



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

---

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA  
PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS  
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**PREVALENCIA DE HANTAVIRUS EN ROEDORES SILVESTRES DEL ALTIPLANO  
POTOSINO**

PRESENTA:

**IBQ. MARÍA ANTONIETA MORENO REYNOSA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

DR. GUILLERMO ESPINOSA REYES

**ASESORES:**

DRA. MARIA GUADALUPE GALINDO MENDOZA

DR. CHRISTIAN A. GARCÍA SEPÚLVEDA



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

---

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA  
PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS  
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

## MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

### PREVALENCIA DE HANTAVIRUS EN ROEDORES SILVESTRES DEL ALTIPLANO POTOSINO

PRESENTA:

**IBQ. MARÍA ANTONIETA MORENO REYNOSA**

COMITÉ TUTELAR:

**DIRECTOR:**

DR. GUILLERMO ESPINOSA REYES \_\_\_\_\_

**ASESOR:**

DRA. MARÍA GUADALUPE GALINDO MENDOZA \_\_\_\_\_

**ASESOR:**

DR. CHRISTIAN A. GARCÍA SEPÚLVEDA \_\_\_\_\_

SINODALES:

**PRESIDENTE:**

DR. GUILLERMO ESPINOSA REYES \_\_\_\_\_

**SECRETARIO:**

DRA. MARÍA GUADALUPE GALINDO MENDOZA \_\_\_\_\_

**VOCAL:**

DR. CARLOS CONTRERAS SERVÍN \_\_\_\_\_

## **CRÉDITOS INSTITUCIONALES**

**PROYECTO REALIZADO EN**

**Laboratorio Nacional de Geoprocusamiento de Información  
Fitosanitaria (LaNGIF)**

**Centro de Investigación Aplicada en Ambiente y Salud (CIAAS)**

**Beca otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)  
Becario No. 274232**

**EL PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADOS EN CIENCIAS  
AMBIENTALES (PMPCA) RECIBE APOYO A TRAVÉS DEL PROGRAMA  
NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

## **Agradecimientos**

Al ser supremo por darme salud y lograr así, esta meta.

Al Dr. Guillermo Espinosa Reyes por su apoyo y confianza desde mi ingreso al posgrado, a la Dra. María Guadalupe Galindo Mendoza por compartir su experiencia y liderazgo, al Dr. Christian García Sepúlveda por su disposición y consejos, al Dr. Carlos Contreras Servín por sus comentarios y orientación.

A los Dres. José Antonio Ávalos Lozano y Leticia Yáñez Estrada, por permitirme aprender de su pasión y compromiso social.

A los Dres. Francisco Javier Cervantes y Vladimir Escobar por ser las puertas de apertura a esta gran experiencia en mi vida.

A toda la plantilla docente y personal administrativo de los PMPCA.

A la L.G. Berenice Rositas, L.G. Luis Leyva, L.G. Enrique Ibarra, L.G. Jesús Antonio (Chuy) y a la M. C. Karina Calderillo.

A todos esos amigos con los que la vida se lució conmigo, a mi familia del IPICYT, a mis amig@s del posgrado: Ofe, Andrea, Kari Monzalvo, Yuri, Liz, Cris, Kari Trinidad, Gaby, Bianca, Angélica, Areli, Lulú, Diana, Romy, Efraín, Andrés y a todos aquellos que con palabras, un abrazo, un detalle, hicieron mi estancia potosina llena de alegrías y enseñanzas perpetuas.

Al pilar y cimiento de lo que soy, a MI AMADA FAMILIA, mis padres por su apoyo y amor incondicionales, a mis hermanos por ser mis amigos fieles, a mis abuelos, tíos y prim@s.

## Dedicatoria

A todos aquellos compañeros, excelentes estudiantes, que por falta de recursos y apoyos económicos no pudieron ser esos profesionales que México necesitaba.

A todos los hombres y mujeres del campo mexicano, patrimonio invaluable de nuestro País, a los indígenas que tienen en su mirada y en su amor a la tierra, nuestro glorioso pasado. A cada ser de este planeta que trabaja, lucha y se solidariza con las causas de justicia, equidad y libertad.

*Si han de existir las jerarquías, que sean de servicio*

*Veamos hacia el Sur*

## **EPILOGO**

La creación de modelos de distribución de especie es una herramienta que permite identificar las áreas que merecen un estudio más detallado en un futuro, el hantavirus es una Enfermedad Infecciosa Emergentes que a pesar de no tener casos registrados, por ser un problema de salud pública en países de nuestra región, impulsa a seguir creando investigación, así como difundir lo que se ha hecho hasta el momento, el aporte de este trabajo no sólo a nivel estatal, sino nacional es UN PANORAMA GENERAL DEL HANTAVIRUS EN MÉXICO.

## Contenido

Introducción .....	9
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
Enfermedades Infecciosas Emergentes (EIE) .....	12
1.1 Las EIE en la historia .....	12
1.2 Globalización y EIE.....	13
1.3 Metodologías para el estudio de las EIE .....	16
1.4 Influenza 2009 .....	17
Hantavirus .....	18
2.1 Historia de la enfermedad.....	18
2.1 Características clínicas de la enfermedad .....	19
2.1.1 Tratamiento.....	20
2.2 Agente etiológico .....	20
2.3 Reservorio .....	21
2.4 Medios de transmisión.....	22
2.4.3 Persona a persona.....	23
2.5 Factores que inciden en la aparición de las EIE.....	25
3. Modelos.....	28
3.1 Modelos de distribución potencial de especies .....	28
3.2 Metodología .....	30
3.3. Modelo de la distribución potencial de reservorios reportados en México para hantavirus 38	
3.4 Modelo de la distribución potencial de reservorios positivos de hantavirus en México. ....	47
El total de presencias para generar el modelo fue de 34, mismos que se adquirieron de artículos científicos, así como de una tesis doctoral de la Universidad Autónoma de Nuevo León. ....	47
3.5 Distribución potencial de <i>Sigmodon hispidus</i> y <i>Oryzomys couesi</i> en México .....	54
3.6 Distribución potencial de reservorios reportados en México y distribución potencial de reservorios positivos en el Estado de Chiapas, con ANP, principales destinos turísticos, población y zonas arqueológicas. ....	56
Ambos mapas se obtuvieron de los respectivos nacionales.....	56
3.7 Distribución potencial de reservorios de hantavirus reportados en México y distribución potencial de reservorios positivos para el Estado de San Luis Potosi, ANP, principales destinos turísticos, población y zonas arqueológicas.....	59

Ambos mapas se extrajeron de los correspondientes nacionales.....	59
3.8 Modelo de distribución potencial en México de los principales reservorios de hantavirus en Estados Unidos de América ( <i>P. leucopus</i> , <i>P. maniculatus</i> , <i>O. palustris</i> , <i>S. hispidus</i> ).....	62
Este modelo es el primer resultado inesperado de este trabajo, pues es una base para enriquecer trabajos anteriores sobre la distribución de reservorios de hantavirus en nuestro país, ya que toma en cuenta no sólo tres ( <i>Peromyscus leucopus</i> , <i>Peromyscus maniculatus</i> , <i>Sigmodon hispidus</i> ), sino, los cuatro (incluido el <i>Oryzomys palustris</i> ) reservorios principales de Estados Unidos de América.....	62
4 Conclusiones y recomendaciones .....	63
4.1 Conclusiones.....	63
4.2 Recomendaciones .....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
FIGURA 1.- ADUANAS DE MÉXICO .....	15
FIGURA 2.- ESTRUCTURA DE LOS HANTAVIRUS (TOMADO DE HJELLE ET AL., 1995).....	21
FIGURA 3.- CADENA EPIDEMIOLÓGICA DEL HANTAVIRUS. CONSTRUCCIÓN PROPIA BASADO EN FÉLIX Y SEVILLA, 2008.....	24
FIGURA 4.- MODELO CONVERGENTE PARA LAS ENFERMEDADES EMERGENTES .....	25
FIGURA 5.- ESQUEMA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE ESPECIE .....	31
FIGURA 6.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN PARA BAIOMYS MUSCULUS Y BAIOMYS TAYLORI	32
FIGURA 7.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN PARA ORYZOMYS COUESI .....	33
FIGURA 8.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE PEROMYSCUS .....	34
FIGURA 9.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN PARA ESPECIES DE REITHRODONTOMYS .....	35
FIGURA 10.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN PARA LAS ESPECIES SIGMODON HISPIDUS Y S. MASCOTENSIS .....	36
FIGURA 11.- DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RESERVORIOS DE HANTAVIRUS REPORTADOS EN MÉXICO .....	38
FIGURA 12.- DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RESERVORIOS DE HANTAVIRUS REPORTADOS EN MÉXICO, ANP, POBLACIÓN, PRINCIPALES DESTINOS TURÍSTICOS, CENTROS ARQUEOLÓGICOS.....	39
FIGURA 13.- APTITUD AGRÍCOLA DE MÉXICO .....	44
FIGURA 14.- SUPERFICIE SEMBRADA DE MAÍZ EN MÉXICO, MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RESERVORIOS REPORTADOS .....	45
FIGURA 15.- MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RESERVORIOS POSITIVOS DE HANTAVIRUS REPORTADOS EN MÉXICO .....	48
FIGURA 16.- DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RESERVORIOS POSITIVOS EN MÉXICO, ANP, POBLACIÓN, DESTINOS TURÍSTICOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS.....	49
FIGURA 17.- DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL VIRUS EN ROEDORES EN MÉXICO Y SUPERFICIE SEMBRADA DE MAÍZ.....	53
FIGURA 18.- DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE SIGMODON HISPIDUS Y ORYZOMYS COUESI EN MÉXICO .....	54
FIGURA 19.- DISTRIBUCIÓN POTENCIA DE RESERVORIOS REPORTADOS EN CHIAPAS, ANP, POBLACIÓN, PRINCIPALES DESTINOS TURÍSTICOS, ZONAS ARQUEOLÓGICAS	56
FIGURA 20.- DISTRIBUCIÓN POTENCIA DE RESERVORIOS POSITIVOS EN CHIAPAS, ANP, POBLACIÓN, PRINCIPALES DESTINOS TURÍSTICOS, ZONAS ARQUEOLÓGICAS.....	57
FIGURA 21.- MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RESERVORIOS EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, ANP, POBLACIÓN, DESTINOS TURÍSTICOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS .....	59
FIGURA 22.- MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RESERVORIOS POSITIVOS EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, ANP, POBLACIÓN, DESTINOS TURÍSTICOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS .....	60
FIGURA 23.- MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RESERVORIOS EN MÉXICO DE LOS PRINCIPALES RESERVORIOS DE HANTAVIRUS EN ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA ..	62

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
CUADRO 1.- RESERVORIOS DE HANTAVIRUS REPORTADOS EN MÉXICO .....	22
CUADRO 2.- PARÁMETROS PARA EL MODELO MAXENT. TOMADO DE TÉLLEZ ET AL., 2004 EN GALINDO ET AL., 2011 .....	29
CUADRO 3.- ESPECIES Y CULTIVOS SELECCIONADOS .....	37
CUADRO 4.- ALGUNAS DE LAS ANP DE LOS 23 ESTADOS .....	40
CUADRO 5.- PRINCIPALES DESTINOS TURÍSTICOS .....	41
CUADRO 6.- MUNICIPIOS Y ESTADOS DE LOS CENTROS ARQUEOLÓGICOS.....	42
CUADRO 7.- REGIONES DE LOS ESTADOS EN LOS QUE EXISTE MAYOR DENSIDAD DE POBLACIÓN CERCANA A LAS ZONAS DE MAYOR PROBABILIDAD DE PRESENCIA DE RESERVORIOS .....	42
CUADRO 8.- ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y ESTADOS EN QUE SE UBICAN .....	50
CUADRO 9.- PRINCIPALES DESTINOS TURÍSTICOS .....	51
CUADRO 10.- MUNICIPIOS Y ESTADOS DE LAS ZONAS ARQUEOLÓGICAS .....	51
CUADRO 11.- REGIONES DE MAYOR POBLACIÓN CERCANAS AL VIRUS EN LOS ESTADOS .....	51

## **RESUMEN**

Las Enfermedades Infecciosas Emergentes (EIE) en este mundo que ha aumentado su intensidad de flujos, tanto de personas, como de mercancías, con fronteras abiertas por los tratados comerciales, lo que significa entrada y salida de mercancías, los viajes, el turismo, las actividades agrícolas, así como el cambio climático, son factores que pueden aumentar la probabilidad de un brote. Actualmente, la vigilancia de este tipo de enfermedades se remite a la reacción después de la aparición de los primeros casos. Dentro de las EIE que la Organización Panamericana de la Salud señala que es necesario hacer más investigación y esfuerzos, ya que representa un problema de salud pública en los países en donde se tiene reconocimiento oficial después de identificarse un brote, es el hantavirus, enfermedad que se registró por primera vez en el continente americano en el año de 1993, en Estados Unidos, con una alta mortalidad (40-60%) y que fue nombrado como Síndrome Pulmonar por Hantavirus, una enfermedad aún sin tratamiento eficaz y causada por un virus cuyos reservorios son roedores silvestres. Los estudios sobre el hantavirus en México son muy pocos, por lo que no disponemos de muchos datos para hacer un análisis profundo que permita descartar totalmente la presencia del virus en nuestro país. Este trabajo aporta un acercamiento al panorama general sobre esta enfermedad, con la generación de mapas de distribución potencial de especies, tanto de reservorios reportados en México, como de roedores positivos; al identificar las áreas con mayor probabilidad de presencia en el territorio nacional, también se incluyeron en el análisis, actividades que pueden aumentar la probabilidad de interacción entre población y reservorios. Es necesario seguir investigando sobre el hantavirus y otras enfermedades infecciosas emergentes en nuestro país, que por ausencia de registros, no figuran en la agenda de salud, pero que es necesario empezar a crear una nueva concepción de vigilancia, desde la prevención; la conformación de equipos multi e interdisciplinarios, pueden dar una visión de abordaje más integral a estos estudios, ya que los factores que determinan la aparición de estas enfermedades, agrupan a distintas disciplinas, de las ciencias naturales y sociales.

## **Introducción**

La globalización es un fenómeno que impacta en los sistemas sociales, culturales, políticos y económicos de los países, el mundo tan interconectado se hace cada vez más pequeño, el creciente flujo de mercancías, el cambio en las dinámicas de migración, los tratados de comercio entre países, el cada vez más frecuente contacto de los humanos con ambientes lejanos y desconocidos, los sistemas productivos, el cambio climático, son factores que inciden en la salud de la población y en la seguridad de los países (CEPAL, 2002; Leff, 2005; Galindo *et al.*, 2011).

Las Enfermedades Infecciosas Emergentes (EIE) han estado siempre presentes en la historia de la humanidad y actualmente son un reto en este contexto global, los factores relacionados con su abordaje hacen que su prevención, control y erradicación exija una visión más integral que nos ayude a tener una nueva comprensión de este problema. En este año (2014) hemos tenido dos grandes ejemplos de EIE con potencial de pandemia que han acaparado la atención de organismos internacionales y cooperación entre países, el virus de Chikungunya y el brote más mortal de Ébola en la historia<sup>1</sup>.

En México las EIE presentes en la agenda pública, son el paludismo y el dengue como enfermedades endémicas de ciertas zonas de nuestro país, a éstas se destinan recursos federales para campañas de control y erradicación, sin embargo, para otras EIE como el hantavirus que es una zoonosis emergente, no existen recursos en la agenda de salud pública, a pesar de que México tiene una amplia distribución de roedores silvestres, reservorios principales de esta zoonosis (Sánchez-Cordero *et al.*, 2006).

La falta de casos reportados para hantavirus no se debe como trabajos anteriores han mencionado, a la certeza de que el virus no esté presente en nuestro país, sino a la falta de investigación en el tema. México ha tenido ya una gran experiencia en este tipo de enfermedades, el brote de influenza en el 2009,

---

<sup>1</sup> Gran atención y espacios informativos en todos los medio de comunicación

evidenció la capacidad de respuesta de nuestro país y las debilidades de la vigilancia de estas EIE<sup>2</sup>.

La gestión de las EIE debe incluir a las dependencias gubernamentales, a la academia y a la sociedad civil. En nuestro país existen plataformas de vigilancia en el sector fitosanitario, el cual ha sido parte fundamental en la planeación de políticas públicas y acciones oportunas ante las contingencias sanitarias.

Las problemáticas ambientales de la actualidad requieren de la experiencia y del aporte de múltiples disciplinas, es necesario conformar grupos de trabajo con perfiles profesionales distintos para tener una visión más aproximada al problema, tratando de identificar los factores de mayor impacto para enfocar las estrategias preventivas en éstos.

La generación de modelos de distribución potencial de reservorios y vectores de EIE se vuelve imprescindible en el estudio de las mismas, considerar los factores que pueden modificar la distribución de estas especies nos da una mayor eficiencia en cuanto a la implementación de estrategias de respuesta a las potenciales EIE que pudieran generarse en nuestro país.

México, al ser un país con una ubicación geográfica estratégica, por el flujo de mercancías en ambas fronteras, la implementación de una política de vigilancia preventiva se vuelve obligada.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup>Existen muchos informes y artículos de divulgación sobre el primer brote de influenza AH1N1. Véase por ejemplo, el artículo de López-Cervantes *et al.* 2010.

<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num4/art37/art37.pdf>

<sup>3</sup> Consultar por ejemplo, datos de la SAGARPA sobre exportaciones a Centroamérica.

[http://www.sagarpa.gob.mx/asuntosinternacionales/Op\\_Com/Documents/Oportunidades%20Comerciales%20Centroamerica%20VF.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/asuntosinternacionales/Op_Com/Documents/Oportunidades%20Comerciales%20Centroamerica%20VF.pdf)

### **Objetivo general**

Desarrollar una aproximación del panorama general de hantavirus en México mediante el uso de modelos de distribución potencial de reservorios.

### **Objetivos específicos**

1.- Salidas de campo para capturar roedores reportados como reservorios de hantavirus en México (Cedral, Cerro de San Pedro, Charcas, Villa de la Paz)

2.- Crear modelos de distribución potencial de especies reportadas como reservorios de hantavirus en México.

2.- Generar modelos de distribución potencial de reservorios positivos de hantavirus en México.

4.- Identificar algunos factores que aumentan la probabilidad de la transmisión del virus.

### **Enfermedades Infecciosas Emergentes (EIE)**

La relación entre el ser humano y la ecología microbiana es muy estrecha, tanto el ser humano como los agentes infecciosos han coevolucionado durante milenios (Guzmán *et al.*, 2001). Los agentes infecciosos pueden ser bacterias, protozoarios, metazoarios, hongos, virus, rickettsias y priones (OPS, 2002).

El aumento en la actividad humana como resultado del incremento de la población y su distribución hacia regiones antes desocupadas con cambios importantes en el uso de las tierras, ha aumentado el contacto entre personas, animales domésticos y silvestres, acrecentando el riesgo de transmisión de enfermedades ya conocidas y el surgimiento de nuevas (Harvell *et al.*, 1999; Daszak y Cunningham, 2002 en Medina, 2009), las que llamamos Enfermedades Infecciosas Emergentes (EIE).

De acuerdo con (Morse, 1995; García, 2008) las características generales de las EIE son:

- Que han aumentado recientemente en incidencia
- Su área de distribución geográfica se ha incrementado recientemente
- Han sido reconocidas recientemente
- Son causadas por patógenos
- Las proyecciones a futuro indican que su incidencia será cada vez mayor

A pesar de los grandes logros establecidos frente a las enfermedades infecciosas, surgen de nuevo brotes de enfermedades emergentes nuevas (EIE) o poco conocidas, o bien otras que se creían erradicadas y que reemergen, ocasionando problemas de salud pública (Del Rey Calero, 2002).

#### 1.1 Las EIE en la historia

El mundo actual se ha estructurado con hechos históricos como las guerras, fenómenos naturales, cambios en los medios de transporte, por ejemplo, la navegación permitió que los españoles y portugueses llegaran a nuestro continente, cambiando de esta forma la conformación hasta entonces conocida del mundo;

como parte de toda esa lista de sucesos, están las grandes epidemias y pandemias de la humanidad. Algunas de ellas fueron factores para definir victorias de un ejército sobre otro, provocando cambios en el territorio en cuestión (Franco *et al.*, 2004; Golzalbes y García, 2007).

En algunos pasajes bíblicos como en 2º Samuel 24, 14-15; 1º Crónicas 21, 14 se narra la existencia de una peste que mató a setenta mil hombres en Israel. (1050 y el 970 a. C.) (La Biblia, 2014; (<http://es.catholic.net/biblioteca/libro.phtml?consecutivo=240>))

### **La peste de Atenas**

En 430 a. C. apareció una peste en la ciudad de Atenas que entonces era asediada por Esparta durante la Guerra del Peloponeso (431-404 a.C.). En los siguientes tres años, la mayor parte de la población estaba infectada con el patógeno de la peste, y tal vez murieron entre 75.000 y 100.000 personas, 25% de la población de la ciudad pereció (Littman, 2009).

### **Peste bubónica**

La primera gran pandemia se registró en el mundo antiguo en tiempos del emperador Justiniano, en el siglo VI d.C.; duró sesenta años y terminó mezclada con viruela.

El brote de peste negra entre los años 1347-1382 que azotó a toda Europa y que dejó 25 millones de muertos (Ledermann, 2003).

### **Influenza española**

La más grande y mortífera pandemia de influenza, ocurrida en los años 1918 y 1919, las estimaciones indican que mató entre 20 y 50 millones de personas en el mundo (Marique *et al.*, 2009).

## **1.2 Globalización y EIE**

Las fronteras nunca han sido barreras físicas que impidan el flujo de personas, mercancías, ecosistemas y climas compartidos, etc. El mundo se ha hecho pequeño con la actual interdependencia económica, política y social entre

países, la facilidad de transporte ha permitido que una persona pueda estar en dos continentes distintos en menos de 24 horas.

La dinámica de un planeta tan interconectado propicia transformaciones en los países, muchas veces éstas causan impactos que requieren acciones oportunas y que por falta de visión global de planeación, la implementación de soluciones y recursos, no es eficiente.

Ante un panorama global, la transferencia internacional de riesgos y oportunidades para la salud no es un fenómeno nuevo como menciona Frenk (2007), por siglos el comercio, la migración, las guerras y las conquistas han puesto en contacto a poblaciones de lugares distantes, lo nuevo es la amplitud y la profundidad de la integración.

A nivel mundial se han planteado esfuerzos para atender a las EIE como un foco primario, en el 2008, cuatro organizaciones internacionales, La Organización Mundial de Sanidad Animal, Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y en colaboración con el Banco Mundial (BM), bajo el concepto de “una sola salud”, remarca la estrecha interdependencia entre la salud pública, la sanidad animal y el estado de los ecosistemas, y la consecuente necesidad de crear estrategias de colaboración a escala internacional de distintos sectores y disciplinas en materia de vigilancia epidemiológica, control y prevención de enfermedades que podrían adquirir un carácter pandémico. En 2007 entró en vigencia el Reglamento Sanitario Internacional (RSI), en el que se da reconocimiento de una responsabilidad colectiva para la salud pública mundial, así como el protocolo para notificar una emergencia sanitaria y que la OMS tome acciones correspondientes a fin de evitar una propagación mayor, que no sólo afecte a la región, sino que pueda volverse una pandemia.

Con base en lo anterior, los esfuerzos internacionales deben priorizar:

- Establecer, mantener y evaluar Normas Internacionales para vigilancia y prevención de las EIE.
- Tecnología avanzada y personal multidisciplinario para los sistemas de alarma.
- Investigación en métodos de diagnósticos más rápidos.

En esta dinámica global México teniendo una economía abierta, con 12 tratados de libre comercio firmados, con importaciones de productos agropecuarios que del 2012 a la fecha se han incrementado (INEGI, 2014), y con 49 aduanas a lo largo del territorio nacional (Fig. 1), el gobierno en colaboración con la comunidad científica tienen que comenzar a introducir el tema de salud pública en los tratados y acuerdos internacionales, así mismo, innovar las estrategias de vigilancia en las fronteras y rutas con mayor flujo de personas y de mercancías, para tener un modelo preventivo eficiente.



Figura 1.- Aduanas de México

Fuente: <http://www.comercioyaduanas.com.mx/aduanas/aduanasmexico/145-aduanas-en-mexico>

### 1.3 Metodologías para el estudio de las EIE

Actualmente el abordaje de los problemas ambientales desde una visión integral requiere de la participación de profesionales de diversas disciplinas, de las ciencias exactas, naturales y sociales, la comprensión integral del mismo, requiere la formación de equipos multi e interdisciplinarios. La visión y enfoque con estos equipos permiten el abordaje con elementos relevantes y necesarios para comprender de forma más cercana la dinámica real del problema planteado, con la finalidad de crear alternativas más eficientes. Las innumerables interacciones e interdependencias en los sistemas hace que su análisis y estudio sean complejos, un enfoque unidisciplinar limita una mejor aproximación de lo que realmente está pasando y la predicción de comportamientos futuros, esto converge en una deficiente implementación de acciones que pueden significar un costo económico, social y ambiental considerables.

La complejidad de problemas actuales impone la necesidad de crear acciones novedosas que realmente partan de un conocimiento más integral; la construcción y ejecución de las opciones que conjuntan los aportes de distintas disciplinas deberá desarrollar innovación de las metodologías existentes y la ejecución de políticas con modelos de prevención y respuesta eficientes ante una posible emergencia sanitaria.

Tenemos que cambiar la concepción de prevención que se tiene en cuanto a las EIE, la vigilancia tiene que ser una herramienta que nos permita identificar las zonas más probables en donde existen las condiciones para la aparición de la enfermedad, antes de tener casos que significan un reto para la infraestructura del sistema de salud, considerando que en el caso específico del hantavirus, se necesitan instalaciones de nivel de bioseguridad 3 para su identificación, así como la atención a los pacientes.

Los esfuerzos del nuevo abordaje de las EIE deben tener como fin el desarrollo de conocimiento científico y tecnológico para generar políticas públicas que respondan a los contextos locales y regionales.

El Banco Interamericano de Desarrollo (2013) evaluó un rezago en desarrollo e innovación tecnológica, el gasto total destinado aún no supera el 0.5% del PIB en los últimos años; comparado con el valor promedio de la región que la OCDE estima en 2.5% del PIB. Contemplando que al final del sexenio se tiene estimado que esta cifra llegue al 1% del PIB, también es necesario empezar a romper paradigmas en la generación de conocimiento y de innovación, tener una visión distinta a la ciencia que se desarrolla con visión positivista, que los fondos destinados a investigación en salud también respondan a los nuevos retos y problemáticas regionales y mundiales, incrementar o crear redes de vigilancia de EIE entre universidades no solo nacionales, sino del extranjero, generar o incrementar competencias con perspectiva global en investigadores actuales y futuros.

#### 1.4 Influenza 2009

“La gran experiencia mexicana” como podemos llamar al brote de influenza H1N1 en el 2009 evidenció la pobre capacidad de respuesta que tenemos como país ante el surgimiento de una EIE con potencial de pandemia.

El 25 de abril del 2009 la OMS declaró al brote epidémico que se vivía en México y EUA como una emergencia de salud pública de interés internacional. La OCDE (2011) describió este brote como un caso de estudio rico y que requiere un contexto moderno de riesgo, que permitió evaluar lo que funcionaba y lo obsoleto de los sistemas de alerta hasta entonces existentes, el mismo documento exhorta a que en las epidemias con probabilidad de pandemias se consideren las tendencias socioeconómicas, el aumento de la población, la globalización, las redes sociales, los cambios demográficos, y las interdependencias que intervienen en el nivel de riesgo.

Esta emergencia sanitaria intensificó la necesidad de que la vigilancia epidemiológica de nuestro país tiene que estar atenta a los cambios no sólo internos, sino también al de los países vecinos, la necesidad de contar con material humano e infraestructura que haga frente ante posibles surgimiento de nuevas enfermedades se vuelve un tema que tiene que estar presente en la agenda nacional de salud.

El impacto económico de esta crisis sanitaria de la cuarta semana de abril al 6 de mayo, se estimó en pérdidas por 8 mil 220 millones de pesos (Cámara de Diputados, 2009). La CEPAL (2010) estima que las pérdidas totales por la emergencia sanitaria fueron de 127 300 millones de pesos, cantidad equivalente a varias veces el valor promedio anual de los desastres de origen natural que han afectado a México desde 1985 a la fecha.

## **Hantavirus**

Es una zoonosis emergente, una EIE que es de interés para la salud pública en países en los que se han reportado brotes de la enfermedad (Argentina, Brasil, Chile, Panamá).

En la resolución CD40.R14 (1997), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en su inciso c, exhorta a que se promuevan la investigación multidisciplinaria e intersectorial sobre la ecología de la infección con el objeto de definir medidas de prevención adecuadas a las realidades epidemiológicas.

### **2.1 Historia de la enfermedad**

En 1951 en las tropas de las Naciones Unidas establecidas en Corea, apareció una enfermedad hemorrágica grave. Los síntomas eran fiebre alta, shock, petequias, hemorragia e insuficiencia renal. La mortalidad fue de 5-20%. Las primeras investigaciones las realizaron soviéticos, escandinavos y japoneses. Las características epidemiológicas sugirieron que se trataba de una enfermedad zoonótica. Los rusos y los japoneses fueron los primeros que hicieron mención a que el agente etiológico era un virus. Lee *et al.*, (1978) aislaron el virus Hantaan, el agente causante de la enfermedad. Se le llamó así porque fue aislado de un roedor *Apodemus agrarius* capturado cerca del río Hantaan. A esta enfermedad se le llamó Fiebre Hemorrágica con Síndrome Renal (FHRS). (Hjelle *et al.*, 1995).

Desde 1951 hasta antes de 1993, la FHRS era la única enfermedad conocida causada por estos agentes etiológicos, sin embargo, esto cambiaría por la identificación de nuevos tipos de hantavirus.

En 1993 en la región llamada de las cuatro esquinas en Estados Unidos de América, que comprende los Estados de Arizona, Colorado, Nuevo México y Utah,

se presentó una enfermedad respiratoria aguda, la cual fue de un inmediato interés científico por la alta mortalidad, cercana al 60%, lo que lo convirtió en un asunto de emergencia. Existían más de 20 personas infectadas. Los primeros estudios indicaron que era una zoonosis y los estudios serológicos que se trataba de un hantavirus. Sin embargo, al aislar por estudios genéticos al agente etiológico, identificaron que se trataba de un nuevo hantavirus, pues la sintomatología de los pacientes se diferenciaba de la FHSR por la ausencia tanto de insuficiencia renal como de hemorragia. Existieron muchos nombres para referirse a este nuevo patógeno, finalmente, se le conoció como Virus Sin Nombre (VSN), la enfermedad se llamó Síndrome Pulmonar por Hantavirus (SPH) (Nichols *et al.*, 1993). A partir de entonces, se conocen dos grandes grupos de hantavirus, los del viejo mundo (Europa y Asia) y los del nuevo mundo (América).

Actualmente en muchos países del continente americano se han encontrado nuevos reservorios del hantavirus y se han identificado nuevos genotipos (Bohlman *et al.*, 2002, Padula *et al.*, 2007, Palma *et al.*, 2012, Kariwa *et al.*, 2012).

### 2.1 Características clínicas de la enfermedad

El SPH es una zoonosis causada por ciertos virus del género *Hantavirus* (familia Bunyaviridae), es una enfermedad grave y frecuentemente mortal (Yates *et al.*, 2002). Se caracteriza por la aparición inicial de un cuadro febril (hasta 40°C), escalofríos y mialgias prominentes, dolor de cabeza y abdominal, náuseas, vómitos, diarrea leve, seguido de una fase de rápido deterioro pulmonar que es anunciada por la falta de aire y tos, aumenta la frecuencia respiratoria y la hipoxemia, el edema pulmonar aparece rápidamente, puede ser en cuestión de horas o a unos pocos días después de los primeros síntomas respiratorios, hay taquicardia y shock; la última instancia es la muerte o la recuperación. Cuando la enfermedad es leve, debe administrarse oxígeno acompañado de una continua observación continua del paciente, también puede ser fulminante, lo que lleva a la muerte en tan sólo 24 horas, esto último depende de la susceptibilidad de cada paciente (Hjelle *et al.*, 1995b).

### 2.1.1 Tratamiento

No existe ningún antiviral 100% eficaz para el Síndrome Pulmonar por Hantavirus. Los pacientes son supervisados en urgencias o en la unidad de cuidados intensivos hasta que su sistema inmunológico haya eliminado el virus (Walter *et al.*, 2005). Los métodos o tratamientos propuestos van encaminados a hacer más eficiente el tratamiento de soporte vital <sup>4</sup>(Conrad *et al.*, 2004, Tomacic *et al.*, 2005).

## 2.2 Agente etiológico

### 2.2.1 Morfología, estructura y genoma

El género *Hantavirus* pertenece a la familia Bunyaviridae, son los únicos miembros de esta familia que no son transmitidos por artrópodos (Hjelle *et al.*, 1994).

Los hantavirus son virus envueltos con un genoma trisegmentado de ARN de sentido negativo. El hantavirus genoma se compone de los tres segmentos de L (codificación de la transcriptasa), M (que codifica las glicoproteínas de la envoltura 1 y 2), y S (que codifica la proteína de la nucleocápside, N). (Yanagihara *et al.*, 1984). Su tamaño oscila entre 90-110 nm (Hjelle *et al.*, 1995).

Tienen envolturas lipídicas que son susceptibles a la mayoría de los desinfectantes, por ejemplo, diluciones de cloro, detergentes o cualquier desinfectante de casa (Prince *et al.*, 1991). Sobreviven menos de una semana en ambientes interiores y tal vez pocas horas cuando se expone a la luz solar al aire libre (Schmaljohn *et al.*, 1999).

---

<sup>4</sup> El soporte vital se refiere al suministro de oxígeno y ventilación mecánica

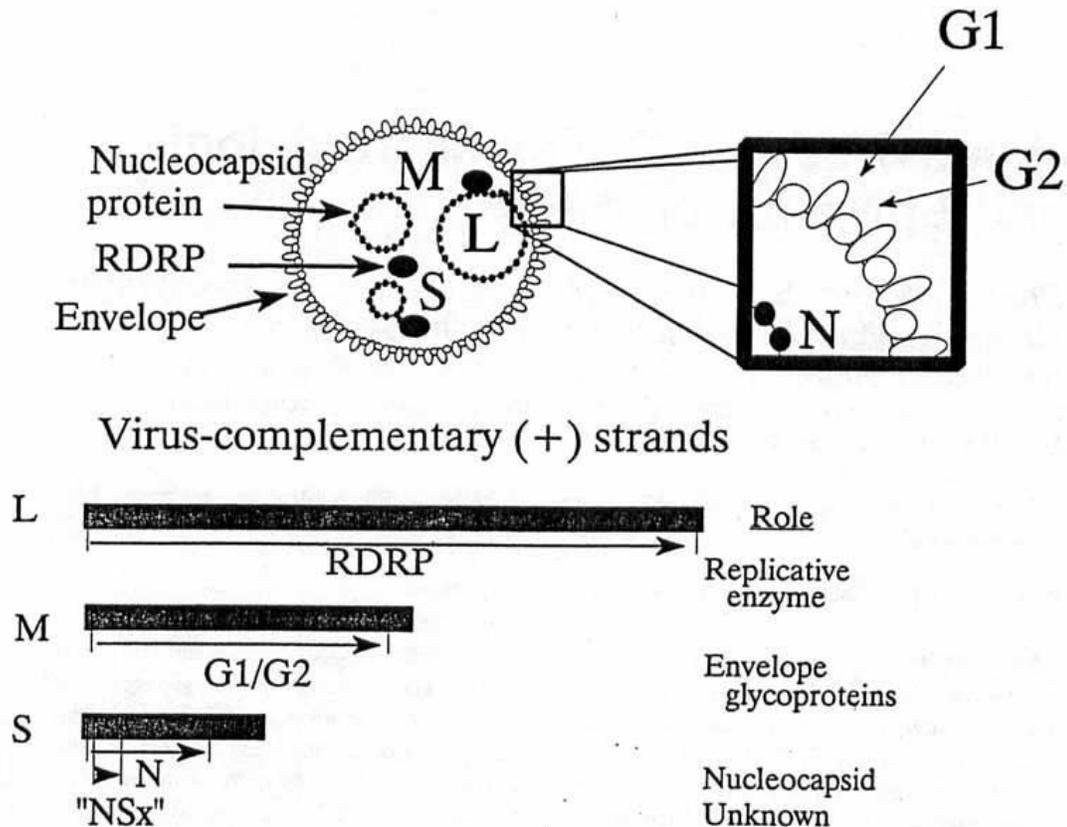


Figura 2.- Estructura de los hantavirus (Tomado de Hjelle *et al.*, 1995).

### 2.3 Reservorio

Los reservorios de los hantavirus americanos son roedores silvestres; éstos son asintomáticos al agente infeccioso, históricamente se han identificado en roedores que pertenecen a la familia Muridae (Weigler, 1995; Johnson en Ramsden *et al.*, 2001).

En nuestro país los estudios que se han hecho han sido en colaboración con grupos de trabajo extranjeros, debido a que la manipulación de este patógeno, desde su captura hasta análisis de laboratorio, requiere un nivel de bioseguridad 3, en nuestro país, no existe un centro de investigación o universidad en la que se desarrollen proyectos de hantavirus.

En el Cuadro 1 se muestran las especies de roedores silvestres identificadas como reservorios en nuestro país<sup>5</sup>.

Cuadro 1.- Reservorios de hantavirus reportados en México

Referencia	Reservorios registrados
Hjelle <i>et al.</i> , 1994	<i>Reithrodontomys megalotis</i>
Manthoot <i>et al.</i> , 2001	<i>Peromyscus hylocetes</i> , <i>Peromyscus melanotis</i>
Suzán <i>et al.</i> , 2001	<i>Peromyscus maniculatus</i> y <i>Reithrodontomys Sumichrasti</i>
De la Garza, 2001	<i>Peromyscus levipes</i> , <i>Peromyscus pectoralis</i> , <i>Peromyscus leucopus</i> , <i>Sigmodon hispidus</i>
Chu <i>et al.</i> , 2008	<i>Oryzomys couesi</i> , <i>Sigmodon mascotensis</i> y <i>Baiomys musculus</i>
Milazzo <i>et al.</i> , 2012	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> , <i>Peromyscus spicilegus</i> , <i>Peromyscus hylocetes</i> , <i>Peromyscus maniculatus</i> , <i>Peromyscus eremicus</i> , <i>Peromyscus levipes</i> , <i>Peromyscus ochraventer</i> , <i>Peromyscus leucopus</i> , <i>Reithrodontomys megalotis</i> .
Kariwa <i>et al.</i> , 2012	<i>Peromyscus beatae</i> , <i>Megadontomys thomasi</i> , <i>Neotoma mexicana picta</i> , <i>Reithrodontomys sumichrasti</i> , <i>Reithrodontomys megalotis</i> .
Saasa <i>et al.</i> , 2012	<i>Peromyscus beatae</i> , <i>Reithrodontomys sumichrasti</i> , <i>Reithrodontomys megalotis</i> , <i>Peromyscus aztecus evides</i> , <i>Megalops Peromyscus</i> , <i>Megadontomys thomasi</i> , <i>N. mexicana picta</i> .

#### 2.4 Medios de transmisión

La capacidad de un agente infeccioso para adaptarse o adecuarse a las condiciones ambientales cambiantes y a las variaciones en el comportamiento

<sup>5</sup> Se contactó a algunos de los participantes en esos trabajos para obtener información sobre proyectos de hantavirus que se estuvieran realizando actualmente.

humano, desarrollo de la población, la nutrición, la educación, aspectos sociales y el estado de salud son variables relacionadas con la aparición de una EIE.

#### 2.4.1 Vía aerosol, heridas e ingesta de alimentos contaminados

Los reservorios diseminan el virus en la saliva, orina y heces durante varias semanas, meses o de por vida. La transmisión puede ocurrir cuando los materiales secos o con excretas de roedores se alteran y se inhala, se introducen directamente en la piel lesionada o cuando se ingieren alimentos o agua contaminados (Mills *et al.*, 2002). Se ha reportado la infección vía aerosol en un laboratorio en donde se alojaron roedores infectados, varias personas se infectaron solo unos minutos que estuvieron expuestas a las áreas de retención de animales. La vía aerosol es el medio más importante de infección por hantavirus (Tsai, 1987).

#### 2.4.2 Por mordedura

Es un importante medio de transmisión, por ello es muy importante que las personas que laboren directamente con roedores tengan mucho cuidado y usen las medidas de seguridad necesarias. Un antecedente de esta forma de transmisión lo refiere Rossi y Ksiasek (1999), un norteamericano que se encontraba estudiando una especie de zorros en extinción en el Parque Nacional de Nahuelbuta, IX región de Chile, se infectó luego de haber sido mordido por un *Oligoryzomys longicaudatus* al manipular una trampa. Se confirmó por serología que tenía Síndrome Cardiopulmonar por Hantavirus (SCPH).

#### 2.4.3 Persona a persona

La primera evidencia de este medio de transmisión la documentó Padula y colaboradores en 1997, demostraron con evidencia genética directa, la transmisión de persona a persona de un hantavirus en Argentina (Virus del Andes).<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> El Virus del Andes es el único genotipo de hantavirus en el que se ha comprobado la infección persona a persona

#### 2.4.4 Cadena epidemiológica



Figura 3.- Cadena epidemiológica del hantavirus. Construcción propia basado en Félix y Sevilla, 2008.

La importancia de la prevención en la cadena infecciosa del hantavirus es primordial, la existencia de un patógeno sólo representa un riesgo potencial cuando encuentra a un huésped susceptible, en este caso, las personas vulnerables son aquellas que por su actividad ocupacional, tienen más probabilidad de tener contacto con algún roedor infectado. Identificar el eslabón más débil de la cadena, nos permite romper el ciclo de transmisión del virus, en este caso, el uso de detergentes domésticos y sanitizantes que eliminan el patógeno son un campo de acción que puede significar tener medidas preventivas eficaces.

## 2.5 Factores que inciden en la aparición de las EIE

La OPS (2011) ofrece un modelo de convergencia para las EIE. Además del modelo clásico de la triada ecológica (ambiente-huésped-parásito), los factores físicos, ambientales, sociales, políticos y económicos, determinan la probable aparición de la enfermedad (Fig. 4).

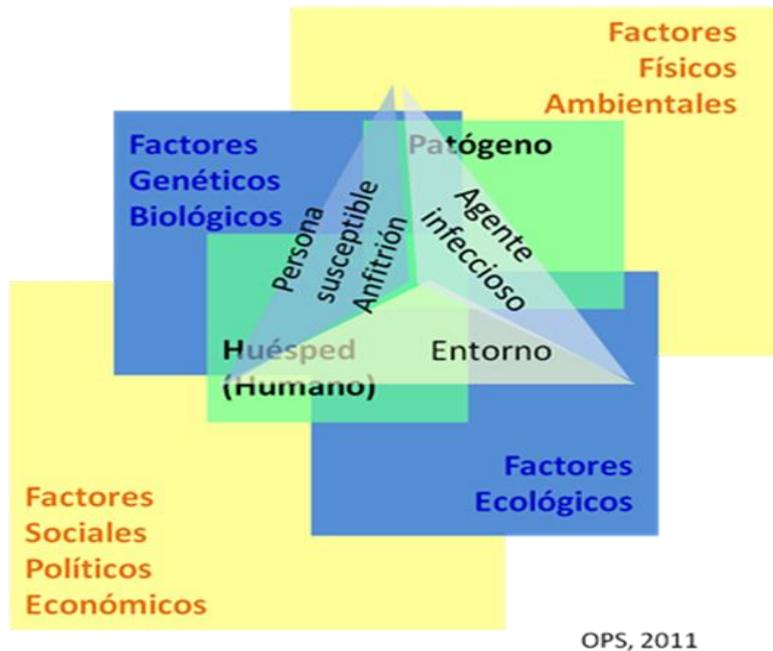


Figura 4.- Modelo convergente para las enfermedades emergentes

### 2.5.1 Clima

Aunque la propagación de una enfermedad es multicausal, el cambio climático podría ser un coadyuvante significativo. El clima pueden influir en las defensas de los hospederos, así como en los vectores, patógenos y hábitat.

Una de las teorías que explican el primer brote conocido del hantavirus de América es que la población de roedores fue alta en ese año, lo que provocó mayor probabilidad de presencia del virus en los reservorios, este posible aumento desencadenó en casos de hantavirus. Ese incremento en la densidad poblacional de los roedores se le adjudicó al fenómeno del niño debido a que provocó un

aumento en la precipitación y por consecuencia mayor cantidad y diversidad de alimentos, lo que favoreció a las poblaciones de roedores (Yates *et al.*, 2002).<sup>7</sup>

#### 2.5.2 Alteración de los ecosistemas

Los seres humanos han alterado en gran medida los ecosistemas, la conversión a tierras agrícolas, potreros, carreteras y centros urbanos, estas alteraciones no sólo transforman el hábitat físico, sino también alteran la frecuencia del contacto humano con los reservorios (Dizney y Dearing, 2010).

#### 2.5.3 Dinámica y ecología del reservorio / vector

La perturbación humana continuamente altera la fragmentación del paisaje y provoca cambios en las densidades y movimientos de hospederos, esto aumenta la posibilidad de contacto reservorio-humano (Andreassen *et al.*, 1996 en Dizney y Dearing, 2010).

Las especies reportadas como reservorios de hantavirus son generalistas, la mayoría de esas especies entran en contacto con los seres humanos en entornos silvestres o rurales y, probablemente, no sean capaces de habitar en grandes centros urbanos (Dizney y Dearing, 2010). También es importante considerar las interacciones de la población de los reservorios con otras especies.

#### 2.5.4 Cambios demográficos

La interacción humana con las especies silvestres aumenta cuando el crecimiento demográfico se incrementa, esta interacción es un factor importante en la posible aparición de una EIE. Según el último censo de población (INEGI, 2010), en México somos más de 112 millones de habitantes, de éstos, según el Banco Mundial (BM, 2013), la cifra de mexicanos que viven en poblaciones rurales es de 26 millones de personas.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> La oie (2010) exhorta a que en las estrategias regionales de prevención de enfermedades será preciso profundizar estudios dirigidos al cambio climático y la de éstas.  
<http://www.oie.int/doc/ged/d11835.pdf>

<sup>8</sup> También es importante considerar el crecimiento hacia los extremos de las ciudades, causando fragmentación de hábitats y donde puede haber presencia de reservorios.

### 2.5.5 Políticas públicas de las EIE en México

En México las EIE que son conocidas como endémicas son Dengue, Paludismo, Enfermedad de Chagas, Oncocercosis, Leishmaniosis, Virus del Oeste del Nilo y Rickettsiosis, para este grupo de enfermedades existen programas preventivos y de acción en caso de brotes, incluso existe una Norma Oficial Mexicana (NOM-032-SSA2-2010), se cuenta con personal capacitado y la infraestructura para el diagnóstico y tratamiento (DOF, 2010); la rabia también se incluye en este grupo de enfermedades, ya que es reconocido como un problema de salud pública. Dos de aquellas enfermedades que son desconocidas para el sector salud por no haber registro de casos, no se destinan recursos para su vigilancia y prevención, son el hantavirus y la enfermedad de Lyme.<sup>9</sup>

En el caso de estas últimas enfermedades, el hecho de no tener casos confirmados, no significa que la enfermedad no esté presente (Gordillo *et al.*, 2003, Vado *et al.*, 2003).

Defendiendo la necesidad de destinar esfuerzos hacia el hantavirus, el Programa Sectorial de Salud 2013-2018 tiene como el primero de sus seis objetivos asociados a las Metas Nacionales: Consolidar las acciones de protección, promoción de la salud y prevención de enfermedades (Plan Nacional de Desarrollo, 2013).

### 2.5.6 Cultivos

Según INEGI (2010), en nuestro país, la superficie sembrada dedicada a la agricultura es de 15,612,061.90 hectáreas, es importante tener en cuenta la dinámica de los cambios en los sistemas agrícolas porque algunos reservorios como los de hantavirus, son roedores silvestres y generalistas y las zonas agrícolas favorecen el incremento de sus densidades poblacionales debido a que existe una gran cantidad de alimento.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Por mencionar a las más conocidas de estas enfermedades no atendidas en nuestro país

<sup>10</sup> Las especies generalistas tienen mayor capacidad de adaptación a nuevas condiciones ambientales y de hacer uso de nuevos recursos

### **3. Modelos**

#### **3.1 Modelos de distribución potencial de especies**

Partiendo de la definición de que un modelo es una representación parcial de la realidad que refleja algunas de sus propiedades, por tanto, los modelos son simplificaciones debidas tanto a la necesidad de reducir la complejidad del objeto real para poder trabajar con él como a nuestro desconocimiento de muchas de sus propiedades”; los modelos de distribución de especies parten de los datos disponibles de presencia de un organismo y mediante diferentes procedimientos matemáticos o estadísticos permiten inferir las zonas potencialmente idóneas para su presencia en función de diferentes características ambientales (Mateo, 2012).

Un modelo de distribución potencial de especies representa una aproximación de nicho ecológico de una especie en las dimensiones ambientales examinadas (Phillip *et al.*, 2006). Estos modelos identifican los sitios adecuados para la supervivencia de las poblaciones de una especie por medio de la identificación de sus necesidades ambientales, basados en presencias observadas (Soberon y Nakamura, 2009).

Para la construcción de un modelo de distribución de especies se necesitan:  
Dos conjuntos de datos

- Lugares en donde la especie fue vista, capturada o recolectada.
- Capas de variables ambientales que influyen en la distribución de la especie.

Un mecanismo de inferencia para construir el modelo (Mateo, 2012).

##### **3.1.2 MAXENT**

El Modelo de Máxima Entropía (MAXENT) es una herramienta ampliamente utilizada en mapas de distribución potencial de especies, existen muchos trabajos de aplicación en el estudio de EIE como el paludismo, la enfermedad de chagas y el dengue (Kulkarni *et al.*, 2010; Fuller *et al.*, 2012; Mischler *et al.*, 2012, Nyamura *et al.*, 2013).<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> El programa MAXENT se encuentra en forma libre en línea:  
<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>

En el Cuadro 2 se muestran los parámetros usados en el modelo de máxima entropía:<sup>12</sup>

Cuadro 2.- Parámetros para el modelo MAXENT. Tomado de Téllez *et al.*, 2004 en Galindo *et al.*, 2011.

No	Parámetros
1	Temperatura promedio anual
2	Oscilación diurna de la temperatura
3	Isotermalidad
4	Estacionalidad de la temperatura
5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido
6	Temperatura mínima promedio del periodo más frío
7	Oscilación anual de la temperatura
8	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso
9	Temperatura promedio del trimestre más seco
10	Temperatura promedio del trimestre más cálido
11	Temperatura promedio del trimestre más frío
12	Precipitación anual
13	Precipitación del periodo más lluvioso
14	Precipitación del periodo más seco
15	Estacionalidad de la precipitación
16	Precipitación del trimestre más lluvioso
17	Precipitación del trimestre más seco
18	Precipitación del trimestre más cálido
19	Precipitación del trimestre más frío

Maxent sólo requiere datos de presencia y variables ambientales (Phillips *et al.*, 2006), genera una estimación de la idoneidad del hábitat para la especie que varía de 0 a 1, con este valor (AUC) se evalúa el modelo resultante, los valores igual o menores a 0.5 significan que el modelo no fue mejor que el azar, mientras que un valor de 1, indica discriminación perfecta (Sweet, 1998 en Khanum *et al.*, 2013). Otra ventaja de Maxent es que genera curvas de respuesta para cada variable, lo que permite identificar la de mayor influencia (Khanum *et al.*, 2013).

<sup>12</sup> Estas variables climáticas pueden descargarse de BIOCLIM: <http://www.worldclim.org/bioclim>

El programa se carga con capas bioclimáticas en formato ASCII y con los datos de presencia con nombre de la especie y las coordenadas decimales guardados en archivos de formato CSV. Los datos cartográficos, así como las variables, fueron obtenidos del Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento e Información Fitosanitaria (LaNGIF).

En las EIE estos modelos aplicados para reservorios y vectores, se vuelven imprescindibles para una mejor gestión de estas enfermedades.

## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Fuentes de la obtención de presencias

En la búsqueda de presencias georreferenciadas de cada una de las especies reportadas como reservorios de hantavirus en México, los registros de presencia utilizados para generar nuestra base de datos final fueron obtenidos de:

- La base de datos proporcionada por CONABIO con 38 039 presencias
- Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) de la Universidad Autónoma de México con presencias 1 049 presencias
- De artículos científicos (Kariwa *et al.*, 2012; Milazzo *et al.*, 2012; Saasa *et al.*, 2012) se obtuvieron 22 presencias.
- De una tesis de la Universidad Autónoma de Nuevo León (De la Garza, 2003), 14 presencias.

La limpieza de la base de datos se hizo con la información encontrada sobre el hábitat de cada especie y con los mapas de distribución de la CONABIO disponibles en línea.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Mapas disponibles en línea:

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/per\\_manigw.xml? httpcache=yes& xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl& indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/per_manigw.xml? httpcache=yes& xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl& indent=no)

Todas las especies pertenecen a la familia *Muridae* y *Crecetidae*.

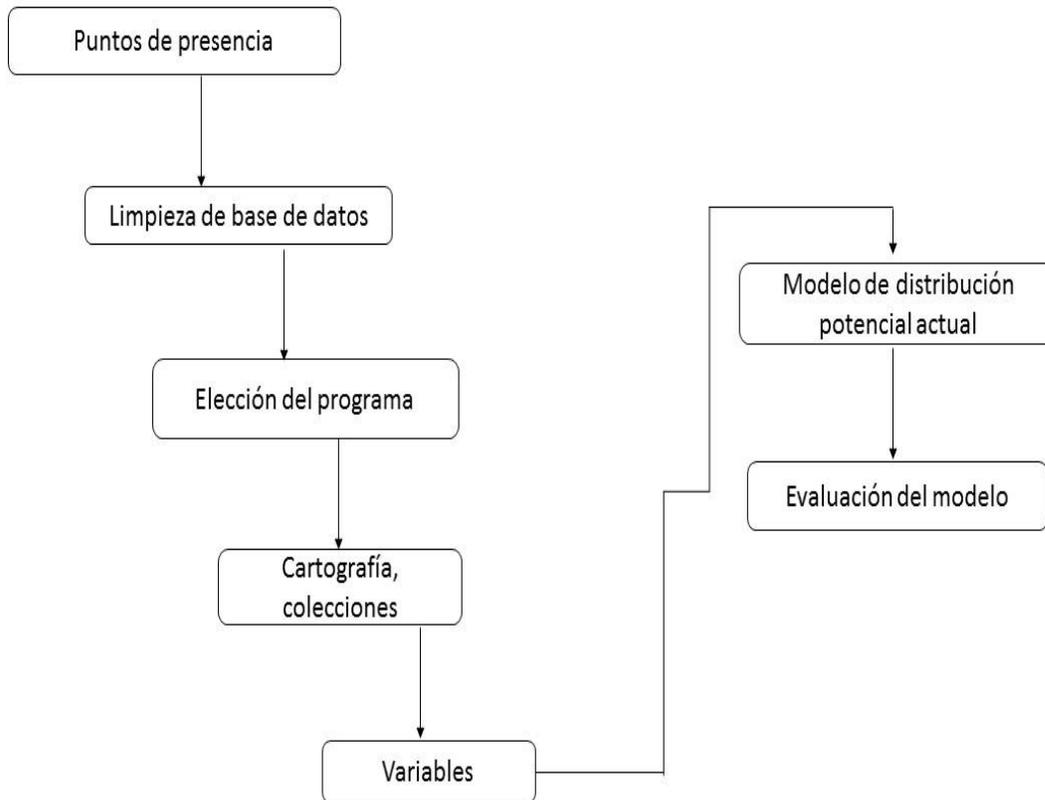


Figura 5.- Esquema de la construcción del modelo de distribución potencial de especie

Además de los modelos generados, para el cumplimiento del objetivo 4, se decidió hacer una ponderación de cultivos, que anteriormente se mencionó como una actividad que puede aumentar la probabilidad de la transmisión del virus del reservorio a población humana; por lo anterior, se agruparon especies para generar modelos, de éstos, se eligió el de mayor distribución y con los niveles más altos de confiabilidad, y el otro parámetro de ponderación fue aquellas especies que tuvieran mayor reporte de infestación en cultivos.

A continuación se presentan los cinco modelos generados para la ponderación:

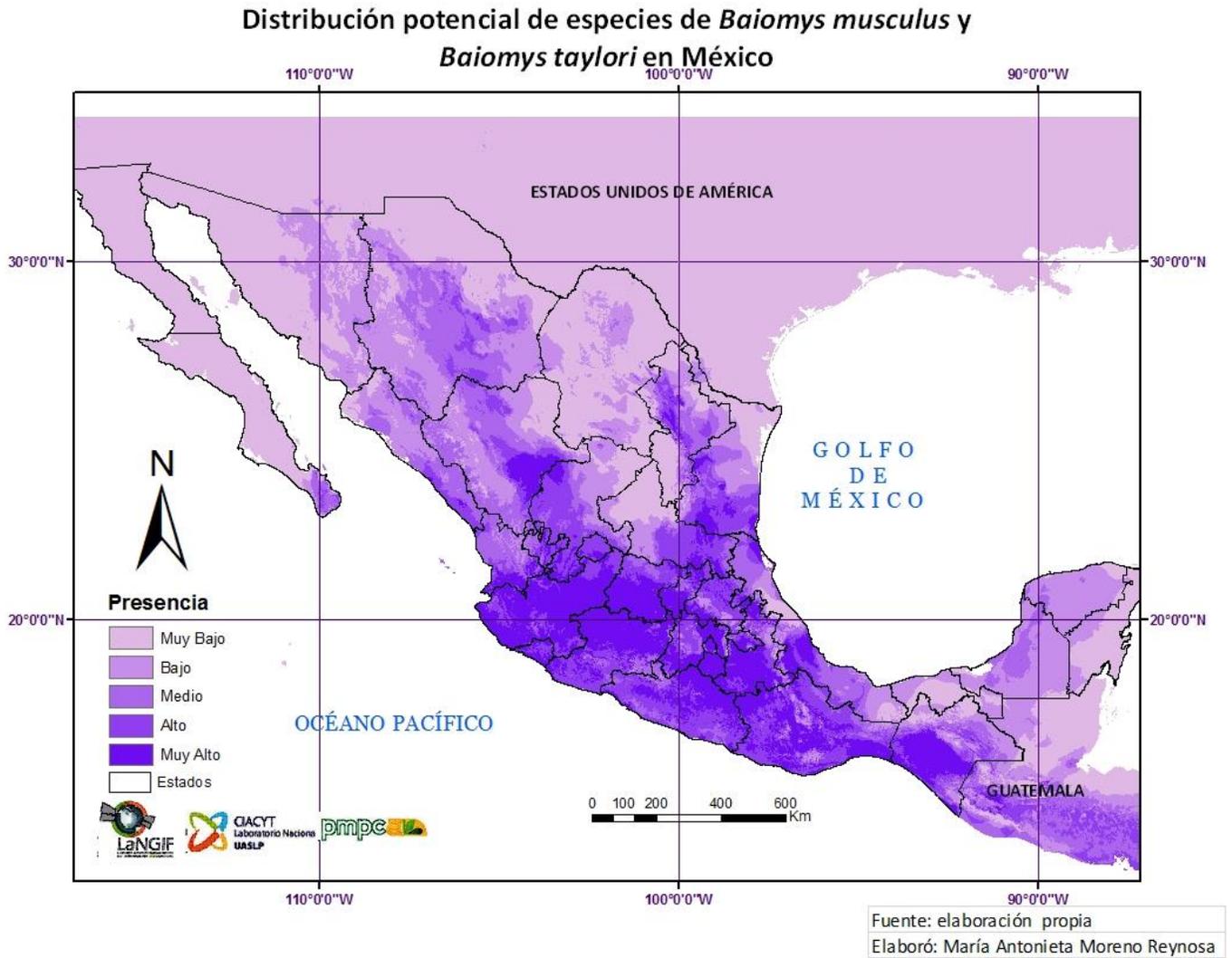


Figura 6.- Modelo de distribución para *Baiomys musculus* y *Baiomys taylori*

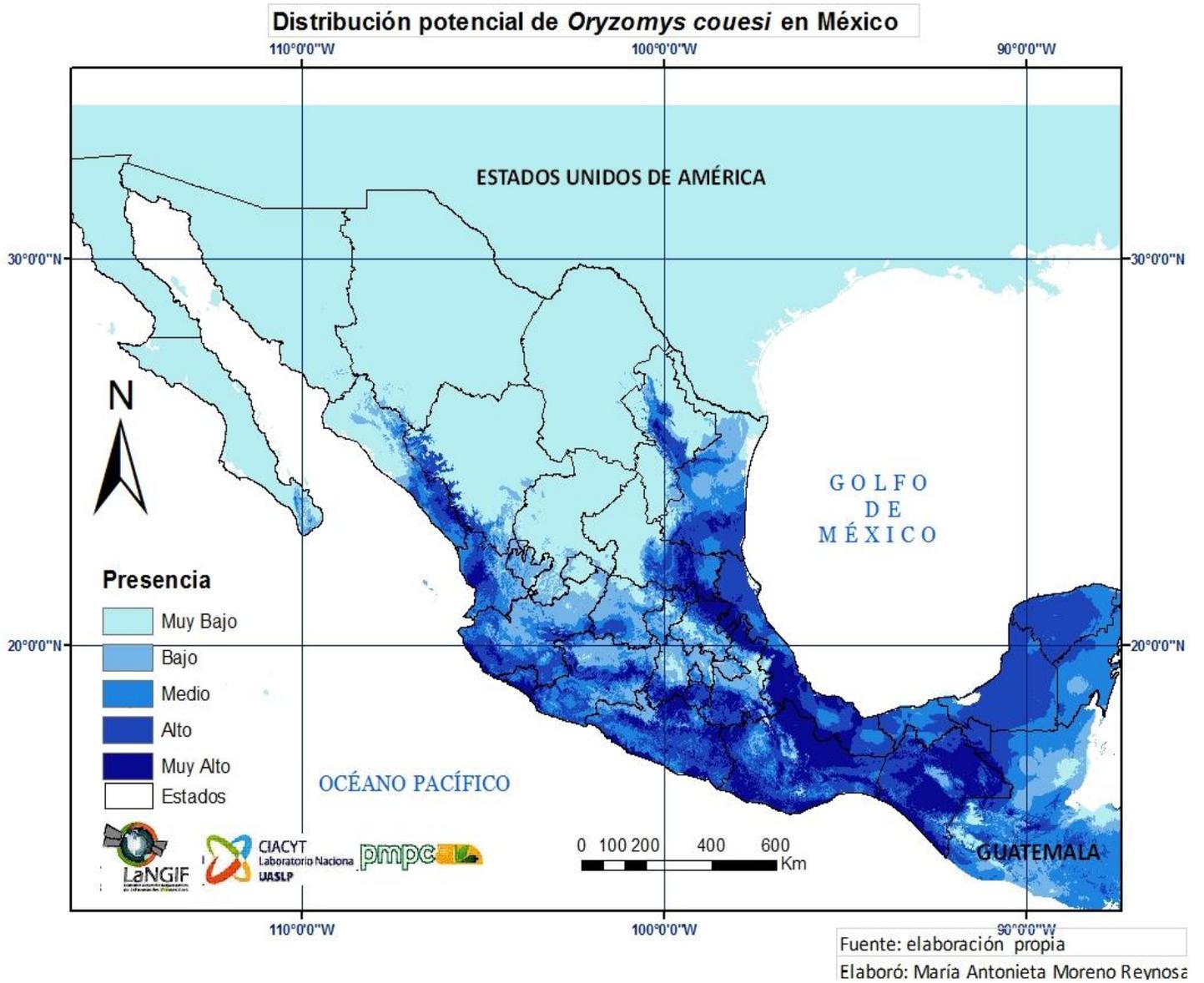


Figura 7.- Modelo de distribución para *Oryzomys couesi*

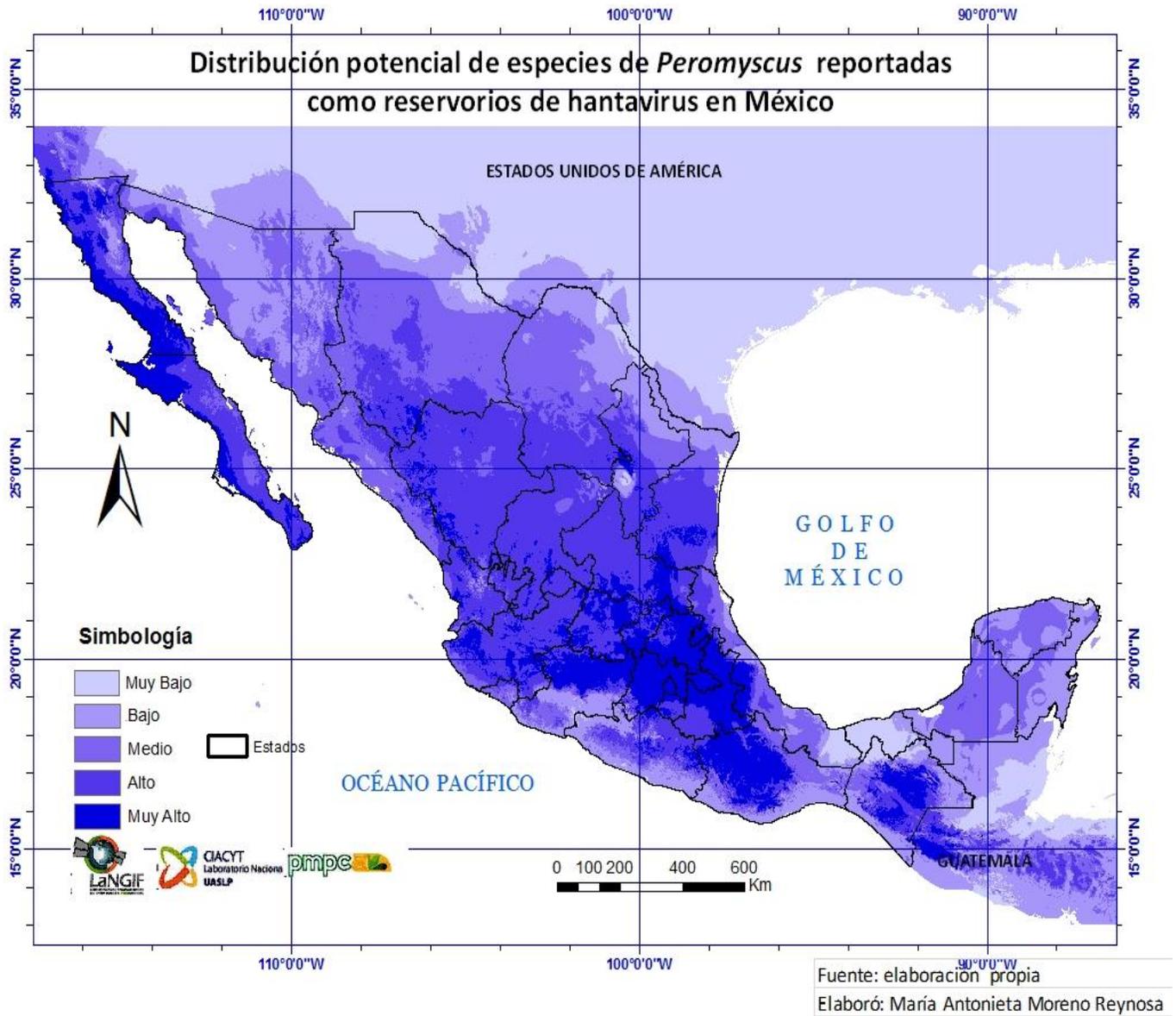


Figura 8.- Modelo de distribución de las especies de *Peromyscus*

Las especies de *Peromyscus* que se modelaron son: *P. beatae*, *P. eremicus*, *P. hylocetes*, *P. leucopus*, *P. levipes*, *P. maniculatus*, *P. megalops*, *P. melanotis*, *P. ochraventer*, *P. pectoralis* y *P. spicilegus*.

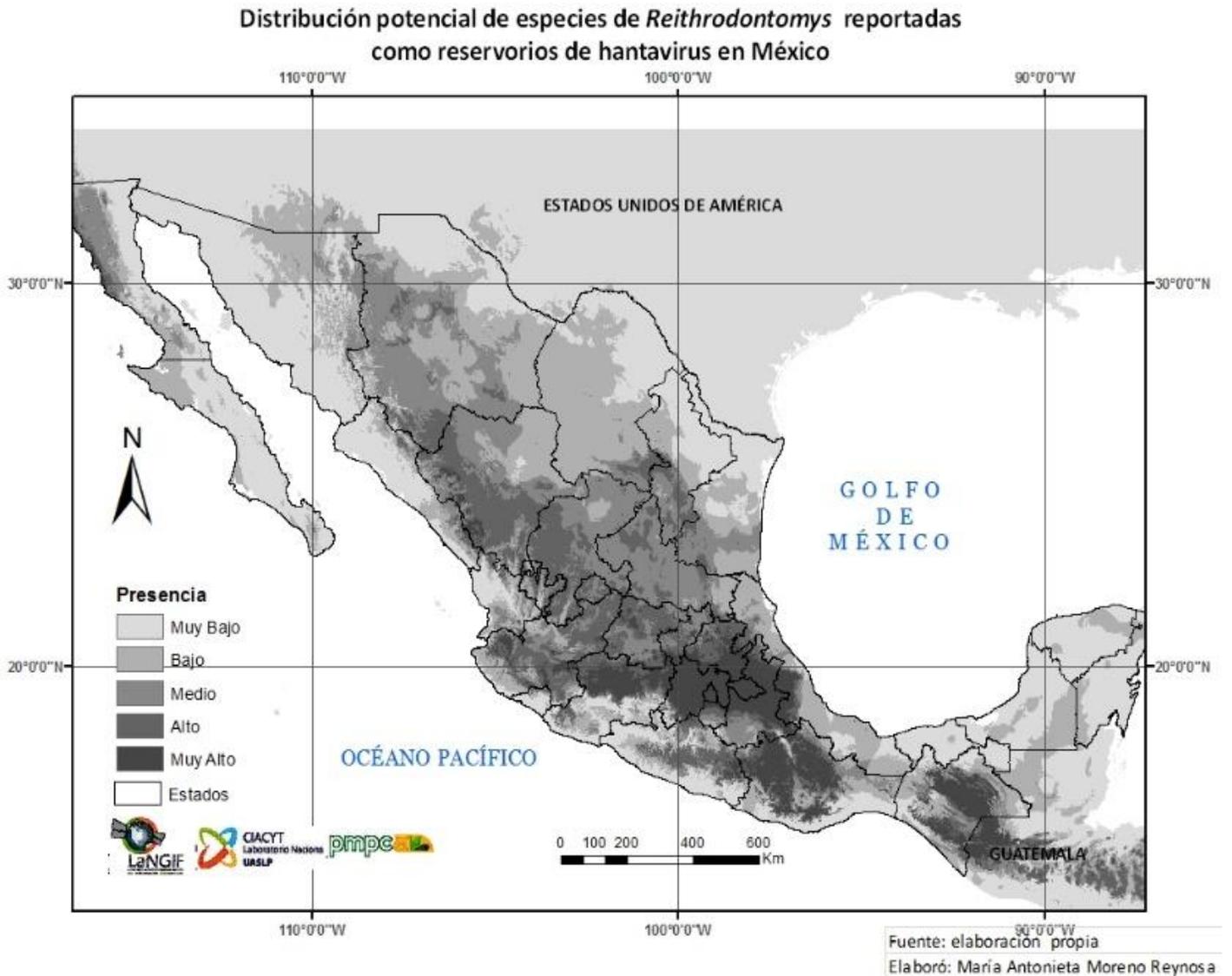


Figura 9.- Modelo de distribución para especies de *Reithrodontomys*

Las especies de *Reithrodontomys* modeladas fueron: *R. megalotis*, *R. mexicanos*, *R. microdon* y *R. sumichrasti*.

### Distribución potencial de especies de *Sigmodon hispidus* y *Sigmodon mascotensis* en México

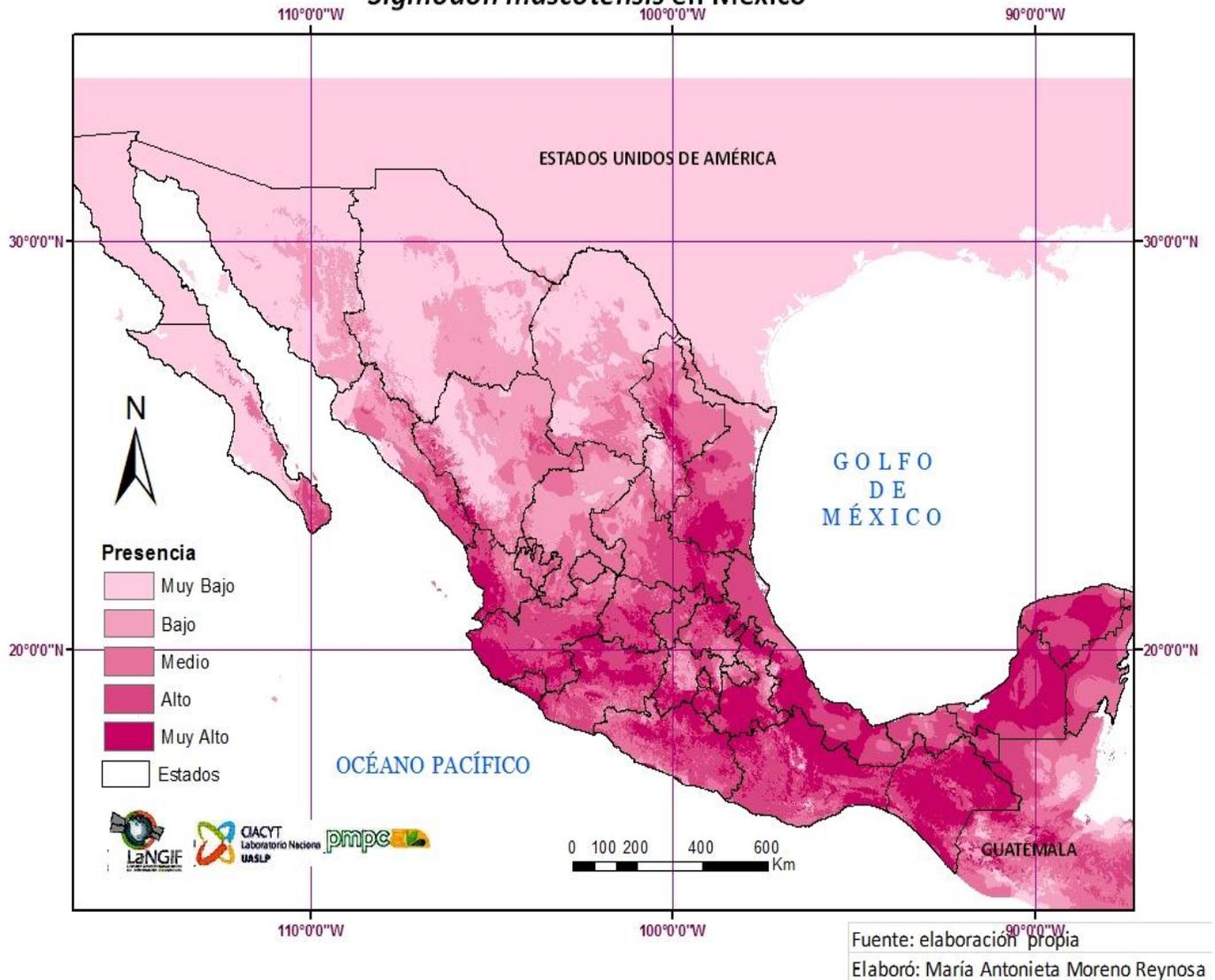


Figura 10.- Modelo de distribución para las especies *Sigmodon hispidus* y *S. mascotensis*

El mejor modelo con base en el primer parámetro fue el de las especies de *Peromyscus*.<sup>14</sup>

En cuanto al parámetro de reportes de infestación, las especies *Sigmodon hispidus* y *Oryzomys couesi* fueron las seleccionadas, éstas son consideradas plagas en las zonas cañeras.

Una vez determinadas las especies, los cultivos seleccionados fueron el maíz, por ser el cultivo con mayor superficie sembrada en el país y por tener los *Peromyscus* presencia en ese cultivo, así como la caña de azúcar.

Cuadro 3.- Especies y cultivos seleccionados

<b>Especie</b>	<b>Cultivo</b>
<i>Peromyscus</i>	Maíz
<i>Sigmodon hispidus</i> y <i>Oryzomys couesi</i>	Caña de azúcar

Otro factor que puede aumentar la probabilidad de transmisión del virus es el ecoturismo en las Áreas Naturales Protegidas (ANP), el acampar es una práctica habitual por los visitantes, un antecedente importante de mencionar es el ocurrido en el Parque Nacional Yosemite en Estados Unidos de América, donde un brote de hantavirus activó alarmas y las estimaciones en cuanto al número probable de personas que estuvieron en contacto con el virus fue de más de 10 000<sup>15</sup>; además, se consideraron los principales destinos turísticos del país, así como los centros turísticos arqueológicos, en donde se da una afluencia importante de turistas extranjeros.

<sup>14</sup> *P. beatae*, *P. eremicus*, *P. hylocetes*, *P. leucopus*, *P. levipes*, *P. maniculatus*, *P. megalops*, *P. melanotis*, *P. ochraverter*, *P. pectoralis* y *P. spicilegus*.

<sup>15</sup> Véase reportajes como <http://www.elmundo.es/elmundosalud/2012/09/03/noticias/1346666615.html>

### 3.3. Modelo de la distribución potencial de reservorios reportados en México para hantavirus

El modelo se construyó con un total de 39 124 presencias. La AUC tuvo en valor de 0.748 por lo que el modelo se considera bueno.

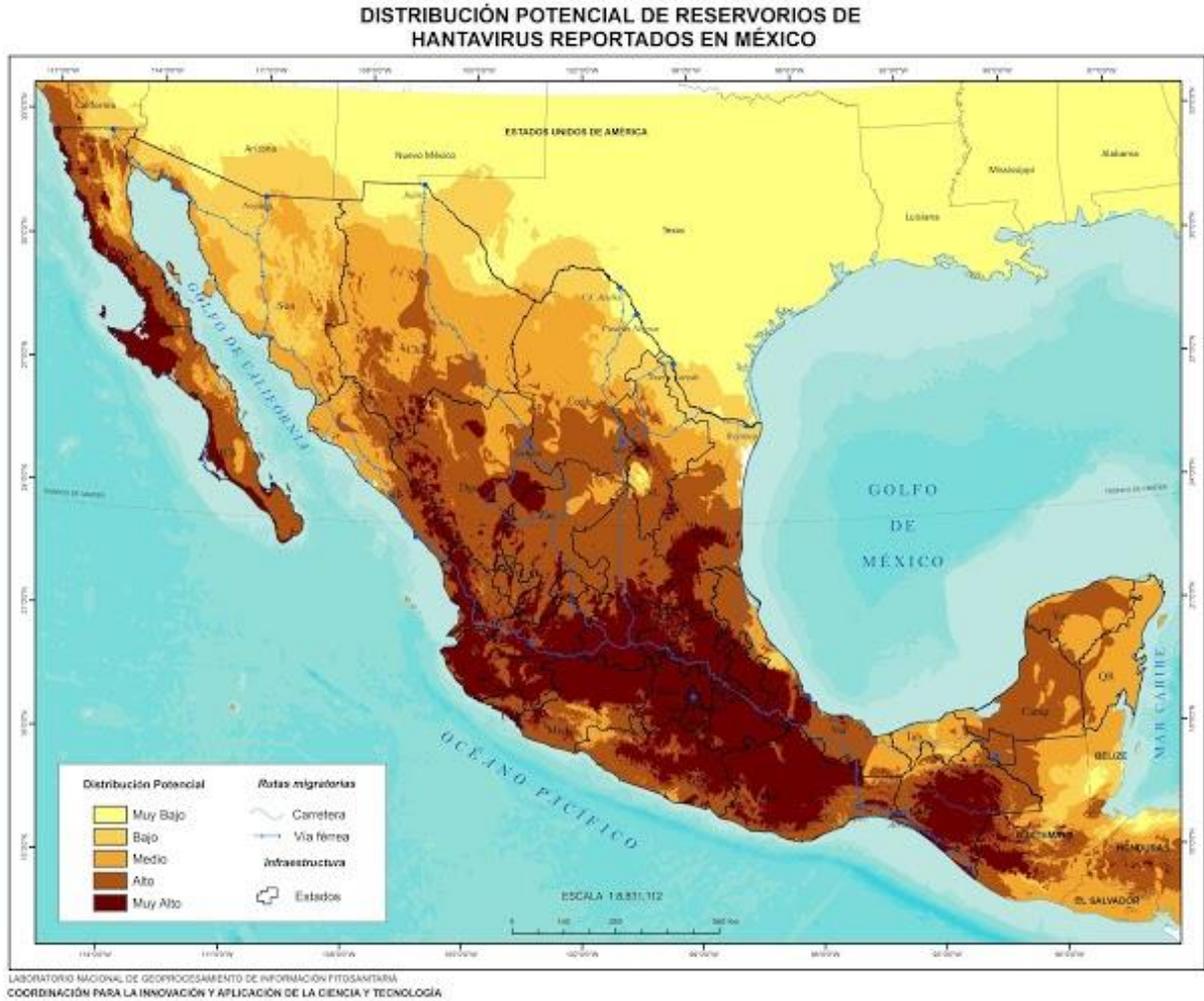


Figura 11.- Distribución potencial de reservorios de hantavirus reportados en México

El modelo resultante muestra una mayor probabilidad de presencia de las especies en 19 estados: Chiapas, Colima, Distrito General, Durango, Guerrero, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas, así como en la franja del pacífico de las Baja Californias.

### 3.3.1 Modelo de la distribución potencial de reservorios reportados en México para hantavirus, ANP, principales destinos turísticos y zonas arqueológicas.

Distribución potencial de reservorios de hantavirus reportados en México

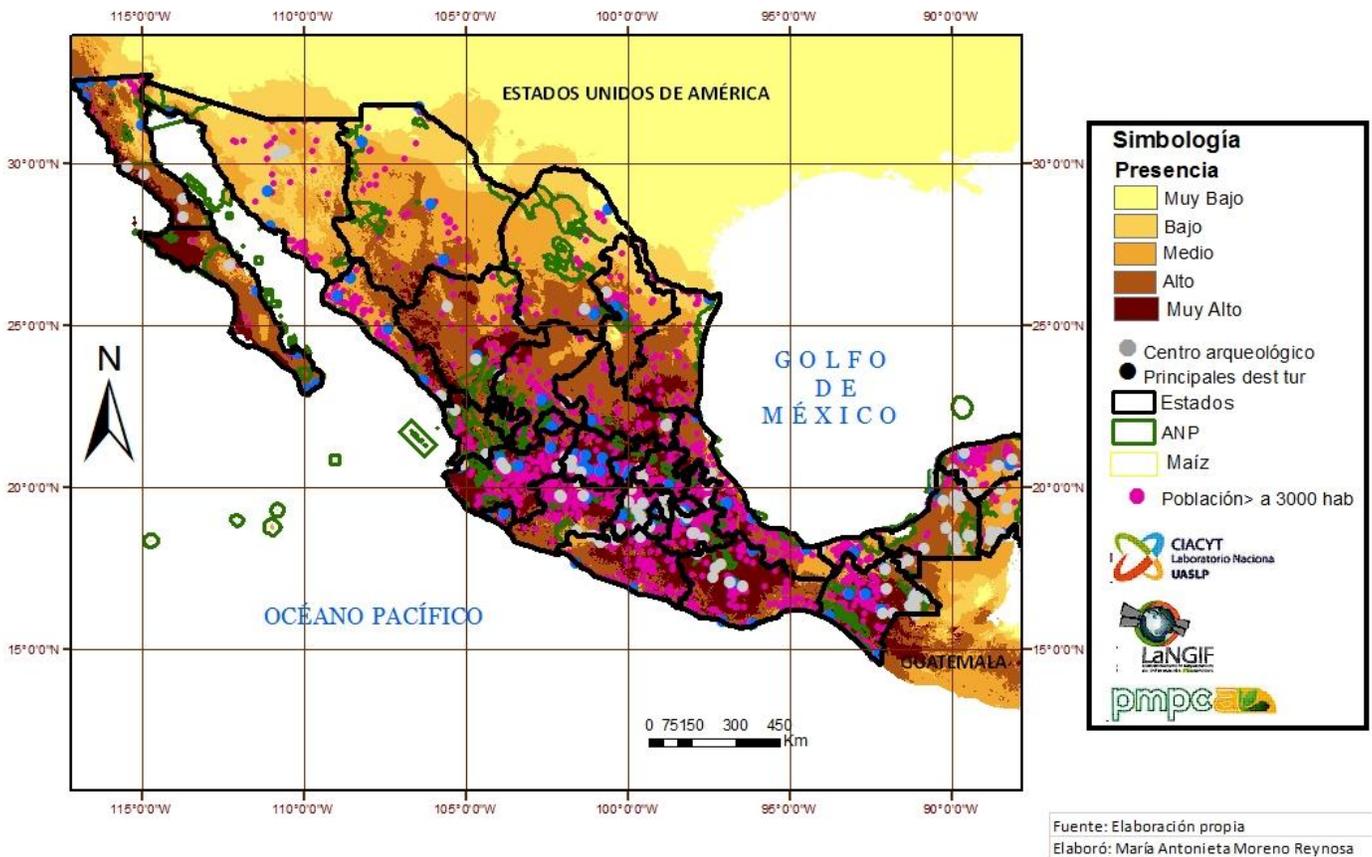


Figura 12.- Distribución potencial de reservorios de hantavirus reportados en México, ANP, población, principales destinos turísticos, centros arqueológicos

Las ANP que se encuentran en las zonas de mayor probabilidad de presencia de reservorios comprenden 23 Estados y el Distrito Federal.

Cuadro 4.- Algunas de las ANP de los 23 Estados

<b>Área Natural Protegida</b>	<b>Estados</b>
Selva del Ocote	Puebla, Oaxaca
Tehuacán- Cuicatlán	Puebla, Tlaxcala
Volcán Tacaná	Puebla, Veracruz
Mariposa Monarca	Estado de México, Michoacán
Nevado de Toluca	Estado de México
Sierra Gorda	Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí
Sierra de Manantlán	Colima, Jalisco
C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit	Aguascalientes, Jalisco, Durango, Nayarit y Zacatecas
Cumbres de Monterrey	Coahuila, Nuevo León
Sierra de Álvarez	San Luis Potosí
Valle de los Cirios	Baja California
El Vizcaíno	Baja California Sur

Un dato importante en cuanto al sector turismo, es que en el Valle del Vizcaíno se ubican sitios de avistamiento de ballenas que anualmente visitan turistas nacionales y extranjeros.

Los principales destinos turísticos y zonas arqueológicas que están en las zonas con mayores niveles probables de presencia, se resumen en los siguientes cuadros.

Cuadro 5.- Principales destinos turísticos

<b>Destino turístico</b>	<b>Estado</b>
Ensenada, Rosarito, Tijuana	Baja California
Durango	Durango
Aguas Calientes	Aguas Calientes
San Luis Potosí	San Luis Potosí
Santiago	Nuevo León
San Juan de los Lagos, Tequila, Puerto Vallarta y Tequila	Jalisco
Celaya, Guanajuato, Irapuato, León, Salamanca, San Miguel de Allende	Guanajuato
Querétaro, San Juan del Río	Querétaro
Toluca, Valle de Bravo	Estado de México
Todas las delegaciones	Distrito Federal
Tlaxcala	Tlaxcala
Heróica Puebla de Zaragoza	Puebla
Boca del Río, Xalapa de Enríquez	Veracruz
Taxco de Alarcón	Guerrero
Morelia	Michoacán
Oaxaca de Juárez, Puerto Escondido	Oaxaca
Comitán de Domínguez, Tapachula, Tuxtla Gutiérrez	Chiapas

Cuadro 6.- Municipios y Estados de los centros arqueológicos

<b>Municipios</b>	<b>Estados</b>
Ensenada	Baja California
Ocosingo, la Trinitaria, Comitán de Domínguez	Chiapas
Acambay, Villa Victoria, Toluca, Ixtapaluca, Teotihuacán	Estado de México
Abasolo, Cuerámara	Guanajuato
Chapantongo, Tecozautla	Hidalgo
Tala, Ahualulco, Jesús María	Jalisco
Morelia, Puruándiro	Michoacán
Temixco	Morelos
Jala, Acaponeta	Nayarit
San Miguel Ixtlán, Santiago Tilantongo, Santiago Apoala, Tlacolula de Matamoros	Oaxaca
Chila, Puebla, Tepexi de Rodríguez	Puebla
Chalchihuite	Zacatecas

Respecto a los asentamientos humanos cercanos a las zonas donde existe mayor probabilidad para que pueda haber una interacción reservorio y población, se resume en el siguiente cuadro.

Cuadro 7.- Regiones de los Estados en los que existe mayor densidad de población cercana a las zonas de mayor probabilidad de presencia de reservorios

<b>Estado</b>	<b>Regiones</b>
Baja California	Ensenada (Municipio)
Chiapas	Altos, Centro, Fronteriza, Frailesca, Selva, Sierra, Soconusco,
Colima	(Municipios)Almería, Comala, Cuauhtémoc, Tecomán

Distrito Federal	Milpa Alta (Delegación)
Estado de México	Amecameca, Cuautitlán Izcalli, Chimalhuacán, Lerma, Naucalpan, Nezahualcóyotl, Texcoco, Tlalnepantla, Toluca
Guanajuato	Centro
Guerrero	Centro, Norte, Montaña
Hidalgo	Valle del Mezquital
Jalisco	Centro, Sur, Valles
Michoacán	Lerma Chapala, Purépecha
Morelos	Ayala, Emiliano Zapata, Jojutla, Juitepec, Xochitepec
Nayarit	(Municipios) San Blas Santiago Ixcuintla, Tepic
Oaxaca	Costa, Valles Centrales, Papaloapan
Puebla	Puebla, San Pedro Cholula, Tehuacán
Querétaro	El Marqués, Pedro Escobedo, Querétaro
San Luis Potosí	Huasteca
Tamaulipas	Centro, Mante
Tlaxcala	Volcán la Malinche, Gran Llano de Huamantla
Veracruz	Central, Grandes Montañas, Huasteca
Zacatecas	Sur

Los datos en cuanto a los cultivos, primero en casos de modelos tanto de reservorios reportados como positivos, se considerará el maíz y al final, con el modelo de distribución de las especies *Sigomodon hispidus* y *Oryzomys couesi*, se hará la discusión de los resultados.

La agricultura en el 2013, aportó el 63.7% del PIB del sector primario (SIAP, 2013). La agricultura es una actividad en donde puede haber presencia de roedores silvestres en busca de alimento, aumentando así el probable contacto entre éstos y agricultores.

### APTITUD AGRÍCOLA DEL SUELO NACIONAL

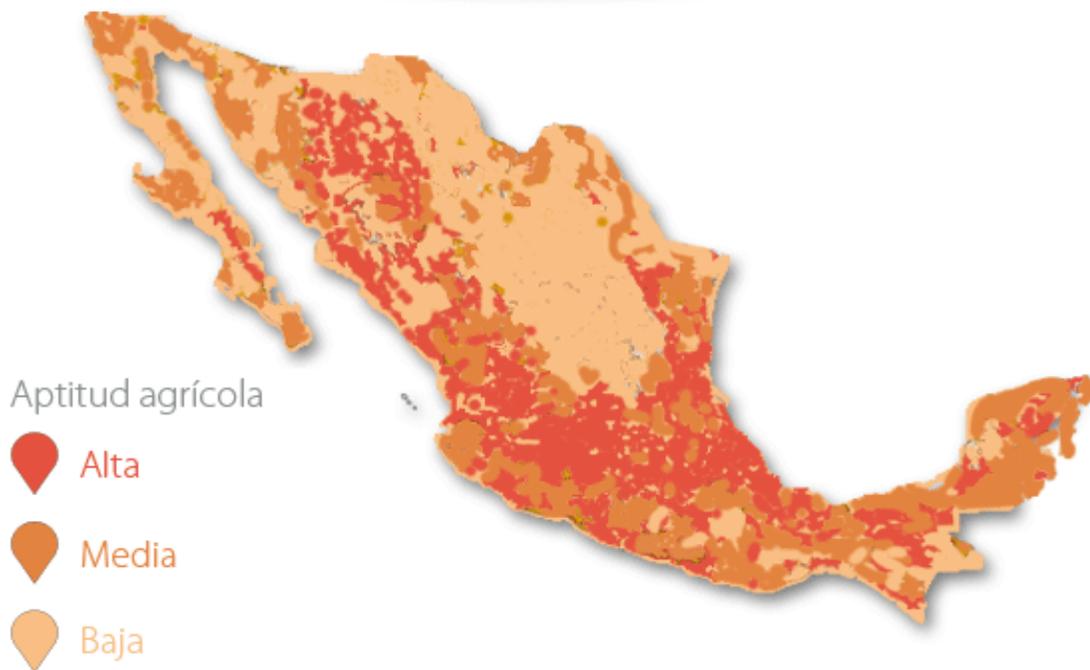


Figura 13.- Aptitud agrícola de México

Fuente: SAGARPA, 2013

Las regiones Centro, Bajío, y Pacífico, así como parte del Estado de Veracruz y Tamaulipas, tienen una superficie con mayor intensidad agrícola. En el 2013 la superficie sembrada total en cultivos fue de 22,113,662.80 (SIAP, 2013).

### 3.3.2 Distribución potencial de roedores reportados como reservorios de hantavirus en México y la superficie sembrada de maíz a nivel nacional

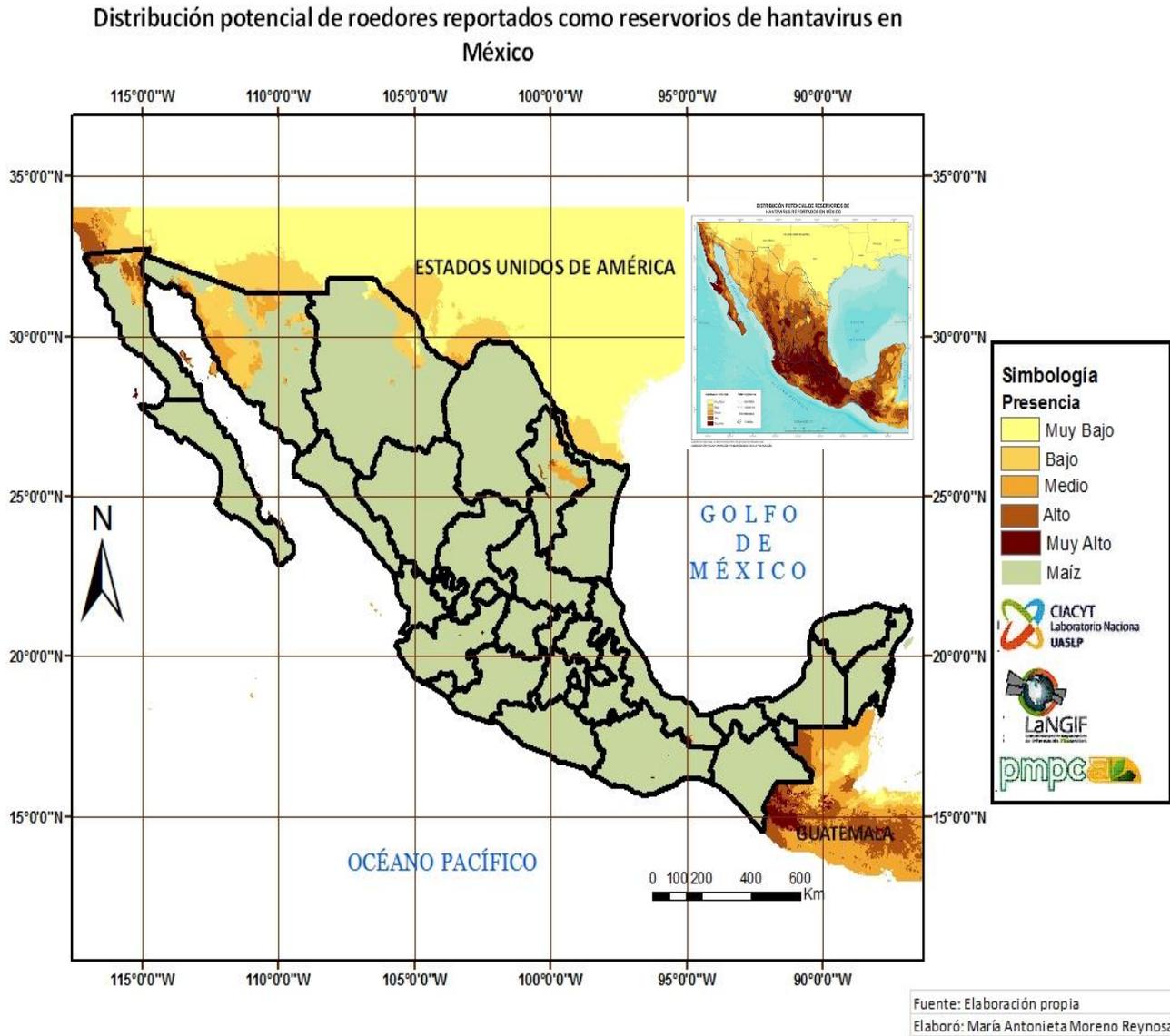


Figura 14.- Superficie sembrada de Maíz en México, modelo de distribución potencial de reservorios reportados

La superficie sembrada de maíz en nuestro país en el 2013 fue de 7,487,399.02 (SIAP, 2013).

La cantidad de hectáreas sembradas en los 19 Estados con mayor probabilidad de presencia de reservorios es de 5, 035,627.95 hectáreas<sup>16</sup>.

A pesar de que los roedores reportados como reservorios no son comunes en los grandes centros urbanos, es importante destacar que el grueso de los asentamientos urbanos, así como los núcleos dinámicos del TLCAN, también se ubican en la zona con valores más altos del mapa (ONU-HABITAT, 2011).

La distribución potencial de reservorios en los estados de Chiapas y San Luis Potosí serán discutidos más adelante.

---

<sup>16</sup> Cifra obtenida de los datos del cierre de producción anual en el portal del SIAP:  
[http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350)

### 3.4 Modelo de la distribución potencial de reservorios positivos de hantavirus en México.

El total de presencias para generar el modelo fue de 34, mismos que se adquirieron de artículos científicos, así como de una tesis doctoral de la Universidad Autónoma de Nuevo León.<sup>17</sup>

A pesar de los pocas presencias, el valor de la AUC fue de 0.753, lo que indica que el modelo generado es bueno.

A pesar de que en México no existan casos positivos para hantavirus, a lo largo del territorio nacional existe gran abundancia de especies de la familia Muridae, familia a la que pertenecen todas las especies reportadas como reservorios en nuestro país. Vado *et al.*, (2003) reportaron seroprevalencia en humanos en el estado de Yucatán.

Lo anterior indica que la falta de registros no significa ausencia del virus en México, más bien, obedece a la poca investigación que se ha realizado sobre el tema; siendo el hantavirus un problema de salud pública en los países que reconocen su presencia, es necesario destinar acciones oficiales a la vigilancia de este tipo de enfermedades que pueden ser focos de interés para la salud global. Dentro de toda la gama de enseñanzas que dejó el brote de la influenza H1N1 en el 2009, está el poner especial atención a enfermedades que tienen potencial de hacerse pandemia, en el desarrollo de este trabajo, se habló con actores involucrados (de ese entonces) del sector salud y hacen referencia a que una de las primeras sospechas era que se trataba de algún tipo de hantavirus.

---

<sup>17</sup>Citadas anteriormente

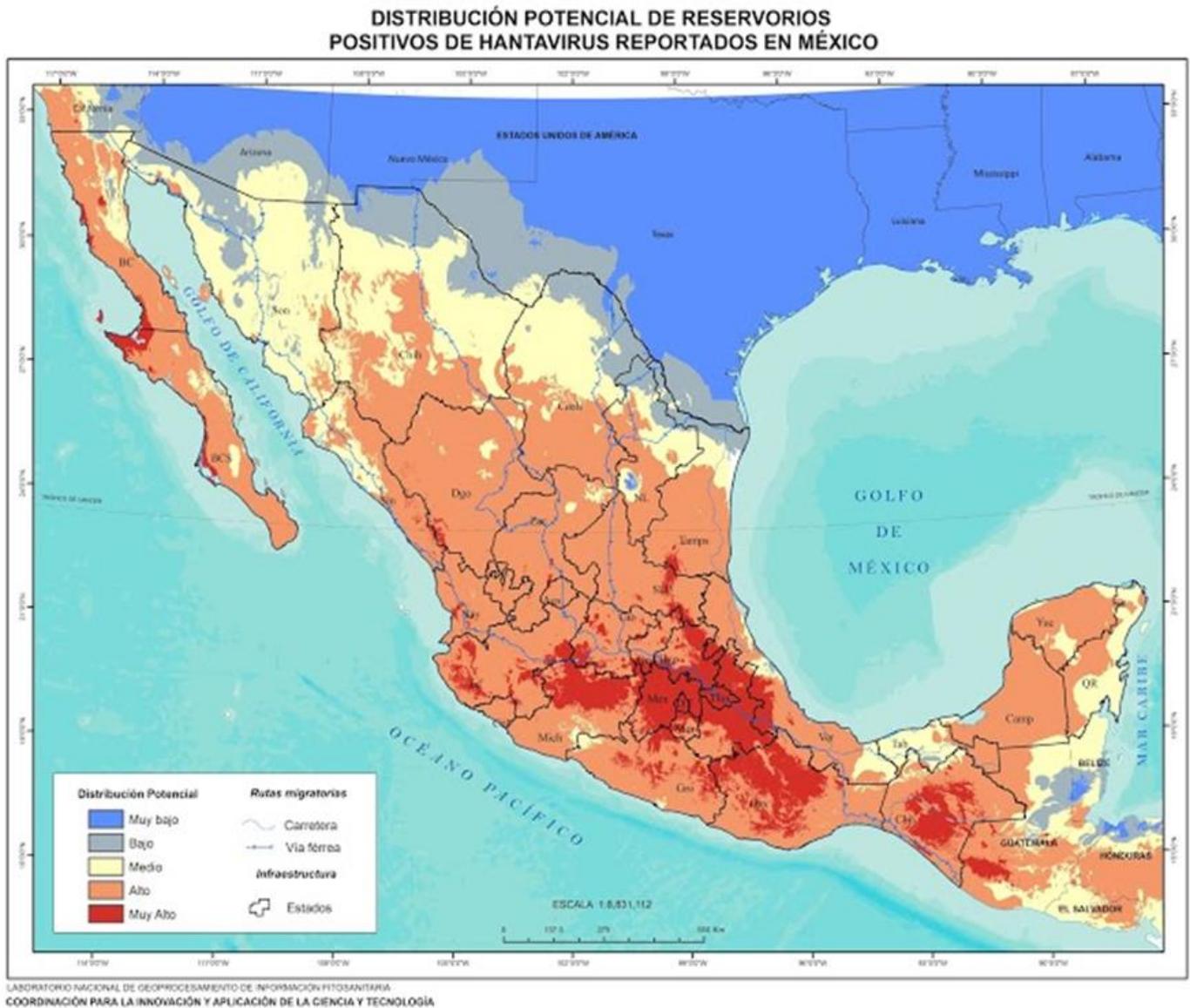
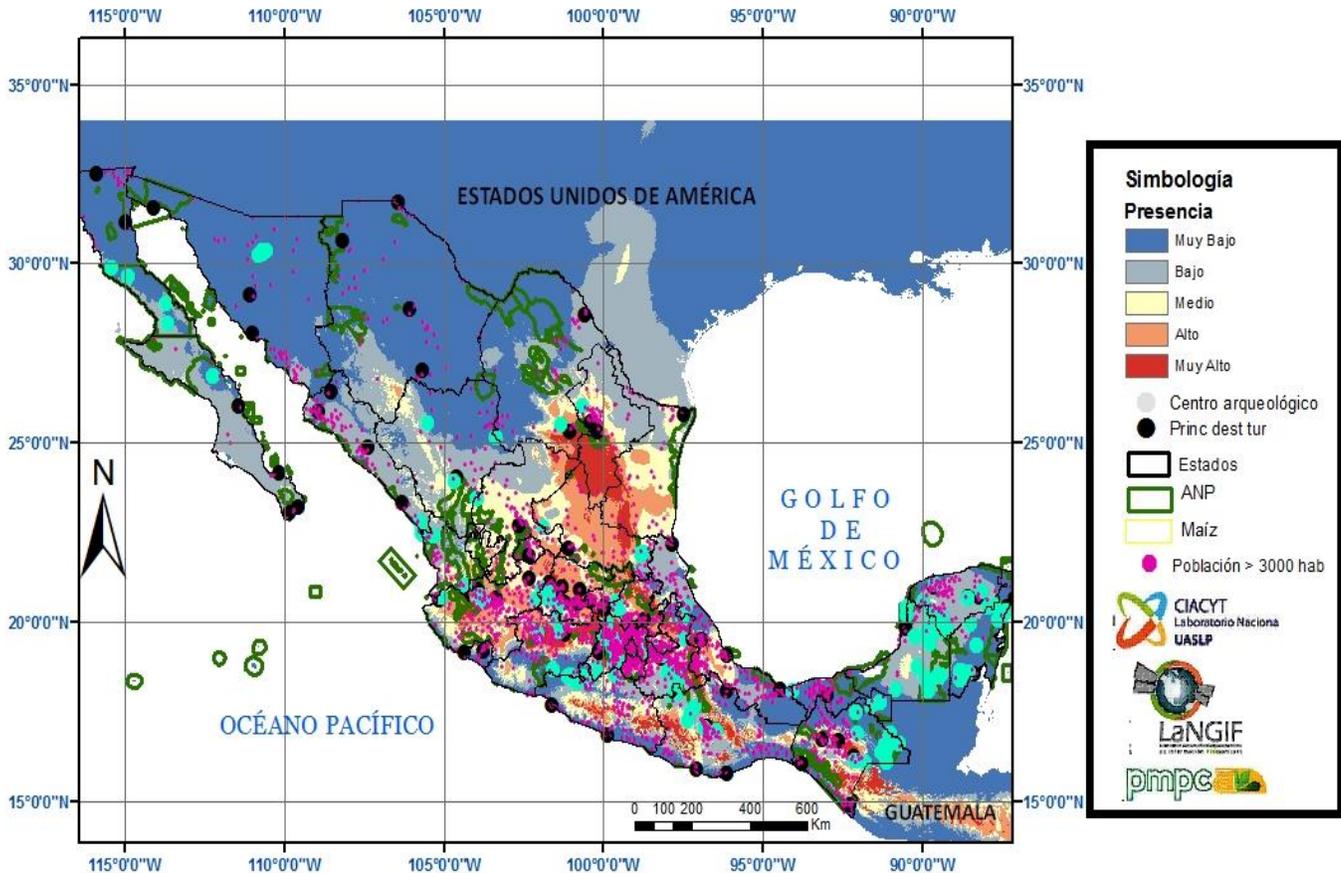


Figura 15.- Mapa de la distribución potencial de reservorios positivos de hantavirus reportados en México

### 3.4.1 Modelo de la distribución potencial de reservorios positivos en México, ANP, principales destinos turísticos y zonas arqueológicas

Distribución potencial de reservorios positivos de hantavirus en México



Fuente: Elaboración propia  
Elaboró: María Antonieta Moreno Reynosa

Figura 16.- Distribución potencial de reservorios positivos en México, ANP, población, destinos turísticos y zonas arqueológicas

En el modelo generado, las Áreas Naturales Protegidas que se encuentran en las zonas con mayor posible presencia de roedores portadores del virus, se resumen en el cuadro.

Cuadro 8.- Áreas Naturales Protegidas y Estados en que se ubican

<b>ANP</b>	<b>Estados</b>
C.A.D.N.R. Estado de Nayarit	Aguascalientes, Durango, Jalisco, Nayarit y Zacatecas
Cañón del Sumidero, El Triunfo, La Sepultura	Chiapas
Cumbres de Monterrey	Coahuila, Nuevo León
C.A.D.N.R. Bajo Río San Juan	Coahuila, Nuevo León
Desierto de los Leones	Distrito Federal
Corredor Biológico Chichinautzin	Distrito Federal, Estado de México, Morelos
Ciénegas del Lerma, Nevado de Toluca	Estado de México
Mariposa Monarca	Estado de México, Michoacán
El Chico, Los Mármoles	Hidalgo
Z.P.F.V. Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	Hidalgo, Puebla
Malinche	Puebla, Tlaxcala
Sierra La Mojonera	San Luis Potosí, Zacatecas

En los factores considerados también en el modelo, principales destinos turísticos del país y zonas arqueológicas, se generaron los cuadros siguientes.

Cuadro 9.- Principales destinos turísticos

<b>Destino turístico</b>	<b>Estado</b>
Santiago, Santa Catarina	Nuevo León
Saltillo	Coahuila
Morelia	Michoacán
Toluca de Lerdo, Valle de Bravo	Estado de México
San Cristóbal de las Casas	Chiapas

Cuadro 10.- Municipios y Estados de las zonas arqueológicas

<b>Municipios</b>	<b>Estado</b>
Acambay, Tenengo del Valle, Temoaya, Toluca	Estado de México
Morelia, Paracho	Michoacán
Heroica Puebla de Zaragoza	Puebla

En cuanto a las poblaciones más cercanas a las zonas de mayor probable presencia del virus, las regiones de los Estados se enlistan en el cuadro que sigue.

Cuadro 11.- Regiones de mayor población cercanas al virus en los Estados

<b>Regiones</b>	<b>Estado</b>
Santiago, Santa Catarina (Municipios)	Nuevo León
Sureste	Coahuila
Altos, Centro, Fronteriza, Sierra	Chiapas
Cinco Delegaciones, las más grandes, Tlalpan y Milpa Alta	Distrito Federal
Atlacomulco, Coatepec Harinas, Jilotepec, Texcoco, Toluca, Valle de Bravo	Estado de México
Colindancia entre Centro Oeste-Norte	Guanajuato
Montaña	Guerrero

Sierra Baja, Sierra Gorda, Valle de Tulancingo	Hidalgo
Sierra de Amula, Sierra Occidental	Jalisco
Mixteca, Sierra Sur	Oaxaca
Ciudad Serdán, Huauchinango, Puebla	Puebla
Sierra Gorda	Querétaro
Mante, Sur	Tamaulipas
Capital, De las Montañas	Veracruz
Concepción del Oro, El Salvador, Mazapil (Municipios)	Zacatecas

La zona metropolitana más importante de nuestro país, la del Valle de México se encuentra también en los valores de mayor probabilidad, así como la Zona Metropolitana de Toluca, la cuarta ZM más grande (INEGI, 2010)<sup>18</sup>; estas ZM son económicamente las dos que más aportan al PIB nacional (INEGI, 2014).

La distribución de reservorios positivos en los estados de Chiapas y San Luis Potosí serán discutidos más adelante.

---

<sup>18</sup> Fuente: INEGI, 2010. En:

<http://www.inegi.org.mx/Sistemas/multiarchivos/doc/702825003884/DZM20101.pdf>

### 3.4.2 Distribución potencial de reservorios positivos y superficie sembrada de Maíz en México



Figura 17.- Distribución potencial del virus en roedores en México y superficie sembrada de maíz

La superficie total de maíz sembrada en los Estados con mayor probabilidad del virus es de 5, 265,045.07 hectáreas (SIAP, 2014).

### 3.5 Distribución potencial de *Sigmodon hispidus* y *Oryzomys couesi* en México

Como se ha mencionado, los roedores silvestres son generalistas y dentro del total de especies reportadas como reservorios de hantavirus en México, existen principalmente dos que tienen reportes en dependencias responsables de la agricultura en nuestro país, se trata de *Sigmodon hispidus* y *Oryzomys couesi*, también llamadas ratas cañeras, las cuales son conocidas por infestación en sitios cañeros (SAGARPA, SENASICA).<sup>19</sup>



Figura 18.- Distribución potencial de *Sigmodon hispidus* y *Oryzomys couesi* en México

<sup>19</sup> De reportes encontrados en línea sobre manejo de plagas en zonas cañeras, se puede consultar por ejemplo: <http://www.cesvmor.org.mx/archivos/2014/divulgacion/2/revista17.pdf> y [http://www.sanidadelvalledelfuerte.org.mx/swa/periodico/59/file2\\_00.pdf](http://www.sanidadelvalledelfuerte.org.mx/swa/periodico/59/file2_00.pdf)

El aporte de conocer este mapa junto con las zonas cañeras del país <sup>20</sup> es que es uno de los principales cultivos perennes del país, actualmente en México según datos del año 2013 (SIAP)<sup>21</sup>, se sembraron 845,162.67 hectáreas en el país, el estado con mayor número de hectáreas sembradas es Veracruz, con 299, 138.97 ha, en segundo lugar se encuentra San Luis Potosí con 97, 588.01 ha, seguido de Jalisco con 85, 860.27 ha.

En el Programa Nacional Agroalimentario de la caña de azúcar aprobado este año, en el reto número 1 (Contar con una agroindustria de la caña de azúcar más rentable y sustentable), se encuentra el desarrollar una industria de bioenergéticos, lo que significa destinar una mayor cantidad de hectáreas sembradas a este fin, además de la conversión de otros cultivos a éste.

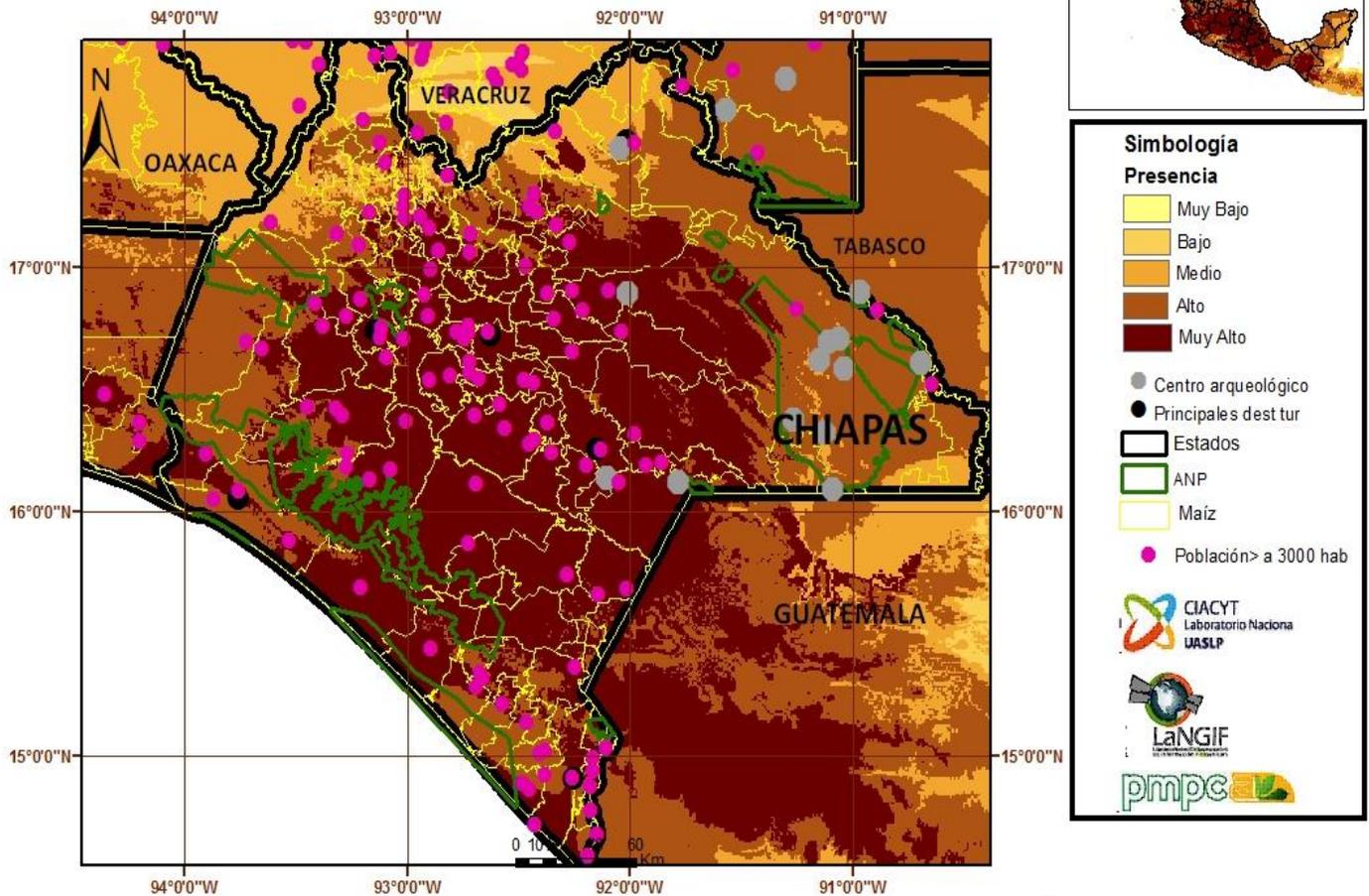
---

<sup>20</sup> Información obtenida del Laboratorio Nacional Geoprocusamiento de Información Fitosanitaria (LaNGIF)

<sup>21</sup> Cálculos en base al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

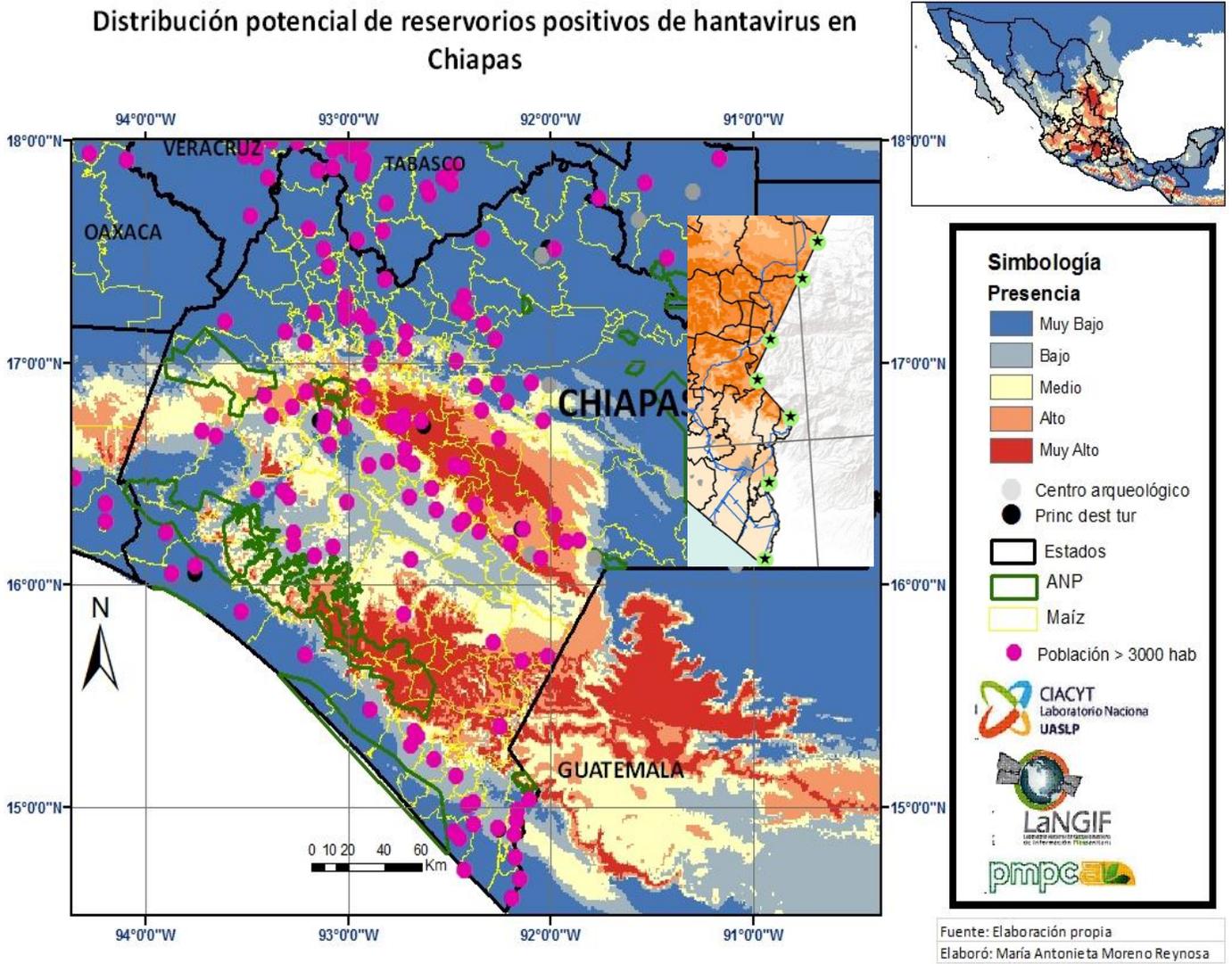
3.6 Distribución potencial de reservorios reportados en México y distribución potencial de reservorios positivos en el Estado de Chiapas, con ANP, principales destinos turísticos, población y zonas arqueológicas.

Distribución potencial en Chiapas de reservorios de hantavirus reportados en México



Fuente: Elaboración propia  
Elaboró: María Antonieta Moreno Reynosa

Ambos mapas se obtuvieron de los respectivos nacionales.  
Figura 19.- Distribución potencia de reservorios reportados en Chiapas, ANP, población, principales destinos turísticos, zonas arqueológicas



En ambos mapas observamos que existen zonas importantes con valor  
Figura 20.- Distribución potencia de reservorios positivos en Chiapas, ANP, población, principales destinos turísticos, zonas arqueológicas

probable alto de presencia tanto de reservorios infectados como de reservorios reportados.

En los dos mapas la ubicación de las zonas cañeras más importantes se encuentran en el área de mayor probabilidad, también en esas áreas están los tres municipios con mayor producción de maíz, Villaflores, Ocozocoautla y Venustiano Carranza, el maíz es el segundo cultivo más importante del Estado (CEIEG, 2012).

Tuxtla Gutiérrez y San Cristóbal de las Casas son la primera y tercera ciudad con mayor número de habitantes, siendo Tuxtla Gutiérrez la capital del Estado, sede de las Instituciones gubernamentales, estatales como federales, la relevancia política y económica del municipio es relevante, además, es la única ZM del Estado (INEGI, 2010). San Cristóbal es por excelencia, lugar obligado para el turismo nacional y extranjero.

Para incertar en las políticas agrícolas de esas comunidades, acciones preventivas para considerar la probable aparición de EIE por las prácticas agrícolas vigentes y las que se pretenden implementar.

Otro factor relevante es que comparte más de mil kilómetros de frontera con Guatemala, en el modelo de distribución potencial de reservorios positivos, cinco cruces fronterizos están dentro del área de los valores más altos. Con datos de la Secretaría de Gobernación (2010) anualmente, unos 190 000 migrantes indocumentados ingresan por esta frontera. Además, hay que considerar que muchas personas provientes de Guatemala cruzan a Chiapas para compras diarias, y viceversa. Hay que tener siempre presente que los patógenos no respetan fronteras políticas. La frase “fronteras seguras”<sup>22</sup> debe incluir vigilancia fitozoosanitaria eficiente y considerar la dinámica económica (flujo de mercancías) de los países vecinos.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> Frase presente en discursos oficiales

3.7 Distribución potencial de reservorios de hantavirus reportados en México y distribución potencial de reservorios positivos para el Estado de San Luis Potosí, ANP, principales destinos turísticos, población y zonas arqueológicas.

Ambos mapas se extrajeron de los correspondientes nacionales.

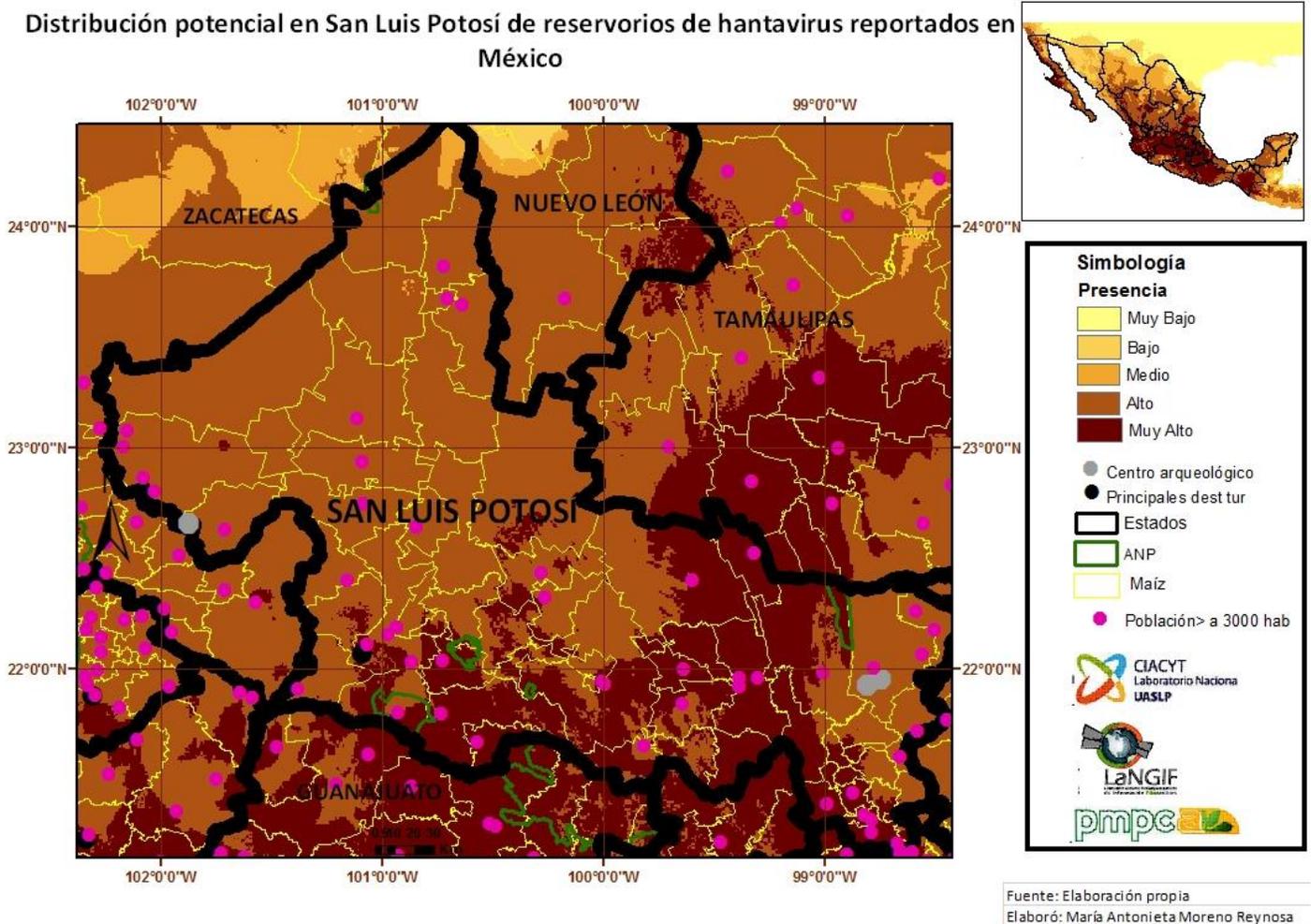


Figura 21.- Mapa de la distribución potencial de reservorios en el Estado de San Luis Potosí, ANP, población, destinos turísticos y zonas arqueológicas

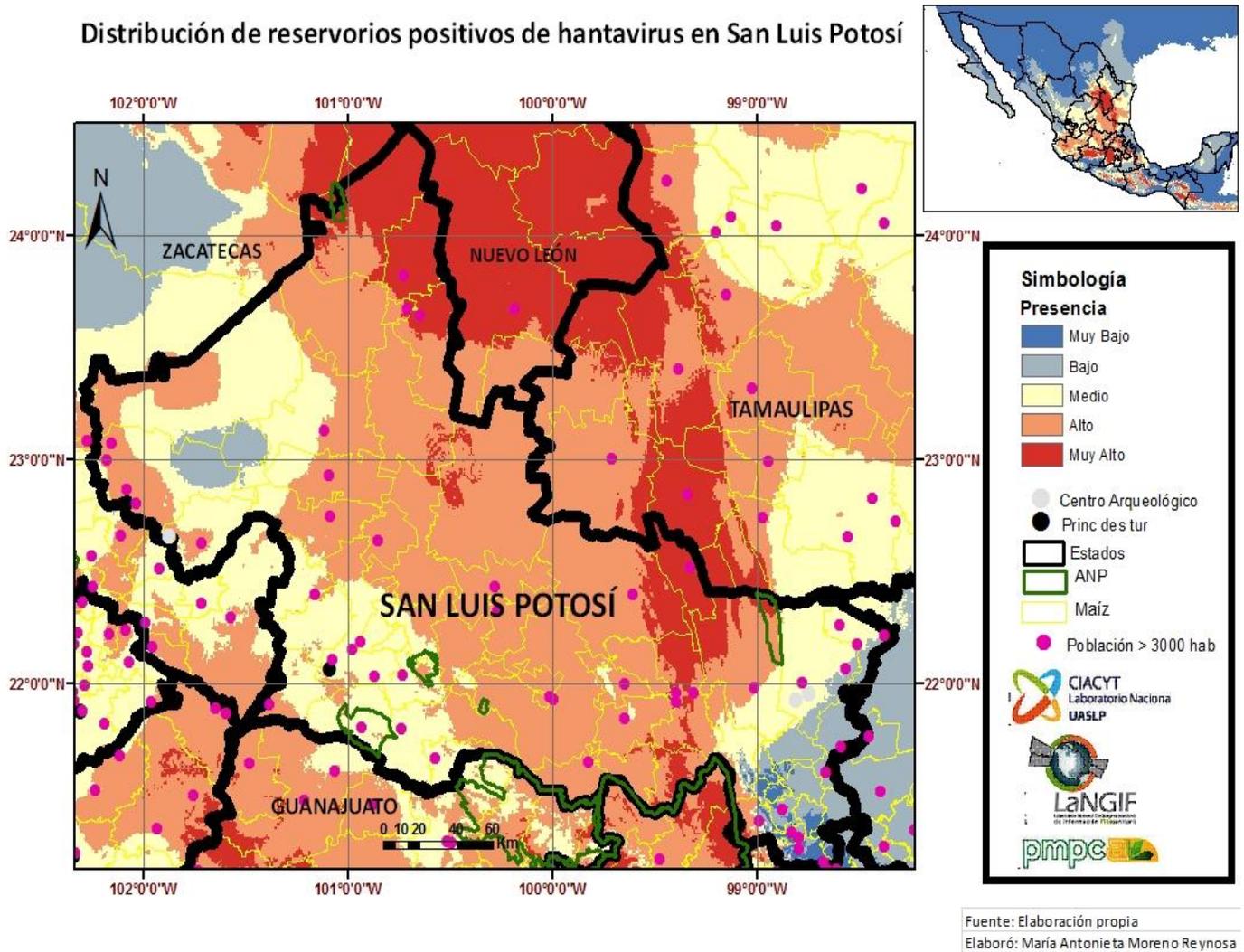


Figura 22.- Mapa de la distribución potencial de reservorios positivos en el Estado de San Luis Potosí, ANP, población, destinos turísticos y zonas arqueológicas

En ambos mapas las zonas cañeras están en áreas con la mayor probabilidad de presencia, en la huasteca potosina cercana a la zona media. Como se mencionó anteriormente (modelo de distribución potencial de *Sigmodon hispidus* y *Oryzomys coues*), San Luis Potosí fue el año anterior, el segundo estado con mayor superficie sembrada de este cultivo,<sup>24</sup> los tres municipios con mayor cantidad de hectáreas sembradas, Ciudad Valles, El Naranjo y Tamasopo, están dentro del área de los valores más altos<sup>25</sup> de los mapas (SIAP, 2013).

La zona de la huasteca potosina tiene gran importancia turística estatal, nacional e internacional, sitios como cascadas El Meco, El Salto, Minas Viejas, Tamul, Micos, El sótano de las golondrinas, El Castillo del Inglés convoca a muchos visitantes.<sup>26</sup>

El foco del Altiplano Potosino conformado por los municipios de Vanegas, Cedral y Matehuala, conforman cultivos de maíz, sorgo y avena, cultivos potenciales para la infestación de roedores.

---

<sup>24</sup> Cálculos en base al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

<sup>25</sup> Los valores más altos del mapa corresponden a la zona de mayor probabilidad de presencia

<sup>26</sup> Boletín turístico de la página del gobierno del Estado

3.8 Modelo de distribución potencial en México de los principales reservorios de hantavirus en Estados Unidos de América (*P. leucopus*, *P. maniculatus*, *O. palustris*, *S. hispidus*).



Figura 23.- Mapa de distribución potencial de reservorios en México de los principales reservorios de hantavirus en Estados Unidos de América

Este modelo es el primer resultado inesperado de este trabajo, pues es una base para enriquecer trabajos anteriores sobre la distribución de reservorios de hantavirus en nuestro país<sup>27</sup>, ya que toma en cuenta no sólo tres (*Peromyscus leucopus*, *Peromyscus maniculatus*, *Sigmodon hispidus*), sino, los cuatro (incluido el *Oryzomys palustris*) reservorios principales de Estados Unidos de América.

## **4 Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

El mundo globalizado representa un reto para la planeación de políticas públicas el sector salud que tomen en cuenta factores sociales y económicos relacionados con la aparición de las EIE.

Para una mejor respuesta a las EIE se necesita una articulación de los organismos gubernamentales de sanidad animal y de salud humana, con esta colaboración, la vigilancia en torno a las zoonosis puede identificar zonas con alta probabilidad de un brote.

La implementación de plataformas de vigilancia que tengan un sistema de alarma preventivo puede significar si bien, no la certeza de que un brote aparezca, si tener protocolos de respuesta que impidan el desperdicio de recursos y malas decisiones ante la emergencia.

El trabajo multi e interdisciplinario es necesario para abordar los temas ambientales actuales, además de los profesionales en la ecología de los reservorios, se necesitan perfiles de ciencias biológicas para identificar nuevos genotipos del virus y hacer más imperante la necesidad de contar en nuestro país con laboratorios que tengan la infraestructura para ello, así mismo, la importancia de que sociólogos, geógrafos, salubristas tengan protagonismo también en el estudio de estas enfermedades puede dar una metodología más aproximada a la realidad de los factores que convergen en la aparición de una EIE.

Nuestras dos fronteras tienen que ser focos de atención para entender la dinámica de distribución de las EIE.

---

<sup>27</sup> Un modelo anterior (Cordero *et al.*, 2006), presentó la primera aproximación de la distribución potencial de reservorios de hantavirus en nuestro país, con tres de las cuatro especies principales de nuestro país vecino del norte.

#### 4.2 Recomendaciones

Seguir generando trabajos de EIE que no existen en la agenda de salud (ej. Hantavirus, Lyme, etc.), la obtención de datos nos dará una mejor aproximación a los patrones de distribución de las especies de interés, así como la identificación de nuevos reservorios.

Realizar investigación más detallada sobre la ecología de los reservorios (cambio climático, minería, perturbación urbana).

Crear grupos regionales de vigilancia de EIE para aprovechar el mejor conocimiento de la zona.

Difusión de trabajos que aborden este tipo de EIE, es necesario que las autoridades de salud, animal y poblacional, estén al tanto de la investigación que se realiza y poder identificar algunos recursos que estas dependencias pueden aportar para eficientar resultados futuros.

En el estudio del hantavirus, es necesario tener todas las medidas de seguridad en todas los pasos de la investigación, captura, manipulación y laboratorio.

## REFERENCIAS

Andraghetti, R. (2011). Enfermedades emergentes y reemergentes, factores condicionantes para la aparición de estas enfermedades y su prevención y control. Curso OPS de Comunicación en Riesgo. En:

[http://cursos.campusvirtualesp.org/pluginfile.php/20976/mod\\_page/content/1/documentos\\_modulos/Spanish\\_PAHO\\_EID\\_RiskComm\\_110215\\_rev\\_RAW.pdf](http://cursos.campusvirtualesp.org/pluginfile.php/20976/mod_page/content/1/documentos_modulos/Spanish_PAHO_EID_RiskComm_110215_rev_RAW.pdf)

Andreassen, H.P., R.A. Ims, Steinset, O. (1996). Discontinuous habitat, corridors: effect of male route vole movements. *J. Appl. Ecol.* 33: 555–560

Áreas Protegidas de México (s/f). Valle de los Cirios. En:

<http://www.apdm.com.mx/archivos/594>

Banco Mundial (2013). Población Rural. En:

<http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.RUR.TOTL>

Bohman, M.C., Morzunov, S.P., Meissner, J., Taylor, M.B., Ishibashi, K., Rowe, J., Levis, S., Enria, D., St. Jeor S. C. (2002). Analysis of Hantavirus Genetic Diversity in Argentina: S Segment-Derived Phylogeny. *JOURNAL OF VIROLOGY*, Apr. 2002, p. 3765–3773

Boletín nº 2. 2009, OIE. En:

[http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Publications\\_%26\\_Documentation/docs/pdf/Bull\\_2009-2-ESP.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Publications_%26_Documentation/docs/pdf/Bull_2009-2-ESP.pdf)

Butler, J., Crengle, S., Cheek, J. Leach, A., Lennon, D., O'Brien, K., Satosham, M. (2001). Emerging Infectious Diseases among Indigenous Peoples. *Emerging Infectious Disease* Vol. 7, No. 3 Supplement.

Ceballos, G., Arroyo, J., Medellín, R. (2002). MAMÍFEROS DE MÉXICO. Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales. CONABIO-UNAM. México, D.F En:

<http://www.ecologia.unam.mx/laboratorios/rmedellin/2010/PUB/0001.pdf>

CEPAL (2002). El carácter histórico y multidimensional de la globalización. Globalización y desarrollo. Brasilia, Brasil. En:

<http://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/10026/Globa-c1.pdf>

CEVSMOR. Monitor Agrícola. Año X No. XX - Noviembre 2011. Cuernavaca, Morelos, México.

Chu, Y. K., Owen, R. D., Sánchez, C., Romero, M. L., Jonsson, C. B. (2008). Genetic characterization and phylogeny of a Hantavirus from western Mexico. *Virus Res.* 2008; 131:180–8.

CIDH (2013). INFORME DEL ESTADO MEXICANO SOBRE SECUESTRO, EXTORSIÓN Y OTROS DELITOS COMETIDOS CONTRA PERSONAS MIGRANTES EN TRÁNSITO POR TERRITORIO MEXICANO. OEA/Ser.L/V/II. Doc.48/13. En:

<http://www.oas.org/es/cidh/migrantes/docs/pdf/Informe-Migrantes-Mexico-2013.pdf>

CONAPO (2013). Situación demográfica en México 2013. En:

[http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Publicacion\\_Completa\\_La\\_Situacion\\_De\\_mografica\\_de\\_Mexico\\_2013](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Publicacion_Completa_La_Situacion_De_mografica_de_Mexico_2013)

Dearing, M. D. and Disney, L. (2010). Ecology of hantavirus in a changing world. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1195 (2010) 99–112

Del Rey, J. (2002). Enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes. *An Med Interna* (Madrid) 19: 443-445.

Diario Oficial de la Federación (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-032-SSA2-2010, Para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vector, en:

[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5192591&fecha=01/06/2011](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5192591&fecha=01/06/2011)

Diario Oficial de la Federación (2013). ACUERDO para la emisión de las Reglas de Operación del Programa para Mejoramiento de la Producción y Productividad Indígena a cargo de la Coordinación General de Fomento al Desarrollo Indígena de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas para el ejercicio fiscal 2014. En:

<http://www.cdi.gob.mx/programas/2014/cdi-reglas-de-operacion-2014-PMPPi-dof-27.12.13.pdf>

Diario Oficial de la Federación (2014). PROGRAMA Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2014-2018. DOF: 02/05/2014. En:

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014)

El enfoque de “Una Sola Salud” para tratar los riesgos sanitarios en la interfaz entre el animal, el ser humano y el ecosistema. Consultado el 04/09/2013 de

<http://www.oie.int/doc/ged/D11688.PDF>

El Impacto de la contingencia sanitaria por el Virus de Influenza Humana en el Sector Turismo en México al segundo trimestre de 2009 (2009). Cámara de Diputados. México. En:

<http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/2009/cefp0522009.pdf>

El Fitosanitario. Productores Reconocen Trabajo Fitosanitario de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte. Febrero 2012. Año 6 No.59. Los Mochis, Sinaloa, México. En:

[http://www.sanidaddelvalledelfuerte.org.mx/swa/periodico/59/file2\\_00.pdf](http://www.sanidaddelvalledelfuerte.org.mx/swa/periodico/59/file2_00.pdf)

ENCC 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40 Gobierno de la República. En:

<http://www.encc.gob.mx/documentos/estrategia-nacional-cambio-climatico.pdf>

EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL IMPACTO EN MÉXICO DE LA INFLUENZA AH1N1. CEPAL/OPS-OMS. En:

[http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/38894/2010-011\\_influenza-l958w.pdf](http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/38894/2010-011_influenza-l958w.pdf)

Félix Burgos, G y Sevilla Romero, L. (Tercera Edición). Ecología y Salud. McGraw-Hill Interamericana.

Fisher, L., Guerrero, E. (1995). CENSOS DE BALLENAS GRIS (*Eschrichtius robustus*) EN LA ZONA NORTE DE BAHIA MAGDALENA, B.C.S., MEXICO (1983-1987). La Paz, BCS, México. En:

<http://enip.com.mx/ap1-1.pdf>

Franco, C., Lammoglia, L., Santos, J. (2004). Perspectiva histórica de la viruela en México: aparición, eliminación y riesgo de reaparición por bioterrorismo. *Gac. Méd. Méx* vol.140 no.3. En:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/gmm/v140n3/v140n3a13.pdf>

Frenk, J., Gómez, O. (2007). La globalización y la nueva salud pública. *Salud pública de México* / vol.49, no.2. En

<http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v49n2/a11v49n2.pdf>

Fuller, D., Ahumada, M., Quiñones, M., Herrera, S., Beier, J. (2012). Near-present and future distribution of *Anopheles albimanus* in Mesoamerica and the Caribbean Basin modeled with climate and topographic data. *International Journal of Health Geographics* 2012, 11:13. En:

<http://www.ij-healthgeographics.com/content/pdf/1476-072X-11-13.pdf>

García, F. (2008). Enfermedades infecciosas emergentes: interacción entre el mundo microbiano y las sociedades humanas. *Acta Medica Costarricense* Vol. 50 (3). En:

<http://www.scielo.sa.cr/pdf/amc/v50n3/3782.pdf>

Gegúndez, M. I. y Lledó, L. (2005). Infección por hantavirus y otros virus transmitidos por roedores. *Enferm Infecc Microbiol Clin* 2005; 23(8):492-500

- Hantavirus pulmonary syndrome – US: updated recommendations for risk reduction. Centers for Disease. Control and prevention. MMWR Rep. 51 (RR-9): 1-12 (2002).
- Gozalbes, E. y García, I. (2007). LA PRIMERA PESTE DE LOS ANTONINOS (165-170). *Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia* vol. LIX, nº 1, 7-22, ISSN: 0210-4466.
- Gordillo, G., Torres, J., Solórzano, F., Garduño, V., Tapia, R., Muñoz, O. (2003). Estudio seroepidemiológico de borreliosis de Lyme en la Ciudad de México y el noreste de la República Mexicana. *Salud Pública de México* / vol.45, no.5
- Granados, D., Sanchez, A., Granados, R., Borja de la Rosa, A. (2011). Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Rev. Chapingo vol. 17 spe. Chapingo ene. 2011*
- Hjelle, S., Anderson, B., Torres, N., Song, W., Gannon, W. L., Yates, T. L. (1995). Prevalence and Geographic Genetic Variation of Hantavirus of New World Harvest Mice (Reithrodontomys): Identification of a Divergent Genotype from a Costa Rican Reithrodontomys mexicanus. *Virology*. 207:452-459.
- Hjelle, B., Chávez, F., Tórrez, N., Yates, T. (1994). Genetic Identification of a Novel Hantavirus of the Harvest Mouse *Reithrodontomys megalotis*. *JOURNAL OF VIROLOGY*, p. 6751-6754. En:  
<http://www.cdc.gov/hantavirus/surveillance/annual-cases.html> Consultado 26/08/2013
- INCEA (s/f). Aduanas en México. En:  
<http://www.comercioyaduanas.com.mx/aduanas/aduanasmexico/145-aduanas-en-mexico>
- INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Chiapas. En:  
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=7>
- INEGI (2010). Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México. En:  
<http://www.inegi.org.mx/Sistemas/multiarchivos/doc/702825003884/DZM20101.pdf>

INEGI (2010). Población, hogares y vivienda. En:

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>

INEGI (2013). La Agricultura en Baja California La agricultura en Baja California: Censo Agropecuario 2007. En:

[http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/agricultura/bc/agriculBC.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/agricultura/bc/agriculBC.pdf)

INEGI (2014). Balanza comercial de mercancías de México. En:

[http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/mensual/ece/bcmm.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/mensual/ece/bcmm.pdf)

Johnson, K.M. (2001). Hantaviruses: history and overview. *Curr Top Microbiol Immunol.* 256:1–14. En:

[http://nihbrp.com/Citations/completed/HumanHealthEcologyTeam/Andes\\_Hantaviruses/Johnson\\_Hantaviruses\\_2001.pdf](http://nihbrp.com/Citations/completed/HumanHealthEcologyTeam/Andes_Hantaviruses/Johnson_Hantaviruses_2001.pdf)

Jonsson, C. B., Moraes, L. T., Vapalahti, O. (2010). A Global Perspective on Hantavirus. *Ecology, Epidemiology and Disease. Clin. Microbiol. Rev.* 2010, 23 (2): 412. DOI: 11.1128/CMR.00062-69

Kariwa, H., Yoshida, H., Sánchez, C., Romero, M. L., Almazán, J. A., Ramos, C., ..., Takashima, I. (2012). Genetic diversity of hantaviruses in Mexico: Identification of three novel hantaviruses from Neotomine rodents. *Virus Research* 163 (2012) 486– 494

Khanum, R., Mumtaz, A. S. (2013). Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. *Acta Oecologica* 49 (2013) 23-31. En:

[http://warnercnr.colostate.edu/~sunil/Khanum%20et%20al\\_2013\\_Predicting%20impacts%20climate%20change%20medicinal%20asclepiads%20of%20Pakistan\\_Maxent.pdf](http://warnercnr.colostate.edu/~sunil/Khanum%20et%20al_2013_Predicting%20impacts%20climate%20change%20medicinal%20asclepiads%20of%20Pakistan_Maxent.pdf)

Kulkarni, M.A., Desrochers, R.E., Kerr, J.T. (2010) High Resolution Niche Models of Malaria Vectors in Northern Tanzania: A New Capacity to Predict Malaria Risk? PLOS ONE 5(2): e9396. doi:10.1371/journal.pone.0009396

La Biblia. Libro primero de Samuel. En:

<http://es.catholic.net/biblioteca/libro.phtml?consecutivo=240>

Ledermann, W. (2003). El hombre y sus epidemias a través de la historia. Rev Chil Infect Edición aniversario 2003; 13-17

Leff, E. (2005). La Geopolítica de la Biodiversidad y el Desarrollo Sustentable: economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza. UNESCO. Río de Janeiro, Brasil. En:

<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/reggen/pp12.pdf>

Littman, R.J. (2009). The Plague of Athens: Epidemiology and Paleopathology. MOUNT SINAI JOURNAL OF MEDICINE 76: 456-467

Manrique, F., Martínez, A. (2009). La pandemia de gripe de 1918-1919 en Bogotá y Boyacá, 91 años después. *Infect.* vol.13 no.3 Bogotá

Martinez, V., Bellomo, C., San Juan, J., Pinna, D., Forlenza, R., Elder, M., Padula, P. (2005). Person-to-Person Transmission of Andes Virus. *Emerging Infectious Diseases* • www.cdc.gov/eid • Vol. 11, No. 12

Mateo, R.G., Felicísimo, A.M., Muñoz, J. (2012). Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. *Reduca (Biología). Serie Ecología.* 5 (1): 137-153

Medina, G. (2010). Ecología de enfermedades infecciosas emergentes y conservación de especies silvestres. *Arch Med Vet* 42, 11-24

Millazo, M., Cajimat, M., Romo, H., Estrada, J. G. (2012). Geographic distribution of Hantaviruses associated with Neotomine and Sigmodontine rodents, Mexico. *Emerging Infectious Diseases.* Vol. 18, No. 4.

Mills, J.N., Corneli, A., Young, J.C., Garrison, L. E., Khan, A. S., Ksiazek, T. G. (2002). Hantavirus pulmonary syndrome- US: updated recommendations for risk reduction. Centers for Disease Control and Prevention. Rep. 51 (RR-9): 1-12

Mills, J. N., Amman, B. R., Glass, G. E. (2009). Ecology of Hantaviruses and Their Hosts in North America. VECTOR-BORNE AND ZOOLOGICAL DISEASES. Volume 9, Number 00.

Mischler, P., Kearney, M., McCarroll, J. C., Scholte, R. G. C., Vounatsou, P., Malone, J. B. (2012). Environmental and socio-economic risk modelling for Chagas disease in Bolivia. *Geospatial Health* 6(3), 2012, pp. S59-S66. En:

<http://www.geospatialhealth.unina.it/articles/v6i3/gh-v6i3-09-mischler.pdf>

Morse, S. (1995). Factors in the Emergence of Infectious Diseases. *Emerg. Infect. Dis.* 1, 7-115 En:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2626828/pdf/8903148.pdf>

Nichol, S. T., Spiropoulou, C. F., Morzunov, S., Rollin, P. E., Ksiazek, T. G., Feldmann, H., Sánchez, A., Childs, J., Zaki, S., Peters, C. J. (1993). Genetic Identification of Hantavirus Associated with an Out break of Acute Respiratory Illness. *SCIENCE \* VOL. 262*

Nyamunura, C., Iddi, S., Bukombre, J., Mboera, L. (2013). Predicting distribution of *Aedes aegypti* and *Culex pipiens* complex, potential vectors of Rift Valley fever virus in relation to disease epidemics in East Africa. *Infect Ecol Epidemiol.* 2013; 3: 10.3402/iee.v3i0.21748. En:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3797365/pdf/IEE-3-21748.pdf>

OMS (2008). Reglamento sanitario internacional (2005). Ginebra, Suiza. En:

[http://www.who.int/ihr/IHR\\_2005\\_es.pdf?ua=1](http://www.who.int/ihr/IHR_2005_es.pdf?ua=1)

ONU-HABITAT (2011). Estado de la ciudades 2011. SEDESOL. En:

[http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=642:presentacion-del-gestado-de-las-ciudades-de-mexico-2011q&Itemid=258](http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com_content&view=article&id=642:presentacion-del-gestado-de-las-ciudades-de-mexico-2011q&Itemid=258)

OPS (2002). Módulos de principios de epidemiología para el control de enfermedades (MOPECE). Salud y enfermedad en la población. En:

[www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_docman&task](http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&task)

Organización Panamericana de la Salud (1997). RESOLUCION CD40.R14 HANTAVIRUS. Washington, D.C.

Padula, P. J., Edelstein, A., Miguel, S. D. L., Lopez, N. M., Tossi, C. M., Rabinovich, R. D. (1998). Hantavirus Pulmonary Syndrome Outbreak in Argentina: Molecular Evidence for Person-to-Person Transmission of Andes Virus. *VIROLOGY* 241, 323–330

Palma, R.E., Polop, J.J., Owen, R. D., Mills, J.N. (2012). ECOLOGY OF RODENT-ASSOCIATED HANTAVIRUSES IN THE SOUTHERN CONE OF SOUTH AMERICA: ARGENTINA, CHILE, PARAGUAY, AND URUGUAY. *Journal of Wildlife Diseases*, 48(2), 2012, pp. 267–281

Panorama del Café (2014). Financiera Nacional de Desarrollo. En:

[http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Caf%C3%A9%20\(may%202014\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Caf%C3%A9%20(may%202014).pdf)

Phillip, S., Anderson, R., Schapired, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190 (2006) 231–259

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (2013). Programa Sectorial de Salud. Gobierno de la República. México. Disponible en:

<http://www.salud.gob.mx/indicadores1318/pdf/programa.pdf>

PNUD (2014). Índice de Desarrollo Humano en México: Nueva metodología. México, D.F. En:

[http://www.mx.undp.org/content/dam/mexico/docs/Publicaciones/PublicacionesRe-  
duccionPobreza/InformesDesarrolloHumano/UNDP-MX-PovRed-  
IDHmunicipalMexico-032014.pdf](http://www.mx.undp.org/content/dam/mexico/docs/Publicaciones/PublicacionesRe-<br/>duccionPobreza/InformesDesarrolloHumano/UNDP-MX-PovRed-<br/>IDHmunicipalMexico-032014.pdf)

Prince, H.N., Prince, D. L., Prince, R.N. Principios del control viral y la transmisión.  
In: Block SS, ed. Disinfection, sterilization, and preservation. Lea ad Fibiger,  
1991:441-44

Ramsden, C., Holmes, E., Charleston, M. (2009). Hantavirus Evolution in Relation to  
Its Rodent and Insectivore Hosts: No Evidence for Codivergence. *Mol. Biol.  
Evol.* 26(1):143–153. En:

[http://origem.info/FIC/pdf/Ramsden\\_Holmes\\_Charleston\\_Hantavirus\\_evol\\_hosts\\_  
MolBiolEvol\\_Jan09.pdf](http://origem.info/FIC/pdf/Ramsden_Holmes_Charleston_Hantavirus_evol_hosts_<br/>MolBiolEvol_Jan09.pdf)

Rodríguez, G. (2013, 29 de diciembre). Baja California Sur, refugio de la ballena  
gris. El Universal. En:

[http://www.eluniversal.com.mx/estados/2013/impreso/baja-california-sur-refugio-  
de-la-ballena-gris-93287.html](http://www.eluniversal.com.mx/estados/2013/impreso/baja-california-sur-refugio-<br/>de-la-ballena-gris-93287.html)

Romero, C., Andresen, M., Díaz, O., Tomicic, V., Baraona, F., Mercado, M.,.....,  
Dougnaç, A. (2003). Síndrome cardiopulmonar por Hantavirus: utilidad de la  
monitorización con el sistema PiCCO. *Rev Méd Chile* 2003; 131: 1173-1178

Rossi, C. A., Ksiasek, T. G. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). In Lee  
H. W., Calisher, C., Schmaljohn C. Manual of Hemorrhagic Fever with Renal  
Syndrome and Hantavirus Pulmonary Syndrome. WHO Colaborating Center  
for Virus Reference and Research (Hantaviruses) Asian Institute for Life  
Sciences, Seoul, Chapter VII: 80-91

Rubin, H. (2011). “Future Global Shocks: Pandemics”. OCDE. IFP/WKP/FGS (2011)

2

SAGARPA. (2013). Cierre de producción agrícola por estado. En:

<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

Schmaljohn, C., Huggis, J., Calisher, C. H. (1999). Manual of hemorrhagic fever with renal syndrome and Hantavirus Pulmonary Syndrome. *Center For Virus Reference and Research*. 1999: 192-8

SIAP (2013). Cierre de la producción agrícola por Estado. En:

<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

SIAP (2013). Una mirada al panorama agroalimentario de México y el mundo. Julio 22, 2013. Número 4. México. En:

<http://www.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/004-e.html>

SIAP (2010). Sistema de Información Geográfica del Sector Agropecuario de Baja California (SigaBC). En:

<http://www.sefoa.gob.mx:85/bajacalifornia/sig/map.phtml>

Secretaría de Fomento Agropecuario (2010). Sistema de Información Geográfica del Sector Agropecuario de Baja California (Siga BC). En:

[http://www.oeidrusbc.gob.mx/oeidrus\\_bca/mapoteca/DESCARGAS/ZONAS%20P ROTEGIDAS.pdf](http://www.oeidrusbc.gob.mx/oeidrus_bca/mapoteca/DESCARGAS/ZONAS%20P ROTEGIDAS.pdf)

SIAP (2013). Cierre de la producción agrícola por estado. En:

<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

Swets, J.A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240 (4857), 1285-1293

Soberon, J. and Nakamura, B. (2009). Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. *PNAS* vol. 106 no. Supplement 2 19644-19650. En:

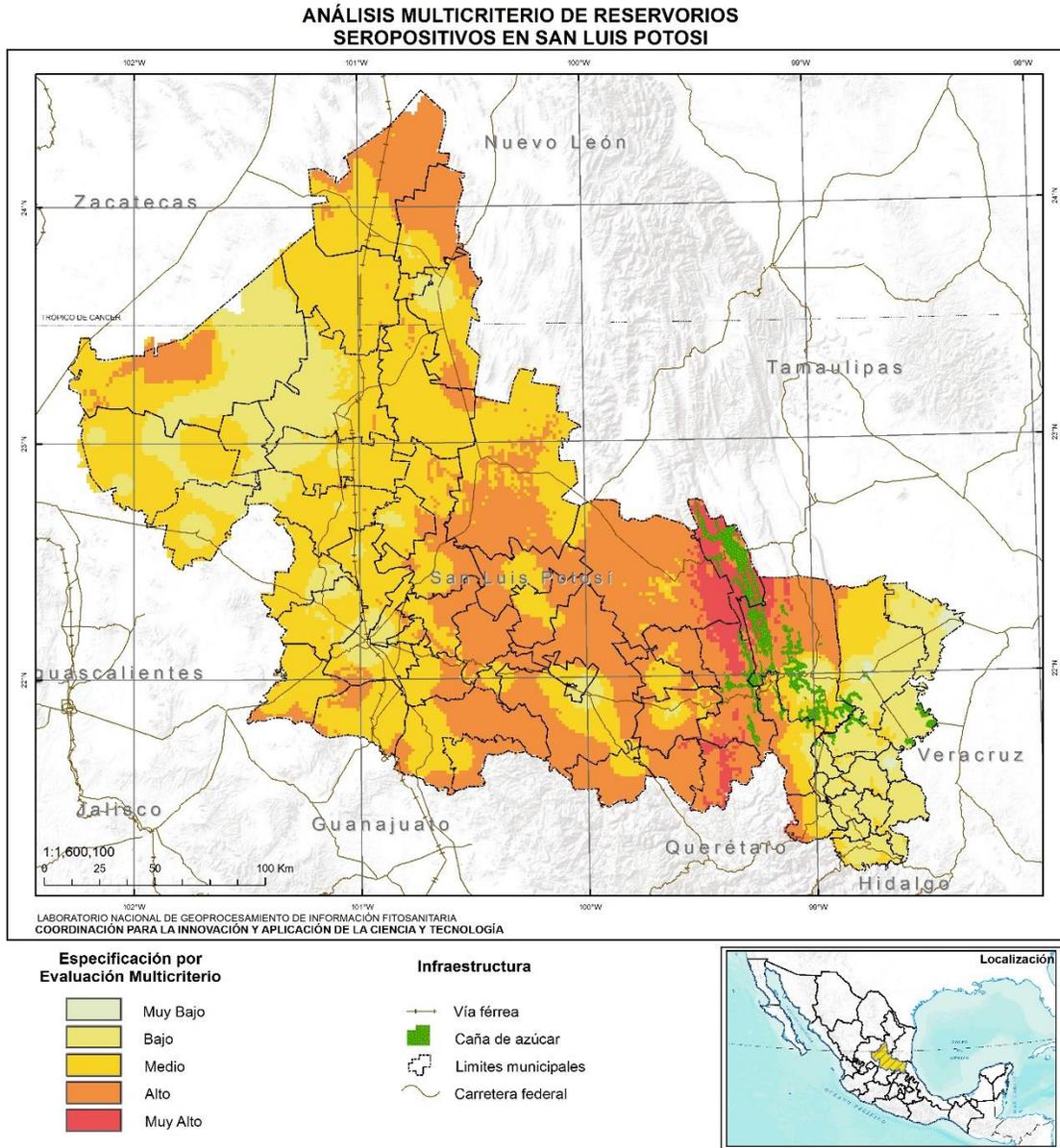
[http://www.pnas.org/content/106/Supplement\\_2/19644.full.pdf](http://www.pnas.org/content/106/Supplement_2/19644.full.pdf)

Téllez, O., Chávez, Y., Gómez, A., Gutiérrez, M. (2004). Modelo bioclimático como herramienta para el manejo forestal: estudio de cuatro especies de pinus. *Revista Ciencia forestal en México*, 29, (95), 61-82

- Tomicic, V., Espinoza, M., Torres, J., Abarca, J., Montes, J., Luppi, M., Concha,....., Vial, P. (2005). Adición de un cortocircuito arterio-venoso durante el soporte vital extracorpóreo veno-arterial de un paciente con síndrome cardiopulmonar por Hantavirus. Caso clínico. *Rev Méd Chile* 2005; 133: 817-822
- Tsai T.F. (1987). Hemorrhagic fever with renal syndrome: mode of transmission to humans. *Lab Anim Sci* 1987; 37:428--30
- Walter, M., Bahr, U., Zeier, M., van der Woude, F. (2005). Hantavirus Infection. *J Am Soc Nephrol* 16: 3669 –3679. En:  
<http://jasn.asnjournals.org/content/16/12/3669.full.pdf+html>
- Vado, I., Pérez, C., Lara, J., Ruíz, H. A., Cárdenas, M., Milazzo, M. L., Fulhorst, C. F., Zavala, J. (2003). Evidencia serológica de infección por hantavirus en población humana del Estado de Yucatán, México. *Rev Biomed* 2003; 14:221-225.
- Weigler, B. J. (1995). Zoonotic Hantaviruses: new concerns for the United States. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 206:979–987.
- Yanagihara, R., Gajdusek, D. C., Gibbs, C. J., and Traub, R. (1984). Prospect Hill virus: serologic evidence for infection in mammalogists. *N. Engl. J. Med.* 310:1325-1356.
- Yates, T.L., Mills, J. N., Parmenter, C. A., Ksiazek, T. G., Parmenter, R. R., Vade Castle, J. R.,..... Peters, C. J. (2002). The Ecology and Evolutionary History of an Emergent Disease: Hantavirus Pulmonary Syndrome. *BioScience Vol. 52* No. 1

## ANEXOS

### Modelo multicriterio como una futura metodología para el abordaje integral de las Enfermedades Infecciosas Emergentes (EIE)



Modelo análisis multicriterio para hantavirus en San Luis Potosí

Actualmente, como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, no existen metodologías puestas en prácticas que consideren no sólo los factores ecológicos en la aparición de las EIE, sino también, los factores sociales y económicos, mismos que condicionan las formas de vida de la población.

El otro resultado adicional de este proyecto, es una aproximación a una metodología en donde se ponderen diversos factores, basándose en la biología del reservorio, así como la previa identificación de actividades o condiciones que aumenten la probabilidad de la transmisión del virus, en este caso.

En este modelo, observamos semejanza con el de la distribución de positivos en el mismo Estado, además de coincidir nuevamente con las superficies sembradas de caña de azúcar.

A pesar de que la zona de mayor riesgo de presencia del virus es en la región huasteca, es notable que en las regiones Media y Altiplano, la posibilidad de riesgo de que el virus esté circulando en los roedores, es alta.

Los municipios con mayor riesgo de presencia del virus son El Naranjo, Ciudad del Maíz, Ciudad Valles, el tercer municipio más poblado del Estado (INEGI, 2010) y Santa Catarina.

El análisis multicriterio de este modelo consideró la seroprevalencia, el clima y la población.

Este acercamiento a esta metodología pretende ser una aproximación para que en futuros trabajos, se perfeccione la elección de los factores de riesgo, generando así, una nueva forma del estudio de este tipo de enfermedades.

Cuadro 1.- Abreviaturas y acrónimos

a.C.	Antes de Cristo
ANP	Áreas Naturales Protegidas
ARN	Ácido Desoxirribonucleico
AUC	Area Under Curve (Área Bajo la Curva)
BCN	Baja California Norte
BCS	Baja California Sur
B.M.	Banco Mundial
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CONABIO	Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad
CONAPO	Consejo Nacional de Población
d.C.	Después de Cristo
DOF	Diario Oficial de la Federación
EIE	Enfermedades Infecciosas Emergentes
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
oie	Organización Mundial de Sanidad Animal
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PND	Plan Nacional de Desarrollo
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SENASICA	Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SINAVEF	Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
ZM	Zona Metropolitana

Cuadro 2.- Algunos reservorios reportados para hantavirus en México

Especie	Imagen
<p><i>Baiomis musculus</i></p>	
<p><i>Baiomis taylori</i></p>	
<p><i>Oryzomys couesi</i></p>	

<p><i>Oligoryzomys palustris</i></p>	
<p><i>Peromyscus eremicus</i></p>	
<p><i>Peromyscus hylocetes</i></p>	<p>Rodentia - Cricetidae <i>Peromyscus hylocetes</i> Transvolcanic Deermouse GN Cameron ASM - MIL</p> 

*Peromyscus leucopus*



*Peromyscus levipes*



*Peromyscus maniculatus*



<p><i>Peromyscus melanotis</i></p>	
<p><i>Reithrodontomys megalotis</i></p>	
<p><i>Reithrodontomys sumichrasti</i></p>	 <p data-bbox="516 1791 586 1864"></p> <p data-bbox="609 1822 803 1850">Lázaro Guevara et. al.</p>



Fuente: CONABIO, INBIO (Costa Rica), UNIBIO- UNAM