidad de Producción el nombre del propietario como el nombre de la granja (Figura 1).



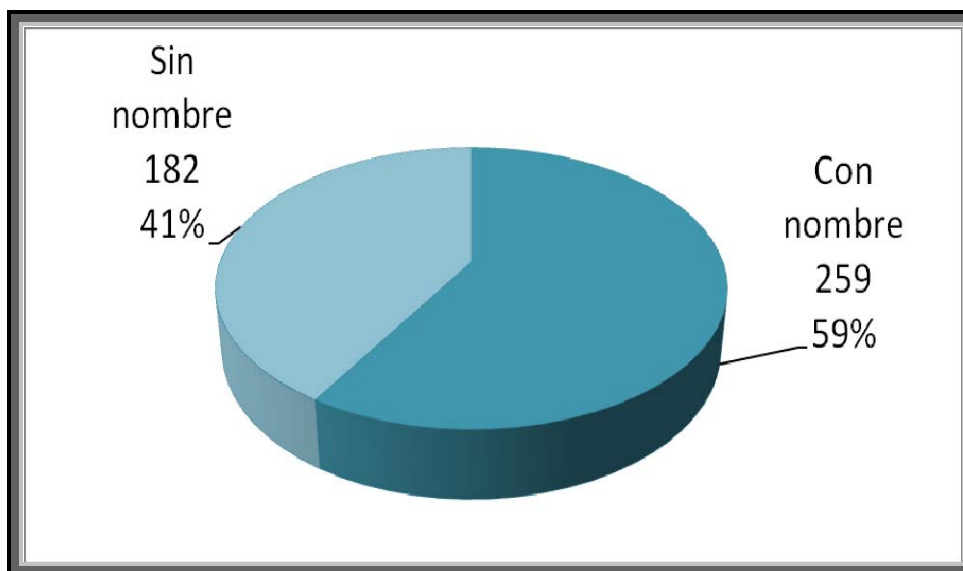


Figura 1. Frecuencia de registros con identificación de la Granja.

#### Variable domicilio

Con información del domicilio se obtuvieron 403 registros (91.38%) y en 38 (8.62%) registros se desconoce el domicilio (Cuadro 1).

<b>Cuadro 1</b>		
<b>Frecuencia de la variable domicilio en 441 registros de las granjas porcinas de Michoacán 2006</b>		
<b>DOMICILIO</b>	<b>Registros</b>	<b>%</b>
Nombre de la calle y número, o carretera y kilómetro de ubicación	229	51.93
Nombre de calle o carretera	167	37.87
Nombre de la colonia	6	1.36
Domicilio conocido	1	0.22
Sin domicilio	38	8.62
	441	

### Variable altitud

Las 441 granjas se distribuyen entre los 1401 y los 2400 metros sobre el nivel del mar (MSNM) (Cuadro 2).

<b>Cuadro 2</b>		
<b>Distribución de la variable altitud</b>		
<b>GRANJAS</b>	<b>MSNM</b>	<b>%</b>
61	1401-1600	13.83
146	1601-1800	33.11
184	1801-2000	41.72
37	2001-2200	8.39
13	2201-2400	2.95
441		

### Variable vientres

Encontramos que solo 317 granjas (71.88%) contaban con información sobre el número de vientres, y en 124 granjas (28.12%) no se tiene el registro de animales (Cuadro 3).

### Variable de sementales

Se obtuvieron 271 granjas (61.45%) con datos, y en 170 granjas (38.55%) se desconoce el dato (Cuadro 4).

<b>Cuadro 3</b>		
<b>Distribución de la variable vientres</b>		
<b>VIENTRES</b>	<b>REGISTROS</b>	<b>%</b>
1-150 hembras	261	59.18
151-300 hembras	33	7.48
301-450 hembras	7	1.59
451-600 hembras	3	0.69
601-750 hembras	2	0.45
751-900 hembras	2	0.45
901-1050 hembras	0	0
1051-1200 hembras	1	0.23
1201-1350 hembras	1	0.23
1351-1500 hembras	2	0.45
1501-1650 hembras	2	0.45
1651-1800 hembras	2	0.45
1801-1950 hembras	0	0
1951-2100 hembras	0	0
2101-2250 hembras	1	0.23
sin vientres	124	28.12
	441	

<b>Cuadro 4</b>		
<b>Distribución de la variable sementales</b>		
<b>SEMENTALES</b>	<b>REGISTROS</b>	<b>%</b>
1-10 machos	256	58.05
11-20 machos	10	2.27
21-30 machos	2	0.45
31-40 machos	2	0.45
41-50 machos	0	0
51-60 machos	1	0.23
sin sementales	170	38.55
	441	

### Variable lactancia

Se obtuvo información para 269 granjas (61%), y en 172 granjas (39%) no se registro información (Cuadro 5).

<b>Cuadro 5</b>		
<b>Distribución de la variable lactancia</b>		
<b>LACTANTES</b>	<b>REGISTROS</b>	<b>%</b>
1-150 lechones	211	47.84
151-300 lechones	32	7.26
301-450 lechones	9	2.04
451-600 lechones	5	1.14
601-750 lechones	2	0.45
751-900 lechones	1	0.23
901-1050 lechones	2	0.45
1051-1200 lechones	1	0.23
1201-1350 lechones	0	0
1351-1500 lechones	4	0.90
1501-1650 lechones	0	0
1651-1800 lechones	0	0
1801-1950 lechones	0	0
1951-2100 lechones	1	0.23
2101-2250 lechones	0	0
2251-2400 lechones	0	0
2401-2550 lechones	0	0
2251-2700 lechones	0	0
2701-2900 lechones	1	0.23
sin lactantes	172	39
	441	

### Variable destete

Se obtuvieron 273 granjas (61.9%) con información de animales, y en 168 granjas (38.1%) no se tiene registro de animales (Cuadro 6).

<b>Cuadro 6</b>		
<b>Distribución de la variable destete</b>		
<b>DESTETADOS</b>	<b>REGISTROS</b>	<b>%</b>
1-300 animales	240	54.42
301-600 animales	15	3.40
601-900 animales	6	1.36
901-1200 animales	1	0.23
1201-1500 animales	5	1.13
1501-1800 animales	1	0.23
1801-2100 animales	3	0.68
2101-2400 animales	0	0
2401-2700 animales	0	0
2701-3000 animales	0	0
3001-3300 animales	1	0.23
3301-3500 animales	0	0
3501-3800 animales	0	0
3801-4100 animales	0	0
4101-4400 animales	0	0
4401-4700 animales	1	0.23
sin animales destetados	168	38.10
	441	

Variable desarrollo

Encontramos 153 granjas (34.7%) con datos, y 288 granjas (65.3%) sin registro para esta variable (Cuadro 7).

<b>Cuadro 7</b>		
<b>Distribución de la variable desarrollo</b>		
<b>DESARROLLO</b>	<b>REGISTROS</b>	<b>%</b>
1-235 animales	126	28.57
236-470 animales	12	2.72
471-705 animales	7	1.59
706-940 animales	2	0.45
941-1175 animales	0	0
1176-1410 animales	3	0.68
1411-1645 animales	1	0.23
1646-1880 animales	0	0
1881-2115 animales	0	0
2116-2350 animales	0	0
2351-2585 animales	0	0
2586-2820 animales	0	0
2821-3055 animales	1	0.23
3056-3290 animales	0	0
3291-3525 animales	1	0.23
sin animales en desarrollo	288	65.3
	441	

#### Variable crecimiento

Solo en 152 granjas (34.47%) se obtuvieron datos, y 289 granjas (65.53%) no se obtuvo el registro de esta variable (Cuadro 8).

#### Variable engorda

Solo encontramos 278 registros (63%), y en 163 (37%) granjas no se obtuvo información (Cuadro 9).

<b>Cuadro 8</b>		
<b>Distribución de la variable crecimiento</b>		
<b>CRECIMIENTO</b>	<b>REGISTROS</b>	<b>%</b>
1-240 animales	124	28.12
241-480 animales	10	2.27
481-720 animales	7	1.58
721-960 animales	2	0.45
961-1200 animales	1	0.23
1221-1440 animales	3	0.69
1441-1680 animales	2	0.45
1681-1920 animales	1	0.23
1921-2160 animales	0	0
2161-2400 animales	0	0
2401-2640 animales	0	0
2641-2880 animales	0	0
2881-3120 animales	0	0
3121-3360 animales	0	0
3361-3600 animales	2	0.45
sin animales en crecimiento	289	65.53
	441	

<b>Cuadro 9</b>		
<b>Distribución de la variable engorda</b>		
<b>ENGORDA</b>	<b>REGISTROS</b>	<b>%</b>
1-760 animales	252	57.36
761-1520 animales	15	3.4
1521-2280 animales	2	0.45
2281-3040 animales	3	0.68
3041-3800 animales	2	0.45
3801-4560 animales	1	0.22
4561-5320 animales	0	0
5321-6080 animales	1	0.22
6081-6840 animales	0	0
6841-7600 animales	1	0.22
7601-8360 animales	0	0
8361-9120 animales	0	0
9121-9880 animales	0	0
9881-10640 animales	0	0
10641-11400 animales	1	0.22
sin animales en engorda	163	36.96
	441	

#### Variable fin zootécnico

Se categorizó de la siguiente manera: Crecimiento (C), Ciclo Completo (CC), Engorda (E), Venta de Lechón (VL), Sin Dato (S/D). En 327 granjas (74.15%) fue posible categorizarlas por el tipo de explotación y 114 (25.85%) granjas no hubo información S/D. Con fin zootécnico C hubo 22 granjas (4.98%), con CC 286 granjas (64.85%), con E 17 granjas (3.85%), y con VL solo 2 granjas (0.45%) (Figura 2).



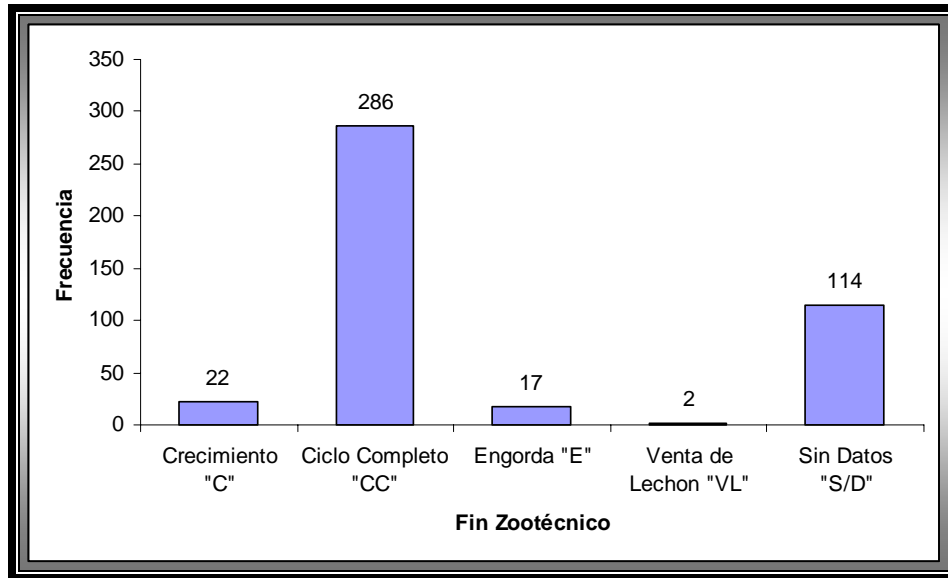


Figura 2. Frecuencia de granjas porcinas con base en el fin zootécnico en Michoacán 2006.

Variable número de casetas por granja

Solo en 335 granjas (75.97%) se contaba con información, mientras que en 106 granjas (24.03%) no se tenían datos (Cuadro 10).

<b>Cuadro 10</b>		
<b>Distribución de la variable número de casetas</b>		
<b>CASETAS</b>	<b>GRANJAS</b>	<b>%</b>
1-20 casetas	326	73.93
21-40 casetas	7	1.58
41-60 casetas	1	0.23
61-80 casetas	0	0
81-100 casetas	1	0.23
sin datos	106	24.03
	441	

### Variable flujo comercial

Con respecto al flujo comercial, en 321 (72.78%) granjas fue posible identificar hacia donde se venden o se llevan a finalizar los animales, mientras que para 120 granjas (27.22%) se desconoce el destino final de los animales (Figura 3).

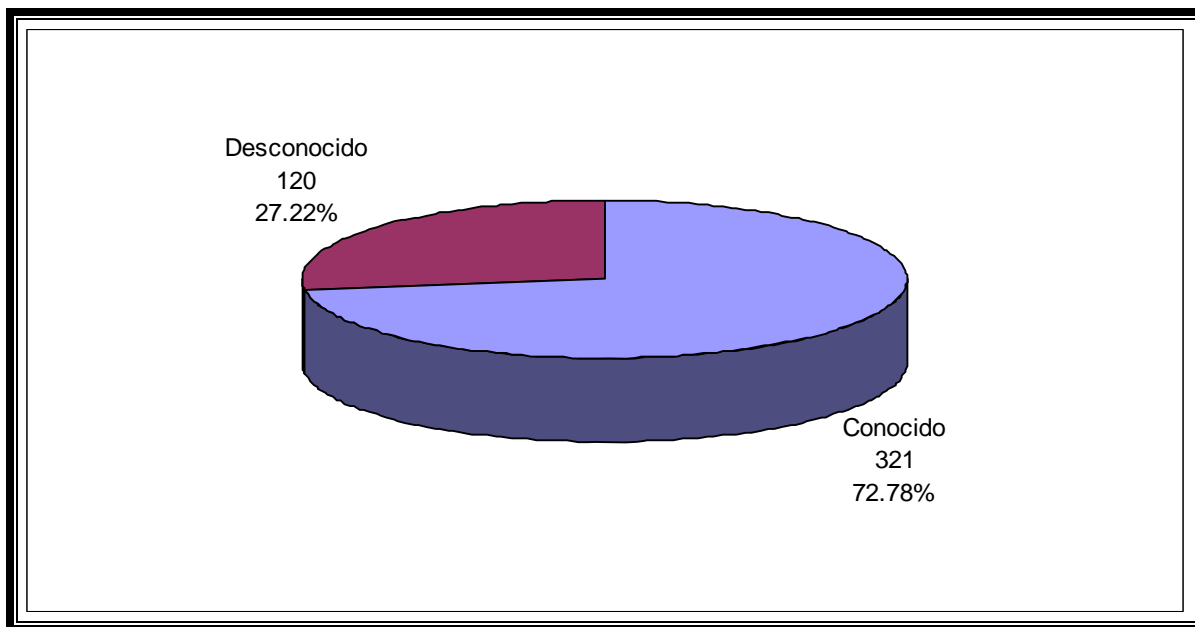


Figura 3. Frecuencia del flujo comercial de las granjas porcinas del estado de Michoacán 2006.

### Variable granjas por municipio y población animal en Michoacán en 2006

El estado de Michoacán está integrado por 113 municipios, en 20 de ellos se encuentran ubicadas las 441 granjas porcícolas (Cuadro 11).

<b>Cuadro 11</b>					
<b>Distribución por municipio de las granjas porcinas y población en Michoacán 2006</b>					
<b>MUNICIPIO</b>	<b>No. GRANJAS</b>	<b>%</b>	<b>TOTAL ANIMALES</b>	<b>POBLACIÓN</b>	
				<b>MÍNIMA</b>	<b>MÁXIMA</b>
Álvaro Obregón	17	3.85	5,330	17	2,199
Ciudad Hidalgo	3	0.68	1,438	48	1,270
Ecuandureo	5	1.13	2,856	137	2,078
Huandacareo	58	13.15	35,236	34	10,996
Ixtlan	11	2.49	7,181	41	6,021
La Piedad	75	17	128,612	32	22,282
Numarán	10	2.26	1,561	35	914
Penjamillo	21	4.76	3,138	27	1,087
Purepero	20	4.53	16,291	51	3,281
Puruandiro	66	14.96	43,179	15	21,443
Santa Ana Maya	22	4.98	3,917	7	811
Tanhuato	18	4.08	2,669	13	866
Tlazazalca	19	4.30	16,718	50	4,162
Uruapan	17	3.85	2,297	20	842
Villa Morelos	10	2.26	3,372	132	1,673
Vista Hermosa	4	0.90	790	169	443
Yurecuaro	16	3.62	2,104	37	860
Zacapu	31	7.02	7,475	16	1,472
Zamora	6	1.36	1,120	7	402
Zinaparo	12	2.72	3,375	29	1,339
	441	100	288,659		

Al utilizar el programa Arc View se obtuvieron los siguientes resultados:

Ubicación de granjas por municipio empleando el uso del SIG.

Fue posible ubicar todas las granjas de la base de datos, sin embargo, en 3 de ellas había error, ya que una se visualizaba en el océano pacífico, otra en Coahuila y Guanajuato; por lo que se descartaron (Figura 4).

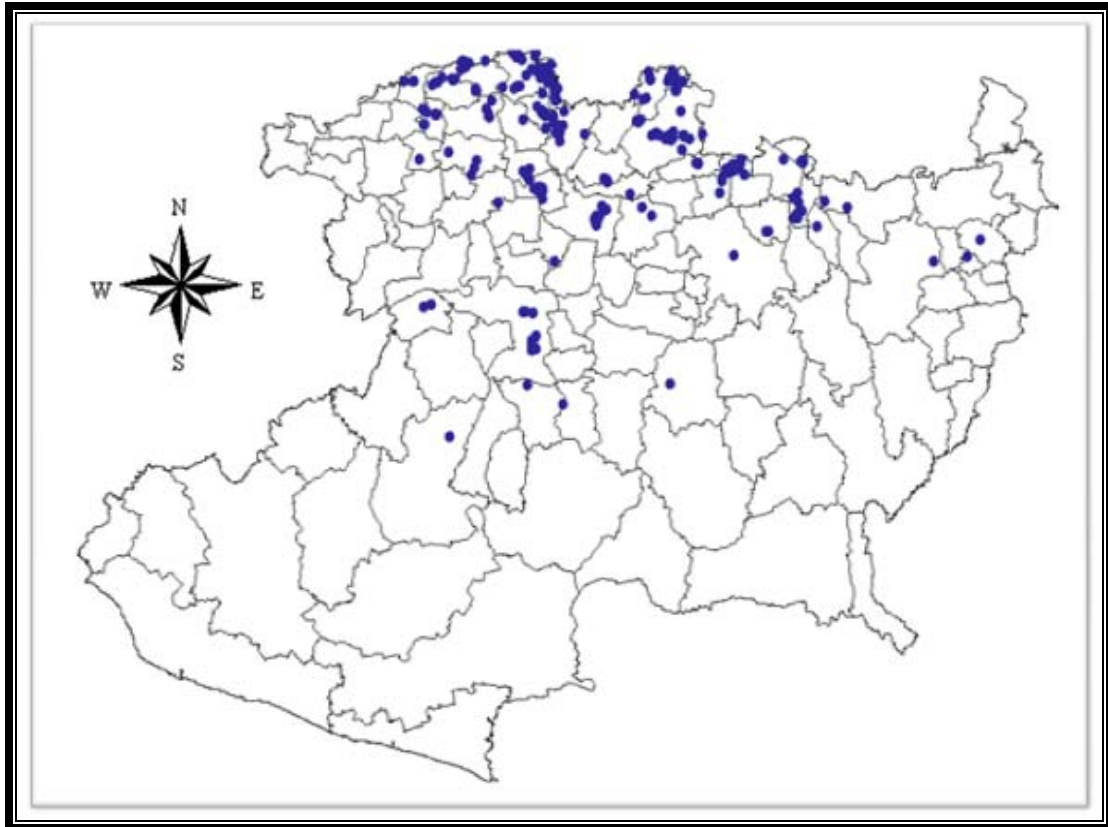


Figura 4. Mapa con la distribución espacial de las granjas por municipio del Estado de Michoacán en el año 2006.

A continuación, se describen los resultados por municipio:

Álvaro Obregón tiene 17 granjas registradas, sin embargo solo 13 granjas se visualizaron dentro del mismo; de las 4 granjas restantes, 2 se visualizaron en el municipio de Zinapecuaro, con una distancia de 2 km la más cercana y 10.8 km la más lejana, otra granja en el municipio de Indapareo, a una distancia de 3.8 km y la última en el municipio de Morelia, a una distancia de 25 km (Figura 5).

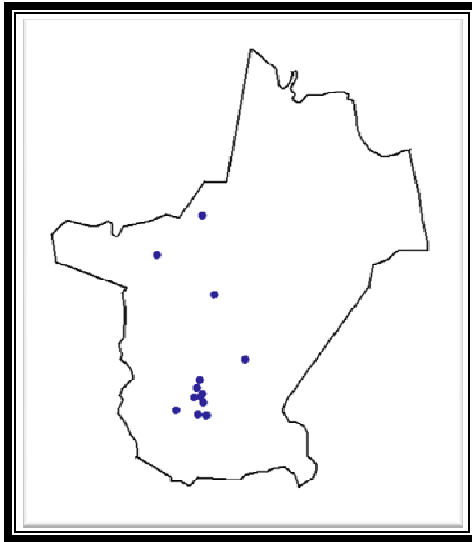


Figura 5. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Álvaro Obregón del Estado de Michoacán en el año 2006.

En el municipio de Ciudad Hidalgo se registraron 3 granjas, 2 se georeferenciaron por fuera, una de ellas en el municipio de Aporo a una distancia de 9.7 km y la otra en el municipio de Senguio a 17.5 km (Figura 6).



Figura 6. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Ciudad Hidalgo del Estado de Michoacán en el año 2006.

Las 5 granjas del municipio de Ecuandureo se visualizaron dentro del mismo municipio (Figura 7).

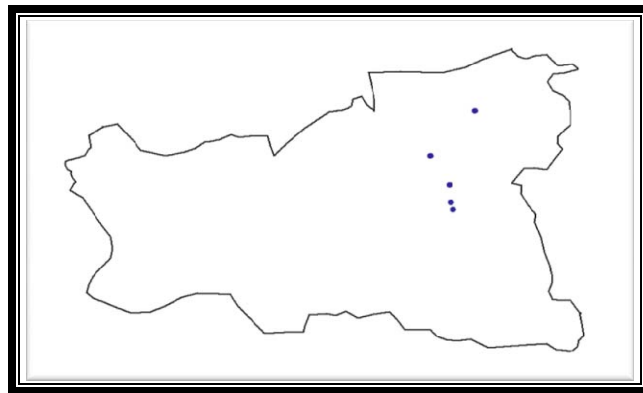


Figura 7. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Ecuandureo del Estado de Michoacán en el año 2006.

El municipio de Huandacareo registró 58 granjas, pero se observaron 4 granjas en otros municipios; 2 de ellas en el municipio de Chucandiro, a una distancia de 1.7 y 6.0 km de distancia, las otras 2 en el municipio de Tarimbaro a una distancia de 22.2 y 22.4 km de Huandacareo (Figura 8).

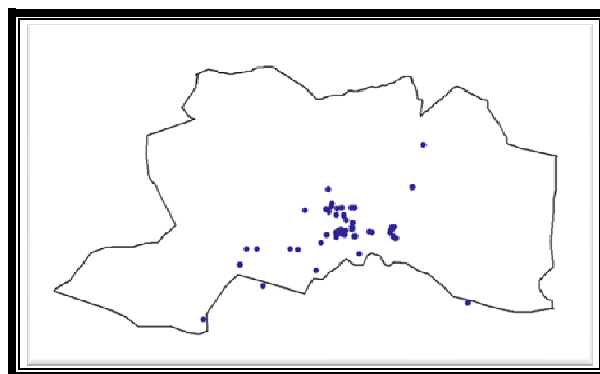


Figura 8. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Huandacareo del Estado de Michoacán en el año 2006.

En el municipio de Ixtlan sus 11 granjas se visualizaron dentro de los límites del mismo (Figura 9).

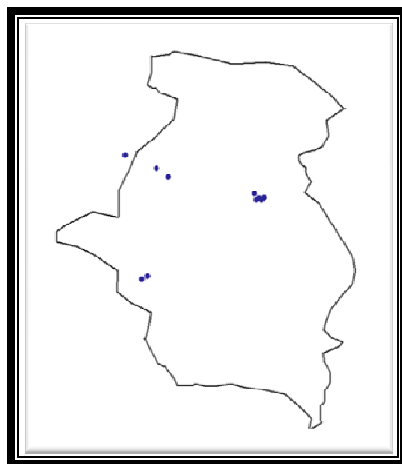


Figura 9. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Ixtlan del Estado de Michoacán en el año 2006.

La Piedad registró 75 granjas, sin embargo 22 fueron visualizadas fuera del municipio; en Numarán se encontraron 18 granjas, a una distancia que va de los 100 metros y hasta los 5.2 Km, una granja en el municipio de Churintzio a 7.3 km, otra en Tacambaro a 122 km, otra granja se observó en el estado de Guanajuato a 100 km y finalmente una granja cayó en el Océano Pacífico a más de 720 km (Figura 10).

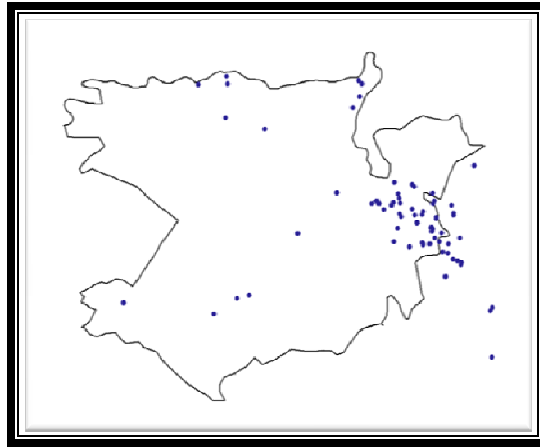


Figura 10. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de La Piedad del Estado de Michoacán en el año 2006.

En el municipio de Numarán se tienen 10 granjas registradas y solo una se visualizó en el municipio de Guanajuato a una distancia cercana de 400 metros (Figura 11).

Penjamillo cuenta con 21 granjas registradas mismas que se visualizaron sin ningún inconveniente (Figura 12).



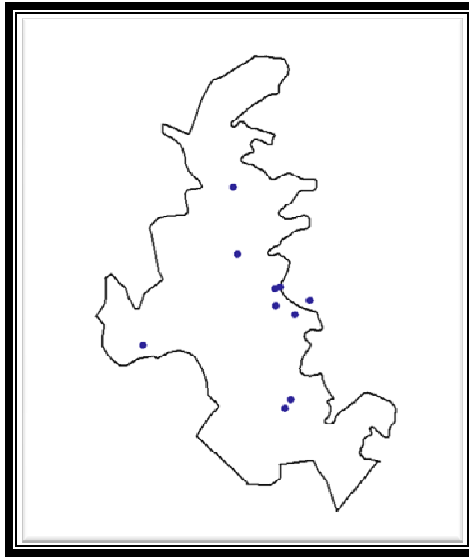


Figura 11. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Numarán del Estado de Michoacán en el año 2006.

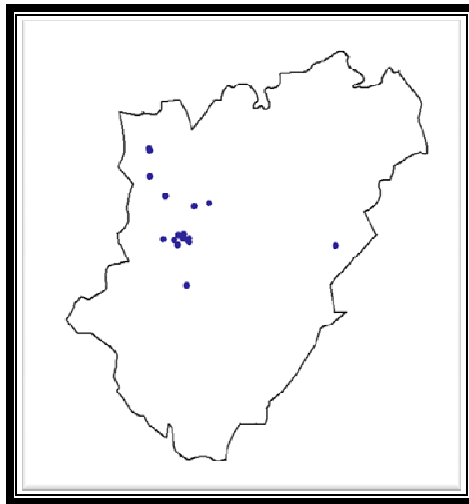


Figura 12. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Penjamillo del Estado de Michoacán en el año 2006.

El municipio de Purepero tiene 20 registros de granjas que a su vez se visualizaron sin problema (Figura13).

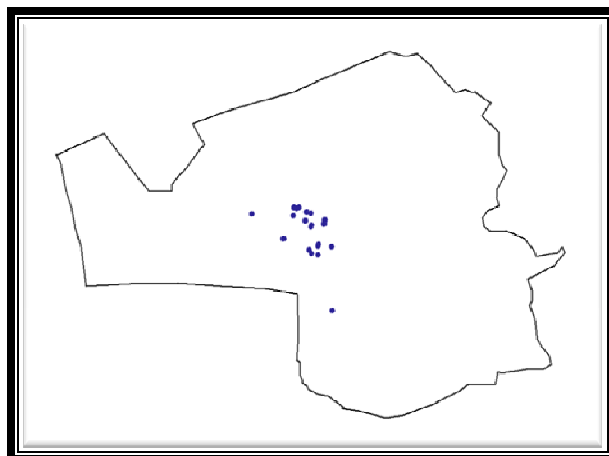


Figura 13. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Purepero del Estado de Michoacán en el año 2006.

El municipio de Puruandiro cuenta con 66 granjas en sus registros, se visualizaron 17 granjas fuera del mismo; 16 granjas se observaron en el municipio de José Sixto Verduzco, a una distancia de 900 metros a 9 km y la restante en el estado de Guanajuato a una distancia de 1.2 km (Figura 14).

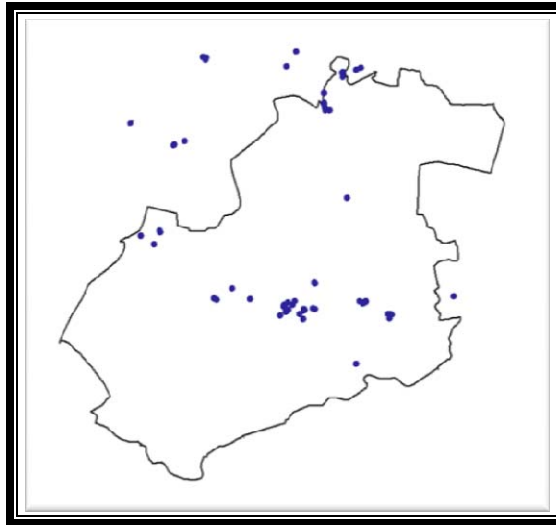


Figura 14. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Puruandiro del Estado de Michoacán en el año 2006.

En el municipio de Santa Ana Maya hay 22 granjas registradas, y solo una granja se visualizó fuera del mismo, en el municipio de Cuitzeo, a una distancia de 2.8 km (Figura 15).

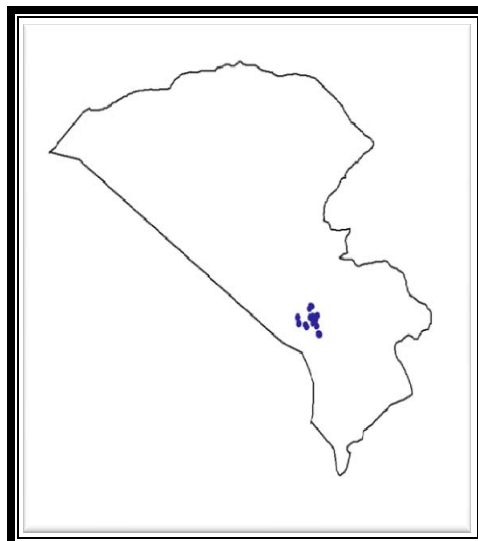


Figura 15. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Santa Ana Maya del Estado de Michoacán en el año 2006.

Tanhuato tiene en sus registros 18 granjas, sin embargo solo 17 se visualizan en él, la restante se observó en el estado de Coahuila a una distancia de 782 km del municipio (Figura 16).

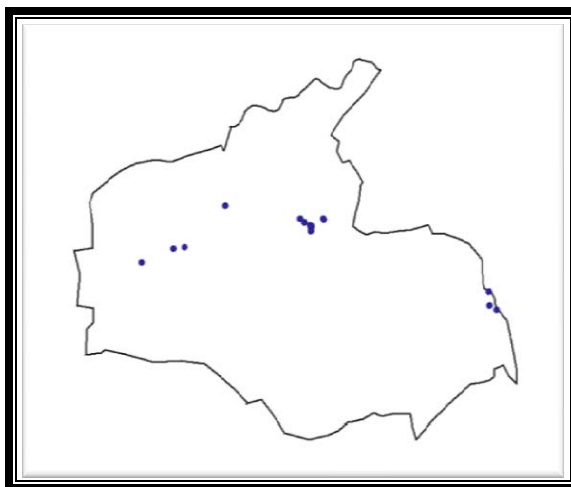


Figura 16. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Tanhuato del Estado de Michoacán en el año 2006.

Para Tlazazalca se pudieron visualizar sus 19 granjas sin problema (Figura 17).

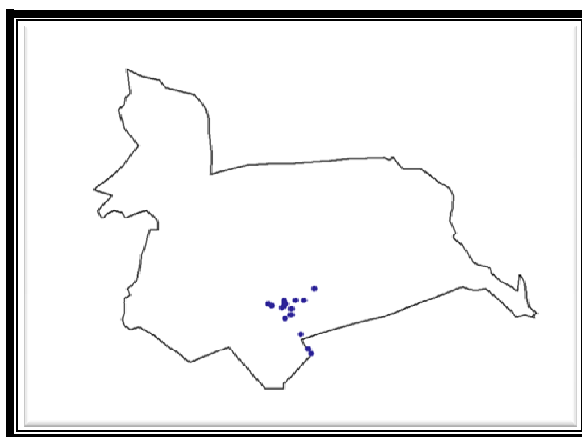


Figura 17. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Tlazazalca del Estado de Michoacán en el año 2006.

El municipio de Uruapan cuenta con 17 de granjas, sin embargo 6 de ellas se visualizan fuera del municipio; 2 granjas se observan en Gabriel Zamora, a distancias de 2.5 y 8.8 km, 2 granjas en Periban a distancia de 5.8 y 8.5 km, una granja en Cheran a 11 km de distancia y otra granja en Apatzingan a 29.2 km del municipio (Figura 18).

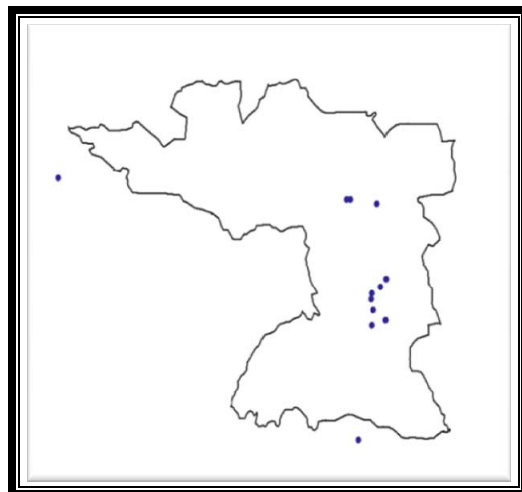


Figura 18. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Uruapan del Estado de Michoacán en el año 2006.

En Villa Morelos sus 10 granjas se pudieron visualizar sin problemas (Figura 19).

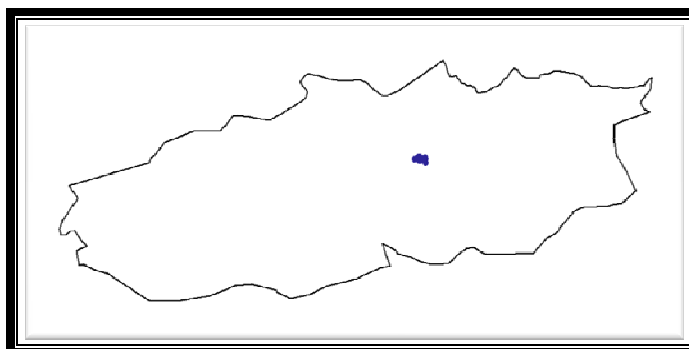


Figura 19. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Villa Morelos del Estado de Michoacán en el año 2006.

Para el municipio de Vista Hermosa se visualizaron sus 4 granjas (Figura 20).

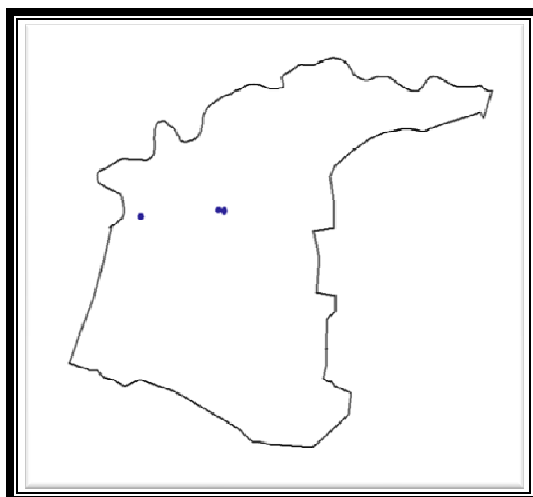


Figura 20. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Vista Hermosa del Estado de Michoacán en el año 2006.

En Yurecuaro se tienen 16 granjas registradas, mismas que se pudieron visualizar (Figura 21).

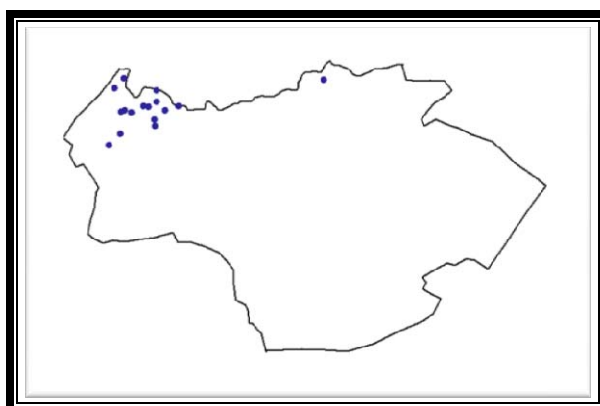


Figura 21. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Yurecuaro del Estado de Michoacán en el año 2006.

El municipio de Zacapu tiene 31 granjas registradas, sin embargo, 13 granjas se visualizaron fuera del municipio; 10 para el municipio de Jiménez con distancias que van de los 3.6 a los 5.8 km, 2 granjas se observaron en Coeneo a distancia de 8.8 y 11.4 km, finalmente otra granja se observó en Panindicuaro a 5.5 km (Figura 22).

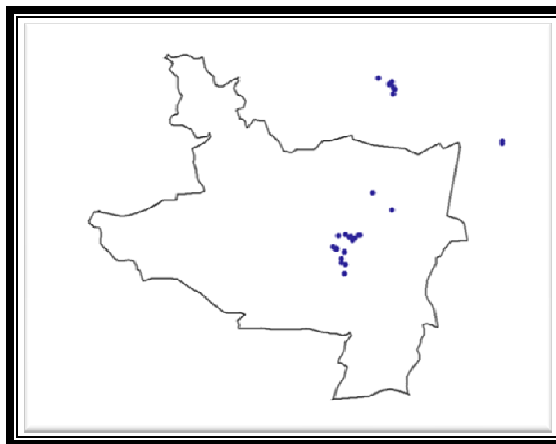


Figura 22. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Zacapu del Estado de Michoacán en el año 2006.

Zamora tiene 6 granjas registradas, solo 2 de ellas se visualizan en municipios aledaños, una granja en el municipio de Chavindia a 6.1 km y la otra granja se observó en el municipio de Chilchota a 12.2 km de distancia (Figura 23).

En Zinaparo cuentan con 12 granjas y solo una se visualizó fuera de él, en el municipio de Penjamillo a 6.1 km de distancia (Figura 24).

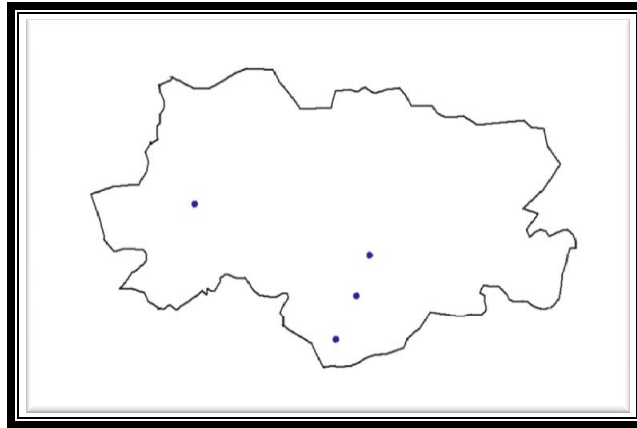


Figura 23. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Zamora del Estado de Michoacán en el año 2006.

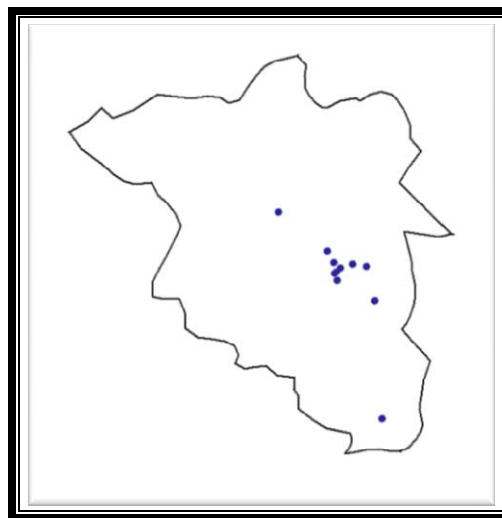


Figura 24. Mapa con la distribución de las granjas del municipio de Zinaparo del Estado de Michoacán en el año 2006.

#### Ubicación de rastros municipales de Michoacán utilizando el SIG

Con respecto a los 15 rastros municipales de los que se tenía la georeferencia, se visualizaron íntegramente (Figura 25). Es importante destacar que al menos 11 de



ellos, se localizan en los municipios donde hay una mayor presencia de granjas porcinas (Figura 26).

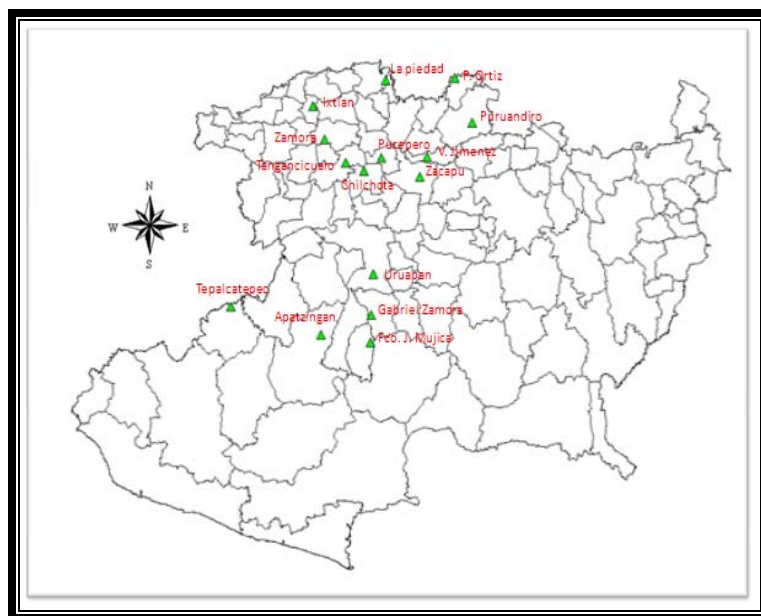


Figura 25. Mapa con la distribución espacial de los rastros municipales del Estado de Michoacán en el año 2006.

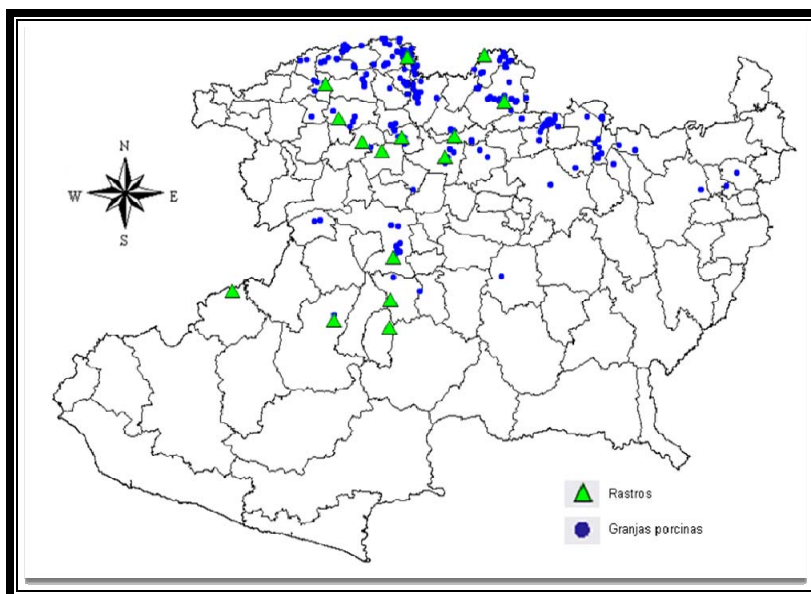


Figura 26. Mapa con la distribución espacial de los rastros municipales y granjas del Estado de Michoacán en el año 2006.

## Ubicación de focos de la EA en Michoacán 2006 utilizando el SIG

Para la creación de la capa de los focos de la EA para el estado de Michoacán en 2006, solo fue posible observar el municipio donde ocurrió el foco, al que se le asoció el número de focos presentados debido a que las autoridades de la DIVE no tenían la georeferencia de la granja afectada donde ocurrió el foco. En 22 municipios se presentaron 94 focos de la EA en el 2006, distribuidos de la siguiente manera: (Figura 27, Cuadro 12).

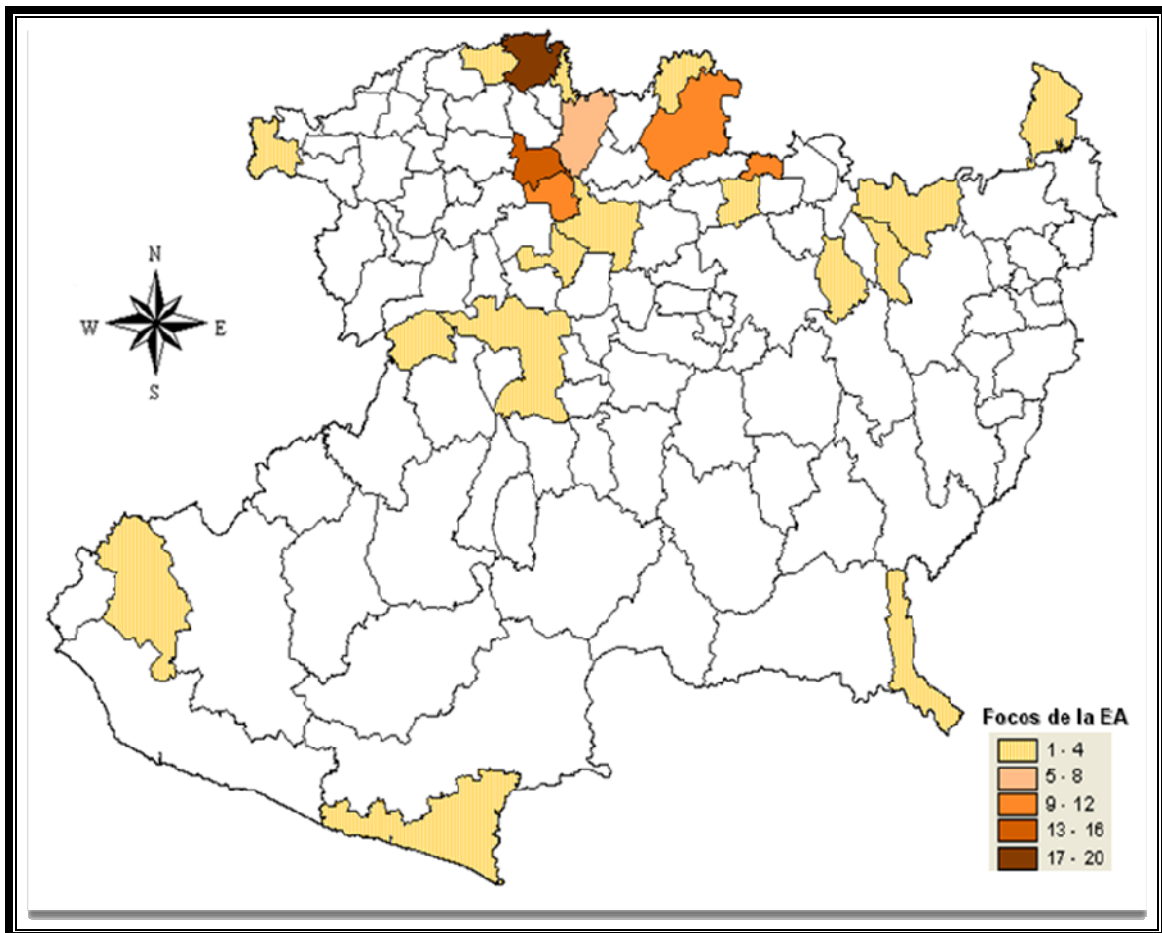


Figura 27. Mapa con la frecuencia de focos de EA por municipio en el Estado de Michoacán en el año 2006.

<b>Cuadro 12</b>	
<b>Frecuencia de focos por municipio de la EA en el estado de Michoacán 2006</b>	
<b>MUNICIPIO</b>	<b>No. FOCOS</b>
La Piedad	20
Tlazazalca	13
Puruandiro	11
Huandacareo	11
Purepero	9
Penjamillo	5
Numarán	3
José Sixto Verduzco	3
Zacapu	3
Zinapecuaro	2
Uruapan	2
Periban	2
Yurecuaro	1
Epitacio Huerta	1
Marcos Castellanos	1
Chucandiro	1
Queréndaro	1
Cheran	1
Charo	1
Chinicuila	1
San Lucas	1
Lázaro Cárdenas	1
	94

Ubicación de carreteras utilizando el SIG

El programa Arc Gis, solo contempla la cartografía de las principales carreteras estatales y federales de cuota del estado de Michoacán (Figura 28).

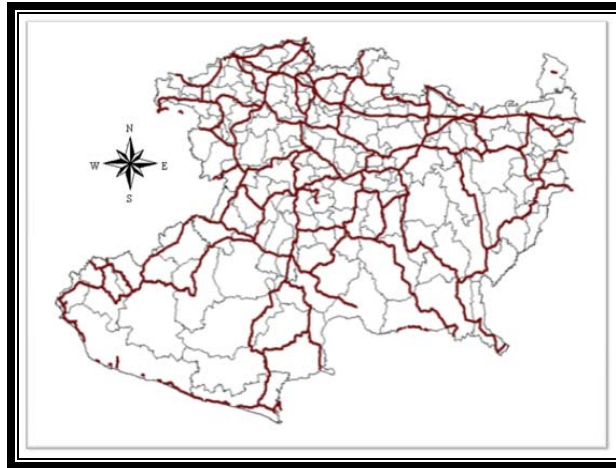


Figura 28. Mapa con la distribución de las principales carreteras del Estado de Michoacán en el año 2006.

Por otro lado, el INEGI nos proporcionó otro programa SIG llamado IRIS 4.0.1, el cual tenía la cartografía más completa de las vías de comunicación de la República Mexicana al 2005, donde se visualizan los caminos de terracería, carreteras libres y de cuota tanto estatales y federales, sin embargo, al momento de sobreponer las capas de este programa no fue posible visualizarlas, debido a que la capa mencionada no fue compatible con el programa Arc View. (Figura 29).

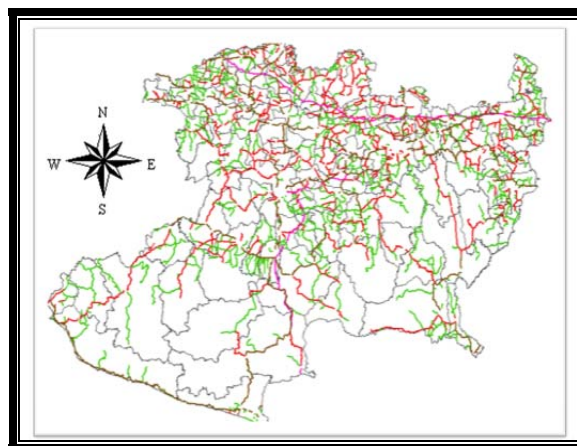


Figura 29. Mapa con la distribución de las carreteras y caminos de terracería del Estado de Michoacán proporcionados por INEGI.

Finalmente se asociaron todas las capas de los mapas creados obteniendo como resultado el siguiente mapa (Figura 30).

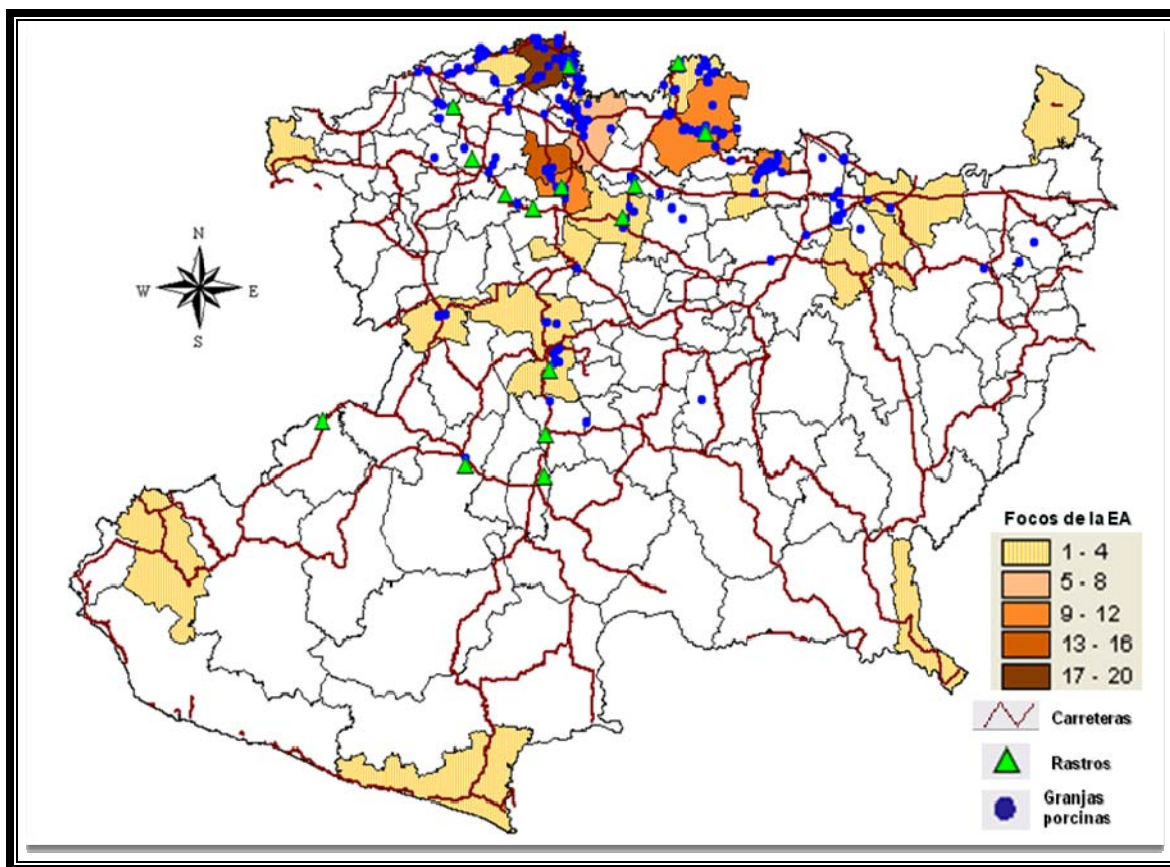


Figura 30. Mapa del Estado de Michoacán con la situación de las granjas porcinas, rastros, focos de la EA y carreteras en el año 2006.

Por ultimo se asocio la información de la figura 30 con un mapa de los estados que colindan con Michoacán, y su situación zoonosanitaria para la EA en el año 2006 (Figura 31).

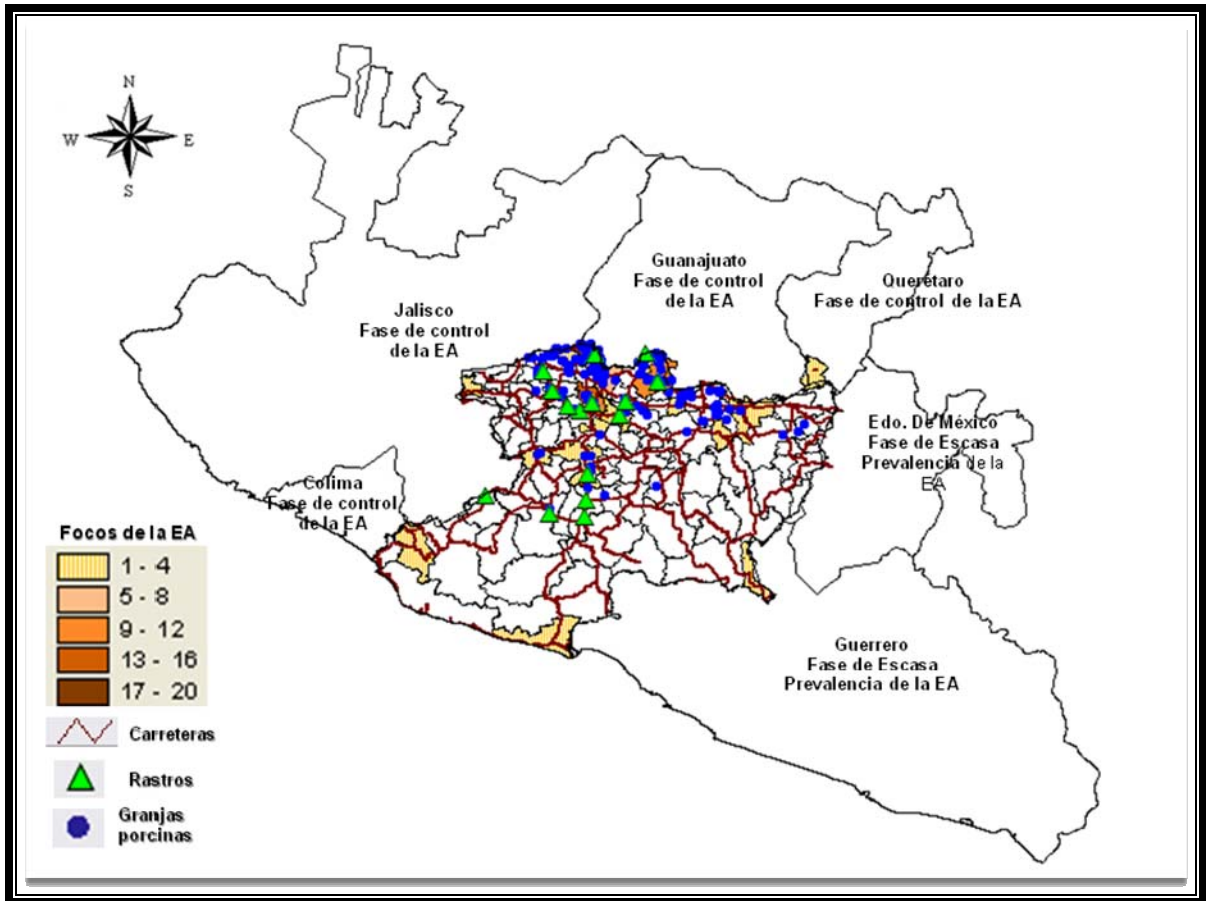


Figura 31. Mapa con la situación de la EA en granjas porcinas de Michoacán en el año 2006, e información complementaria.

Para corroborar esta información se procedió a exportar los puntos georeferenciados al programa SIG llamado Google Earth, y gracias a que este programa contiene una cartografía de fotografías aéreas de todo el mundo fue posible confirmar que casi en su totalidad los puntos coincidieron con imágenes donde realmente se veían granjas en el estado de Michoacán (Figura 32).





Figura 32. Fotografía aérea de una granja porcina referenciada en el estado de Michoacán en el año 2006.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Al realizar una revisión en los principales bancos de información (Pub Med, Biological abstracts, Elsevier UNAM y Hermes) no se encontraron antecedentes del uso de los SIG en México para la EA, sin embargo, Marsh en 1991 publicó un artículo sobre el uso de los SIG en epidemiología para estudiar la enfermedad de Aujeszky en cerdos del estado de Minnesota EUA <sup>30</sup>. La FAO en 2005 publicó el libro sobre la Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos en la epidemiología de la fiebre aftosa en la Argentina <sup>4</sup>.



No fue posible comparar nuestra investigación con el trabajo de Marsh, ya que evaluaron otras variables a las utilizadas en el presente trabajo, además utilizaron el programa SIG EPPL-7<sup>30</sup>.

Con respecto a la base de datos, que se integró de varias fuentes (expedientes, tamaño de muestra estadístico, entre otros), se presentaron varios problemas, por un lado, de las variables consideradas para integrarla, solo fue posible obtener datos completos para 6 variables (ID, Lat. N, Long W, Propietario, Altitud y Municipio), de las variables restantes no fue factible recabar toda la información, es decir de los 441 registros de cada variable, solo se integró información entre un 30 y un 90%.

Por otro lado, del total de granjas registradas en el estado de Michoacán en 2006, solo el 2.72% (12 granjas) se descarto para el análisis ya que presentaba error de ubicación, con distancias mayores a los 10 km fuera de su municipio que le correspondía. Sin embargo, de las granjas restantes que se ubicaron fuera del municipio se considero que hasta los 10 km de distancia estaban en el límite del municipio, ya que es difícil saber físicamente hasta donde termina un municipio y donde comienza el otro.

Observamos que los municipios con mayor densidad de vientres, granjas porcinas y población animal, coinciden con aquellos municipios en donde se presentó mayor frecuencia de focos de la EA en el 2006, por lo que deben de considerarse

como municipios de alto riesgo para la EA (Cuadro 13). Sin embargo, se presentaron algunos focos de EA en municipios donde no se tienen granjas porcinas, lo que hace suponer que estos focos pueden haberse presentado en animales de traspasio o en granjas que no tienen registro ante la SAGARPA (Figura 33).

<b>Cuadro 13</b>						
<b>Distribución por municipio de las granjas porcinas, población y focos de EA en Michoacán 2006</b>						
<b>MUNICIPIO</b>	<b>No. GRANJAS</b>	<b>TOTAL VIENTRES</b>	<b>TOTAL ANIMALES</b>	<b>POBLACIÓN</b>		<b>No. FOCOS</b>
				<b>MÍNIMA</b>	<b>MÁXIMA</b>	
La Piedad	75	16,597	128,612	32	22,282	20
Tlazazalca	19	1,938	16,718	50	4,162	13
Huandacareo	58	4,829	35,236	34	10,996	11
Puruandiro	66	4,808	43,179	15	21,443	11
Purepero	20	2,391	16,291	51	3,281	
Penjamillo	21	476	3,138	27	1,087	
Numarán	10	255	1,561	35	914	
Zacapu	31	1,051	7,475	16	1,472	
Álvaro Obregón	17	2,547	5,330	17	2,199	
Ciudad Hidalgo	3	16	1,438	48	1,270	
Ecuandureo	5	455	2,856	137	2,078	
Ixtlan	11	1,013	7,181	41	6,021	
Santa Ana Maya	22	468	3,917	7	811	
Tanhuato	18	482	2,669	13	866	
Uruapan	17	418	2,297	20	842	
Villa Morelos	10	463	3,372	132	1,673	
Vista Hermosa	4	190	790	169	443	
Yurecuaro	16	270	2,104	37	860	
Zamora	6	164	1,120	7	402	
Zinaparo	12	430	3,375	29	1,339	
	441		288,659			

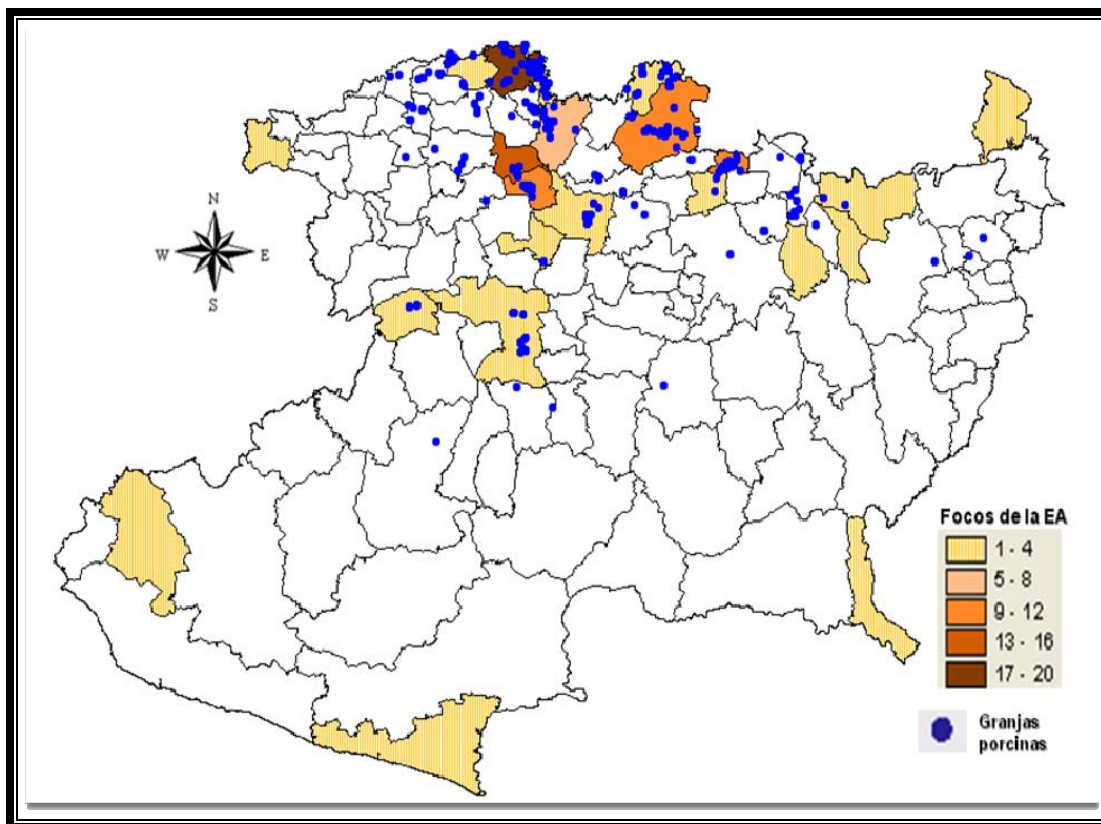


Figura 33. Mapa con la distribución espacial de los focos de la EA por municipio y granjas del Estado de Michoacán en el año 2006.

Al revisar el mapa de la frecuencia de focos de la EA en el 2006, se destaca que 14 de los 22 municipios donde estos se presentaron, colindan con los estados de Colima, Jalisco, Guanajuato, Querétaro y Guerrero este último estado en el 2006 se encontraba en la etapa de campaña descrita como erradicación, y el Estado de México se encontraba en escasa prevalencia, el resto de los estados estaban en la misma situación sanitaria de Michoacán (en Control) con respecto a la EA. Debido a la extensa red de vías de comunicación y en su mayoría todos estos animales se finalizan en las principales ciudades, la situación es muy riesgosa

para Guerrero y sobretodo para el Estado de México ya que, si no se tienen estrictas medidas de control en la movilización de animales vivos, productos y subproductos de cerdos, puede haber diseminación de la EA hacia estos estados (Figura 34).

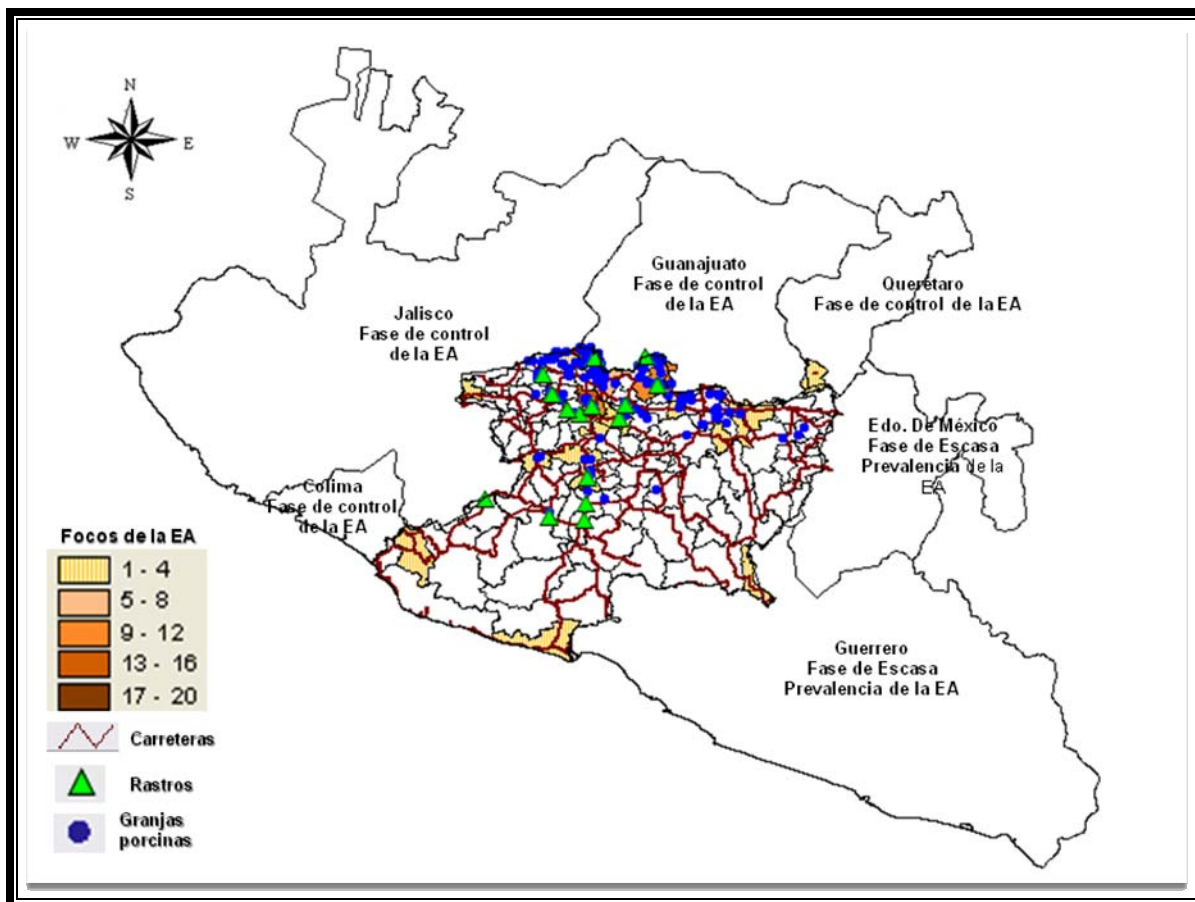


Figura 34. Mapa del Estado de Michoacán con municipios donde se presentaron focos de la EA, estados colindantes con su situación zoonositaria de la EA e información complementaria en el año 2006.

Al realizar el análisis con todas las capas sobrepuestas, podemos concluir que debido a la extensa red de vías de comunicación y la cercanía entre las granjas y municipios de Michoacán, es factible la diseminación de la EA a municipios que no han presentado focos e incluso a los estados colindantes que se encuentran en otro estatus zoonosanitario diferente al de Michoacán, por lo que es necesario, fortalecer el muestreo, la cuarentena, la movilización y vacunación de los animales, así como la eliminación de cadáveres y desechos de las granjas afectadas e implementar programas de limpieza, desinfección y eliminación de roedores.

Con los resultados obtenidos en el presente trabajo, podemos concluir que los SIG son una herramienta de gran ayuda en el área de epidemiología veterinaria, la medicina preventiva y salud pública, sin embargo, nuestra hipótesis no se pudo comprobar completamente ya que se carecía de información de calidad y no pudimos realizar un análisis más completo.

## **RECOMENDACIONES**

Con base en la experiencia y resultados del presente trabajo, recomendamos a la DGSA de la SAGARPA que para futuras investigaciones epidemiológicas con el uso de los SIG se establezca y defina un plan de trabajo con objetivos específicos,

para recabar información de calidad, capacitar al personal que utilizará el GPS y levantará las encuestas; con ello se obtendrá información homogénea, completa confiable.

Se recomienda a las autoridades que se encargan de actualizar la base de datos del estado de Michoacán, y con los resultados obtenidos en este trabajo se ubiquen las granjas porcinas al municipio en el que fueron visualizadas.

Con respecto a los rastros sería conveniente obtener información de la(s) especie(s) que sacrifican, días de sacrificio, turnos de sacrificio, capacidad instalada, procedencia de los animales, destino de la canal y subproductos, inventario diario, semanal y mensual de los animales sacrificados y registro de decomisos explicando motivo.

En cuanto a la información de los focos, es recomendable conocer el punto georeferenciado donde ocurrió el foco, ubicación y nombre de la granja o traspatio, el fin zootécnico, el inventario de los animales, saber cuántos se enfermaron o murieron por la EA, el flujo comercial o destino de los mismos.

También es importante adquirir la cartografía completa para la República Mexicana con las capas necesarias para realizar los análisis y generar mapas con mayor información que permita utilizar todas o la mayor parte de las herramientas que los SIG ofrecen.

## REFERENCIAS

1. Graham AJ, Atkinson PM, Danson FM. Spatial analysis for epidemiology. *Acta Tropica* 2004;91:219–225.
2. Organización Panamericana de la Salud. Uso de los Sistemas de Información Geográfica en Epidemiología (SIG-EPI). *Boletín Epidemiológico* 1996; 17(1):1-6.
3. Instituto Nacional de Estadística Geografía Informática. Manual del participante. Taller del Sistema Información Referenciada Geoespacialmente Integrada en un Sistema (IRIS) versión 4.0.1. Mexico (DF): INEGI, 2006.
4. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos en la epidemiología de la fiebre aftosa en la Argentina. Roma, (Italia): FAO, 2005.
5. Staubach C, Schmid V, Knorr-Held L, Ziller M. A Bayesian model for spatial wildlife disease prevalence data. *Preventive Veterinary Medicine* 2002;56:75-87.
6. Garson GD, Biggs RS. Analytic mapping and geographic databases. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences. Sage University Papers. Sage Publications, Newbury Park. 1992. 89p.
7. Molina SI. Los Sistemas de Información Geográfica en Epidemiología. *Revista Salud Pública y Nutrición* [Revista en línea] Abril-Junio 2001 [citado 5 de marzo 2007]; 2(2) Disponible en: [http://www.respyn.uanl.mx/ii/2/ensayos/sistemas\\_geogra.html](http://www.respyn.uanl.mx/ii/2/ensayos/sistemas_geogra.html).

8. Grupta R, Jay D, J Rain. Geographic Information Systems for the Study and Control of Infectious diseases. 6th Annual International Conference, Map India 2003, Jan. 2003 Paper no. 113; Disponible en: <http://www.gisdevelopment.net/application/health/overview/pdf/113.pdf>.
9. The Pan American Health Organization. SIGEpi: Geographic Information System in Epidemiology and Public Health. Epidemiological Bulletin September 2001; 22(3) 3-5.
10. Klugge JP, Beran GW, Hill HI, Platt KB. Pseudorabies (Aujeszky's Disease). In: Leman AD, editor. Diseases of Swine. 7th ed. Iowa (USA): Iowa State University Press. 1992: 312-322.
11. Espinosa GME, Evaluación de la vacunación contra el virus de la Enfermedad de Aujeszky con el uso de dos moduladores Inmunológicos (tesis de licenciatura). Distrito Federal (México) México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2000
12. Merchant IA y Packer RA: Bacteriología y Virología Veterinarias. 3ª ed. España: Acribia. 1970.
13. Medina GL y Correa GP: Presencia de anticuerpos contra la Enfermedad de Aujeszky en sueros de cerdos de diferente procedencia. Tec. Pec. Mex. 1977: 32: 93-96.
14. Martell DMA: Consideraciones sobre la Enfermedad de Aujeszky o Pseudorrabia en México. Morilla GA, Correa GP, y Stephano A, editores. En Avances en Enfermedades del Cerdo México 1985: 195-201.
15. Alzina A, Gómez M, Rodríguez J, Villegas S y Álvarez M: Control de la Enfermedad de Aujeszky mediante el uso de vacunación gl- en granja infectada.



Memorias del XXVII Congreso Nacional de AMVEC; 1992 Acapulco (Guerrero) México, Acapulco (Guerrero): Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos. 1992: 224-225.

16. Rosales OC: Aspectos epizootiológicos de la Enfermedad de Aujeszky, Morilla GA, Correa GP y Stephano A, editores. En avances en Enfermedades del Cerdo. México 1985.

17. Castro GDA, Diosdado VF, Rosales OC, León CA, Morilla AG. Frecuencia de la enfermedad de Aujeszky en granjas porcinas de ciclo completo de la zona centro de México. Tec. Pec. Mex 2000; 38(2):81-88.

18. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. Alertan expertos sobre males del ganado porcino. Gaceta UNAM 19 de Enero de 2004: 8-10.

19. Marcaccini A, Aleman N, Quiroga MI, López M, Guerrero F, Nieto JM. Temporary inhibition of neuronal apoptosis in Aujeszky's disease virus-infected swine. Veterinary Microbiology 113 (2006) 237–242.

20. Romero, C.H., Meade, P.N., Homer, B.L., Shultz, J.E., Lollis, G., Potential sites of virus latency associated with indigenous pseudorabies viruses in feral swine. J.Wildl.Dis. 2003 39 (3), 567–575.

21. Iruaga EL. Perspectivas de la red carne de cerdo en México en 2003. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) [Boletín en línea] Marzo 2003 [citado 5 de marzo 2007]; Disponible en:

<http://www.fira.gob.mx/Publicaciones/perspectivas/perspectivas%20cerdo%202003.pdf>

22. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Estado de Michoacán, Producción Pecuaria 2002 por distrito y municipio Marzo 2003 [citado 5 de marzo 2007]; Disponible en: <http://www.sedagro.michoacan.gob.mx/seidrus/publicaciones/Anuario%202002/Pecuario/2.2%20PRODUCCION%20PECUARIA%202002%20POR%20DDR%20Y%20MPIO.pdf>
23. Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas (CNG). Información Económica Pecuaria 15. 2006.
24. Información geográfica: Estado de Michoacán [página de internet]. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía Informática [citado 5 de marzo 2007]; Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx/geo/default.aspx>
25. Norma Oficial Mexicana NOM-007-ZOO-1994 Campaña Nacional contra la Enfermedad de Aujeszky. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de septiembre de 1994.
26. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) Informe semanal sobre enfermedades de reporte obligatorio inmediato. Semana 52-8 Del 18 al 24 de febrero del 2007 [citado 30 de abril 2007]; Disponible en: [http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html/salud\\_animal/vigilancia\\_epidemiologica/informe\\_semanal/2006/SEM52-8.pdf](http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html/salud_animal/vigilancia_epidemiologica/informe_semanal/2006/SEM52-8.pdf)
27. Trujillo OMA, Haro TME, Espinosa HS, Ruíz SAL, Mendoza GR, Carrera RE, Ramírez HG, López MJR, Zimmerman J, Cervantes MA, Pradal RP Águila RRR. Sistema de Producción Animal I Cerdos. 1ª ed. México: UNAM-FMVZ, 2002.

28. Martínez GRG, Carreón NR, Herradora LMA, Ramírez HG, López MJR, Mendoza GR, Pradal RPJ, Haro TME, Herrera GH. Sistema de Producción Animal II Cerdos 1ª ed. México: UNAM-FMVZ, 2002.
29. Trujillo OME, Martínez GRG, Herradora LMA. La Píara Reproductora 1ª ed. México: Mundi-Prensa 2002.
30. Marsh WE, Damrongwatanapokin T, Larntz K, Morrison RB. The use of a geographic information system in an epidemiological study of pseudorabies (Aujeszky's disease) in Minnesota swine herds. Preventive Veterinary Medicine 1991;11:249-254.
31. Daniel WW, Bioestadística: Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud 4ª ed. México: Limusa Wiley, 2002.