



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
BIOLOGÍA EVOLUTIVA**

**DISTRIBUCIÓN DE LA NUTRIA NEOTROPICAL (LONTRA LONGICAUDIS  
ANNECTENS) EN LA CUENCA HIDROLÓGICA RÍO HUICICILA, NAYARIT**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**CARLOS ALEJANDRO LUNA ARANGURÉ**

<b>TUTOR PRINCIPAL DE TESIS:</b>	<b>DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER INSTITUTO DE BIOLOGÍA</b>
<b>COMITÉ TUTOR:</b>	<b>DRA. LIVIA SOCORRO LEÓN PANIAGUA FACULTAD DE CIENCIAS DR. LUÍS ZAMBRANO GONZÁLEZ INSTITUTO DE BIOLOGÍA</b>
<b>TUTOR INVITADO:</b>	<b>DR. JUAN PABLO GALLO REYNOSO POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS</b>

**MÉXICO, D.F. MAYO, 2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
BIOLOGÍA EVOLUTIVA**

**DISTRIBUCIÓN DE LA NUTRIA NEOTROPICAL (LONTRA LONGICAUDIS  
ANNECTENS) EN LA CUENCA HIDROLÓGICA RÍO HUICICILA, NAYARIT**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**CARLOS ALEJANDRO LUNA ARANGURÉ**

<b>TUTOR PRINCIPAL DE TESIS:</b>	<b>DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER INSTITUTO DE BIOLOGÍA</b>
<b>COMITÉ TUTOR:</b>	<b>DRA. LIVIA SOCORRO LEÓN PANIAGUA FACULTAD DE CIENCIAS DR. LUÍS ZAMBRANO GONZÁLEZ INSTITUTO DE BIOLOGÍA</b>
<b>TUTOR INVITADO:</b>	<b>DR. JUAN PABLO GALLO REYNOSO POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS</b>

**MÉXICO, D.F. MAYO, 2015**

Dr. Isidro Ávila Martínez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 9 de marzo de 2015, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del alumno **LUNA ARANGURÉ CARLOS ALEJANDRO** con número de cuenta **513023833** con la tesis titulada "Distribución de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens*) en la cuenca hidrológica Río Huicicila, Nayarit", realizada bajo la dirección del **DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER**:

Presidente: DR. VICTOR MANUEL G. SÁNCHEZ CORDERO DÁVILA  
Vocal: DRA. ELLA GLORIA VÁZQUEZ DOMÍNGUEZ  
Secretario: DR. LUIS ZAMBRANO GONZÁLEZ  
Suplente: DR. LUIS MEDRANO GONZÁLEZ  
Suplente: DR. OSWALDO TÉLLEZ VALDÉS

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 29 de abril de 2015.

*M. del Coro Arizgorta*

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA  
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

## **AGRADECIMIENTOS**

---

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, así como también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Asimismo agradezco a mi tutor el Dr. Enrique Martínez Meyer, cuyas valiosas enseñanzas no sólo han vuelto posible este trabajo, sino también han sido esenciales en mi formación personal y académica.

A todos los miembros de mi comité tutor: Dra. Livia Socorro León Paniagua, y Dr. Luis Zambrano González, por su buena disposición y valiosos comentarios en el desarrollo y revisión de este trabajo, y Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso, por todo el apoyo brindado al compartir su vasta experiencia y entusiasmo trabajando con la nutria neotropical.

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

---

A quienes me apoyaron sin condición alguna, a quienes me criticaron con severidad, a quienes me orientaron con sabiduría, a quienes me acompañaron generosamente a donde pocos han caminado, a quienes nunca dejaron de depositar su confianza en mí.

A todos ustedes, de quienes nunca me olvidaré, les agradezco con todo mi ser:

Ángela Cuervo, Anny Meneses, Bernard Alejandro, Constantino González, David Contreras, Don Rito, Edith Calixto, Edmundo Anaya, Enrique Sicilia, Jorge Naya, Julián Velasco, Kevin Martínez, Lisandro Castañeda, Luis Carbajal, Miguel Martínez, Rafael Durán, Ricardo Guerrero, Rigoberto Contreras, y Rosario Landgrave.

## DEDICATORIA

---

“Dedico este trabajo a mi madre por siempre impulsarme hacia cumplir mis sueños,  
a mis queridos amigos por estar siempre cerca brindando su apoyo e inspiración,  
y a mis compañeros por sus valiosos consejos en este apasionante camino.”

# ÍNDICE

---

RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
ANTECEDENTES.....	14
LA ESPECIE.....	14
EL NICHOS.....	18
LOS MODELOS.....	19
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	21
OBJETIVO GENERAL.....	21
OBJETIVOS PARTICULARES.....	21
HIPÓTESIS.....	21
ÁREA DE ESTUDIO.....	22
REGIÓN HIDROLÓGICA NÚMERO 13.....	22
RÍO EL NARANJO.....	25
RÍO LA HIGUERA.....	26
RÍO EL REFILIÓN.....	28
MATERIAL Y MÉTODOS.....	30
SITIOS Y MUESTREOS.....	30
RASTROS Y POZAS.....	32
VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS.....	33

<b>INTERPOLACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>34</b>
<b>ALGORITMO DE MODELACIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>DATOS DE PRESENCIA.....</b>	<b>36</b>
<b>COBERTURAS BIOCLIMÁTICAS.....</b>	<b>36</b>
<b>MODELACIÓN DE NICHOS ECOLÓGICOS.....</b>	<b>38</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
<b>ABUNDANCIA RELATIVA.....</b>	<b>40</b>
<b>LA NUTRIA Y SUS POZAS.....</b>	<b>42</b>
<b>MODELACIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>LA NUTRIA Y SUS RÍOS.....</b>	<b>47</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
<b>CUESTIÓN DE ESCALAS.....</b>	<b>49</b>
<b>CUESTIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>54</b>
<b>CUESTIÓN DE NICHOS.....</b>	<b>56</b>
<b>CUESTIÓN DE ENFOQUES.....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

---

<b>Figura 1.-</b> Distribución potencial de la nutria neotropical (Gallo, 1989).....	15
<b>Figura 2.-</b> Distribución potencial de la nutria neotropical (SEMARNAT, 2001).....	15
<b>Figura 3.-</b> Ubicación de la Región Hidrológica Número 13 en Nayarit.....	22
<b>Figura 4.-</b> Red Hidrográfica Superficial de la Región Hidrológica Número 13.....	24
<b>Figura 5.-</b> Fotografías del paisaje típico de Río El Naranjo.....	25
<b>Figura 6.-</b> Fotografías del paisaje típico de Río La Higuera.....	27
<b>Figura 7.-</b> Fotografías del paisaje típico de Río El Refilión.....	28
<b>Figura 8.-</b> Resultado binomial de Maxent para todo México.....	31
<b>Figura 9.-</b> Resultado binomial de GARP para todo México.....	31
<b>Figura 10.-</b> Registro fotográfico de excretas y letrinas.....	33
<b>Figura 11.-</b> Diagrama de procedimientos previos a la modelación.....	35
<b>Figura 12.-</b> esquema de procedimientos de modelación.....	39
<b>Figura 13.-</b> Gráficas de conteo de letrinas, excretas, y abundancias relativas.....	41
<b>Figura 14.-</b> Correlación entre número de pozas y cantidad de rastros.....	42
<b>Figura 15.-</b> Correlación entre ancho de las pozas y valores de abundancia.....	43
<b>Figura 16.-</b> Mapa binomial de la Región Hidrológica Número 13.....	45
<b>Figura 17.-</b> Mapas binomiales de los tres ríos.....	46
<b>Figura 18.-</b> MANOVA-CVA de los tres ríos y modelo conceptual.....	47
<b>Figura 19.-</b> Exploración del río La Higuera (parte 1).....	50
<b>Figura 20.-</b> Exploración del río La Higuera (parte 2).....	51
<b>Figura 21.-</b> Exploración del río El Refilión.....	52
<b>Figura 22.-</b> Exploración del río El Naranjo.....	53
<b>Figura 23.-</b> Comparación de resultados binomiales con distintas coberturas.....	55
<b>Figura 24.-</b> Gráfica de abundancia de excretas en muestreo realizado del 2009 al 2010.....	58
<b>Cuadro 1.-</b> Valores de error en la interpolación de variables.....	34
<b>Cuadro 2.-</b> Contribución de variables en los modelos a escala fina.....	56

## RESUMEN

---

Comprender la distribución de las especies y los factores que la determinan es esencial para llevar a cabo acciones efectivas de conservación. Para el caso de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens*) aún hay mucho por descubrir debido a que los hábitos de esta especie difícilmente pueden ser descritos con el uso de métodos tradicionales; no obstante el modelado de nicho ecológico ofrece importantes elementos para abordar este problema. Tras obtener datos de variables físico-químicas del agua de los sistemas ribereños, en conjunto con la información disponible de coberturas ambientales, es posible utilizar distintos algoritmos computacionales de modelado de distribución de especies, y con esto obtener una aproximación más certera a la representación de la distribución de especies semi-acuáticas, como es el caso de la nutria neotropical, que ecológicamente cumple el importante papel de depredador tope en los sistemas ribereños que habita, y que actualmente se encuentra como especie amenazada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

Para este trabajo de investigación se obtuvieron datos en campo de 3 ríos con distintos grados de perturbación y accesibilidad del estado de Nayarit, contenidos en la Región Hidrológica Número 13 del país. Estos datos corresponden a 10 variables físico-químicas del agua tales como temperatura, pH, sólidos disueltos, salinidad, oxígeno disuelto, potencial de óxido-reducción, conductividad, corriente, turbidez, y presión atmosférica. Estas variables se emplearon para generar coberturas ambientales, y en conjunto con puntos geo-referenciados de rastros de la especie fueron posteriormente utilizadas para generar modelos de nicho ecológico y, como resultado se obtuvieron modelos de distribución potencial para estos tres ríos.

Los resultados obtenidos permiten identificar los segmentos del río que poseen combinaciones de variables más idóneas para la distribución de la especie y dichas variables están relacionadas con el uso del suelo y vegetación asociada a los cuerpos de agua.

## ABSTRACT

---

Understanding the distribution of species and the factors that determine it is essential to carry out effective conservation actions. In the case of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis annectens*) there is still much to discover because the habits of this species can hardly be described using traditional methods; however ecological niche modeling provides important elements to address this problem. After getting physicochemical water data from riverine systems plus available information of environmental coverage, it is possible to use different computational algorithms for modeling species distribution, and thereby obtain a more accurate approximation to the representation of the distribution of semi-aquatic species, such as the otters, that ecologically fulfill the role of top predator in the riparian systems they inhabit, and are currently listed as threatened in the NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

For this research, data were obtained from 3 rivers with different degrees of disturbance and accessibility of the Nayarit State (México), contained in the Hydrological Region number 13 of the country. These data correspond to 10 physicochemical water variables such as temperature, pH, dissolved solids, salinity, dissolved oxygen, redox potential, conductivity, current, turbidity, and atmospheric pressure. These variables were used to generate environmental coverages, and in conjunction with geo-referenced points of scats of the species were subsequently used to generate ecological niche models and as a result potential distribution models for these three rivers were obtained.

The results allow to identify the sections of the river that have combinations of variables best suited to the distribution of the species and these variables are related to land use and vegetation associated with water bodies.

## INTRODUCCIÓN

---

La nutria de río (*Lontra longicaudis annectens*) es un mamífero carnívoro semiacuático de amplia distribución en los cuerpos de agua de la región neotropical y cuya distribución registrada abarca casi todo el estado de Nayarit (Gallo-Reynoso, 1997), que dentro de su extensión de 27,862km<sup>2</sup> posee una extensa red hidrológica superficial (INEGI, 2002). Sin embargo, sus poblaciones están declinando en todo el país debido a diversos factores causados por actividades humanas tales como el cambio de uso del suelo y del agua, desechos de minería, extracción extensiva de agua para la irrigación de cultivos, desechos urbanos con altas concentraciones de contaminantes, así como la quema de bosques (Gallo-Reynoso, 1997). La nutria se encuentra representada en las culturas mesoamericanas como una criatura legendaria y desde la conquista española se le ha dado caza por el valor de su piel (Gallo-Reynoso, 2013). Actualmente se estima que enfrenta un escenario ambiental desfavorable para la persistencia de sus poblaciones, debido a la destrucción del hábitat que ocupa, además de que es objeto de comercialización clandestina. Por lo anterior ha sido incluida dentro del Apéndice I (En peligro de extinción) de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), así como también dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2002 en categoría de amenazada, y ha sido catalogada como vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [IUCN (Macías-Sánchez, 2003)].

El paso esencial en el proceso para realizar el manejo exitoso y conservación de cualquier especie, es determinar su distribución precisa y su abundancia. Para el estado de Nayarit se han realizado muy pocos estudios acerca de la nutria de río a pesar de que es donde fue registrado el Cráneo Tipo de la especie, habiendo desconocimiento general acerca de su situación actual y panorama a futuro. Debido a lo anterior es necesario conocer y localizar en el espacio geográfico las áreas en donde se distribuye el conjunto de variables ambientales (físicas y biológicas) en las que estos organismos pueden mantener poblaciones, es decir su nicho ecológico (Grinnell, 1917 A y B; Hutchinson, 1957), lo cual

servirá como base para el diseño de planes de manejo y conservación exitosos, así como un mejor entendimiento de su ecología.

## **ANTECEDENTES**

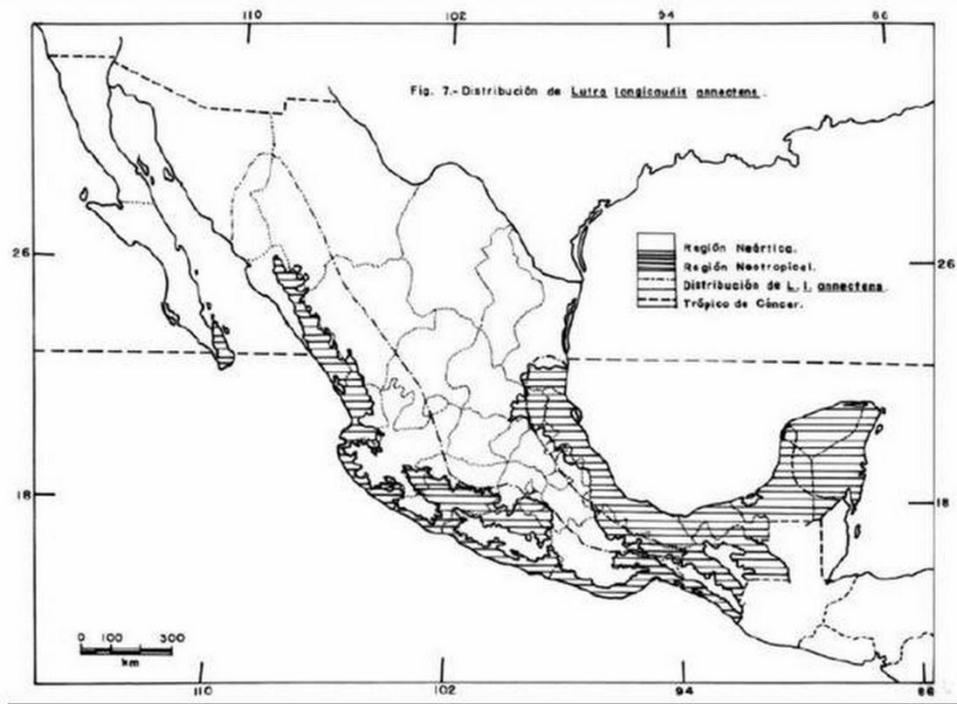
---

### **LA ESPECIE**

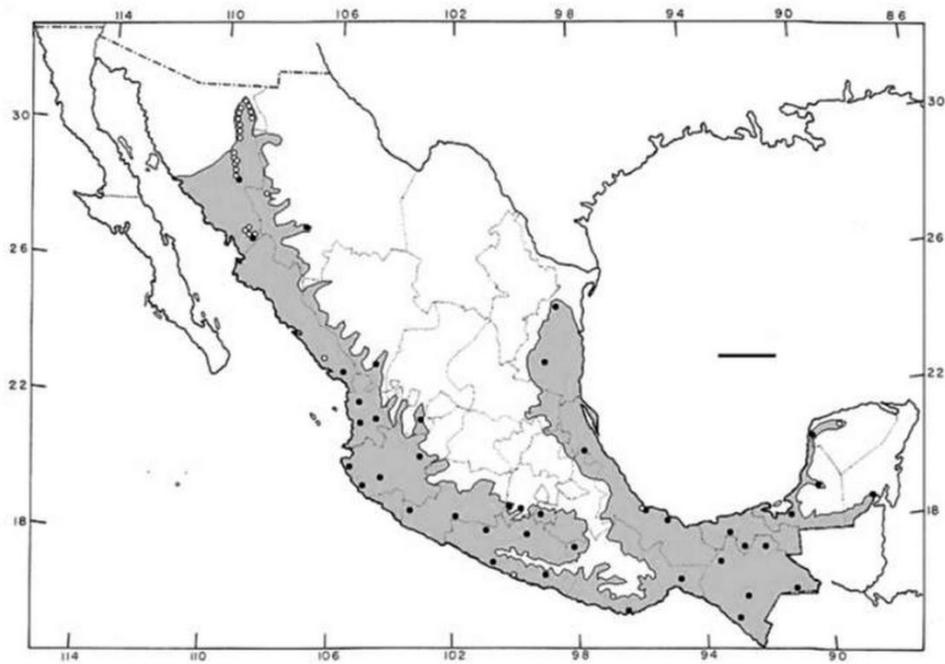
Clasificación Taxonómica:

Reino:	ANIMALIA
Filo:	CHORDATA
Clase:	MAMMALIA
Orden:	CARNIVORA
Familia:	MUSTELIDAE
Nombre Científico:	<i>Lontra longicaudis</i> (Olfers, 1918)
Subespecie:	<i>L. l. annectens</i> (Major, 1897)
Nombres Comunes:	Lobito de río, Perro de agua, Perrito de río, Ahuizote

En México, la nutria neotropical se distribuye por todo el sur del país hasta el estado de Morelos, donde su distribución se bifurca llegando hasta el sur de Tamaulipas por el lado del Golfo de México y hasta el norte de Sonora y Chihuahua por el lado del Pacífico (Gallo-Reynoso 1997) (Figs. 1 y 2). El hábitat reportado para la nutria neotropical corresponde a ríos y arroyos de amplio caudal, presas, manglares, lagos y lagunas costeras con amplia vegetación riparia y sitios donde puede encontrar protección; tanto en bosques tropicales como en climas fríos, pero siempre sobre las corrientes y fuentes de agua (Duque-Dávila, 2007).



**Figura 1.-** Distribución y estado actual de la nutria o perro de agua (*Lutra longicaudis annectens* Major, 1897) (Gallo, 1989).



**Figura 2.-** Distribución de la nutria neotropical en México de acuerdo con la Evaluación del riesgo de extinción de *Lontra longicaudis* NOM-059-SEMARNAT-2001.

Pocos trabajos de investigación han abordado el caso de esta especie en el estado de Nayarit, entre ellos el de Macías-Sánchez y Hernández (2007) quienes estudiaron la distribución y abundancia de la nutria neotropical en el Río Santiago y encontraron que la carpa, la mojarra y el bagre son sus principales presas. Por otra parte, Del Río-Velez (2010) analizó la dieta de la especie en la parte sur del mismo río, encontrando que se alimenta principalmente de peces, insectos, y reptiles. Asimismo, se encuentra el trabajo realizado por Sánchez et al (1992) de estudio sobre los mamíferos silvestres del área de influencia del proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa, en el cual se incluye a la nutria entre las especies listadas.

En el documento de “Evaluación del riesgo de extinción de *Lontra longicaudis* de acuerdo al numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2001” se señala que en México, el estado de Nayarit es importante como sitio de referencia para la nutria neotropical, dado que fue descrita originalmente como *Lutra annectens* por Major en 1897. C. J. F. Major obtuvo el ejemplar tipo, con el cual describió este taxón, en el “Río de Tepic”, el cual muy probablemente se refiere al Río Mololoa, el cual se reporta como altamente contaminado de acuerdo con Sánchez et al (1992).

Esta especie es versátil y tolera modificaciones ambientales, ocupando áreas cercanas a zonas de actividad humana; sin embargo, las mayores densidades ocurren en áreas con extensas redes acuáticas, baja contaminación química y orgánica y bajas densidades humanas (Blacher, 1987; Larivière, 1999).

Se alimentan principalmente de crustáceos de los géneros *Macrobrachium* y *Atya*, peces y moluscos; son consumidores oportunistas de pequeños mamíferos, aves, reptiles e insectos (Larivière, 1999; Gallo-Reynoso, 1989). Asimismo, se ha encontrado que aunque puede capturar presas de gran movilidad, tienden a preferir las especies con menor habilidad para escapar (Pardini, 1998).

Debido a su papel funcional como depredador en los sistemas ribereños, muchos autores argumentan que la conservación de las nutrias es una prioridad estratégica en el manejo y conservación de dichos sistemas (Waldermarin y Alvarez, 2008). Sin embargo, para la

nutria neotropical existe una importante carencia de información básica de muchos aspectos de su biología, ecología, y estado de conservación (Waldemarin y Alvarez, 2008). Y entre los tantos aspectos de su ecología que han recibido poca atención y cuantificación son sus requerimientos de nicho (Bastazini et al, 2009).

Con respecto a su genética, De Oliviera (2012) encuentra valores elevados de flujo génico en la nutria neotropical brasileña, y Trinca et al. (2007 y 2012) señalan que para esta especie no sólo existe evidencia sustancial de estructura geográfica, sino también de bajos niveles de endogamia, y como consecuencia elevados valores de diversidad haplotípica, lo cual resulta razonable en condiciones donde los recursos alimentarios y de refugio están disponibles a pesar de las actividades humanas, y podría sugerir que esta especie de nutria es tolerante a ciertos grados de perturbación de su hábitat. No obstante, es importante señalar que la situación y contexto de la nutria varía considerablemente a través de su distribución geográfica, llevando a la especie a enfrentar distintos grados de vulnerabilidad a través de su hábitat.

La contaminación de las fuentes de agua es un factor importante de riesgo de manera indirecta para la nutria neotropical, debido a que este tipo de presión tiene un impacto directo en la disponibilidad de sus presas (SEMARNAT, 2001). Asimismo, además de la cacería furtiva de la especie debido al elevado valor de su piel, ciertas técnicas de pesca representan un factor de riesgo para sus poblaciones, como es el caso del uso de dinamita y el envenenamiento de las aguas para facilitar la captura de los peces (Gallo-Reynoso, 1989), sumado a la existencia de conflictos entre las nutrias y pescadores de ciertas regiones debido a la competencia por el mismo recurso alimentario (Mayagoitia-González 2013). Por lo anterior, puede afirmarse que a nivel nacional, la considerable modificación de los hábitats fluviales es el factor que más influye como factor de riesgo, actuando de manera sinérgica con actividades de subsistencia humana en el medio rural aledaño a los ríos y otros cuerpos de agua (SEMARNAT, 2001).

## EL NICHOS

En la literatura encontramos el término 'Nicho' definido de muchas maneras, con gran variedad de conceptos. Uno de los primeros se le atribuyen a Grinnell (1917 A), que lo define como los requerimientos ambientales que una especie necesita para subsistir sin inmigración, en conjunto con los aspectos morfo-fisiológicos y conductuales de la especie que le permiten relacionarse con el ambiente. Elton (1927) define el nicho de una especie animal como "su lugar en el ambiente biótico; es decir, sus relaciones con su alimento y enemigos". Y por su parte Hutchinson (1957) define el nicho como un hiper-volumen 'n-dimensional', en el cual las dimensiones son condiciones ambientales y recursos que definen los requerimientos de un individuo o una especie para subsistir y que sus poblaciones persistan. Estos conceptos no pueden ser investigados con las mismas herramientas, y a menudo operan a diferentes escalas (Soberón, 2007). Por ejemplo, el concepto Grinnelliano de nicho está basado en variables a gran escala (clima) que no se ven afectadas por la densidad de las especies, mientras que el concepto Eltoniano de nicho hace referencia a variables de escala fina que pueden ser consumidas o modificadas por las especies, y por su parte el nicho Hutchinsoniano puede incluir toda clase de variables relevantes para la especie, tanto de fina como de gran escala. El aporte del concepto n-dimensional de Hutchinson es una pieza angular en la relación conceptual del nicho ecológico de las especies y los modelos que buscan definirlo.

Soberón y Peterson (2005) puntualizan cuatro clases de factores que determinan la distribución de las especies dentro del marco conceptual del nicho ecológico: 1) Condiciones Abióticas, como el clima y el ambiente físico. 2) Factores Bióticos, como las interacciones con otros seres vivos que modifican la habilidad de las especies para mantener sus poblaciones. 3) Accesibilidad de la especie a nuevas áreas dada su capacidad de dispersión. 4) Capacidad Evolutiva de las poblaciones de las especies para adaptarse a nuevas condiciones. Estos factores interactúan de manera dinámica y con diferentes fuerzas a distintas escalas para producir la compleja y fluida entidad a la que llamamos distribución geográfica de una especie (Soberón, 2005).

## LOS MODELOS

Los modelos predictivos de las distribuciones geográficas de las especies basados en las condiciones ambientales de los sitios de ocurrencia conocida, constituyen una importante técnica en la biología analítica, con aplicaciones en la conservación, ecología, evolución, y manejo (Peterson y Cohoon, 1999). Actualmente una de las aproximaciones más importantes para la definición del área de distribución potencial de las especies es el modelado de nicho ecológico, y debido a su robustez como método ha resultado ser un conjunto de herramientas útiles en la toma de decisiones y planeación de estrategias de conservación.

Los modelos suelen ser reconstrucciones basadas en las relaciones que existen entre los datos de ocurrencia y los de condiciones climáticas, topográficas, edafológicas, hidrológicas, o de cualquier otro tipo que sea relevante ecológicamente para la especie, y cuyos datos hayan sido previamente obtenidos y plasmados en coberturas dentro de algún Sistema de Información Geográfica (Soberón y Peterson, 2005). Posteriormente, a través de los algoritmos de modelación (cada uno de ellos con distintos métodos aplicables) se buscan combinaciones de variables que estén más cercanamente asociadas con la presencia de las especies para poder ser identificadas en el espacio ambiental y proyectadas en el espacio geográfico.

A la fecha los modelos de nicho ecológico (también llamados 'modelos de distribución potencial' o 'modelos de idoneidad de hábitat') han sido pobremente aplicados para el caso de especies semi-acuáticas --como la nutria neotropical-- con pocos ejemplos como el de Cirelli-Villanova (2005), que implementó datos ambientales e hidrológicos para predecir la distribución potencial de la nutria en la cuenca Apatlaco - Temembe, y el de Rheingantz-Lopes (2014), que modeló el total de la distribución potencial de la especie para Centro y Sudamérica empleando únicamente variables climáticas.

No obstante, existen diversos trabajos en los cuales se han llevado a cabo modelos predictivos con especies acuáticas en diferentes partes del mundo: Contreras et al. (2009); Domínguez-Domínguez et al. (2006); Elith et al. (2011); McNyset (2005); Pingfu et al.

(2006); Yung (2012); Zambrano et al. (2006). A partir de éstos es posible aprender valiosas lecciones en el proceso de implementar el modelado de nicho ecológico para predecir la distribución potencial de una especie semi-acuática como la nutria neotropical.

El desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y su aplicación en la biología de la conservación han abierto puertas a nuevos análisis, cuya exploración está limitada a la calidad de la información disponible (Peterson, 2001). Hoy en día los datos ambientales de alta calidad no existen para la mayor parte de los sistemas dulce-acuícolas del mundo, y dichos datos son fundamentales para la elaboración de los modelos de nicho ecológico. Tal es el caso de la mayor parte de los ecosistemas ribereños de México, donde los datos están fragmentados y no se han llevado a cabo esfuerzos por producir bases de datos geográficas nacionales o regionales de las propiedades físico-químicas de sus aguas continentales (Domínguez-Domínguez et al., 2006). Esto supone un importante reto para la elaboración de modelos de nicho para especies como *L. longicaudis*, dado que para ello es necesario obtener datos de campo y analizarlos por medio de Sistemas de Información Geográfica.

## **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

---

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la distribución potencial y la abundancia relativa de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens*) en la cuenca hidrológica Río Huicicila, en el estado de Nayarit, así como los factores que definen su presencia.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- 1.- Compilar información histórica y presente acerca de la distribución de la nutria neotropical.
- 2.- Generar modelos de nicho a partir de coberturas bioclimáticas de alta resolución disponibles en conjunto con coberturas elaboradas a partir de datos obtenidos en campo.
- 3.- Validar estadísticamente los modelos los modelos resultantes.
- 4.- Calcular la abundancia relativa de la nutria neotropical en la zona de estudio.
- 5.- Identificar el efecto de las actividades humanas en la abundancia relativa y la distribución de la especie combinando los modelos con la información disponible de uso del suelo y del agua.

### **HIPÓTESIS**

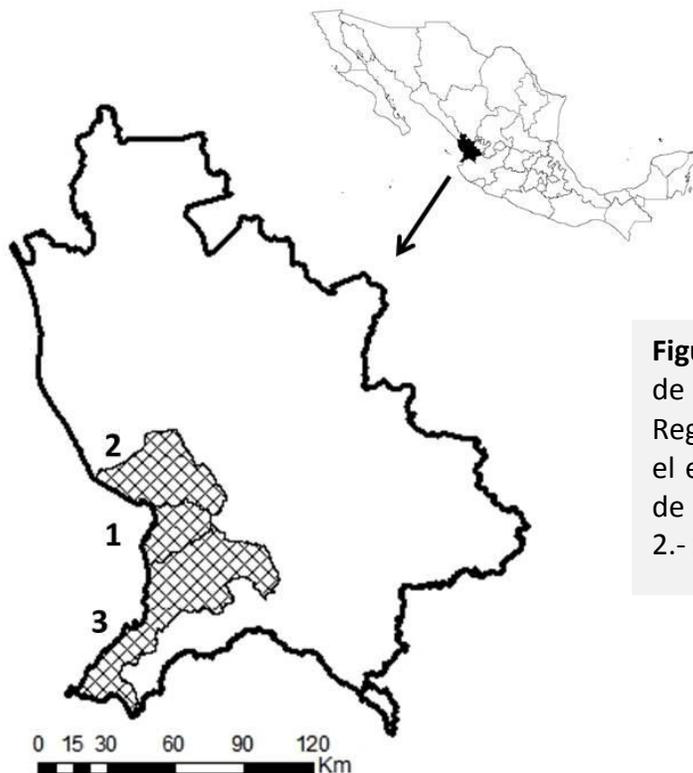
Si la nutria es sensible a cambios en su ambiente, particularmente en la calidad y cantidad del agua que nutre los cuerpos en los que se distribuye, entonces las áreas donde la contaminación y la perturbación ocasionada por las zonas urbanas, agrícolas, y pecuarias tendrá un efecto de reducción de la abundancia relativa de la especie, o su completa ausencia; mientras que las áreas donde la exposición a estos impactos humanos sea menor o nula permitirán que la especie se distribuya y se encuentre en mayor abundancia.

## ÁREA DE ESTUDIO

---

### REGIÓN HIDROLÓGICA 13

La Región Hidrológica número 13 del país, también conocida como Río Huicicila, se ubica en el estado de Nayarit entre los municipios de San Blas, Compostela y Bahía de Banderas, aunque también ocupa parte de los municipios de Tepic y Xalisco. El clima dominante en esta región es de los cálidos sub-húmedos (Aw 1 y Aw 2) con una temperatura media anual de 24 a 26°C, y una precipitación que va desde los 1200 hasta los 2000 milímetros. La vegetación dominante es la selva mediana sub-caducifolia, pero también encontramos parches de bosque de pino, bosque de pino-encino, sabana, palmar y pastizal, además de una parte de marisma al norte de su extensión, cerca del poblado de San Blas (INEGI, 2002). Posee una vasta red hidrológica y las actividades dominantes de la región son la agricultura, tanto temporal como intensiva, pesca, ganadería, y el turismo que se concentra en las playas de toda la región (Figs. 3 y 4).



**Figura 3.-** Ubicación del estado de Nayarit en México y de la Región Hidrológica Número 13 en el estado de Nayarit, así como el de las sub-cuencas de: 1.- Ixtapa. 2.- San Blas. 3.- Huicicila.

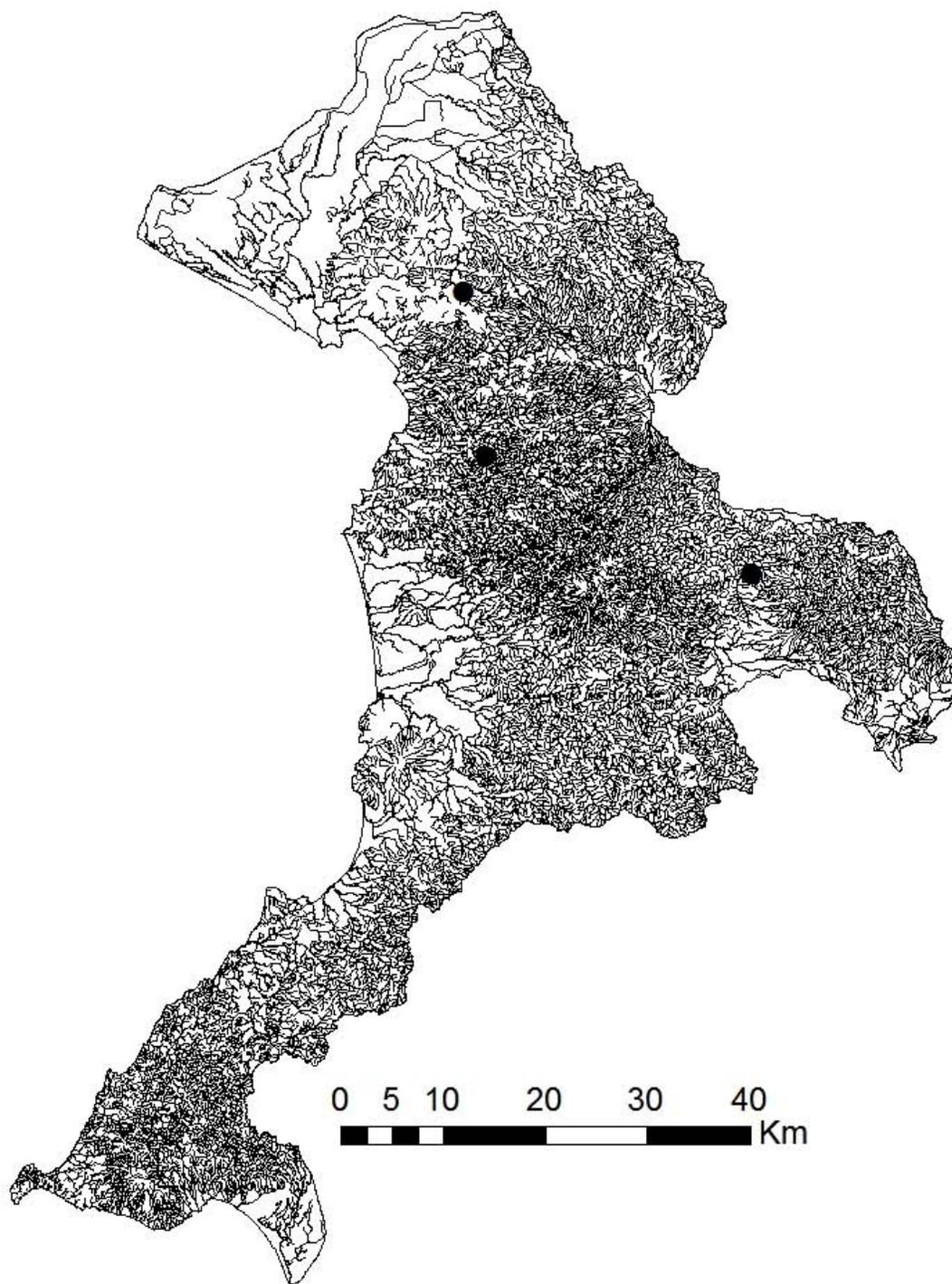
Esta región hidrológica se divide a su vez en tres sub-cuencas (Fig. 3):

**1.- Sub-cuenca Ixtapa:** con vegetación dominante de selva mediana sub-caducifolia, palmar y bosque de pino-encino, es la subcuenca más pequeña de las tres, y está ubicada entre la de San Blas y la de Huicicila. En su zona más alta tiene contacto con la Reserva de la Sierra de San Juan, que colinda con ciudad de Tepic, capital del estado de Nayarit.

**2.- Sub-cuenca San Blas:** con vegetación dominante de marisma y palmar, es la segunda subcuenca más grande de la Región Hidrológica 13 y una de las más importantes para el turismo y la actividad pesquera. En su zona más al norte tiene contacto con el área de Marismas Nacionales, que se encuentra bajo estado de protección nacional e internacional como sitio Ramsar.

**3.- Sub-cuenca Huicicila:** con vegetación dominante de Selva mediana sub-caducifolia, pastizal y palmar, es la sub-cuenca más grande de la región hidrológica y por la cual recibe su nombre. En su zona sur tiene contacto con la Sierra de Vallejo, la cual se ha propuesto en los últimos como Reserva de la Biósfera debido a la diversidad de especies protegidas que alberga. Asimismo dentro de esta sub-cuenca se ubica el área de desarrollo turístico Punta Mita, así como otras playas de importancia comercial y turística.

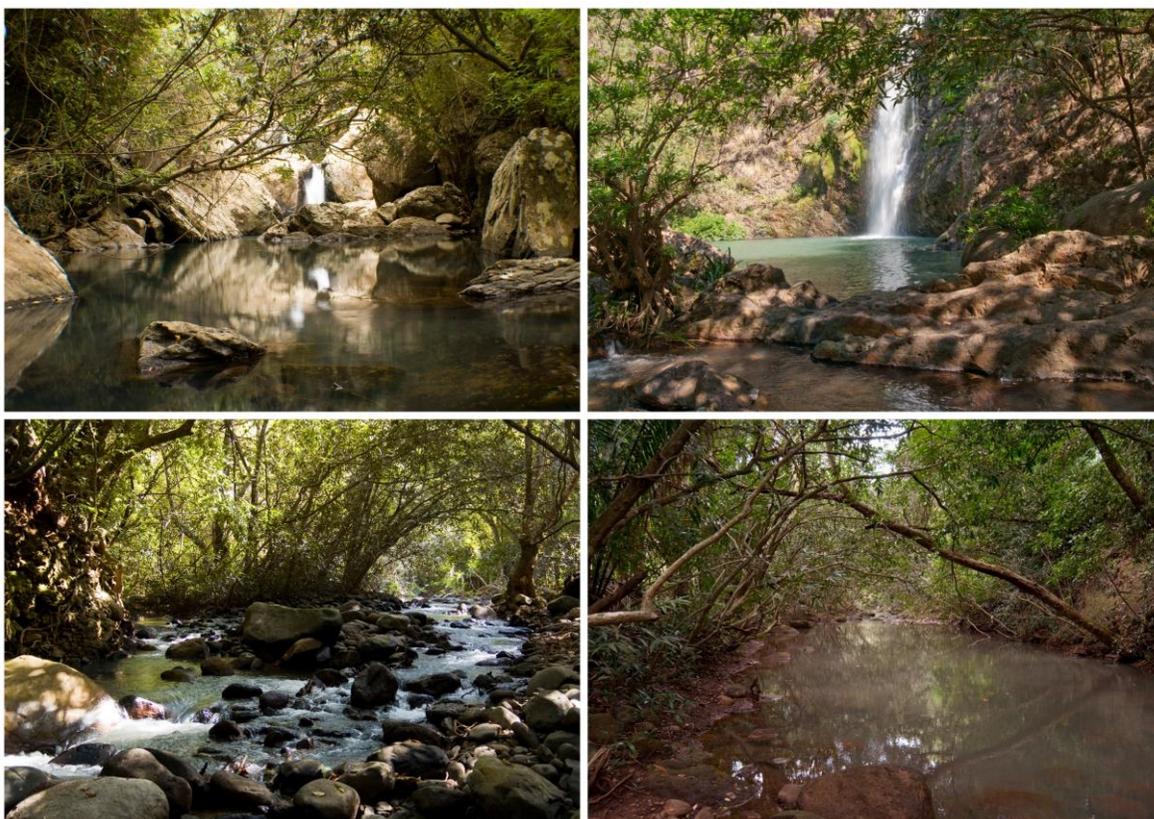
Es importante señalar que a pesar de la importancia económica y ecológica de la zona, no se han llevado a cabo estudios biológicos a nivel de región hidrológica ni de ninguna de sus sub-cuencas.



**Figura 4.-** Red Hidrográfica Superficial (temporal y perenne) Escala 1:50 000, Edición 2.0 de INEGI (2010). Se señalan con puntos las ubicaciones de los tres ríos que fueron muestreados, uno por cada sub-cuenca

## RÍO EL NARANJO

El río El Naranjo (Fig. 5) forma parte de la sub-cuenca Ixtapa, y se ubica en el municipio de San Blas, contando con tres vertientes: una proveniente de la parte alta del poblado de Jalcocotán, la segunda que desciende desde El Cuarenteño a los pies de la Sierra de San Juan, y la tercera que brota desde varios ojos de agua cercanos al poblado de El Cora. Los primeros dos forman un solo caudal y río abajo unen su cauce con el del Cora muy cerca del poblado de El Llano para desembocar al mar en la Punta El Caballo, al límite del poblado de Santa Cruz.



**Figura 5.-** Fotografías del paisaje típico de Río El Naranjo, en las que se pueden apreciar 1) sus pozas y remanso, 2) su cascada más grande y atractivo turístico, 3) su vegetación de galería que predomina en la mayor parte de su extensión, y 3) un ejemplo de sus pozas más largas con abundante vegetación.

El caudal de este río va de bajo a moderado en ciertas partes y carece de rápidos, aunque las pozas y remansos son abundantes. El sustrato dominante es pedregoso, y en la mayor parte de su recorrido está provisto de abundante vegetación a ambos lados así como de zonas de difícil acceso debido a la carencia de rutas carreteras para la mayor parte de su extensión, además de encontrarse embebido entre zonas montañosas escarpadas en sus partes más altas, lo cual ha permitido que dichas zonas se encuentren mejor conservadas.

El agua de este río es aprovechada principalmente en su zona baja, donde la topografía es menos accidentada y permite llevar a cabo la agricultura, aunque la ganadería se encuentra dispersa en distintos predios a lo largo de su extensión.

Los cultivos que se encuentran río abajo son principalmente de Yaca, mango, y plátano, mientras que río arriba se hallan esporádicos cultivos de maíz, papaya y aguacate para consumo local.

## **RÍO LA HIGUERA**

El río La Higuera (Fig. 6) se ubica en la sub-cuenca y municipio de San Blas, al norte del río El Naranja. Tiene dos vertientes, y ambas nacen en las faldas del Cerro La Yerba que se encuentra entre los poblados de Venustiano Carranza y Jalcocotán. Ambas vertientes forman un solo caudal muy cerca del poblado de Mecatán, donde recibe aguas tratadas de ese poblado, y su cauce se mantiene hasta llegar al poblado de El Tepeyac donde se mezcla con los humedales de la zona.

Su caudal es bajo en casi todo su recorrido, aunque en algunas pocas secciones el agua se estanca creando largas y profundas pozas. Carece de rápidos y sus aguas en general son de lento recorrido con corrientes muy pobres, presentando gran cantidad de remansos de baja profundidad. De manera intermitente aún existen manchas de vegetación nativa a los lados de su caudal, y los sustratos dominantes son el pedregoso y fangoso.



**Figura 6.-** Fotografías del paisaje típico de Río La Higuera, en las que se muestran 1) una de sus pozas con atractivo turístico muy cerca del poblado de Mecatán, 2) un ejemplo de los remansos provistos solamente con vegetación lateral, 3) una zona que aún conserva vegetación de galería, y 4) un segmento con vegetación bien conservada y de difícil acceso.

La mayor parte del río es de fácil acceso carretero, habiendo gran cantidad de veredas que llevan a este desde los huertos que lo rodean. La topografía en la que se ubica el río es mayormente plana y sólo algunos pocos cerros figuran a los costados de su recorrido, volviéndolo ideal para el aprovechamiento de sus aguas en la agricultura local.

Este río permite el cultivo de plátano y papaya en grandes extensiones de terreno, abarcando la mayor parte de la planicie en la que se encuentra, y en buena medida también de los cerros que se ubican a su alrededor.

## RÍO EL REFILIÓN

Ubicado dentro de la sub-cuenca Huicicila, el río El Refilión (Fig. 7) está en el municipio de Compostela, al sur de Tepic. Tiene dos vertientes: una de ellas surge en la sierra al norte del poblado de San Pedro Lagunillas y la otra desde el poblado de Compostela, donde recibe el nombre del río El Asalto hasta unir su caudal con El Refilión y recorrer su paso cerca de poblados como Tepiqueños, Cumbres de Huicicila, El Paranal, y Los Cerritos, para desembocar en el mar cerca del poblado de Zacualpan, en la Barra de Ixtapa, también conocida como Playa Chila.



**Figura 7.-** Fotografías del paisaje típico de Río El Refilión, en las que podemos apreciar 1) herramientas de pesca tradicional de camarón de río, 2) un área de baja profundidad y corriente moderada parcialmente cubierta por vegetación, 3) una zona rocosa desprovista de vegetación circundante, 4) una de las pocas pozas con remanso y vegetación de galería presentes en este río.

Las aguas de este río son más caudalosas que las de los otros dos anteriormente mencionados, además por encontrarse en medio de topografía ligeramente accidentada y tener un mayor ángulo de inclinación, presenta rápidos en ciertas partes así como muy pocos remansos. A través de su recorrido se encuentran pocas pozas, así como tampoco se mantienen zonas de abundante vegetación a sus costados, siendo el sustrato rocoso el más abundante de este río, seguido por el arenoso.

La mayor parte del río es de difícil acceso debido a lo accidentado de la topografía, sin embargo en una parte cruza al lado del pueblo de El Refilión, del cual recibe su nombre, y en algunos otros segmentos sus aguas son aprovechadas para la ganadería y extraídas con bomba para el riego de cultivos de consumo local.

En los alrededores de este río se lleva a cabo principalmente el cultivo intensivo de caña de azúcar, aunque de manera dispersa se encuentran cultivos de maíz para el consumo local de los poblados aledaños.

## MATERIAL Y MÉTODOS

---

### SITIOS Y MUESTREOS

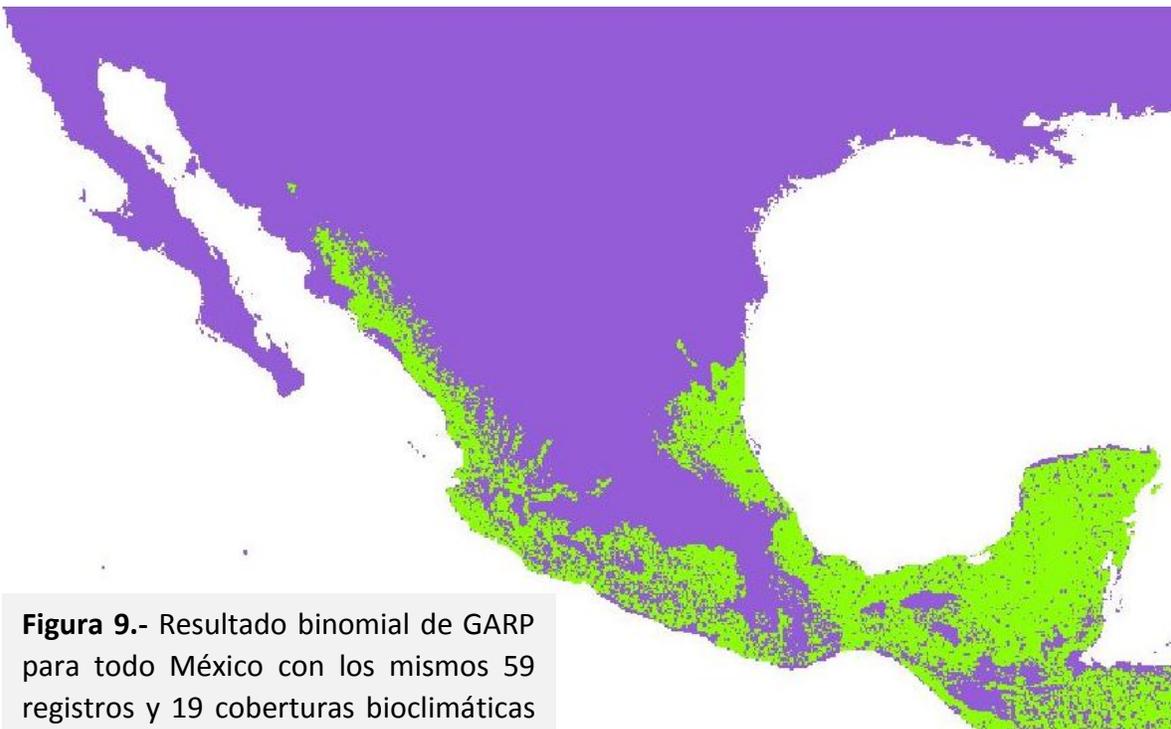
Para la selección de los sitios de muestreo se realizó un modelado de nicho preliminar delimitado a la extensión de todo México utilizando 75 puntos de registro, los cuales se compilaron a partir de tesis, notas científicas, registros de expertos, colecciones científicas, registros personales, y de sitios de acceso público como gbif.org (Flemons et al. 2007). Dichos registros fueron depurados, eliminando coordenadas duplicadas y cualquier punto mal geo-referenciado o dudoso, y dejando fuera aquellos que estuviesen a menos de 10 kilómetros entre sí. Las coberturas bioclimáticas empleadas para este modelo preliminar fueron las 19 proporcionadas por la base de datos Worldclim (Hijmans et al. 2005) a resolución de aproximadamente 1 kilómetro por pixel, y se emplearon tres algoritmos de modelación: Bioclim (Busby, 1991), GARP (Stockwell y Peters, 1999) y MaxEnt (Phillips et al, 2006).

Los modelos generados fueron comparados con algunos de los mapas de distribución propuestos para la especie en el país (Figs. 1 y 2), y de manera comparativa el algoritmo que presentó un mejor desempeño fue MaxEnt debido a que permitió discriminar mejor las áreas de presencia y ausencia mientras que GARP tendió a sobre-estimar las presencias en el área de estudio (Figuras 8 y 9); sus resultados fueron analizados dentro del polígono del área de estudio, es decir la Región Hidrológica Número 13.

Posteriormente se obtuvieron los archivos de la Red Hidrográfica Escala 1:50 000 Edición 2.0 de INEGI (2010), así como los disponibles en el Atlas Climático Nacional de México UNIATMOS (2011), en las cuales se representan los principales ríos perennes del país. Y con esta información, se eligieron 3 ríos perennes que se encontraran dentro del área de distribución potencial obtenida por el modelo de nicho ecológico seleccionado, y que correspondieran a cada una de las 3 sub-cuencas hidrológicas de la Región Hidrológica Número 13.



**Figura 8.-** Resultado binomial de Maxent para todo México con 59 registros y 19 coberturas bioclimáticas. Se muestran los puntos de presencia en verde.



**Figura 9.-** Resultado binomial de GARP para todo México con los mismos 59 registros y 19 coberturas bioclimáticas que en la Figura 8. Se muestran los puntos de presencia en verde.

Para la obtención de los datos del presente estudio, tanto de rastros de la especie como de los parámetros físico-químicos del agua y las mediciones de las pozas, se realizaron muestreos sistemáticos realizando transectos, recorriendo 9 kilómetros de las orillas de cada uno de los tres ríos anteriormente descritos desde las 6:00 hasta las 18:00 horas. Para cubrir el muestreo y registro de todas las pozas, rastros y estaciones de los 27 km totales de los tres ríos recorridos fueron necesarios los primeros tres meses del año 2014. Durante el mes de enero fue muestreado el río 'El Naranjo', durante febrero el río 'La Higuera' y durante marzo el río 'El Refilión'; los dos primeros correspondientes al municipio de San Blas, y el tercero al municipio de Compostela.

## **RASTROS Y POZAS**

Para el caso de los rastros, se registraron huellas, excretas, letrinas y avistamientos, fotografiando y geo-referenciando sus ubicaciones. Cabe señalar que para el registro de las excretas únicamente se contabilizaron aquellas que fueran de reciente depósito, descartando aquellas que estuvieran secas o degradadas. La búsqueda de éstas se realizó de acuerdo con la metodología convencional, que consiste en buscar en lugares conspicuos como encima de piedras y troncos a los lados del río o en medio de su caudal (Fig. 10).

Asimismo, se registraron todas las pozas encontradas y se realizaron mediciones de su longitud y ancho utilizando un medidor de distancias electrónico marca Nikon modelo Laser 600 a la altura del espejo de agua. Para medir la profundidad se utilizó una caña de pescar de fabricación casera con hilo graduado, y por su parte, para medir la corriente y la turbidez se emplearon un disco de Secchi de fabricación casera y una pieza flotadora de hule-espuma con una cinta métrica de 5 metros y un cronómetro digital, respectivamente.



**Figura 10.-** Registro fotográfico de algunas de las excretas y letrinas contabilizadas y geo-posicionadas para el proceso de modelación de nicho ecológico.

## VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS

Para obtener los parámetros físico-químicos del río se establecieron estaciones de toma de datos cada 500 metros a través del río, dando un total de 18 estaciones para los 9 kilómetros de cada río; en las estaciones se utilizó una sonda Hanna Instruments HI 9828 Multiparameter Meter previamente calibrada, y con ella se obtuvieron datos de temperatura, conductividad, oxígeno, óxido-reducción, pH, presión, salinidad, y sólidos disueltos. Adicionalmente se obtuvieron los valores de turbidez y corriente con los instrumentos descritos en el punto anterior. Del mismo modo se documentaron y describieron la vegetación, sustrato, uso del agua y del suelo, y perturbación de las orillas del río, las pozas y las 18 estaciones de cada río.

## INTERPOLACIÓN DE VARIABLES

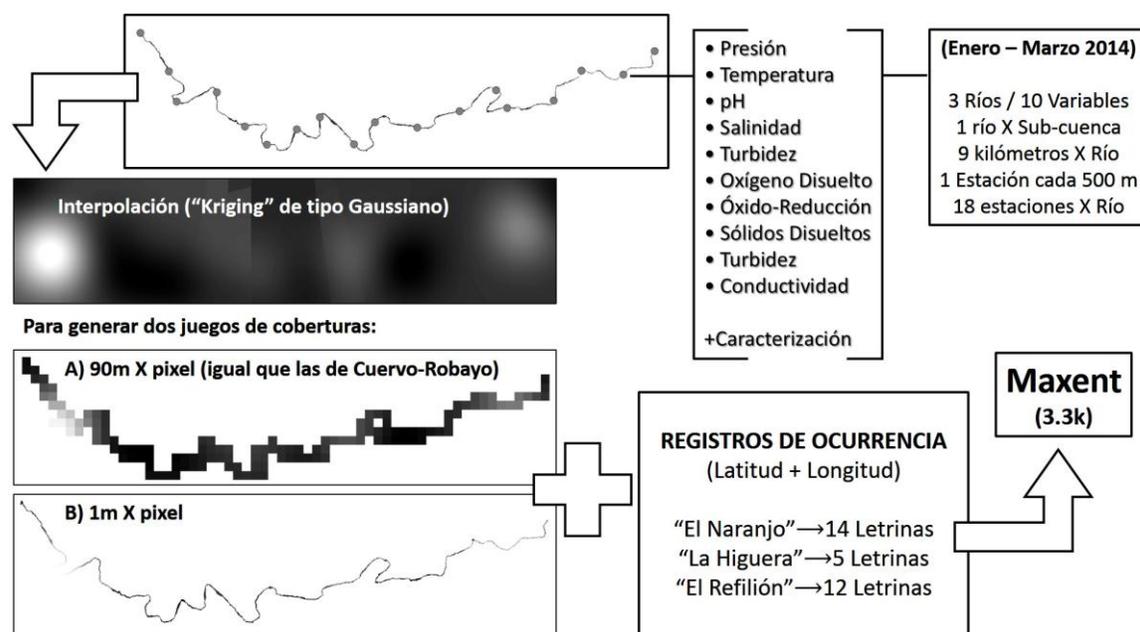
Una vez organizados los datos de las variables físico-químicas de los ríos y habiendo creado archivos tipo Shapefile de la extensión de cada uno de los ríos se procedió a llevar a cabo el proceso de interpolación de variables, utilizando el método Kriging implementado Esri ArcGIS 10.2, la cual interpola una serie de puntos geo-referenciados generando una superficie tipo ráster para cada uno de los parámetros físico-químicos en cada río (Cuadro 1).

VARIABLE	Río El Naranjo		Río La Higuera		Río El Refilión	
	MAE	ME	MAE	ME	MAE	ME
Conductividad	6.823	-0.078	6.588	0.792	4.574	0.843
Corriente	3.285	-0.385	1.438	0.693	<b>8.533</b>	-0.568
Oxígeno Disuelto	0.850	0.055	1.650	-0.396	1.062	0.305
pH	0.279	0.088	0.101	-0.004	0.144	-0.015
Presión	0.193	-0.105	0.662	0.132	3.056	0.977
Óxido Reducción	<b>20.461</b>	-2.383	<b>12.059</b>	-4.332	0.742	0.043
Salinidad	0.003	0.000	0.004	0.000	0.002	0.001
Sólidos Disueltos	3.399	-0.039	3.389	0.463	2.514	0.514
Temperatura	0.924	-0.048	0.092	-0.034	0.491	-0.003
Turbidez	0.299	-0.059	0.219	-0.023	0.267	-0.005

**Cuadro 1.-** Valores de Media de Error Absoluto (MAE) y Media de Error (ME) en la interpolación de variables de los tres ríos analizados. Remarcado en color rojo encontramos los valores más elevados.

Este procedimiento se llevó a cabo dos veces: una de ellas para generar interpolaciones a resolución de 90 metros por pixel, y con esto fueran compatibles con las coberturas elaboradas por Cuervo-Robayo et al. (2004). La otra permitió generar coberturas de resolución mucho más fina, equivalente a 1 metro por pixel (Fig. 11); esto con la intención de analizar el efecto de la resolución de las coberturas con respecto al resultado y su

validación. Con esto se obtuvieron las interpolaciones en dos resoluciones de las 10 variables registradas en cada uno de los 3 ríos muestreados para posteriormente ser empleadas en el algoritmo de modelación. Adicionalmente se analizó el grado de correlación entre las variables, encontrando valores que para ninguna de las combinaciones fue estadísticamente significativo, evitando así cualquier efecto de auto-correlación de variables al modelar.



**Figura 11.-** Diagrama que muestra los procedimientos en la obtención de datos en campo, interpolación de variables, y registros de ocurrencia previos a la modelación.

## ALGORITMO DE MODELACIÓN

Los modelos de nicho ecológico (MNE), también llamados modelos de distribución de especies (MDE), estiman la relación entre los registros de las especies y las características espacio-ambientales de dichos sitios (Franklin, 2009). Estos son ampliamente utilizados para diversos propósitos en biogeografía, biología de la conservación y ecología (Elith y Leathwick, 2009). Maxent es un programa computacional para modelar la distribución de las especies a partir de datos de presencia y de un muestreo de los pixeles de la zona de estudio (entorno) (Elith et al, 2011), y fue con el que se realizaron los modelos que se

presentan en este estudio, utilizando su versión más reciente (3.3.3k) con distintas configuraciones de parámetros que fuesen óptimas para la ejecución de sus modelos dada la calidad y cantidad de datos de presencia, mismas que se detallan a continuación.

## **DATOS DE PRESENCIA**

Las coordenadas que fueron utilizadas como presencias para el proceso de modelación fueron las correspondientes a las letrinas encontradas y geo-referenciadas durante los muestreos de los tres ríos, siendo un total de 31 puntos, de los cuales 14 corresponden al Río “El Naranja”, 5 al Río “La Higuera”, y 12 al Río “El Refilión”.

La razón por la cual se utilizaron únicamente las coordenadas de las letrinas es debido a que la nutria neotropical no deposita sus excretas de manera aleatoria, sino que sus letrinas están asociadas a los refugios que la especie suele utilizar y éstos son importantes en la definición de sus territorios, dado que les provee de refugio en áreas donde concentran su actividad (Mafra y Carvalho, 2004; Kasper, 2008; Pardini y Trajano, 2013). Las letrinas fueron identificadas de acuerdo con los métodos de Gallo-Reynoso (1989).

## **COBERTURAS BIOCLIMÁTICAS**

Las coberturas o superficies bioclimáticas son representaciones digitales de las variables climáticas de una región del planeta, las cuales son estimadas a partir de técnicas de interpolación geográfica (Cuervo-Robayo et al., 2014). Para este trabajo se utilizaron las 19 coberturas bioclimáticas proporcionadas por Cuervo-Robayo et al. (2014) cuya resolución es cercana a 90 metros por pixel, debido a que permiten alcanzar un grado de análisis más fino que las proporcionadas por Worldclim (Hijmans et al. 2005) y CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), y los objetivos del presente trabajo requieren el uso de resoluciones más finas para tener un panorama más detallado de los resultados. Estas coberturas corresponden a valores mínimos y máximos de temperatura y precipitación registrados en México entre 1910 y el 2009, de los cuales

derivan 19 variables bioclimáticas que representan expresiones estacionales y anuales de la temperatura y la precipitación. Estas coberturas son las de mayor resolución y mayor completitud de datos disponibles para el país, siendo las siguientes:

BIO1 = Temperatura promedio anual

BIO2 = Rango medio diurno (temp max – temp min; promedio mensual)

BIO3 = Isotermalidad (BIO1/BIO7) \* 100

BIO4 = Estacionalidad en temperatura (coeficiente de variación)

BIO5 = Temperatura máxima del período más caliente

BIO6 = Temperatura mínima del período más frío

BIO7 = Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)

BIO8 = Temperatura media en el trimestre más lluvioso

BIO9 = Temperatura promedio en el trimestre más seco

BIO10 = Temperatura promedio en el trimestre más caluroso

BIO11 = Temperatura promedio en el trimestre más frío

BIO12 = Precipitación anual

BIO13 = Precipitación en el período más lluvioso

BIO14 = Precipitación en el mes más seco

BIO15 = Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)

BIO16 = Precipitación en el trimestre más lluvioso

BIO17 = Precipitación en el trimestre más seco

BIO18 = Precipitación en el trimestre más caluroso

BIO19 = Precipitación en el trimestre más frío

Para el modelado de nicho ecológico correspondiente al total del área de estudio, es decir la Región Hidrológica, se realizó un proceso previo de extracción de valores de las coberturas bioclimáticas de Cuervo-Robayo et al. (2014) a partir de los shapefiles de la red hidrológica superficial de la RH13; esto con la finalidad de limitar el proceso de modelación a los ríos, que son los que definen de manera más precisa el área de distribución potencial de la nutria neotropical, mientras que para los modelos de nicho correspondientes a los tres ríos seleccionados, se utilizaron las coberturas hidrológicas interpoladas con los datos obtenidos en campo.

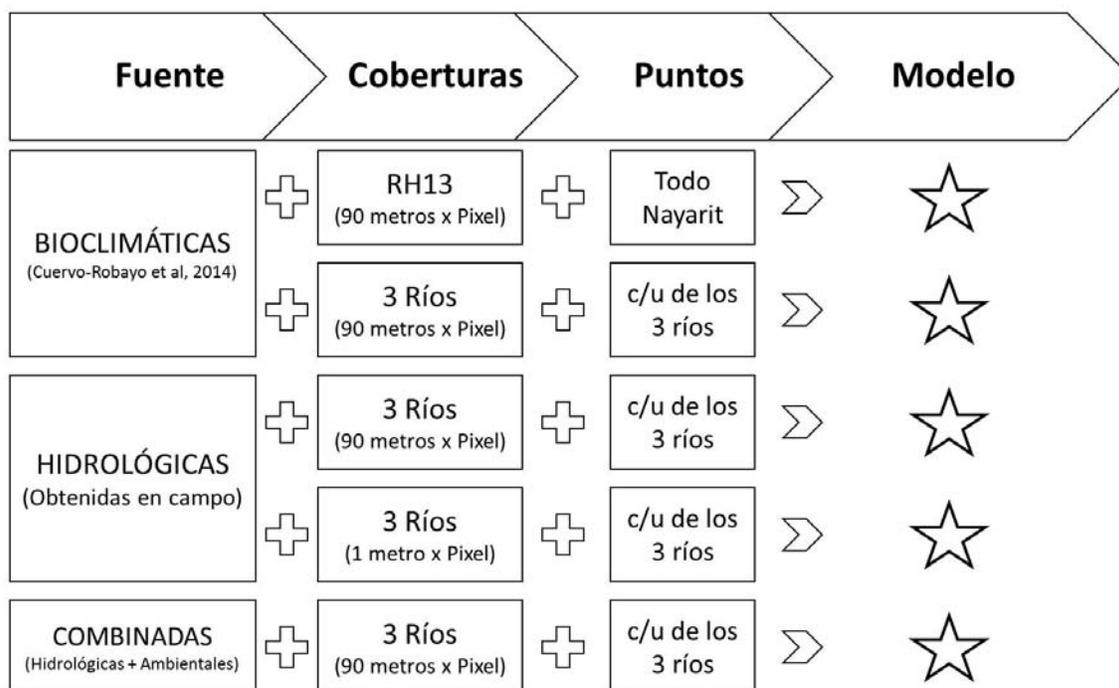
### **MODELACIÓN DE NICHOS ECOLÓGICOS**

Una vez realizada esta extracción se procedió a modelar en Maxent utilizando los 31 puntos de presencia de la especie para la RH13, seleccionando 24 de los 31 registros de letrinas para entrenamiento del modelo y 7 registros para validarlo. Asimismo, se definió que el modelo finalizara al alcanzar 500 iteraciones utilizando las 19 envolturas bioclimáticas con una salida en formato de tipo logístico. Una vez obtenidos los mapas probabilísticos de Maxent, se llevó a cabo una reclasificación binaria en la cual permaneciera un área mínima en la cual se incluyeran todos los datos de entrenamiento (*Minimum training presence*) y su respectiva validación con una prueba de Ji Cuadrada (Peterson et al, 2011).

Posteriormente, para la modelación de cada uno de los tres ríos, se emplearon sus coberturas y registros de presencia de manera independiente, obteniendo un modelo particular para cada río, pero todos ellos generados con los mismos parámetros: entre los cuales la aplicación de todos los registros disponibles para entrenar el modelo.

Cada modelo finalizó al alcanzar 500 iteraciones implementando diferentes combinaciones de coberturas, incluyendo las bioclimáticas de Cuervo-Robayo et al. (2014), las hidrológicas interpoladas a partir de los datos de campo, y una combinación de las dos. Todos los resultados fueron dados en tipo logístico y se reclasificaron de manera

binomial con el criterio de *Minimum Training Presence*, además de ser validados también con la prueba de Ji Cuadrada (Fig. 12).



**Figura 12.-** Esquema de procedimientos en la modelación de nicho ecológico para este trabajo, con relación a las fuentes, coberturas y puntos de presencia utilizados.

## RESULTADOS

---

### ABUNDANCIA RELATIVA

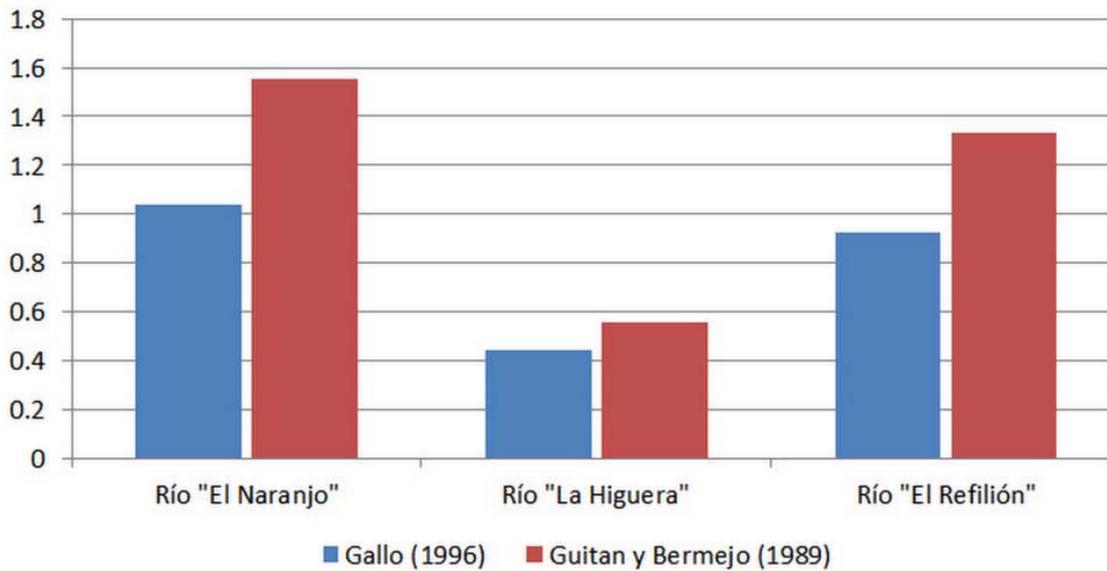
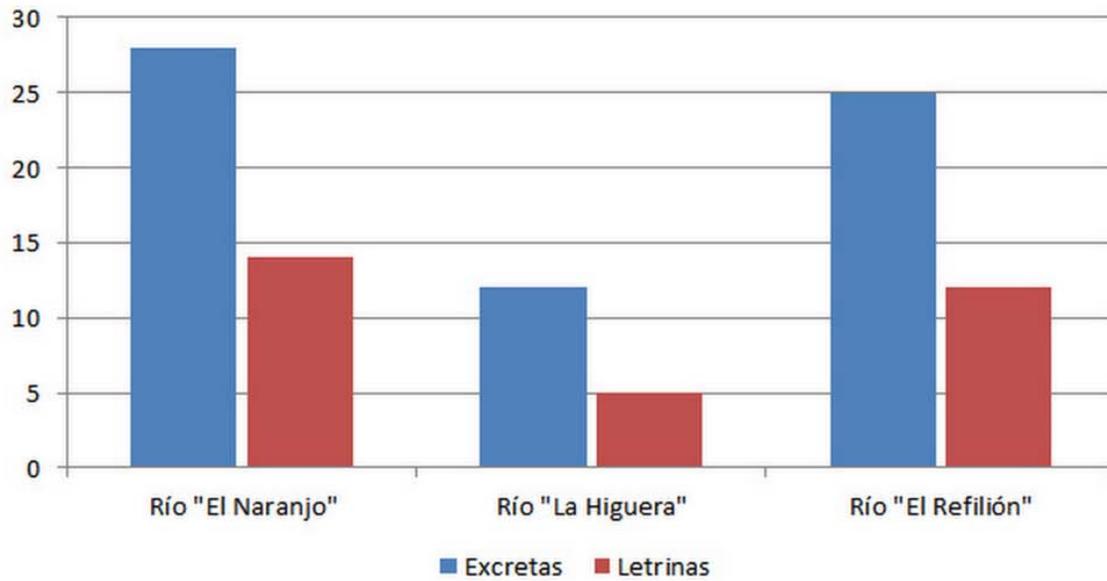
A partir de los registros de rastros obtenidos en campo se calcularon los índices de abundancia relativa de las nutrias para cada uno de los tres ríos muestreados, haciendo uso de dos distintas aproximaciones que permiten estimar la cantidad de nutrias por kilómetro de río utilizando datos sobre la cantidad de kilómetros recorridos, la cantidad de letrinas o excretas encontradas, y la tasa de defecación de la nutria, que es tomada del trabajo de Gallo (1996) y equivale a 3 excretas por día, obtenido con la fórmula:

$$\text{Nutrias por km} = [\text{No. de Excretas} / \text{Tasa de Defecación}] / \text{km recorridos}$$

Adicionalmente se empleó la fórmula de Guitan y Bermejo, basada en su trabajo de 1989:

$$\text{Nutrias por km} = \text{Letrina} / \text{km recorridos}$$

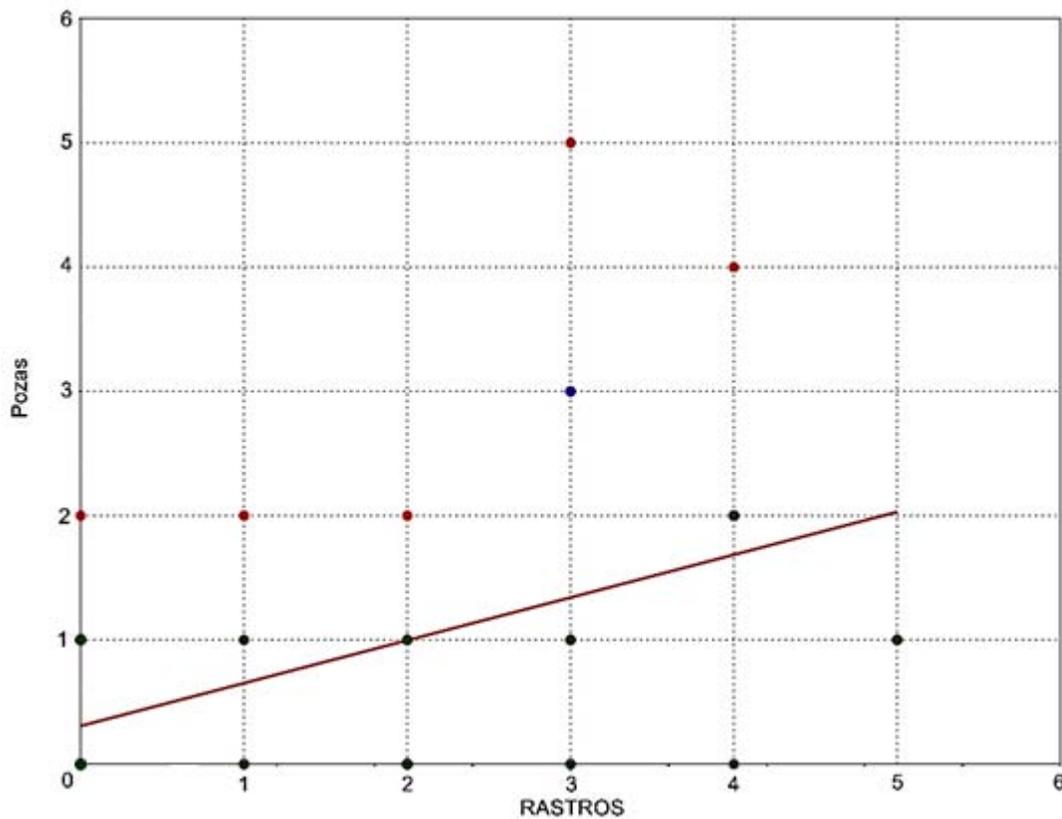
En términos de su abundancia, en México se reportan valores en un intervalo de 0.25 a 3.10 individuos por kilómetro (González-Christen et al, 2013), en estudios realizados en Sonora (Gallo-Reynoso, 1996), Oaxaca (Casariego-Madorell et al, 2004), y Veracruz (Macías-Sánchez, 1999), los cuales de manera general coinciden con los resultados de este trabajo, que fueron de 0.4 a 1 individuo por kilómetro de río en los tres ríos estudiados (Fig. 13).



**Figura 13.-** (Arriba) Resultados del conteo de cantidad de excretas y letrinas. (Abajo) Valores de abundancia relativa de la nutria en los tres ríos, utilizando los índices de Gallo-Reynoso (1996) y el de Guitan y Bermejo (1989).

## LA NUTRIA Y SUS POZAS

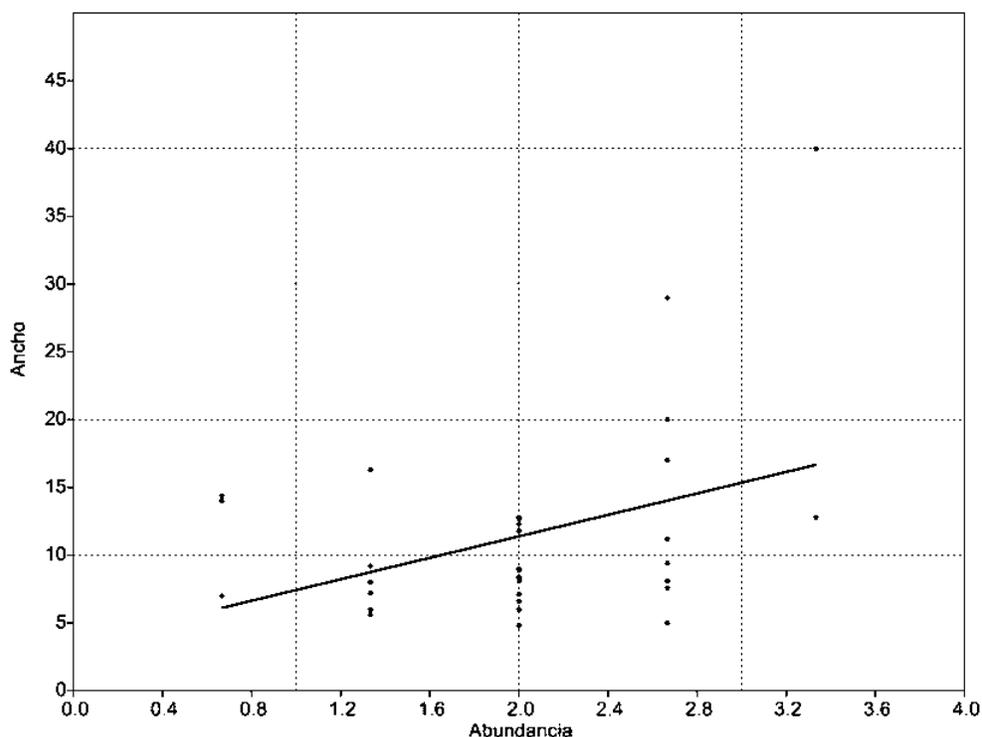
La actividad de la nutria se concentra en sitios donde se forman tinajas grandes, las cuales son secciones del río profundas y no necesariamente anchas; y remansos o secciones del río de menor profundidad y mayor anchura (Carrillo-Rubio, 2001). Para analizar esta tendencia se llevaron a cabo análisis de regresión lineal y regresión lineal múltiple que permitieran encontrar correlaciones entre los distintos valores cuantitativos de las variables muestreadas en los ríos y la abundancia de los rastros de la nutria, lo cual brindó un resultado esperado a partir de la consulta en la literatura: en el que se encuentra que la cantidad de pozas está positivamente correlacionada con la abundancia de los rastros, encontrando valores de  $r = 48934$  y de  $p = 0.0001$  (Fig. 14).



**Figura 14.-** Análisis estadístico de correlación entre la cantidad de pozas en los ríos (eje Y) y la cantidad de rastros de nutria encontrados (eje X).

Sin embargo, Casariego-Madorell et al. (2008), en su trabajo realizado en las costas de Oaxaca, concluyeron que la abundancia de las nutrias está fuertemente relacionado con el parámetro de oxígeno disuelto en el agua, atribuyendo esto a los requerimientos biológicos de las especies presa de la nutria. En este estudio no se encontró dicha relación estadísticamente significativa, aunque en el proceso de modelado de nicho ecológico otros factores que igualmente pueden influir en la subsistencia de las especies presa fueron relevantes, tales como la salinidad, temperatura, turbidez, corriente, y pH.

Estos resultados condujeron a analizar con mayor detenimiento el efecto de las pozas en la presencia y abundancia de las nutrias, analizando también los valores cuantitativos de las pozas con respecto a las abundancias de las nutrias, encontrando únicamente una correlación significativa (positiva) con el ancho de las pozas, con valores de  $r = 0.382$  y de  $p = 0.030$  (Fig. 15). Esta correlación también es reportada por Carrillo-Rubio (2001).



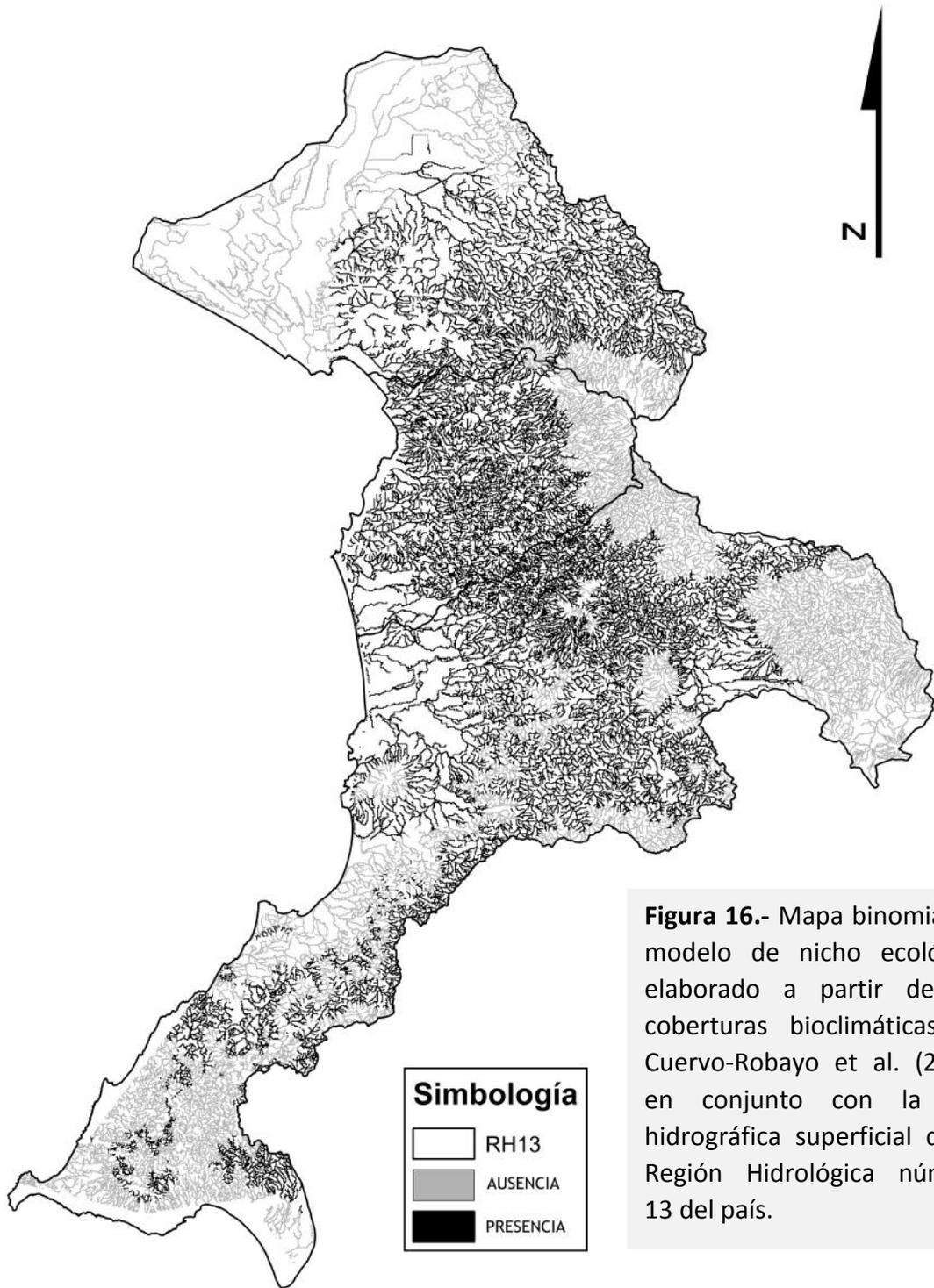
**Figura 15.-** Análisis estadístico de correlación entre el ancho de todas las pozas (eje Y) y los valores encontrados de abundancia de nutrias (eje X).

## MODELACIONES

Se presentan los resultados binomiales de las modelaciones de nicho ecológico elaborados a partir de las coberturas bioclimáticas de Cuervo-Robayo et al (2014) y de las variables hidrológicas obtenidas en campo.

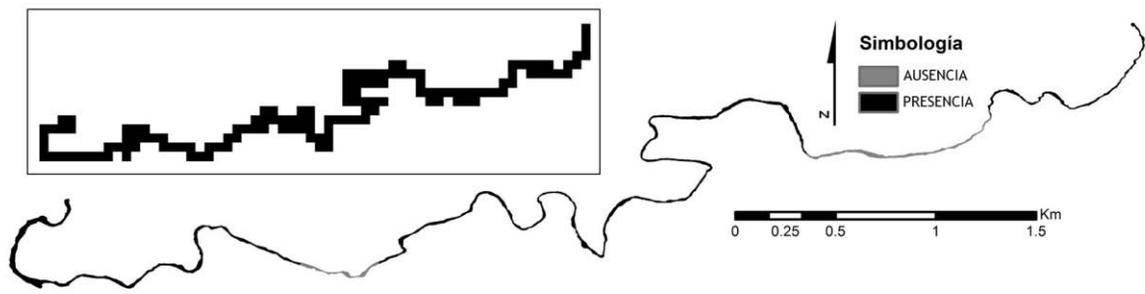
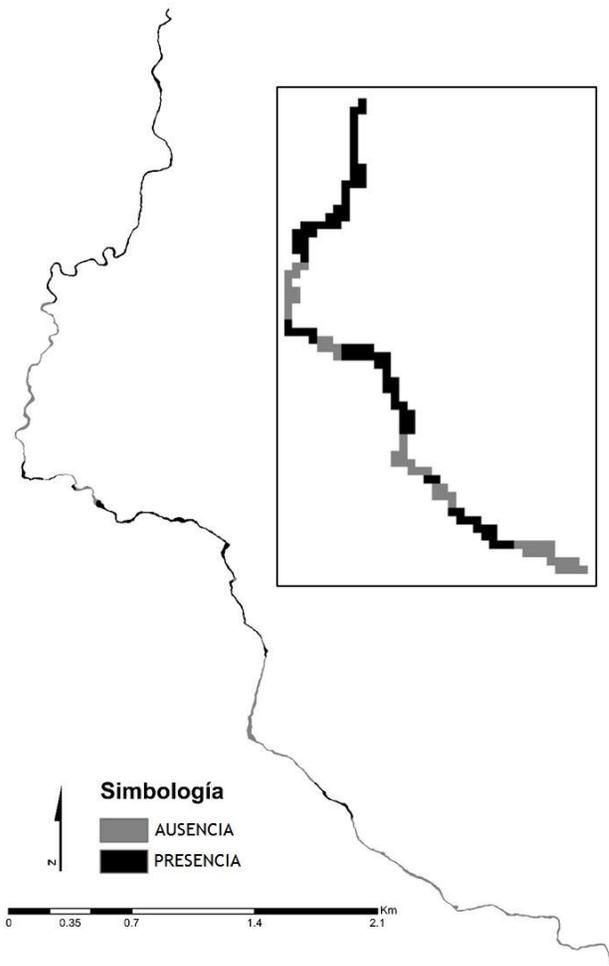
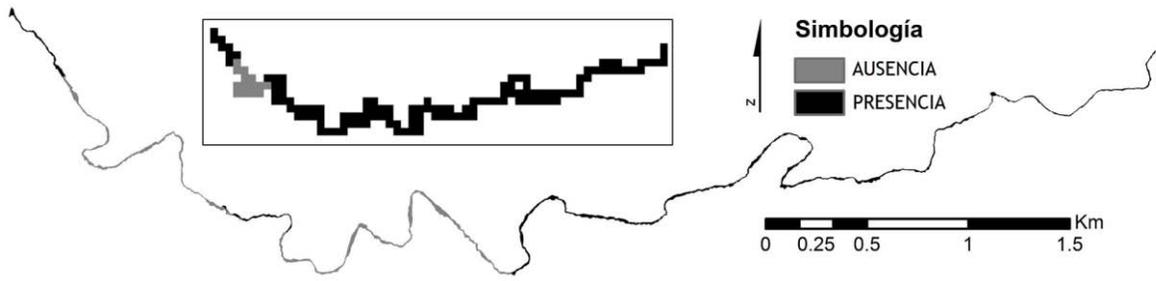
Todas las modelaciones se llevaron a cabo empleando Maxent 3.3.3k y a través de ellas es posible discriminar a gran escala las áreas de la Región Hidrológica Número 13 con mayor idoneidad de condiciones bioclimáticas para la presencia de la nutria neotropical (Fig. 16), entre las cuales resulta importante señalar que la mayor parte de la sub-cuenca hidrológica Ixtapa presenta condiciones idóneas para la especie, exceptuando en sus zonas de mayor elevación cercanas a la Sierra de San Juan. Por su parte la sub-cuenca hidrológica San Blas presenta condiciones de presencia en la zona que se encuentra entre la sierra de San Juan y la región de marismas del municipio de San Blas, en el que las condiciones climáticas e hidrográficas son distintas y probablemente menos favorables para las poblaciones de la especie. Asimismo, para la sub-cuenca hidrológica Ixtapa encontramos que en su zona centro-norte se reúnen condiciones favorables, que se pierden conforme la altitud aumenta, pero también con relación a la humedad ambiental, la cual se ve afectada cerca de las costas por efecto de la agricultura intensiva en la región. Para validar este modelo se calcularon los valores de: Ji Cuadrada = 17.804, además del Valor de P = 0.00002, y adicionalmente el de la Curva ROC = 0.904.

Por su parte, los resultados binomiales del modelado de nicho ecológico de los tres ríos analizados, para los cuales se utilizaron las letrinas de la nutria como puntos de presencia, y las coberturas hidrológicas interpoladas de resolución fina a 1 metro por pixel mostraron capacidad de discriminación de las zonas de mayor idoneidad (Fig. 17), y sus valores de validación fueron: 1.- Río El Naranjo: Ji Cuadrada = 8.970, Valor de P = 0.002. 2.- Río La Higuera: Ji Cuadrada = 5.005, Valor de P = 0.025. 3.- Río El Refilión: Ji Cuadrada = 2.028, Valor de P = 0.154.



**Figura 16.-** Mapa binomial de modelo de nicho ecológico elaborado a partir de las coberturas bioclimáticas de Cuervo-Robayo et al. (2014) en conjunto con la red hidrográfica superficial de la Región Hidrológica número 13 del país.

0 5 10 20 30 40 Km

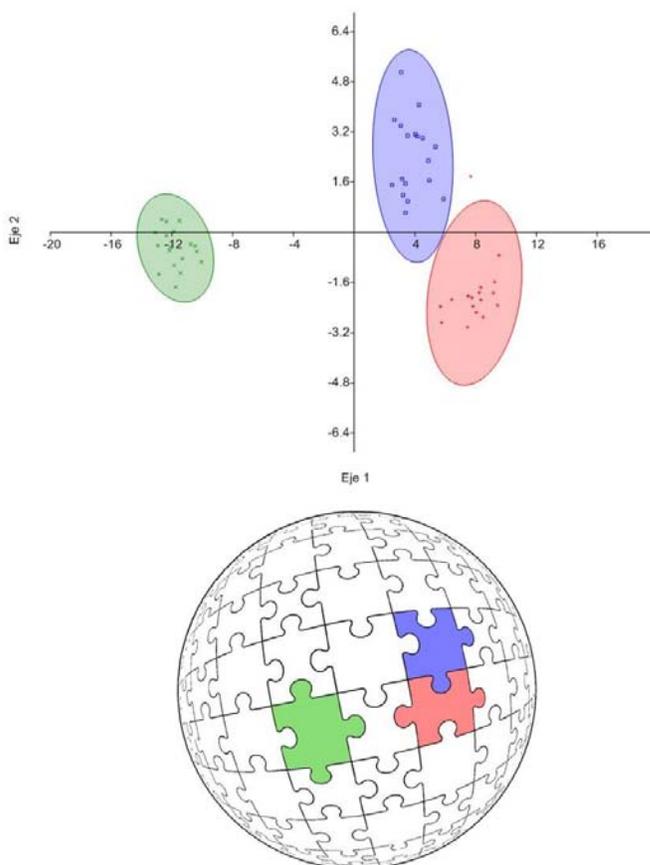


**Figura 17.-** Mapas binomiales de alta resolución resultantes de la modelación de nicho ecológico para cada uno de los tres ríos analizados, en las cuales fueron implementadas las coberturas hidrológicas finas, en los que se pueden identificar los segmentos del río con mayor idoneidad en contraste con aquellos en los que se predice ausencia.

Adicionalmente en menor resolución y escala podemos apreciar los resultados utilizando las coberturas bioclimáticas de Cuervo-Robayo et al en conjunto con las hidrológicas obtenidas en campo a una resolución aproximada de 90 metros por pixel.

## LA NUTRIA Y SUS RÍOS

Adicionalmente, con el uso de Maxent se llevaron a cabo inter-predicciones con la finalidad de encontrar si haciendo uso de los puntos y variables de un río era posible predecir la presencia de la especie en los otros dos, lo cual indicaría que los ríos analizados son muy semejantes entre sí y que las mismas variables definen la presencia de la nutria en todos ellos. El resultado fue que los ríos El Naranjo y La Higuera eran capaces de predecirse entre sí con cierto éxito, sin embargo ninguno de los dos podía predecir los sitios de mayor probabilidad de presencia de la nutria en el Río El Refilión, así como tampoco este podía hacerlo con los otros dos. Este resultado llevó a realizar un análisis estadístico de MANOVA-CVA para discriminar si la razón se encontraba en la agrupación de los datos, y el resultado fue consistente con esa premisa (Figura 18).



**Figura 18.-** (Arriba) Resultado del análisis estadístico MANOVA-CVA, en el cual se muestra una clara agrupación en los datos obtenidos en campo, donde 1) en color azul están los datos del Río El Naranjo, 2) en color rojo los del Río La Higuera, y 3) en color verde los correspondientes al Río El Refilión.

(Abajo) Modelo conceptual en el que se comparan las agrupaciones de los datos de cada río con pequeños fragmentos del nicho ecológico de la especie, en el que los espacios vacíos representan las condiciones aún no exploradas de otros ríos.

## DISCUSIÓN

---

A pesar de los esfuerzos académicos y científicos por determinar el estado de conservación de la nutria neotropical, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) cataloga actualmente la especie como “Deficiente de Datos”. Para corregir esa deficiencia de conocimiento, el Grupo de Especialistas de Nutrias de la IUCN durante el XI Coloquio Internacional de Nutrias de la IUCN en Pavia, Italia, recomendó que la investigación que se realiza de esta especie que actualmente es una de las menos estudiadas de la subfamilia Lutrinae, deberían enfocarse en definir su distribución actual, estado poblacional y requerimientos de hábitat (Rheingantz et al, 2014). Es aquí donde los modelos de nicho ecológico cobran importancia, dado que a través de ellos es posible obtener valiosa información ecológica para ser empleada en el entendimiento, manejo, y conservación de esta especie y de virtualmente cualquier otra.

Sin embargo, las futuras estrategias de conservación requieren modelos que incorporen más detalle y presenten mayor realismo biológico que el provisto por los modelos convencionales basados en envolturas bioclimáticas a gran escala, dado que estos tienden a dejar de lado el potencial efecto de la depredación, competencia, mutualismo, y dinámicas de rango hogareño (Hampe, 2004; Guisan y Thuiller, 2005). Y aunque existe un creciente debate al respecto de cuáles aspectos de la biología de las especies es reflejado en los modelos de nicho ecológico, así como la discrepancia al respecto de cuál de los términos ‘modelo de nicho ecológico’, ‘modelo de distribución potencial’ o ‘modelo de idoneidad de hábitat’ es más apropiado, sabemos que de hecho representan una aproximación del nicho ecológico de las especies aunque no sean representaciones perfectas o completas (Warren, 2012).

## CUESTIÓN DE ESCALAS

Se ha propuesto como una posible mejora en los modelos de distribución de especies el considerar cómo las diferentes escalas pueden intervenir en los resultados dependiendo de la conducta de las especies, su capacidad de dispersión, la extensión del área de estudio, y la naturaleza de los datos (Guisan y Thuiller, 2005).

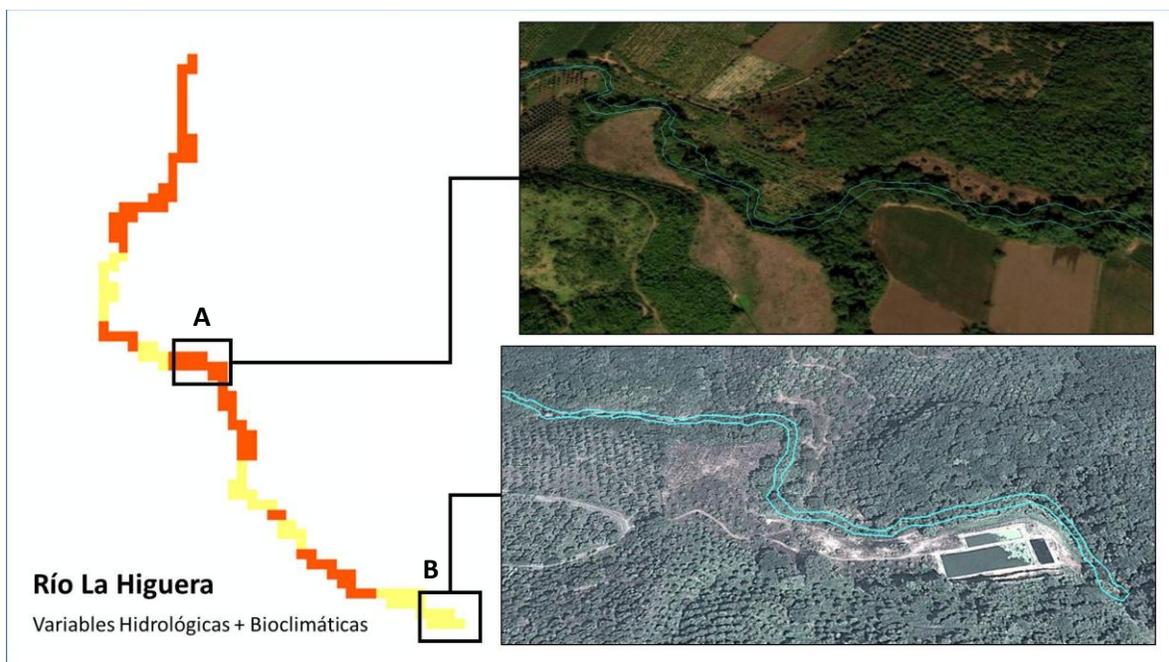
Contreras et al. (2009) llevó a cabo un estudio a escala fina equivalente a la utilizada para este trabajo con la intención de modelar la distribución del ajolote mexicano (*Ambistoma mexicanum*) en el sistema de canales de Xochimilco, teniendo como antecedentes otros estudios con el mismo objetivo, pero que habían sido realizados empleando coberturas globales de resolución gruesa, volviendo complicado generar conclusiones a escalas locales dado que éstas no representaban la heterogeneidad de las condiciones del área de estudio. Tras haber identificado los parches discontinuos de áreas potencialmente idóneas para la distribución de la especie, y haber confirmado exitosamente la presencia del ajolote en algunas de ellas, concluyeron que la complejidad del sistema sólo podía ser captada con la obtención de información hidrológica de escala fina.

Para el caso de la nutria neotropical existen una serie de características que definen su preferencia de micro-hábitat, entre las cuales, además de la disponibilidad de alimento, se encuentran la cobertura vegetal y rocas adyacentes a los ríos, los cuales proveen de refugio y protección a largo plazo (Gallo-Reynoso, 1989; Fernow, 2006). Tales características no pueden ser detectadas empleando estrategias convencionales de modelación de nicho ecológico basadas en envolturas bioclimáticas de baja resolución, de manera semejante al estudio de caso del ajolote anteriormente mencionado.

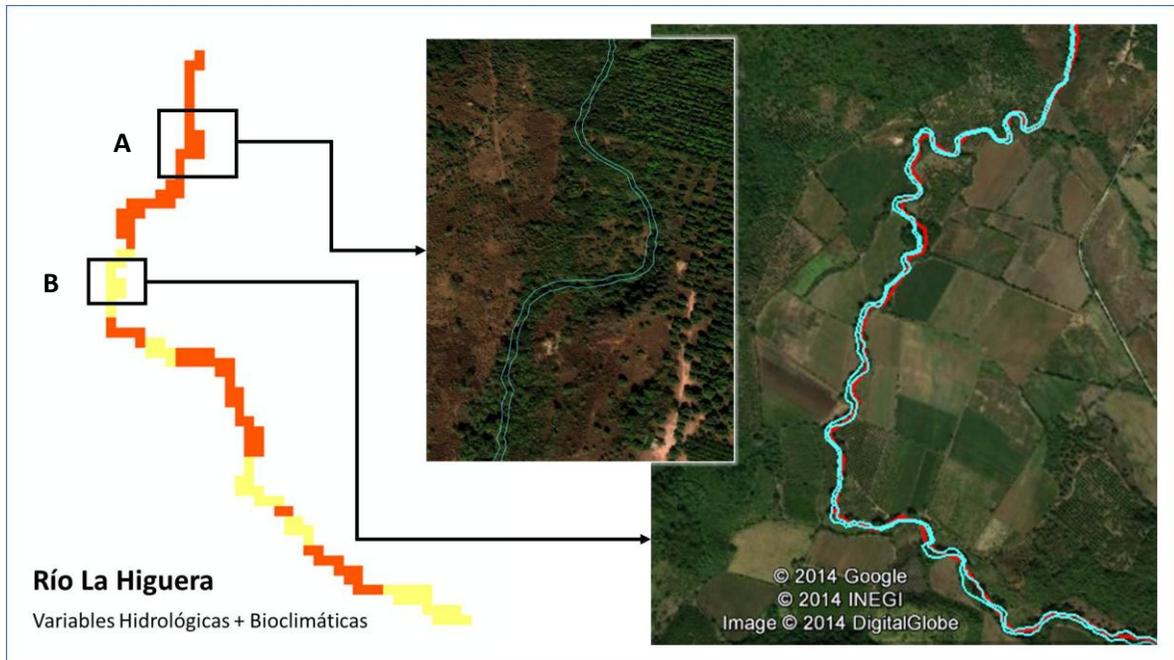
Hernández-Romero (2011) concluye en su trabajo realizado en el Río Grande de Cuicatlán, Oaxaca, que las actividades humanas actuales no representan un factor limitante en la abundancia de las nutrias pero sí en la distribución de sus rastros, y atribuye esto a que las actividades de la zona no son lo suficientemente intensas como para tener esa influencia, dado que existe una diferencia clara entre las actividades humanas que se llevan a cabo en las diferentes secciones del río. Esto nos lleva a concluir que la detección de tales

diferencias sólo es posible a través de la obtención de datos en campo y el entendimiento local del área en que la especie se distribuye. Por su parte Cirelli-Villanova (2005) infiere en su trabajo que para ciertos ríos la escasa presencia de la nutria de río y la reducción de su área de distribución está causada por el uso humano y la fragmentación del paisaje, pero también remarca la necesidad de diferenciar entre las limitantes naturales y las condiciones de perturbación para la presencia de la especie en áreas no perturbadas.

Teniendo en consideración lo anteriormente mencionado, resulta de gran importancia analizar el contexto ambiental en el que se encuentran los ríos estudiados, aprovechando la información geográfica de alta resolución disponible (Figs. 19 y 20).

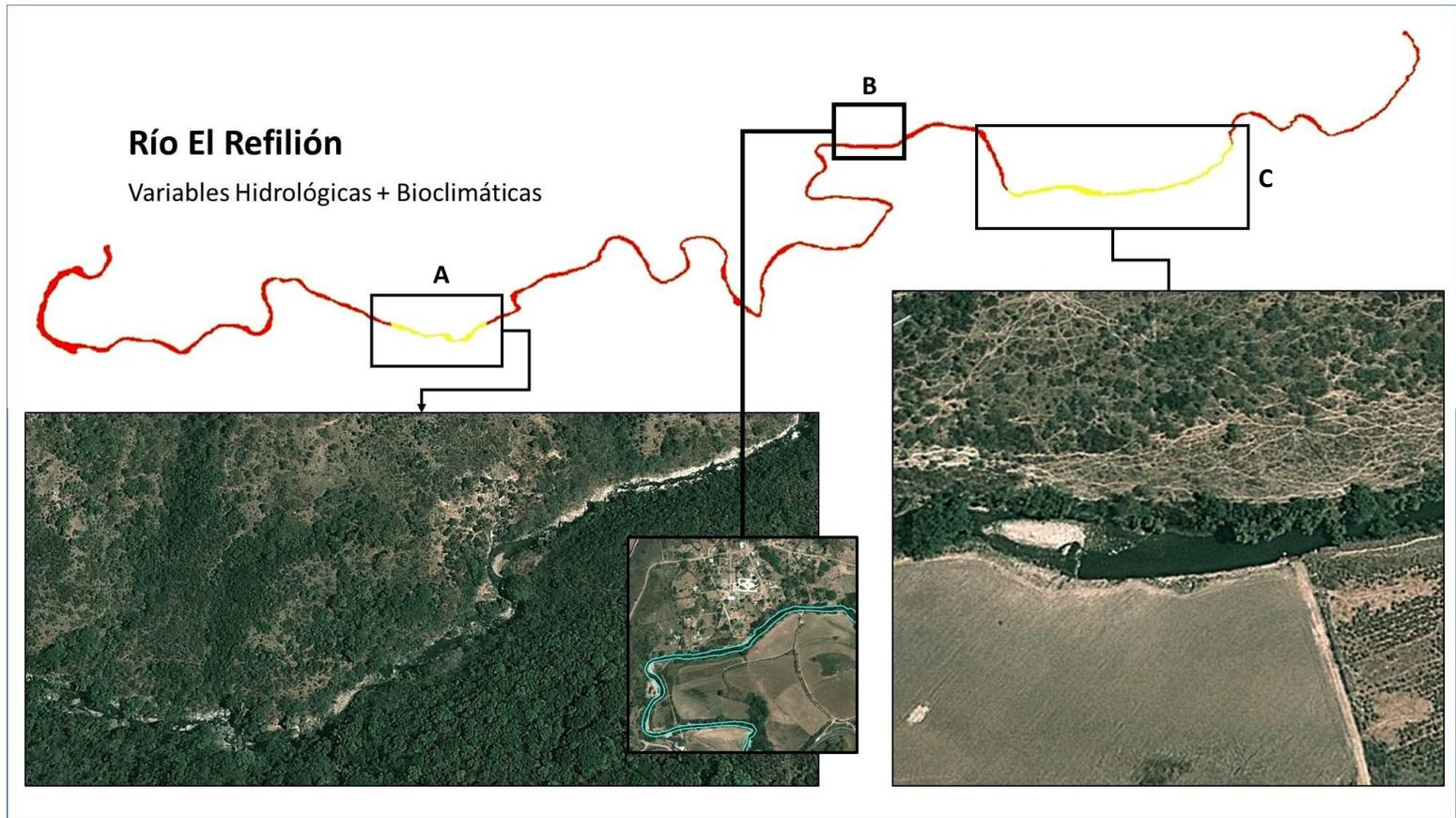


**Figura 19.-** Exploración del área aledaña al río La Higuera a través de Google Earth (2014), donde podemos apreciar A) que en las zonas con probabilidad predicha de presencia existe vegetación de galería conservada y B) donde se predice ausencia encontramos también vegetación de galería, pero al lado del río se puede apreciar una planta de tratamiento de aguas residuales.

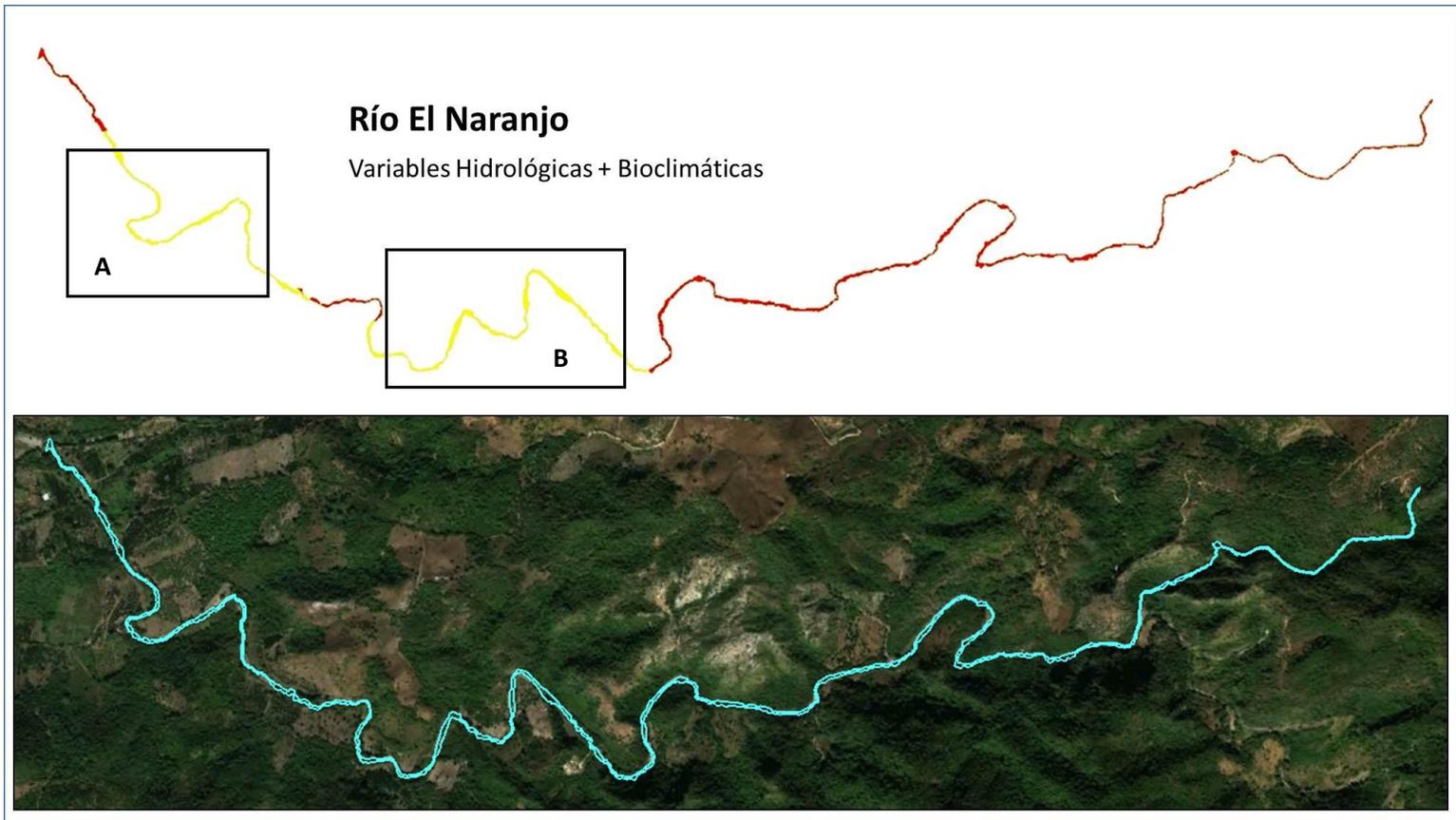


**Figura 20.-** En este mismo río encontramos A) vegetación conservada y terreno accidentado en otra de las zonas del río con presencias predichas, mientras que B) en otra zona con ausencias predichas el terreno es plano y de fácil acceso, utilizado para cultivos todo el año con vegetación nativa casi ausente.

Asimismo es fundamental hacer uso de los datos cualitativos recopilados en campo, dada la probabilidad de que las variables de importancia para el fenómeno estudiado pueden no ser fácilmente cuantificables o tener relaciones menos conspicuas con lo observado. Esto es importante debido a que en los sistemas ecológicos existe una gran heterogeneidad de condiciones y características que interactúan de manera compleja, y el resultado de esta interacción está estrechamente relacionado con la distribución de los organismos que forman parte de dicho ecosistema. Sumado a esta compleja ecuación, encontramos los factores antropogénicos, que en ocasiones pueden definir la presencia o ausencia de las especies. Esta compleja interacción de variables también puede apreciarse de manera superficial al explorar las características del entorno de los otros dos ríos estudiados (Figs. 21 y 22).



**Figura 21 (Arriba).**- Exploración del área aledaña al río El Refilión a través de Google Earth, donde podemos apreciar A) una zona del río con rápidos y desprovista de vegetación de galería, así como B) el área en que se encuentra el poblado de El Refilión, y C) una zona de terrenos aledaños al río que son utilizados para el consumo de caña y poseen poca cobertura vegetal.



**Figura 22.-** En el Río El Naranjo por su parte encontramos río abajo A) zonas perturbadas y de fácil acceso que son utilizadas para agricultura, y B) zonas de más difícil acceso que no son adecuadas para la agricultura, pero que son usadas para ganadería y difícilmente detectables con imagen satelital.

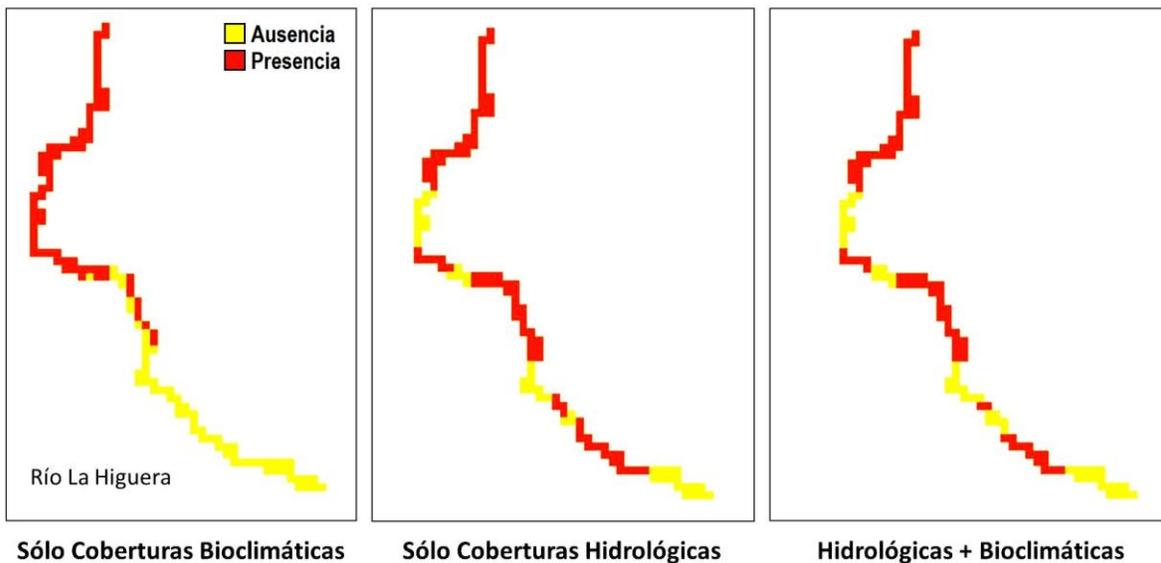
## CUESTIÓN DE VARIABLES

Identificar las variables ambientales que determinan el nicho de una especie es una de las operaciones más cruciales en los modelos de idoneidad de hábitat (Hirzel y Gwenaëlle, 2008). La razón por la cual este paso es fundamental se debe a que los organismos responden a un complejo de factores inter-dependientes que están relacionados con múltiples variables ambientales, dado que las especies nunca existen en aislamiento (Hirzel y Gwenaëlle, 2008), y a su vez el área de distribución de una especie está determinada por estos factores como una compleja forma de expresión de su ecología e historia evolutiva (Brown, 1995).

*Lontra longicaudis annectens* es el depredador tope de los sistemas ribereños que habita (Gallo-Reynoso, 1989), y se ha encontrado que su presencia depende de que el agua exista en cantidad y calidad suficiente para que contenga especies presa y que permita a la nutria moverse fácilmente durante cualquier época del año (Carrillo-Rubio, 2001). En 1991, Gallo-Reynoso exploró la relación entre la distribución de especies presa del género *Macrobrachium* y la nutria neotropical, descubriendo una importante correlación entre ellas. Posteriormente Casariego-Madorell (2004) encontró en la costa de Oaxaca que el parámetro del oxígeno disuelto está estrechamente relacionado con la abundancia de especies presa, y ésta a su vez lo está con la abundancia de la nutria neotropical. Por su parte Guerrero-Flores et al (2013) encuentra que en Temascaltepec, Estado de México, las variables que se relacionan más con la abundancia de la nutria son la temperatura del agua y el oxígeno disuelto, además de la abundancia de las presas, reafirmando la estrecha relación que existe entre el uso de hábitat de la nutria y la presencia de las especies de las que se alimenta.

Esto por consecuencia nos lleva a la inferencia de que modelar el nicho de la nutria neotropical tomando como base los parámetros relacionados con la existencia de sus presas es un acierto que nos permite aproximarnos más a un modelo adecuado de su nicho ecológico, y debido a que es una especie semi-acuática la sola aplicación de parámetros bioclimáticos por separado difícilmente podrían representar con efectividad el

nicho ecológico de la especie, sin embargo las coberturas basadas en parámetros hidrológicos así como una combinación de ambas probaron tener mayor éxito (Fig. 23).



**Figura 23.-** Comparación de los resultados binomiales obtenidos al llevar a cabo el proceso de modelado de nicho ecológico en uno de los tres ríos utilizando los mismos puntos pero con distintas coberturas. En color rojo se muestran las presencias predichas y en amarillo las ausencias.

Al igual que la nutria neotropical, se sabe que los langostinos del género *Macrobrachium* están adaptados a diversos ambientes, habitando ríos, estuarios y lagunas costeras (Espinosa-Chaurand et al, 2011), en temperaturas de entre 25 y 30°C , un pH de entre 7.0 y 8.5 y oxígeno disuelto en el agua con valores aproximados de 2 a 3.5 mg/l (Ponce-Palafox et al, 2002). Asimismo, se ha descrito que su presencia está asociada positivamente con la insolación y la salinidad, y negativamente con la profundidad, el oxígeno disuelto y la turbidez (Guzmán-Arroyo, 1987), y a su vez el oxígeno disuelto está positivamente asociado con la velocidad de la corriente y las caídas de agua, como es el caso de las cascadas y los rápidos. Por estas razones las variables elegidas en este trabajo permitieron identificar con éxito la probabilidad de presencia y ausencia de la nutria en los distintos segmentos de los tres ríos, dado que estas variables relacionadas directamente

con los requerimientos del hábitat de sus presas o con la capacidad de la nutria para poder capturarlas se cumplen en mayor o menor medida en los tres ríos muestreados, y esto puede observarse en el porcentaje de contribución de variables para los modelos de nicho realizados (Cuadro 2). Sin embargo hay que considerar que el uso del hábitat varía de acuerdo a distintas características, como la cobertura vegetal, la disponibilidad de alimento a través de las temporadas, la estructura social de las nutrias, disponibilidad de refugio y la intensidad de las actividades antropogénicas en el ambiente (Gallo-Reynoso, 1989; Kruuk, 1996).

Porcentaje de Contribución de Variables					
Río El Naranjo		Río La Higuera		Río El Refilión	
VARIABLE	PORCENTAJE	VARIABLE	PORCENTAJE	VARIABLE	PORCENTAJE
Turbidez	72	Corriente	74.2	Temperatura	51.6
Corriente	23.4	pH	25.7	pH	44.5
Salinidad	3.1	Temperatura	0.1	Conductividad	3.8
Temperatura	1.5				

**Cuadro 2.-** Contribución de variables en el proceso de modelado de nicho ecológico para los tres ríos de la región hidrológica, donde es importante señalar que estas variables no son las mismas para todos los ríos y tampoco contribuyeron en los mismos porcentajes.

## CUESTIÓN DE NICHOS

Grinnell (1917b) establece la disponibilidad de alimento como un atributo del nicho entre otros factores que afectan en la distribución de los vertebrados, tales como la temperatura, precipitación, vegetación, y disponibilidad de refugio para la crianza, entre una numerosa lista de la cual puntualiza que sólo ciertos factores o su combinación suelen resultar críticos dependiendo de la especie y su entorno. A su vez, con base en lo establecido por Grinnell podemos hacer referencia a Johnson (1980), quien señala que la presencia de un animal está definida en gran medida por la disponibilidad de sus recursos

alimentarios. En este sentido, se sabe que las nutrias de río son depredadores oportunistas cuya dieta tiene una amplia variedad de especies en los ambientes ribereños en los que habita (Gallo-Reynoso et al, 2008; Monroy-Vilchis, 2009), disponiendo de ellos con ciertas variaciones estacionales (Plata-Santiago, 2009), y por ello comprender la relación que guardan la especie y sus presas resulta esencial para modelar su nicho ecológico y con esto definir de manera certera su distribución.

En México una vasta diversidad de especies neotropicales de peces ribereños encuentran condiciones climáticas, hidrológicas y topográficas favorables para su distribución (Rush-Miller, 2009), y muchas de esas especies son potenciales presas para *L. longicaudis*, al igual que distintas especies de crustáceos, como los langostinos. Sin embargo, poco se ha estudiado acerca de las especies de peces dulce-acuícolas del estado de Nayarit (González-Días y Soria-Barreto, 2013) y aún existen importantes huecos en el conocimiento acerca del estado de las poblaciones y distribución de los langostinos del género *Macrobrachium* en todo México (García-Guerrero, 2013). Esto representa un escenario de incertidumbre para la nutria neotropical, debido al acelerado cambio del uso del agua y del suelo que presenta nuestro país, y al desconocimiento general acerca de la especie y de las presas que en buena medida definen su distribución.

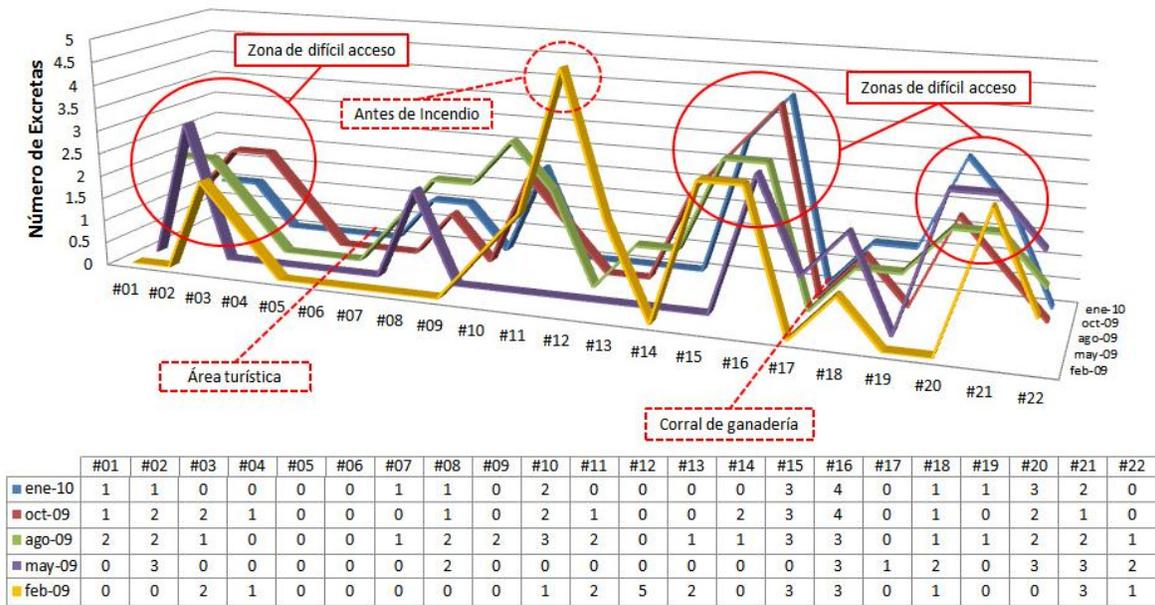
## **CUESTIÓN DE ENFOQUES**

Actualmente existe un consenso en la opinión de que hay mucho por aprender de esta especie, particularmente acerca de los límites de su distribución, y trabajos como el de Sierra-Huelsz y Vargas-Contreras (2002) y Botello et al (2006) en los que se revelan nuevos registros de la especie en zonas donde antes no se habían encontrado, son prueba de ello.

No obstante, es importante considerar que si deseamos modelar de manera fidedigna el nicho ecológico, difícilmente podemos hacerlo sin considerar qué tanto el nicho como la distribución geográfica se encuentran constantemente cambiando en función de las propias capacidades adaptativas de la especie en respuesta a la compleja y dinámica interacción de variables ecológicas.

En este sentido, si visualizamos estas variables como las piezas de un rompecabezas que constantemente están cambiando y pensamos en el nicho ecológico de una especie como la figura que se forma al completarlo, podríamos decir que para este estudio sólo hemos descrito sólo tres piezas que representan sólo un instante de la historia natural de una especie contenida dentro de un diminuto fragmento de su distribución (Fig. 18 abajo).

Esto nos lleva a remarcar el hecho de que el presente trabajo y las modelaciones resultantes sólo representan un instante en la historia natural de las nutrias de cada uno de los ríos estudiados, y dicha historia presenta importantes cambios con el paso del tiempo, debido a que su entorno es dinámico y las poblaciones de esta especie y virtualmente cualquier otra, responden a estos cambios (Fig. 24).



**Figura 24.-** A partir de muestreos realizados del 2009 al 2010 en el Río El Naranjo se contabilizaron las excretas de nutria a través de 22 estaciones a lo largo del río, encontrando tendencias consistentes y cambios drásticos en las abundancias relativas, mostrando un importante componente dinámico en el uso de su hábitat.

## CONCLUSIONES

---

Los resultados de este estudio permiten concluir que a una escala fina, la distribución de la nutria neotropical está definida en buena medida por la disponibilidad de alimento y refugio, siendo quizás más tolerante a cambios antropogénicos de lo que se estima en buena parte de la literatura, siempre y cuando tenga suficiente alimento.

Por otra parte, el modelado de nicho ecológico resultó ser una herramienta poderosa que permitió representar y entender los factores causales que definen la distribución de la nutria neotropical, que se caracteriza por ser una especie elusiva y difícil de estudiar. Sin embargo, para que los modelos de nicho sean efectivos es necesario que sean proyectados en una escala apropiada a la pregunta que deseamos responder y tengamos datos de variables que sean de directa importancia para la especie, o indirectamente como es el caso de este estudio, a través de los requerimientos de sus presas.

Por estas razones es posible afirmar que el entendimiento e integración de las relaciones biológicas de los depredadores con sus presas representa una importante oportunidad para plantear estrategias de modelación de nicho ecológico efectivas, además de ampliar el rango de preguntas que pueden responderse con estos métodos.

## LITERATURA CITADA

---

**BASTAZINI V.A.G., SOUZA K.S., DIAS R.A. 2009.** "ON THE NICHE BREADTH OF LONTRA LONGICAUDIS (OLFERS, 1918) (MUSTELIDAE: LUTRINAE)", *ANAIS DO IX CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL*.

**BLACHER C. 1987.** "OCORRÊNCIA E PRESERVAÇÃO DE LUTRA LONGICAUDIS (MAMMALIA: MUSTELIDAE) NO LITORAL DE SANTA CATARINA". *BOLETIM DA FUDAÇÃO BRASILEIRA PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA* 22:105-117.

**BOTELLO FRANCISCO ET AL. 2006.** "PRIMER REGISTRO DE LA NUTRIA NEOTROPICAL DE RÍO (LONTRA LONGICAUDIS) EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE TEHUACÁN-CUICATLÁN , OAXACA , MÉXICO." *REVISTA MEXICANA DE BIODIVERSIDAD* (77): 133–35.

**BROWN J. H. 1995** "MACROECOLOGY". UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS, CHICAGO.

**BUSBY J.R. 1991.** "BIOCLIM—A BIOCLIMATE ANALYSIS AND PREDICTION SYSTEM." *PLANT PROT. Q.* 6, 8–9.

**CARRILLO-RUBIO EDUARDO. 2001.** "USO, CARACTERISTICAS Y MODELACION DEL HÁBITAT DE LA NUTRIA DE RÍO NEOTROPICAL (LONTRA LONGICAUDIS ANNECTENS MAJOR 1897) EN EL BAJO RÍO SAN PEDRO, CHIHUAHUA." TESIS DE MAESTRÍA. *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA*.

**CASARIEGO-MADORELL MARÍA ANTONIETA. 2004.** "ABUNDANCIA RELATIVA Y HÁBITOS ALIMENTARIOS DE LA NUTRIA DE RÍO (LONTRA LONGICAUDIS ANNECTENS) EN LA COSTA DE OAXACA, MÉXICO." TESIS DE MAESTRÍA. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*.

**CASARIEGO-MADORELL MARÍA ANTONIETA, LIST RURIK, CEBALLOS GERARDO. 2008.** "TAMAÑO POBLACIONAL Y ALIMENTACIÓN DE LA NUTRIA DE RÍO (LONTRA LONGICAUDIS ANNECTENS) EN LA COSTA DE OAXACA, MEXICO." *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (NUEVA SERIE)* 24: 179–99.

**CIRELI-VILLANOVA VERÓNICA. 2005.** "RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA CUENCA APATLACO – TEMEMBE. ESTUDIO DE CASO: MODELADO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA NUTRIA DE RÍO, LONTRA LONGICAUDIS ANNECTENS. TESIS DE MAESTRÍA. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*.

**CONTRERAS VICTORIA, MARTÍNEZ-MEYER ENRIQUE, VALIENTE ELSA, ZAMBRANO LUIS. 2009.** "RECENT DECLINE AND POTENTIAL DISTRIBUTION IN THE LAST REMNANT AREA OF THE MICROENDEMIC MEXICAN AXOLOTL (*AMBYSTOMA MEXICANUM*)."  
*BIOLOGICAL CONSERVATION* 142(12):2881–85.

**CUERVO-ROBAYO, A. P., O. TÉLLEZ-VALDÉS, M. A. GÓMEZ-ALBORES, C. S. VENEGAS-BARRERA, J. MANJARREZ, AND E. MARTÍNEZ-MEYER. 2014.** "AN UPDATE OF HIGH-RESOLUTION MONTHLY CLIMATE SURFACES FOR MEXICO."  
*INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY* 34:2427-2437

**DE OLIVEIRA LARISSA ROSA, ET AL. 2012.** "CONSERVATION GENETICS OF SOUTH AMERICAN AQUATIC MAMMALS: AN OVERVIEW OF GENE DIVERSITY, POPULATION STRUCTURE, PHYLOGEOGRAPHY, NON-INVASIVE METHODS AND FORENSICS."  
*MAMMAL REVIEW* 42(4): 275–303.

**DEL RÍO-VELEZ ANGÉLICA ESMERALDA. 2010.** "DIETA DE LA NUTRIA (*LONTRA LONGICAUDIS*, OLFERS, 1818) EN EL CAÑÓN DEL RÍO SANTIAGO. TESIS DE LICENCIATURA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA.

**DOMÍNGUEZ-DOMÍNGUEZ OMAR, MARTÍNEZ-MEYER ENRIQUE, ZAMBRANO LUIS, PÉREZ-PONCE DE LEÓN GERARDO. 2006.** "USING ECOLOGICAL-NICHE MODELING AS A CONSERVATION TOOL FOR FRESHWATER SPECIES: LIVE-BEARING FISHES IN CENTRAL MEXICO."  
*CONSERVATION BIOLOGY: THE JOURNAL OF THE SOCIETY FOR CONSERVATION BIOLOGY* 20(6):1730–39.

**DUQUE-DÁVILA DIANA LAURA. 2007.** "DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA Y HÁBITOS ALIMENTARIOS DE LA NUTRIA (*LONTRA LONGICAUDIS ANNECTENS* MAJOR, 1897) EN EL RÍO GRANDE, RESERVA DE LA BIÓSFERA TEHUACÁN-CUICATLÁN OAXACA, MÉXICO." TESIS DE LICENCIATURA. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*.

**ELITH JANE, LEATHWICK J.R. 2009.** "SPECIES DISTRIBUTION MODELS: ECOLOGICAL EXPLANATION AND PREDICTION ACROSS SPACE AND TIME."  
*ANNUAL REVIEW OF ECOLOGY, EVOLUTION AND SYSTEMATICS*. 40: 677–697.

**ELITH JANE ET AL. 2011.** "A STATISTICAL EXPLANATION OF MAXENT FOR ECOLOGISTS."  
*DIVERSITY AND DISTRIBUTIONS* 17(1):43–57.

**ELTON, C. S. 1927.** ANIMAL ECOLOGY. SIDGWICK AND JACKSON, LONDON.

**ESPINOSA-CHAURAND LUIS DANIEL, ET AL. 2011.** BIOLOGÍA Y CULTIVO DE MACROBRACHIUM TENELLUM: ESTADO DEL ARTE. *HIDROBIOLÓGICA*, 21 (2): 99-117.

ESRI. 2008. ARCGIS 10. ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE, REDLANDS, CA.

“EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXTINCIÓN DE LONTRA LONGICAUDIS DE ACUERDO AL NUMERAL 5.7 DE LA NOM-059-SEMARNAT-2001.” 2001: 61–90.

**FERNOW HALL. 2006.** “NEOTROPICAL RIVER OTTER MICRO-HABITAT PREFERENCE IN WEST-CENTRAL CHIHUAHUA, MEXICO”. *IUCN/SCC OTTER SPECIALIST GROUP*. 21:1–5.

**FLEMONS P., GURALNICK R., KRIEGER J., RANIPETA A., NEUFELD D., 2007.** “A WEB-BASED GIS TOOL FOR EXPLORING THE WORLD'S BIODIVERSITY: THE GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY MAPPING AND ANALYSIS PORTAL APPLICATION (GBIF-MAPA).” *ECOL. INFORM.* 2, 49–60.

**FRANKLIN J. 2009.** “MAPPING SPECIES DISTRIBUTIONS: SPATIAL INFERENCE AND PREDICTION.” *CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, CAMBRIDGE, UK*.

**GALLO-REYNOSO JUAN PABLO. 1989.** “DISTRIBUCIÓN Y ESTADO ACTUAL DE LA NUTRIA O PERRO DE AGUA (LUTRA LONGICAUDIS ANNECTENS MAJOR, 1897) EN LA SIERRA MADRE DEL SUR, MÉXICO.” TESIS DE MAESTRÍA. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*.

**GALLO-REYNOSO JUAN PABLO. 1991.** “THE STATUS AND DISTRIBUTION OF RIVER OTTERS (LUTRA LONGICAUDIS ANNECTENS MAJOR, 1897), IN MEXICO.” IN *6 PROCEEDINGS V. INTERNATIONAL OTTER COLLOQUIUM, HAKKENSBÜTTEL, 1989*.

**GALLO-REYNOSO JUAN PABLO. 1996.** “DISTRIBUTION OF THE NEOTROPICAL RIVER OTTER (LUTRA LONGICAUDIS ANNECTENS MAJOR, 1897) IN THE RIO YAQUI, SONORA, MEXICO.” *IUCN OTTER SPEC. GROUP BULL.* 13(1): 27–31.

**GALLO-REYNOSO JUAN PABLO. 1997.** “SITUACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS NUTRIAS EN MÉXICO, CON ÉNFASIS EN LONTRA LONGICAUDIS ANNECTENS MAJOR, 1987”. *REVISTA MEXICANA DE MASTOZOLOGÍA*, 2:10-32.

**GALLO-REYNOSO JUAN PABLO, RAMOS-ROSAS, NADIA NAYELI, RANGEL-AGUILAR ÓSCAR. 2008.** “DEPREDACIÓN DE AVES ACUÁTICAS POR LA NUTRIA NEOTROPICAL (LONTRA LONGICAUDIS).” *REVISTA MEXICANA DE BIODIVERSIDAD* (79): 275–79.

**GALLO-REYNOSO JUAN PABLO. 2013.** "PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LAS NUTRIAS EN MÉXICO." *THERYA VOL. 4 (2): 191–199.*

**GARCÍA-GUERRERO MARCELO U., ET AL. 2013.** "LOS LANGOSTINOS DEL GÉNERO MACROBRACHIUM CON IMPORTANCIA ECONÓMICA Y PESQUERA EN AMÉRICA LATINA: CONOCIMIENTO ACTUAL, ROL ECOLÓGICO Y CONSERVACIÓN." *LATIN AMERICAN JOURNAL OF AQUATIC RESOURCES, 41(4): 651-675.*

**GONZÁLEZ-DÍAS A. A., SORIA-BARRETO M. 2013.** "LISTA SISTEMÁTICA PRELIMINAR DE LOS PECES DEL ESTADO DE NAYARIT." *REVISTA BIO CIENCIAS. 2(3): 200-215.*

**GRINNELL JOSEPH. 1917 A.** "THE NICHE-RELATIONSHIPS OF THE CALIFORNIA THRASHER."

**GRINNELL JOSEPH. 1917 B.** "FIELD TESTS OF THEORIES CONCERNING DISTRIBUTIONAL CONTROL". *THE AMERICAN NATURALIST, 51 (602): 115–128.*

**GUERRERO-FLORES J. J., MACÍAS-SÁNCHEZ S., MUNDO-HERNÁNDEZ V., MÉNDEZ-SÁNCHEZ F. 2013.** "ECOLOGÍA DE LA NUTRIA (LONTRA LONGICAUDIS) EN EL MUNICIPIO DE TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO: ESTUDIO DE CASO." *THERYA VOL. 4 (2): 231–242.*

**GUISAN ANTOINE, WILFRIED THUILLER. 2005.** "PREDICTING SPECIES DISTRIBUTION: OFFERING MORE THAN SIMPLE HABITAT MODELS." *ECOLOGY LETTERS 8(9):993–1009.*

**GUZMÁN-ARROYO M. 1987.** "BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y PESCA DEL LANGOSTINO MACROBRACHIUM TENELLUM (SMITH, 1871), EN LAGUNAS COSTERAS DEL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO." TESIS DE MAESTRÍA. INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

**HAMPE ARNDT. 2004.** "BIOCLIMATE ENVELOPE MODELS: WHAT THEY DETECT AND WHAT THEY HIDE." *GLOBAL ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY 13(5):469–71.*

**HERNÁNDEZ ROMERO PABLO CÉSAR. 2011.** "ABUNDANCIA POBLACIONAL Y PREFERENCIA DE HÁBITAT DE LA NUTRIA NEOTROPICAL (*LONTRA LONGICAUDIS ANNECTENS* MAJOR, 1897) EN EL RÍO GRANDE, CUICATLÁN, OAXACA." TESIS DE MAESTRÍA. *INSTITUTO DE ECOLOGÍA.*

**HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G., JARVIS, A., 2005.** "VERY HIGH RESOLUTION INTERPOLATED CLIMATE SURFACES FOR GLOBAL LAND AREAS." *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY 25, 1965–1978.*

**HIRZEL ALEXANDRE H., GWENAËLLE LE LAY. 2008.** "HABITAT SUITABILITY MODELLING AND NICHE THEORY." *JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY* 45(5):1372–81.

**HUTCHINSON G. E. 1957.** "COCLUDING REMARKS." *COLD SPRING HARBOR SYMPOSIA ON QUANTITATIVE BIOLOGY.* 22:415-427.

**ILLOLDI-RANGEL PATRICIA, SÁNCHEZ CORDERO VICTOR, TOWNSEND-PETERSON A.. 2004.** "PREDICTING DISTRIBUTIONS OF MEXICAN MAMMALS USING ECOLOGICAL NICHE MODELING". *JOURNAL OF MAMMALOGY* 85(4):658-662.

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), 2002.** "SÍNTESIS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTADO DE NAYARIT."

**JOHNSON D.H. 1980.** "THE COMPARISON OF USAGE AND AVAILABILITY MEASUREMENTS FOR EVALUATING RESOURCE PREFERENCE. *ECOLOGY.*" 61: 67-71.

**KASPER CARLOS BENHUR, ET AL. 2008.** "TROPIC ECOLOGY AND THE USE OF SHELTERS AND LATRINES BY THE NEOTROPICAL OTTER (LONTRA LONGICAUDIS) IN THE TAQUARI VALLEY, SOUTHERN BRAZIL." *IHERINGIA* 98(4): 469–74.

**KRUUK H. 1996.** "WILD OTTERS PREDATION AND POPULATION". OXFORD UNIVERSITY PRESS. GREAT BRITAIN.

**LARIVIÉRE SERGE. 1999.** "LONTRA LONGICAUDIS." *MAMMALIAN SPECIES* (609): 427–28.

**MACÍAS-SÁNCHEZ SAMUEL, ARANDA MARCELO. 1999.** "ANÁLISIS DE LA ALIMENTACIÓN DE LA NUTRIA LONTRA LONGICAUDIS (MAMMALIA: CARNIVORA) EN EL SECTOR DEL RÍO PESCADOS, VERACRUZ, MÉXICO." *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (NUEVA SERIE)* (76): 49–57.

**MACÍAS-SÁNCHEZ SAMUEL. 2003.** "EVALUACIÓN DEL HÁBITAT DE LA NUTRIA NEOTROPICAL (LONTRA LONGICAUDIS OLFERS, 1818) EN DOS RÍOS DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO." TESIS DE MAESTRÍA. *INSTITUTO DE ECOLOGÍA.*

**MACÍAS-SÁNCHEZ SAMUEL., HERNÁNDEZ ARTURO. 2007.** "DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LA NUTRIA NEOTROPICAL LONTRA LONGICAUDIS EN EL RÍO SANTIAGO, NAYARIT, MÉXICO." *XI CONGRESO DE LA SOCIEDAD MESOAMERICANA PARA LA BIOLOGÍA Y LA CONSERVACIÓN. PRESENTACIÓN EN CONGRESO. OAXTEPEC, MORELOS, MÉXICO.*

**MAFRA O., CARVALHO JUNIOR O. E. 2004.** "DESCRIPTION OF SHELTERS AND LATRINAES OF LONTRA LONGICAUDIS IN NAUFRAGADOS BEACH, SANTA CATARINA ISLAND, BRAZIL." *11 REUNION DE TRABAJO DE ESPECIALISTAS EN MAMIFEROS ACUATICOS DE AMERICA DEL SUR.*

**MAJOR C.J.F. 1897.** "DER CENTRALAMERIKANISCHE FISCHOTTER UND SEINE NÄCHSTEN VERWANDTEN". *ZOOLOGISCHER ANZEIGER 20:136-142.*

**MAYAGOITIA-GONZÁLEZ PIEDAD ESTHER, ET AL. 2013.** "USO DE HÁBITAT Y PERSPECTIVAS DE LONTRA LONGICAUDIS EN UN ÁREA PROTEGIDA DE TAMAULIPAS, MÉXICO." *THERYA VOL. 4 (2): 243–256.*

**MCNYSET K. M. 2005.** "USE OF ECOLOGICAL NICHE MODELLING TO PREDICT DISTRIBUTIONS OF FRESHWATER FISH SPECIES IN KANSAS." *ECOLOGY OF FRESHWATER FISH 14(3):243–55.*

**MONROY-VILCHIS OCTAVIO, MUNDO VICTOR. 2009.** "NICHOS TRÓFICOS DE LA NUTRIA NEOTROPICAL (LONTRA LONGICAUDIS) EN UN AMBIENTE MODIFICADO, TEMASCALTEPEC, MÉXICO". *REVISTA MEXICANA DE BIODIVERSIDAD 80: 801–806.*

**PARDINI RENATA. 1998.** "FEEDING ECOLOGY OF THE NEOTROPICAL RIVER OTTER LONTRA LONGICAUDIS IN AN ATLANTIC FOREST STREAM, SOUTH-EASTERN BRAZIL." *JOURNAL OF ZOOLOGY 245(4): 385–91.*

**PARDINI RENATA, TRAJANO ELEONORA. 2013.** "USE OF SHELTERS BY THE NEOTROPICAL RIVER OTTER (LONTRA LONGICAUDIS) IN AN ATLANTIC FOREST STREAM, SOUTHEASTERN BRAZIL." *AMERICAN SOCIETY OF MAMMALOGISTS USE 80(2): 600–610.*

**PETERSON TOWNSEND A., COHOON K.P. 1999.** "SENSITIVITY OF DISTRIBUTIONAL PREDICTION ALGORITHMS TO GEOGRAPHIC DATA COMPLETENESS." *ECOL. MODEL. 117, 154–164.*

**PETERSON TOWNSEND A. 2001.** "PREDICTING SPECIES' GEOGRAPHIC DISTRIBUTIONS BASED ON ECOLOGICAL NICHE MODELING." *THE CONDOR (103):599–605.*

**PETERSON TOWNSEND A., SOBERÓN JORGE, PEARSON RICHARD G., ANDERSON ROBERT P., MARTÍNEZ-MEYER ENRIQUE, NAKAMURA MIGUEL BASTOS ARAÚJO MIGUEL. 2011.** "ECOLOGICAL NICHES AND GEOGRAPHIC DISTRIBUTIONS." PRINCETON UNIVERSITY PRESS.

**PHILLIPS STEVEN J., ANDERSON ROBERT P., SCHAPIRE ROBERT E. 2006.** "MAXIMUM ENTROPY MODELING OF SPECIES GEOGRAPHIC DISTRIBUTIONS." *ECOLOGICAL MODELLING* 190(3-4):231–59.

**PINGFU CHEN, WILEY E. O., MCNYSET KRISTINA M. 2006.** "ECOLOGICAL NICHE MODELING AS A PREDICTIVE TOOL: SILVER AND BIGHEAD CARPS IN NORTH AMERICA." *BIOLOGICAL INVASIONS* 9(1):43–51.

**PLATA-SANTIAGO VÍCTOR MANUEL. 2009.** "ABUNDANCIA RELATIVA Y HÁBITOS ALIMENTICIOS DE LA NUTRIA DE RÍO (LONTRA LONGICAUDIS) EN LA ZONA DE USO INTENSIVO DENOMINADA 'LA VELETA' EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE." TESIS DE LICENCIATURA. *UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO*.

**PONCE-PALAFIX JESÚS T., ET AL. 2002.** BASES BIOLÓGICAS Y TÉCNICAS PARA EL CULTIVO DE LOS CAMARONES DE AGUA DULCE NATIVOS DEL PACÍFICO AMERICANO *MACROBRACHIUM TENELLUM* (SMITH, 1871) Y *M. AMERICANUM* (BATE, 1968). *I CONGRESO IBEROAMERICANO VIRTUAL DE ACUICULTURA*. 534-546.

**RHEINGANTZ-LOPES MARCELO, ET AL. 2014.** "DEFINING NEOTROPICAL OTTER LONTRA LONGICAUDIS DISTRIBUTION, CONSERVATION PRIORITIES AND ECOLOGICAL FRONTIERS UNDERSTANDING DRIVERS OF SPECIES DISTRIBUTION IS ESSENTIAL TO ITS CONSERVATION AND DETERMINING." *TROPICAL CONSERVATION SCIENCE* 7(2): 214–29.

**RUSH-MILLER ROBERT. 2009.** "PECES DULCEACUÍCOLAS DE MÉXICO". *CONABIO. PRIMERA EDICIÓN*.

**SÁNCHEZ, O., W. LÓPEZ-FORMENT, M. VALDÉS Y A. GONZÁLEZ-MANDUJANO. 1992.** "ESTUDIO ESPECÍFICO SOBRE LOS MAMÍFEROS SILVESTRES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO AGUAMILPA, NAYARIT, DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD". *INFORME TÉCNICO, DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA, INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM, 235 PP.*

**SEMARNAT. 2010.** NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2010, PROTECCIÓN AMBIENTAL – ESPECIES NATIVAS DE MÉXICO DE FLORA Y FAUNA SILVESTRES – CATEGORÍAS DE RIESGO Y ESPECIFICACIONES PARA SU INCLUSIÓN, EXCLUSIÓN O CAMBIO – LISTA DE ESPECIES EN RIESGO. *DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN*.

**SIERRA-HUELSZ JOSÉ ANTONIO, VARGAS-CONTRERAS JORGE A. 2002.** “REGISTROS NOTABLES DE LONTRA LONGICAUDIS ANNECTENS (CARNÍVORA: MUSTELIDAE) EN EL RÍO AMACUZAC EN MORELOS Y GUERRERO.” *REVISTA MEXICANA DE MASTOZOLOGÍA* (6): 129–35.

**SOBERÓN JORGE, PETERSON TOWNSEND A. 2005.** “INTERPRETATION OF MODELS OF FUNDAMENTAL ECOLOGICAL NICHES AND SPECIES’ DISTRIBUTIONAL AREAS.” *BIODIVERSITY INFORMATICS* (2):1–10.

**SOBERÓN JORGE. 2007.** “GRINNELLIAN AND ELTONIAN NICHES AND GEOGRAPHIC DISTRIBUTIONS OF SPECIES”. *ECOLOGY LETTERS* 10: 1115–1123.

**STOCKWELL, D., PETERS, D., 1999.** “THE GARP MODELLING SYSTEM: PROBLEMS AND SOLUTIONS TO AUTOMATED SPATIAL PREDICTION.” *INT. J. GEOGR. INF. SCI.* 13, 143–158.

**TRINCA CRISTINE SILVEIRA, ET AL. 2007.** “GENETIC DIVERSITY OF THE NEOTROPICAL OTTER (LONTRA LONGICAUDIS OLFERS, 1818) IN SOUTHERN AND SOUTHEASTERN BRAZIL.” *BRAZILIAN JOURNAL OF BIOLOGY* 67(4 SUPPL): 813–18.

**TRINCA CRISTINE SILVEIRA, ET AL. 2013.** “MOLECULAR ECOLOGY OF THE NEOTROPICAL OTTER (LONTRA LONGICAUDIS): NON-INVASIVE SAMPLING YIELDS INSIGHTS INTO LOCAL POPULATION DYNAMICS.” *BIOLOGICAL JOURNAL OF THE LINNEAN SOCIETY* 109(4): 932–48.

**WARREN DAN L. 2012.** “IN DEFENSE OF ‘NICHE MODELING’.” *TRENDS IN ECOLOGY & EVOLUTION* 27(9):497–500.

**WALDEMARIN H.F., ALVAREZ R. 2008.** “LONTRA LONGICAUDIS. THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES.” *VERSION 2014.3.*

**YUNG EN CHEE, JANE ELITH. 2012.** “SPATIAL DATA FOR MODELLING AND MANAGEMENT OF FRESHWATER ECOSYSTEMS.” *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE* 26 (MAY 2013):37–41.

**ZAMBRANO LUIS, MARTÍNEZ-MEYER ENRIQUE, MENEZES N., TOWNSEND-PETERSON A. 2006.** “INVASIVE POTENTIAL OF COMMON CARP (CYPRINUS CARPIO) AND NILE TILAPIA (OREOCHROMIS NILOTICUS) IN AMERICAN FRESHWATER SYSTEMS.” *CANADIAN JOURNAL OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES.* 63: 1903–1910.