



Centro de Investigación en Ciencias de Información  
Geoespacial

Especialidad en Geomática

**“Modelo predictivo para la identificación de sitios  
potenciales de ocultamiento  
de desaparecidos en la zona centro y sur de Veracruz,  
México”**

**P r e s e n t a n:**

**Geóg. Gabriela Cervin Reyes  
Biól. Carlos Enrique Salas García  
L.C.A. Carlos Armando Olivares Valencia**

**A s e s o r:  
Dr. José Luis Silván Cárdenas**

**11/12/2019**

# Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	3
1.1 La desaparición forzada en México	3
1.2 Antecedentes: Análisis del contexto de la violencia en Veracruz	4
1.3 ¿Cómo encontrarlos? la Ley y Comisiones de Búsqueda	6
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	7
2.1 RELEVANCIA	7
2.2 OBJETIVOS	8
Objetivo general	8
Objetivos particulares	8
2.3 ALCANCES	8
2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	9
<b>3. MODELO DE CONOCIMIENTO</b>	9
3.1 MODELO CONCEPTUAL: ESPACIOS CLANDESTINOS	10
Distribución Potencial	12
3.2 MODELO GEOGRÁFICO	12
Trabajo hemerográfico	13
Solicitud de información	14
Trabajo realizado en campo	14
3.2.2 DIAGNÓSTICO DE VARIABLES PARA EL MODELO PREDICTIVO	18
3.2.1 Modelo cartográfico:	28
3.3 MODELO COMPUTACIONAL	30
<b>4. SOLUCIÓN COLABORATIVA</b>	31
4.1 Antecedentes metodológicos: Estudios previos	31
<b>5. RESULTADOS:</b>	37
5.1 Visibilidad-Accesibilidad	37
5.2 Modelación con MaxEnt 3.4.1	39
Primera etapa: Configuración y ejecución del modelo	39
Segunda etapa en la obtención de resultados	44
<b>6. CONCLUSIONES:</b>	49
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	50
<b>8. AGRADECIMIENTOS</b>	50
<b>9. REFERENCIAS</b>	50

*Cuando empezaron a desaparecer  
como el oasis en los espejismos  
a desaparecer sin últimas palabras  
tenían en sus manos los trocitos  
de cosas que querían*

*están en algún sitio / nube o tumba  
están en algún sitio / estoy seguro*

-Desaparecidos M.Benedetti. (Fragmento)

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 La desaparición forzada en México

Desde el comité ¡Eureka! hace cuarenta años, hasta el Movimiento por la Paz y Ayotzinapa, la búsqueda por los desaparecidos impulsa el avance de la conciencia social y política en México, pues cuestiona al régimen desde lo más hondo.

¿En qué consiste la desaparición?<sup>1</sup> para Calveiro<sup>2</sup> la desaparición forzada como estrategia de control social es un crimen continuado, que busca sembrar el terror no solo entre los familiares sino en toda la comunidad y al conjunto de la sociedad. En México es, además, un crimen de Estado. El Grupo de Trabajo sobre las Desapariciones Forzadas o Involuntarias de Naciones Unidas en 2011 estableció:

“Un elevado número de secuestros y delitos con similitudes a las desapariciones forzadas son cometidos por grupos del crimen organizado. Sin embargo, no todas las personas desaparecidas habrían sido secuestradas por grupos del crimen organizado actuando de forma independiente; por el contrario, la participación del Estado en las desapariciones forzadas también está presente en el país<sup>3</sup>.”

La desaparición de personas en México, es un fenómeno que rebasa por mucho las cifras oficiales desde que en 2006 fue hallada la primer fosa clandestina en Michoacán: según reportó la Dra. Adriana Pozos<sup>4</sup>, al 30 de abril de 2018, hay 37,441 desaparecidos en

1 De acuerdo con las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (2009), la desaparición forzada o involuntaria de una persona se produce siempre que "se arreste, detenga o traslade contra su voluntad a las personas, o que estas resulten privadas de su libertad de alguna u otra forma por agentes gubernamentales de cualquier sector o nivel, por grupos organizados o por particulares que actúan en nombre del Gobierno o con su apoyo directo o indirecto, su autorización o su asentimiento, y que luego se niegan a revelar la suerte o el paradero de esas personas o a reconocer que están privadas de la libertad, sustrayéndolas así a la protección de la ley".

2 Calveiro, P. 2006, *Los usos políticos de la memoria*, Sujetos sociales y nuevas formas de protesta en la historia reciente de América Latina.

3 Ruiz-Reyes, J., 2019. Fosas clandestinas y su relación con crímenes de la humanidad. Propuesta metodológica para la documentación de casos que determinen responsabilidad penal internacional en México

4 Pozos, A., 2018. El cuerpo ausente como sujeto político. El proceso de construcción de la desaparición de personas en México como un problema de acción pública (1969-2018). Tesis

el Registro Nacional de Personas Extraviadas o Desaparecidas (RNPED); 1307 fosas clandestinas con alrededor de 3926 cuerpos, entre enero del 2007 y septiembre del 2018 de acuerdo con la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH), la gran mayoría de ellos está aún sin identificar (N. Jiménez y Castillo, 2018; Proceso, 2018b). Por otra parte, de acuerdo con estimaciones de organismos de derechos humanos y colectivos de familiares de personas desaparecidas, por cada denuncia de desaparición, hay al menos otras 8 que no se denuncian por miedo o por desconfianza en las instituciones y sus funcionarios (MVS Noticias, 2017; Proceso, 2017a). Esto sin contar las miles y miles de personas centroamericanas que en su proceso migratorio deben atravesar el país y desaparecen en esta travesía, sin que haya ningún conteo que pueda ser confiable. En 2016, el Movimiento Migrante Mesoamericano (MMM) estimaba que alrededor de 70 mil personas habían desaparecido en el país en 10 años (2006-2016) (Guzmán, 2016). Es decir, casi el doble de las y los mexicanos.

Si bien el Estado mexicano institucionalizó la desaparición desde los 60's, el periodo que se abarca en el presente trabajo es el comprendido por la "Guerra contra el narco" a partir de 2006, año inicia la escalada de violencia <sup>5</sup>.

### 1.2 Antecedentes: Análisis del contexto de la violencia en Veracruz

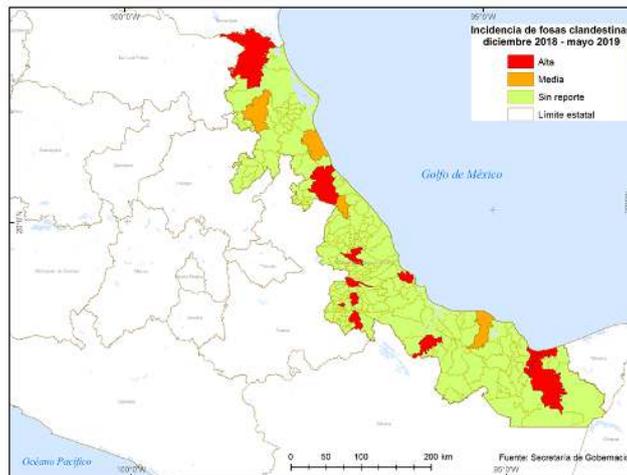
Veracruz se encuentra entre los estados que más han padecido la violencia debido a su compleja dinámica territorial, marcada por ser tres veces ruta obligada del paso internacional de mercancías y migrantes: en ruta sur-norte entre Centroamérica y EU; en ruta oriente-poniente por ser salida histórica desde el centro del país al Atlántico rumbo al Caribe y Europa; y en tercer lugar, el codiciado paso bioceánico a través del istmo de Tehuantepec. A ello hay que sumar la disputa territorial por el control de sus vastos recursos agrícolas, hídricos y sobre todo energéticos (más de 90% de la infraestructura de PEMEX está en Veracruz).

Lo anterior explica que a nivel nacional Veracruz se encuentre entre los primeros lugares en desaparición de personas, y ahora el **primer lugar** en hallazgos de ubicación de fosas clandestinas según el primer informe del presente año de la Secretaría de Gobernación sobre fosas clandestinas. En dicho informe se señala que en el periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2018 y el 13 de mayo de 2019 los municipios de Veracruz que reportaron presencia de fosas fueron Orizaba, Córdoba, Coatzacoalcos, Tuxpan, entre otros; reportando 76 fosas, el número más alto a nivel nacional. El mapa que se muestra a continuación indica la distribución espacial de dicha incidencia.

---

Doctoral, Universidad de Quebec

5 En González-Núñez, D. *et al.*, 2019. Violencia y terror. Hallazgo sobre fosas clandestinas en México 2006-2017. Universidad Iberoamericana, México. 153 p. reporta que al final de la administración del presidente Vicente Fox, en México se logró el índice más bajo de homicidios en su historia registrada, Según estos datos, en 2007 el número había bajado a 7.8 muertos por cada 100,000 habitantes. En el mandato de Felipe Calderón, el índice aumentó a 22.6 muertos por cada 100,000 habitantes para el año 2011, lo que representó aproximadamente 300% de incremento. Y en el sexenio de Enrique Peña Nieto se presentó una disminución en los índices durante los primeros cuatro años de gobierno. En realidad, dichas cifras demuestran que no varió la estrategia, sino que solamente se redujo su intensidad, llegando a un índice de 16.3 muertes violentas por cada 100,000 habitantes



**Fig 1. Incidencia de fosas clandestinas en Veracruz Dic 2018- Mayo 2019**

Este hecho contrasta con que Veracruz no se tiene registrado como el estado con más desapariciones: según la base de datos del registro nacional de personas extraviadas o desaparecidas, hay 790 desaparecidos (as) en Veracruz; en la base de datos de fiscalía hasta 2016, se contaban 2522; En la comisión de búsqueda llevan 1000 registros; colectivos de familiares estiman que pueden ser hasta 20,000, lo que coincide con otras estimaciones si se toman en cuenta los migrantes. Según opinión de personas de la comisión al menos un 70% de desaparecidos en Veracruz serían migrantes.

El siniestro descubrimiento de la dimensión de la tragedia se preveía gracias a los valientes esfuerzos de periodistas a pesar de la sabida agresión al gremio en este estado:

una investigación hemerográfica de 2007 a 2014 realizada por la Universidad Iberoamericana<sup>6</sup> reporta que el registro de fosas en este estado inicia recién en 2011 y aunque fue aumentando año con año Veracruz se mantenía lejos de los primeros lugares, hasta este año 2019, en que llegó a encabezar la lista. Reuters en 2018, reportaba que se había alcanzado el segundo lugar, registrando de enero de 2007 a septiembre de 2016 los estados con mayor cantidad de fosas fueron Guerrero con 195, Veracruz y Nuevo León con 191. Pero el repunte en los hallazgos en Veracruz en los últimos años, presumimos, puede deberse por un lado al aumento de la violencia local, pero también a que de estados vecinos se hayan transportado cuerpos hacia esta entidad, ya que un reporte de la asociación de periodistas “a donde (lle)van (a) los desaparecidos”, señala que algunos de los municipios donde se han encontrado fosas entre 2006 y 2016 son Tres Valles (colindante con el estado de Puebla) con 17 fosas, Pueblo Viejo (colindante con el estado de Tamaulipas) con 17 fosas y Agua Dulce 15 fosas (colindante con el estado de Tabasco). Por otro lado, municipios ubicados más hacia el interior del estado como Veracruz reportan en este mismo periodo de tiempo 152 fosas, Alvarado 11 fosas, Acayucan 10 fosas y Lerdo de Tejada 10 fosas, pueden responder a otro tipo de patrones como el crimen organizado.

En la investigación titulada “El país de las 2 mil fosas”, se documenta que la Fiscalía General de Veracruz reportó entre 2006 y 2016 la localización de 332 fosas con 222 cuerpos, de los cuales 104 han sido identificados. En estos entierros también ha localizado restos óseos de 157 personas, 293 cráneos y en seis puntos más, miles de restos óseos. La

<sup>6</sup> <http://cmdpdh.org/project/violencia-terror-hallazgos-fosas-clandestinas-mexico/>

investigación reporta que en 46 de los 212 municipios se han encontrado fosas<sup>7</sup>. Sin embargo, en el oficio no. 2660/2019 de la Fiscalía General de Veracruz del 6 de septiembre de 2019, manifiesta que del año 2010 al mes de agosto de 2019 han sido localizadas 258 fosas clandestinas, siendo los municipios de Veracruz, Alvarado y Río Blanco los que presentan el mayor número con 155, 50 y 39, respectivamente<sup>8</sup>. La inconsistencia en mucho se explica por la misma colusión de las autoridades en encubrir los crímenes. Para muestra un botón: Jorge Winckler, anterior fiscal, está hoy prófugo. La organización Datacívica en otro estudio, estimaba Veracruz como una zona de alta incidencia de fosas<sup>9</sup>.

A la complejidad territorial del fenómeno en Veracruz hay que aumentar el aparente caos de los perpetradores: operan 24 grupos criminales en el estado según datos de los colectivos de familiares, y a menudo buscan diferenciarse del *modus operandi* de sus rivales para infundir mayor terror.

De acuerdo con Stratfor (plataforma de Inteligencia Geopolítica que desde 2006 realiza informes anuales sobre la dinámica de las organizaciones del crimen organizado en México) para el presente año 2019 existen grupos delictivos que emanan de tres principales áreas geográficas: los procedentes del estado de Sinaloa (mediáticamente conocido como el Cártel de Sinaloa), Tamaulipas (Cártel de los Zetas- el Golfo) y la región de Tierra Caliente (cartel Jalisco Nueva Generación). Según Stratfor el grupo delictivo que hegemoniza el área de estudio en la cual se va a trabajar es el procedente de Tierra Caliente, su influencia abarca el centro-oeste del territorio nacional, no obstante, dicha influencia se extiende hacia los estados de Oaxaca y Veracruz.

### 1.3 ¿Cómo encontrarlos? la Ley y Comisiones de Búsqueda

Bajo este contexto, y tras largas gestiones de familiares de desaparecidos organizados en colectivos a nivel local y nacional, en noviembre de 2017 fue aprobada la "*Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas, Desaparición Cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas*". En el marco de esta ley, se creó la Comisión Nacional de Búsqueda y las Comisiones Locales de Búsqueda en las entidades federativas<sup>10</sup>.

En Veracruz el actual gobierno estatal de la mano de los colectivos de familiares en búsqueda, establecieron la comisión estatal de búsqueda el 20 de agosto de 2018 con el propósito de trazar estrategias regionales de búsqueda en cada región del estado. La ley mandata a las Comisiones de búsqueda a realizar una serie de estudios para elaborar y actualizar los protocolos de actuación y herramientas de investigación, entre las que se encuentra la realización de cartografía que permita contextualizar los crímenes y oriente los esfuerzos de búsqueda.

---

7 Guillén, A, et al, 2018. El país de las 2 mil fosas (<https://adondevanlosdesaparecidos.org/2018/11/12/2-mil-fosas-en-mexico/><https://adondevanlosdesaparecidos.org/2018/11/12/2-mil-fosas-en-mexico/>)

8 Fiscalía General del Estado, Veracruz, 2019. Oficio no. 2660/2019 del 06-septiembre-2019

9 En el estudio de PDHlbero, HRDAG y Datacívica, 2017. "Predecir la existencia de fosas en municipios mexicanos", estimaron probabilidad de localizar restos o fosas a partir de información de medios y estadísticas sociales a nivel municipio para todo el país analizadas mediante un modelo de bosques aleatorios.

10 DOF, 2017. Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas, Desaparición Cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas. (17/11/2017).

De esta forma, el presente proyecto en geomática busca aportar información novedosa mediante la generación de un mapa de distribución potencial de sitios de ocultamiento, a partir de los datos de ubicación y análisis de patrones de dichos sitios.

## 2. JUSTIFICACIÓN

### 2.1 RELEVANCIA

Veracruz es el segundo estado del país con más desaparecidos y primero en fosas clandestinas<sup>11</sup>. A partir de la publicación de la Ley general de Búsqueda de personas desaparecidas en noviembre de 2017 se estableció el uso de herramientas tecnológicas como el mapeo para encontrar patrones de criminalidad para optimizar la búsqueda<sup>12</sup>.

Por lo general, quienes investigan casos de personas desaparecidas buscan testigos, cuyas declaraciones pueden llevar a los investigadores a un lugar específico (por ejemplo, un lugar de detención, ejecución o entierro) y, dependiendo de la confiabilidad percibida de la información, pueden conducir a una excavación en busca de una fosa, sin embargo a veces la información proporcionada no es confiable y no se encuentran sitios de entierro<sup>13</sup>.



Fig 2. Varilleo, técnica para la búsqueda de restos

A pesar de la existencia de tecnologías para apoyar la búsqueda de restos humanos como serían los perfiles de resistividad, los de magnetometría, cámaras termográficas, radares de penetración, sensores LIDAR, cámaras hiperespectrales y uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV), por citar algunas; presentan grandes desventajas como sería un alto costo para su adquisición y de especialización para su procesamiento, además que permiten el cubrimiento de áreas pequeñas por lo que se requiere previamente una delimitación del área de búsqueda<sup>14</sup>.

Derivado de lo anterior, surge la necesidad de explorar métodos de búsqueda alternativos, basados en la identificación de patrones comunes considerando las ubicaciones conocidas mediante técnicas de análisis espacial y percepción remota utilizando soluciones geomáticas.

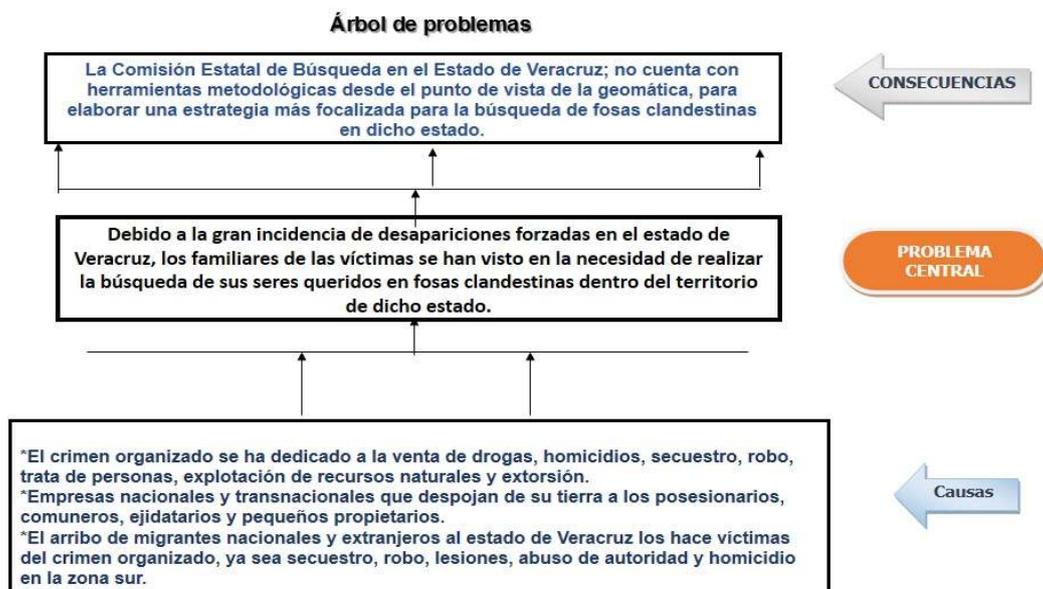
---

11 Datacivica predecir la existencia de fosas en municipios mexicanos: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwif2Ob3I7PkAhXnna0KHeGmAD0QFjABegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fdatacivica.org%2Fassets%2Fpdf%2FFosas\\_web.pdf&usq=AOvVaw32Rldhamg5znCWdpo64Cvg](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwif2Ob3I7PkAhXnna0KHeGmAD0QFjABegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fdatacivica.org%2Fassets%2Fpdf%2FFosas_web.pdf&usq=AOvVaw32Rldhamg5znCWdpo64Cvg)

12 ¿A dónde van los desaparecidos? Registro sobre fosas: <https://data.adondevanlosdesaparecidos.org/>

13 Congram, D., et al., 2017. Grave mapping in support of the search for missing persons in conflict context. *Forensic Science International* 278(2017): 260-286

14 Pingle, et al., 2012. The use of geoscience methods for terrestrial forensic searches. *Earth-Science Reviews* 114 (2012) 108–123



**Fig 3. Árbol de problemas**

## 2.2 OBJETIVOS

### Objetivo general

Generar un mapa de zonas potenciales de ocultamiento de desaparecidos de la zona centro y sur del estado de Veracruz, mediante metodologías de análisis geoespacial y modelamiento predictivo.

### Objetivos particulares

1. Cuantificar de la accesibilidad y privacidad, mediante la determinación del tiempo de viaje de las fosas a los asentamiento urbano y análisis de cuencas visuales, respectivamente.
2. Modelar y determinar los sitios de ocultamiento potenciales a partir de un método de aprendizaje automático (Modelo de Máxima Entropía).
3. Generar una regionalización considerando factores que podrían influir en la elección de los sitios de ocultamiento por parte de los grupos delictivos como la edafología, uso de suelo, hidrología, frontera agrícola, entre otros.

## 2.3 ALCANCES

La contribución del proyecto será la generación de un modelo predictivo para la identificación de sitios potenciales de ocultamiento de desaparecidos, así como un mapa probabilístico de sitios potenciales de ocultamiento en la zona centro y sur de Veracruz que permitan a los Colectivos de Búsqueda y a la Comisión Estatal mayor información para el mejoramiento de sus estrategias.

No buscamos incidir de manera alguna en la planeación de la estrategia de búsqueda, nos limitamos a aportar herramientas para determinar si se confirman o rechazan las hipótesis que ellos aventuran, y podremos dar elementos para que se formulen otras.

## 2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Qué variables son relevantes en la ubicación de sitios potenciales de ocultamiento en la zona centro y sur de Veracruz, México?
- ¿Qué patrones espaciales presentan los sitios de ocultamiento de desaparecidos que utilizan los perpetradores?

## 3. MODELO DE CONOCIMIENTO

La aplicación de metodologías geográficas a entornos forenses tiene una larga historia desde los primeros desarrollos para la identificación de patrones de crimen, Phillips (1972) señala que desde 1830 la escuela cartográfica o geográfica ya relacionaba datos sociales como la riqueza o la densidad de población con la distribución del delito; sin embargo, la mayoría de la literatura sobre crimen hace referencia al entorno urbano mientras que trabajos enfocados al área rural son limitados. Rossmo registró que en 104 sitios de depósito de cadáveres 11.5% se encontraron en granjas, campos o áreas abiertas; 20.2% en lagos, ríos o pantanos; 21,2% en bosques o bosques; 4.8% en colinas o montañas; y 3.8% en desierto o tierra baldía<sup>15</sup>.

Orengo menciona una serie de factores que influyen en la selección del sitio por el perpetrador: presencia de carreteras, selección de sitios próximos a los caminos, lugares preferentemente planos, la pendiente, el tipo de terreno, la vegetación, entre otros. Por ejemplo, destaca que los sitios seleccionados están a una distancia de 30-45 minutos y las áreas urbanas tienen un bajo potencial de entierro clandestino debido a la alta probabilidad de que se descubra al delincuente. Así también, destaca la posibilidad de mapear aquellas áreas en las que el entierro es factible de acuerdo con el perfil del suelo, el uso de la tierra y la geología subyacente. Manhein, reportó que los restos se arrojan con mayor frecuencia en áreas rurales alejadas de una estructura y se encuentran a una milla (1.6 km) de la carretera más cercana<sup>16</sup>.

Al respecto, existen trabajos previos enfocados la búsqueda de fosas clandestinas<sup>14,17,18</sup>, donde se ha buscado caracterizar los principales factores que determinan la selección de

---

15 Orengo, H.A. 2007. Detection of Body Dump Sites and Clandestine Burials: A GIS-Based Landscape Approach, in: Clark, J.T. and E.M. Hagemeyer (eds.) Digital Discovery. Exploring New Frontiers in Human Heritage. CAA2006. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 34th Conference, Fargo, United States, April 2006.

16 Manhein, et al., 2006. The Application of Geographic Information Systems and Spatial Analysis to Assess Dumped and Subsequently Scattered Human Remains. Forensic Sci, May 2006, 51 (3)

17 Somma, R. et al., 2018. A GIS-based quantitative approach for the search of clandestine graves, Italy. Journal Forensic Science, 63 (3): 882-

18 Orengo, H.A. 2007. Detection of Body Dump Sites and Clandestine Burials: A GIS-Based Landscape Approach, in: Clark, J.T. and E.M. Hagemeyer (eds.) Digital Discovery. Exploring New Frontiers in Human Heritage. CAA2006. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 34th Conference, Fargo, United States, April 2006.

los sitios son la “digabilidad”, paisaje, pendiente, vegetación, estructuras antrópicas, geomorfología y visibilidad para la generación de una priorización de las zonas, buscando dar claridad a procesamiento de los datos e información disponible.

Asociado a la escasa información de personas desaparecidas una alternativa es examinar los patrones comunes de características de las ubicaciones conocidas desde un pensamiento espacial con el fin de evaluar las relaciones espaciales entre variables que influyen en cómo y dónde están los cuerpos como complemento a los métodos tradicionales. Congram destaca la existencia de métodos disponibles para producir mapas de predicción de ubicación del sitio: capa de mapa ponderada, regresión logística binaria, modelado de entropía máxima y modelado basado en agentes, por nombrar algunos<sup>19</sup>.

Nuestro proyecto por su área de investigación comprende tanto elementos de análisis de datos como de modelado espacial predictivo. De análisis de datos porque buscamos identificar las características de los sitios de ocultamiento localizados y de modelado espacial predictivo, porque se busca generar un modelo de probabilidad de presencia de los sitios mencionados.

Por la disciplina dentro de las que se enmarca, se ubica entre la Ciencia Regional y la estadística espacial. De la Ciencia Regional en la medida que estudia un fenómeno dentro de un contexto regional en un esfuerzo por aclarar las determinantes espaciales asociadas a dichos fenómenos y desarrollar hipótesis asociadas (Isard, 1956).

Para ello recurrirá a métodos de cuantificación y modelos teóricos acerca del análisis de la localización, susceptibilidad de presencia e de interacción espacial aplicados en temas regionales. Estadística espacial, porque comprende el muestreo espacial, patrones de distribución, la interpolación y la extrapolación espacial, regresión espacial, etc.

### 3.1 MODELO CONCEPTUAL: ESPACIOS CLANDESTINOS

Se fundamenta en el concepto de espacio clandestino propuesto por Silván-Cárdenas<sup>20</sup>, constituido por dos elementos clave: **la accesibilidad espacial y la privacidad espacial**. Este modelo busca identificar los espacios caracterizados por una accesibilidad y una privacidad en conjunto altas, denominados espacios clandestinos. Al respecto, se presume que estos sitios son preferentemente elegidos para los sitios de ocultamiento y por ende, una delimitación de este tipo de espacios proporcionará un esquema de priorización para las tareas de búsqueda.

---

19 Congram, D., *et al.*, 2017. Grave mapping in support of the search for missing persons in conflict context. *Forensic Science International* 278(2017): 260-286

20 Silván-Cárdenas, *et al.*, 2019. Potential distribution of clandestine graves in Guerrero using geospatial analysis and modelling. Artículo en preparación



Fig 4. Conceptualización del “espacio clandestino”, Tomado de Silván-Cárdenas, et al., 2019.

**Accesibilidad espacial**, hace referencia a la facilidad de acceso a un lugar, esta fue analizada considerando el tiempo de viaje desde el asentamiento urbano más cercano. El tiempo de viaje es considerado una medida inversa de accesibilidad, a menor tiempo mayor será la accesibilidad y viceversa.

Para cuantificar esta variable se empleó un Análisis de costos acumulativos, cada píxel del mapa de costos da el costo total de la ruta de costo más bajo a la más cercana ubicación de origen, es decir, el tiempo acumulado del camino más corto desde la ubicación urbana más cercana<sup>21</sup>. La función de costo en la celda  $i$  viene dada por el tiempo por metro para atravesar, que se puede modelar de la siguiente manera:

$$f_i = \frac{1}{v_i \cos \phi_i}$$

donde  $\phi_i$  y  $v_i$  son la pendiente del terreno y la velocidad en la celda.

**Privacidad espacial**, consistió en un análisis de cuencas visuales, definida como el conjunto de superficies o zonas que son vistas desde un punto de observación<sup>22</sup>. Este se obtuvo acumulando las máscaras de cuenca visual sobre todas las ubicaciones del observador  $x_j$  dentro del rango de observación  $r$ , normalizado por el número total de observaciones, multiplicado por la fracción de brecha de vegetación, o de otra manera<sup>23</sup>:

$$Vis_i = (1 - \alpha_i) \frac{\sum_j^N VS_i(x_j, r)}{\sum_j^N C_i(x_j, r)}$$

donde  $VS_i(x_j, r)$  denota la cuenca visual desde el punto  $x_j$ ,  $C(x_j, r)$  es la máscara circular centrada en  $x_j$  y  $\alpha_i$  es la fracción de cobertura vegetal en el sitio.

21 Adriaensen, et al., 2003. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. Landscape and urban planning 64(4), 233-247

22Teva-Sanz, G., 1996. La cuenca visual en el análisis del paisaje. Serie Geográfica 6, 99-113

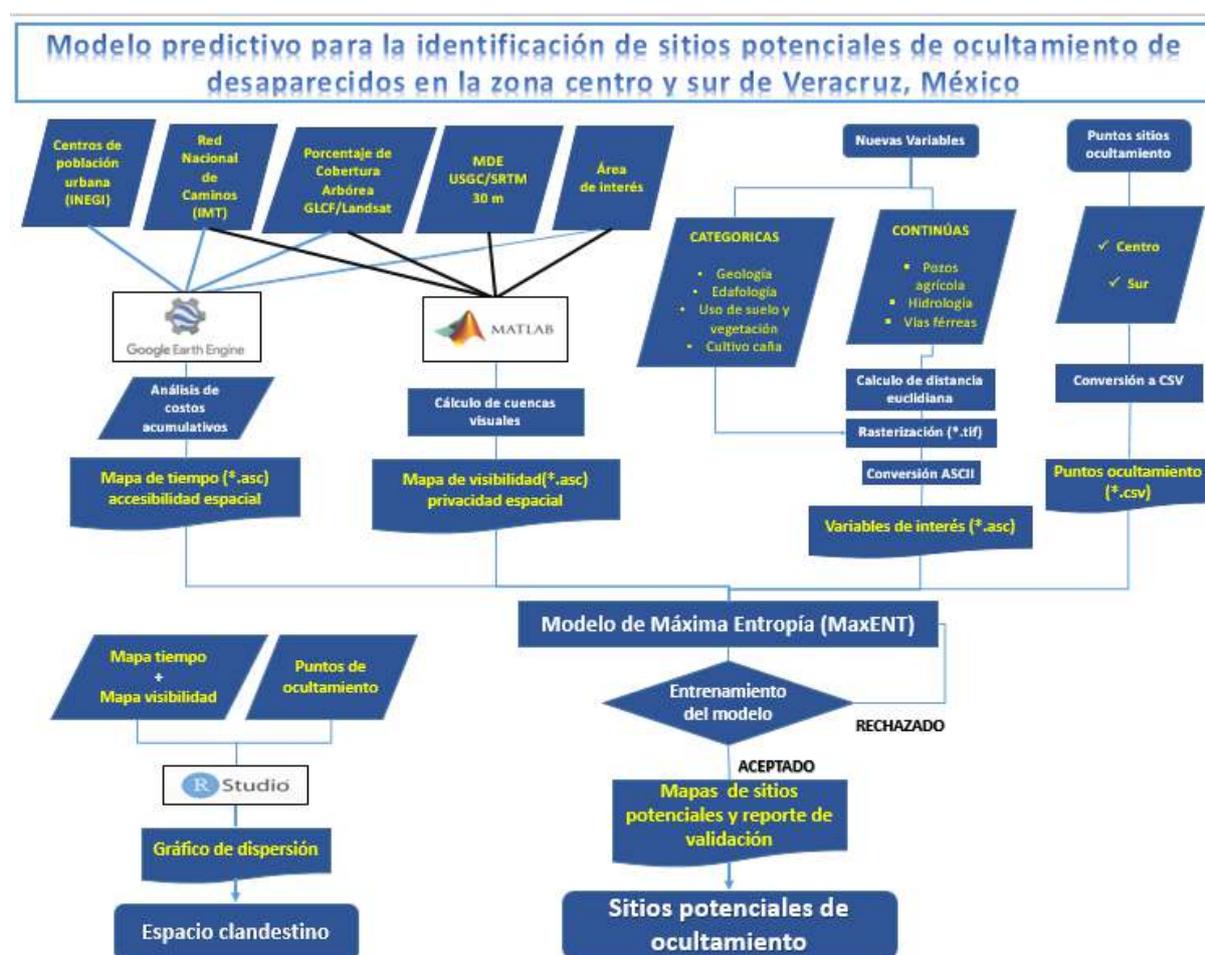
23 Fisher, P.F., 1993. Algorithm and implementation uncertainty in viewshed analysis. International Journal of Geographical Information Science 7(4), 331-347

## Distribución Potencial

Se empleó un **Modelo de máxima entropía**, usado generalmente para mapear la distribución de especies en función de factores ambientales especificados en una serie de variables y un conjunto de puntos de presencia para cada especie. Expresa la idoneidad de un sitio para la existencia de la especie en función de las características ambientales del sitio y un conjunto de puntos de presencia para cada especie. El resultado es un mapa establecido en un esquema de color que representa áreas de alta y baja probabilidad<sup>24, 25</sup>.

Al mencionado modelo considera las variables de accesibilidad, privacidad y puntos de sitios de ocultamiento, siendo complementado con variables como geología, edafología, uso de suelo, entre otros, esto con el objeto de poder identificar y/o incorporar nuevos elementos al análisis.

## 3.2 MODELO GEOGRÁFICO



**Fig 5. Modelo geográfico para la identificación de sitios de ocultamiento en Veracruz, México.**

24 Phillips, S.J., et al., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological modelling 190(3-4), 231-259

25 Phillips, S.J., Dudk, M., 2008. Modeling of species distributions with maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography 31(2), 161-175

### 3.2.1 Obtención de los sitios de ocultamiento

Con la finalidad de obtener información georreferenciada de los sitios de ocultamiento de desaparecidos se decidió tomar tres vías, una consistió en realizar un trabajo de investigación hemerográfica, la segunda mediante un análisis a una respuesta de solicitud de información y la tercer vía fue la realización de trabajo de campo directamente con la Comisión Estatal de Búsqueda y los Colectivos de la entidad, por lo que se trabajó directamente con familiares de desaparecidos.

#### a) Trabajo hemerográfico

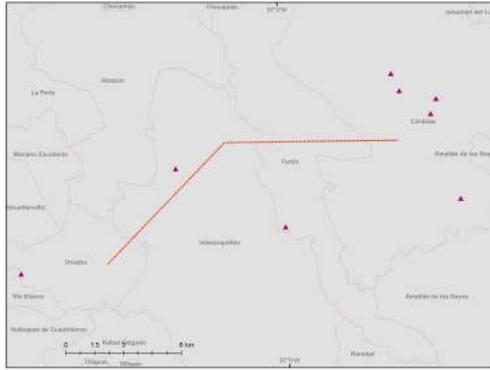
Algunos de los sitios de ocultamiento localizados fueron: Colinas de Santa Fe (catalogada como la fosa más grande del país, debido a que se encontraron 22, 500 restos humanos y 298 cráneos, según indica el medio de comunicación Animal Político), San Rafael Calería (11 fosas con huesos calcinados), El Porvenir, Carta Blanca, Buena vista - Paso Nacional y Arbolillo (se encontraron 74 cráneos y, ya anteriormente 47), Kilómetro 13 y medio, Playa Juan Ángel y Paraíso. Cabe mencionar que los datos de hallazgo corresponden a los años 2013 a 2019.

Con la finalidad de realizar una caracterización de los sitios ubicados se realizó un acercamiento a la localización de las fosas georreferenciadas y se encontraron patrones como cercanía a vías de comunicación, cercanía a localidades y ubicación en zonas de pantanos. A continuación se presentan dos mapas que muestran la ubicación de dichos sitios.



**Fig 6. Ejemplos de ubicaciones de sitios de ocultamiento encontradas en la revisión hemerográfica.**

Finalmente, de acuerdo con una fuente hemerográfica existe un corredor entre Orizaba y Córdoba, donde existe incidencia de hallazgos de sitios de ocultamiento, sin embargo, esta información no fue tomada en cuenta para la construcción del modelo predictivo dado que no se cuenta con información más precisa.



**Fig 7. Corredor Córdoba-Orizaba de desapariciones. Pese a que varios testimonios indicaban estárta no se consiguieron ubicaciones puntuales.**

Aunado a lo anterior, mediante la solicitud a un equipo de trabajo que ya anteriormente había trabajado sobre este tema en el estado de Guerrero, se obtuvieron tres puntos: El Diamante (30 cadáveres en 13 fosas), San Joaquín Limón (casi 3,000 fragmentos pertenecientes a cientos de cuerpos) y Fortín-Orizaba.

b) Solicitud de información

Consistió en la revisión de la solicitud de información No. 2162/2017 de fecha 4 de diciembre de 2017 de la Fiscalía General del Estado Veracruz, se obtuvieron alrededor de 15 sitios (2011 a 2017). Esta fue “punteada” en Google Earth Pro con apoyo de información topográfica de INEGI, información periodística y en la medida de lo posible fue contrastada con información de los sitios Fosas clandestinas en Veracruz (2010-2017) elaborado por Eirinet Gómez y <https://adondevanlosdesaparecidos.org/>. Es necesario destacar que en la mayoría de los casos la información proporcionada por la Fiscalía es insuficiente para poder identificar con precisión los sitios de hallazgo.

FISCALÍA REGIONAL	AÑO	FECHA DE INICIO	LUGAR	MUNICIPIO	POBLADO	CANTIDAD DE FOSAS ENCONTRADAS	NO. DE CUERPOS ENCONTRADOS
	2011	30/06/2011	LAMIEL	IMATLAHUACAN, VER.	COMUNIDAD LA MIEL	1	1
	2012	22/06/2012	PLAYA AGUA DULCE	LERDO DE TEJADA	EL ZACATAL	10	5

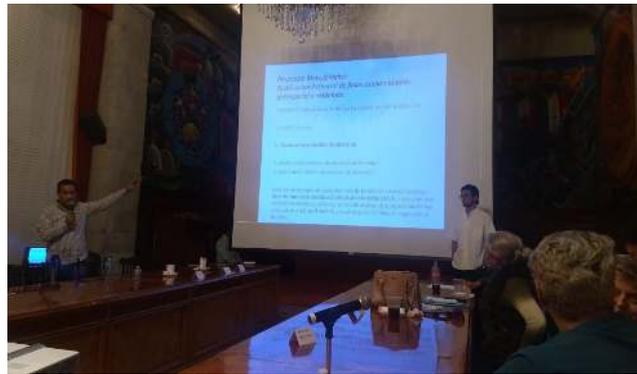
**Fig 8. Fragmento de solicitud de información de la Fiscalía**

c) Trabajo realizado en campo

Con el objeto de contar con información más precisa de los sitios de ocultamiento mediante herramientas de mapeo se concertaron 6 reuniones con distintos colectivos de búsqueda del estado, para ello se contó con el apoyo de la Comisión de Búsqueda de Desaparecidos en el Estado de Veracruz y distintos colectivos de búsqueda, al final se realizaron 5 talleres.

**Cuadro 1. Talleres realizados con colectivos de familiares.**

No.	Fecha	Sitio	Colectivo
1	Sab 12 octubre	Tierra Blanca	Madres Luna - Tierra Blanca
2	Sab 19 octubre	Xalapa	Colectivos
3	Mar 5 nov	Papantla	Colectivo Poza Rica
4	Lun 11 nov	Xalapa	Unidas por amor a nuestros desaparecidos
5	Mie 13 nov	Xalapa	C. Enlaces Xalapa, C. Familiares en Búsqueda, C. Buscando a nuestros Desaparecidos
6	Sab 16 nov	Córdoba	Madres Luna - Córdoba -CANCELADO



**Fig 9. Exposición de propuesta metodológica ante colectivos y comisión de búsqueda en Palacio de Gobierno, Xalapa. 19/Octubre/19**



**Fig 10. Taller en Poza Rica 5 noviembre/2019**



**Fig 11.**  
Taller en Xalapa  
13/novi/2019

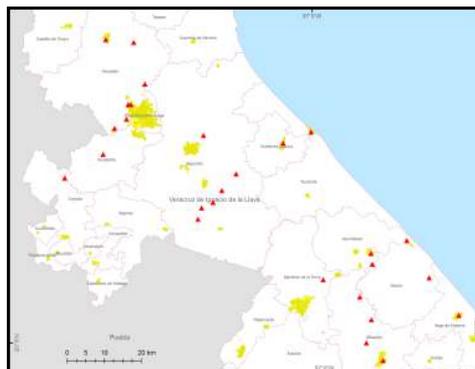
Derivado de trabajo con los colectivos se obtuvo información 11 sitios, así como algunas características físicas de los sitios de ocultamiento, siendo evaluados para enriquecer el modelo con nuevas variables: pozos petroleros, pozos de riego para sembradíos de caña, barrancas, cuarteles de policía, ejidos, entre otros.

A continuación, se presentan las variables derivadas del taller realizado en Poza Rica.

VARIABLES IDENTIFICADAS DURANTE EL TALLER EN POZA RICA, CON EL COLECTIVO MARÍA HERRERA, 05/11/2019
* POZOS PETROLEROS
* GASODUCTOS
* ZONAS DE PARCELAMIENTO
* EJIDOS
* BRECHAS
* PANTEONES
* RÍOS CERCANOS A EJIDOS

**Cuadro 2. Variables de importancia local identificadas en taller de Poza Rica. No se obtuvieron ubicaciones puntuales.**

Otro aspecto a destacar sobre el taller realizado en Poza Rica, es que se hizo mención sobre algunos sitios de ocultamiento ya identificados en Google Maps, sin embargo, estos no fueron proporcionados por los colectivos y por ende, no pudieron ser incorporados para la construcción del modelo predictivo. El mapa que se muestra a continuación es la transcripción de los diálogos captados durante dicho taller.



**Fig 12. Mapa resultante de diálogos en Poza Rica.**

Finalmente, de acuerdo con el trabajo de campo realizado se obtuvo la siguiente información respecto al perfil de las personas que buscan a sus familiares. Dichos datos se obtuvieron de los talleres realizados en Tierra Blanca y Poza Rica, Ver. Es así que la siguiente gráfica muestra que el 69% de las personas asistentes a los talleres buscan a sus hijos, seguido del 10% que buscan a una hermana o hermano, el 7% a una sobrina y esposo y el 3 y 4% a yerno y novia de hijo respectivamente.



Gráfica 1. ¿A quién buscan los colectivos?

El año de reporte de desaparición de sus familiares oscila entre 2011 y 2018.



Gráfica 2. Año de resporte de desaparición.

Finalmente, producto del trabajo realizado se obtuvo un total de 51 sitios, distribuidos en 29 municipios.

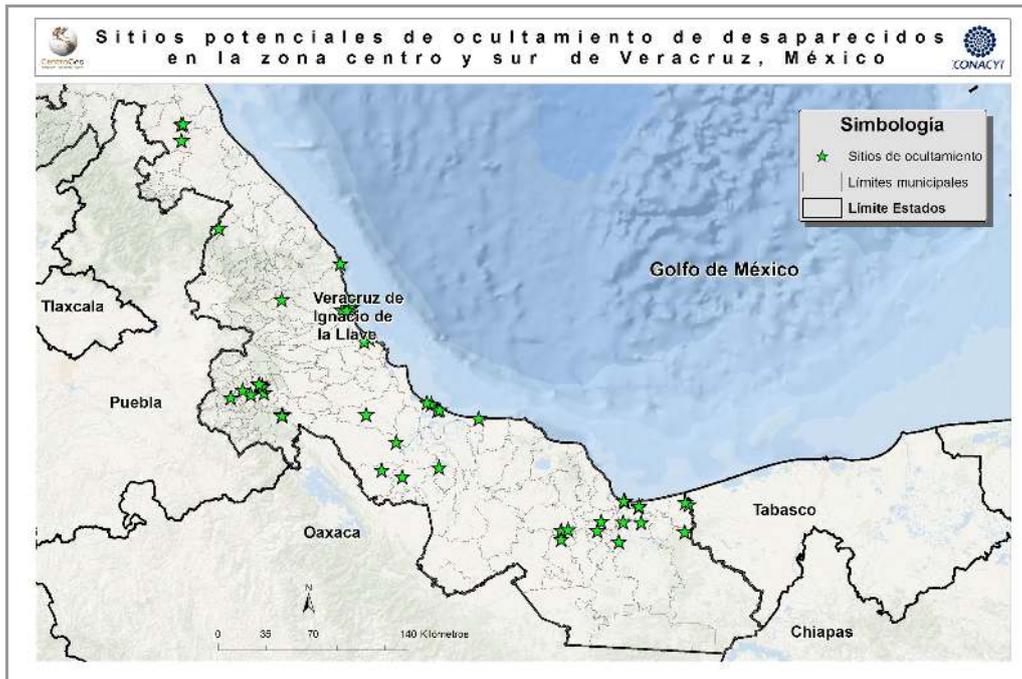


Fig 13. Ubicaciones registradas mediante los tres métodos de documentación.

En la siguiente gráfica se puede observar que los municipios de Córdoba y Omealca encabezan los sitios de incidencia, seguido de Úrsulo Galván, Alvarado y Coatzacoalcos.



Gráfica 3. incidencia de sitios de ocultamiento por municipio.

### 3.2.2 DIAGNÓSTICO DE VARIABLES PARA EL MODELO PREDICTIVO

A partir de la información identificada durante la etapa de obtención de sitios de ocultamiento, fue posible identificar las variables predictivas que posteriormente servirían para llevar a cabo las pruebas pertinentes en el software MaxEnt para la obtención del modelo predictivo final. Inicialmente se consideraron las siguientes: edafología, geología, uso de suelo y vegetación, vías del ferrocarril, frontera agrícola, cañaverales, ingenios azucareros, cafetales, ríos, distritos de riego, pozos agrícolas, humedales. Para cada una de dichas variables se llevó a cabo un análisis visual para identificar su relación con los

sitios documentados. A continuación, se presentan algunos mapas de la caracterización de los sitios de ocultamiento (color rojo) respecto a los elementos mencionados.

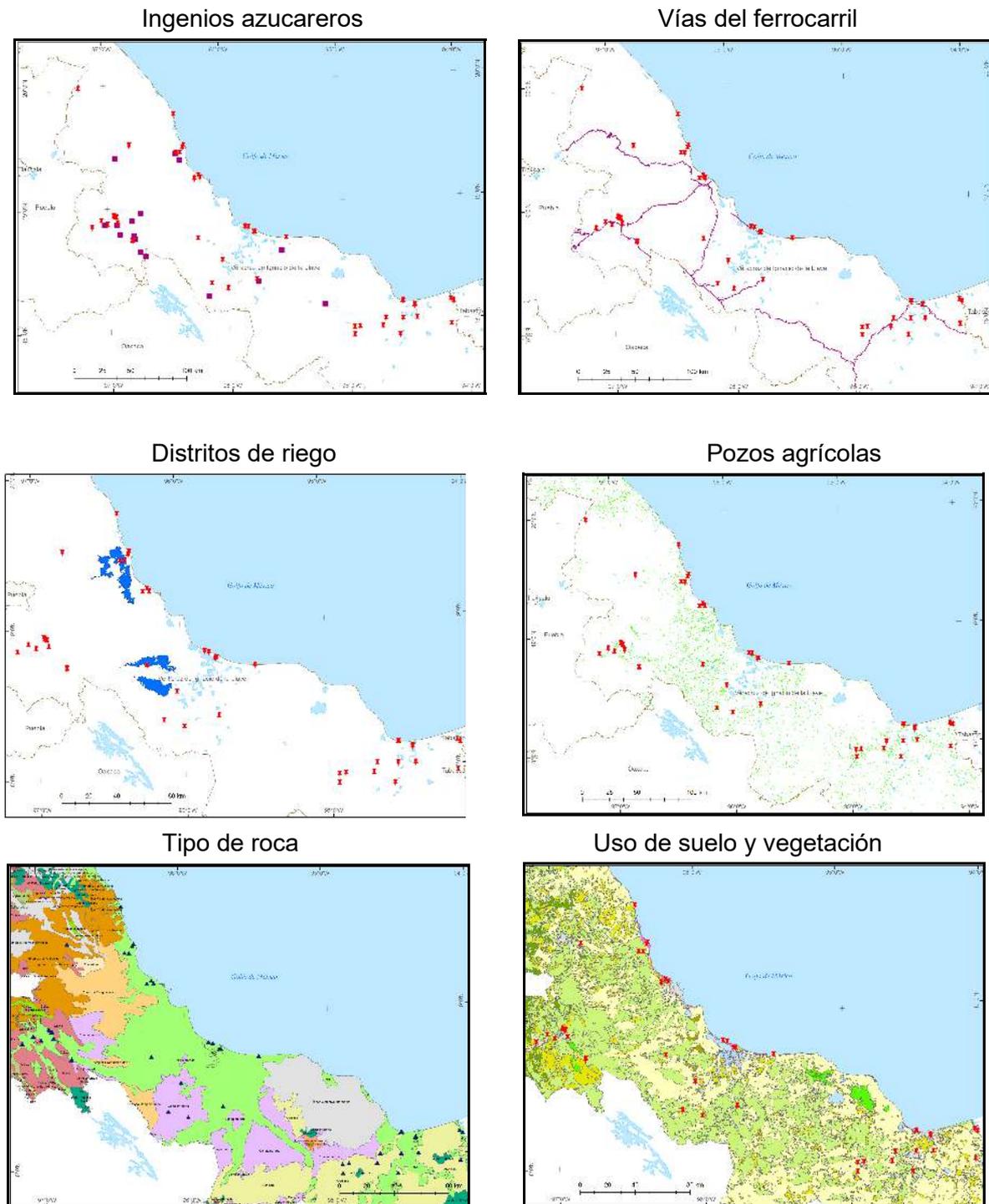
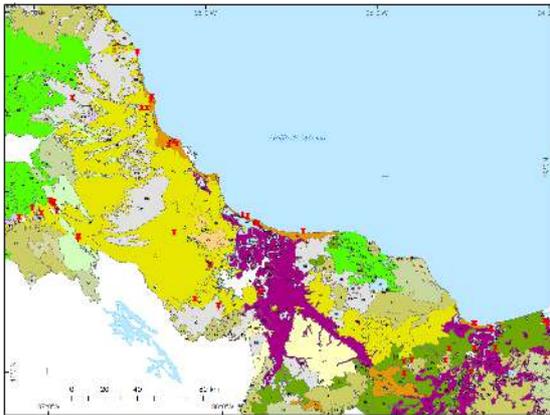
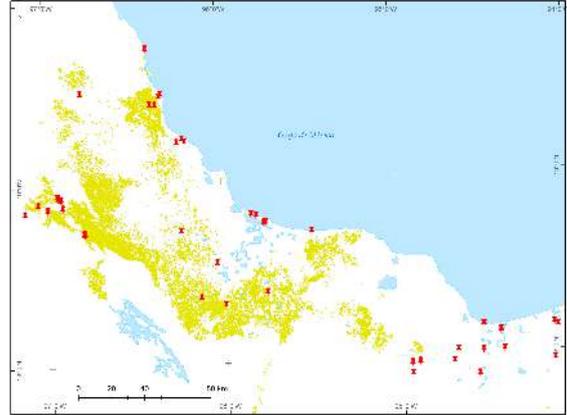


Fig 14. Variables de importancia local para caracterizar sitios de ocultamiento. 1/2

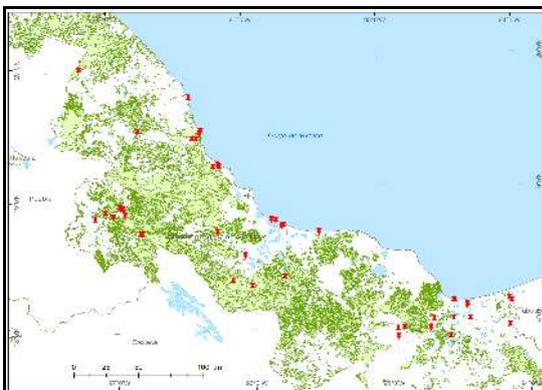
Edafología



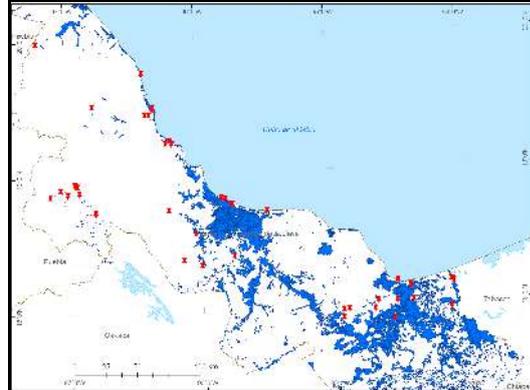
Estimación de caña



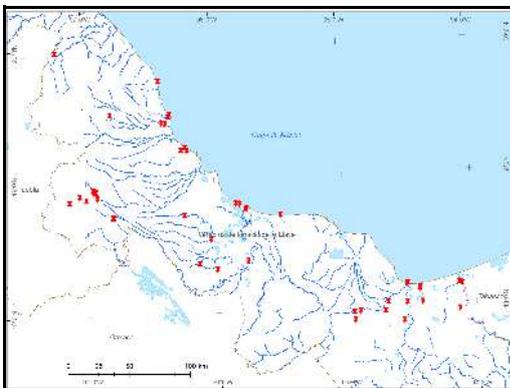
Frontera agrícola



Humedales



Ríos



Red vial



Localidades urbanas

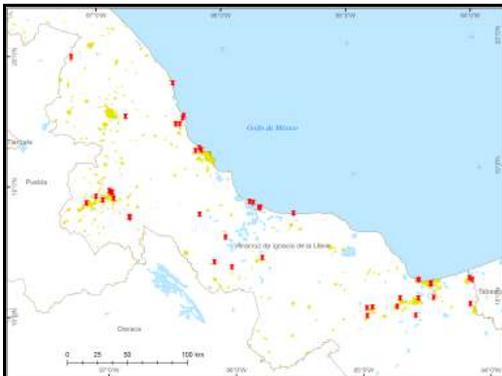


Fig 15. Variables de importancia local para caracterizar sitios de ocultamiento. 2/2

Una vez realizado el análisis visual de las variables predictivas se llevó a cabo un diagnóstico de las variables, a continuación, se muestran los detalles.

## **EDAFOLOGÍA**

**VERTISOLES** .- De efecto de batido y mezcla provocado por la presencia de arcillas hinchables. Se encuentran en depresiones de áreas llanas o suavemente onduladas. El clima suele ser tropical, semiárido a subhúmedo. La vegetación suele ser de sabana, o de praderas naturales o con vegetación leñosa. Los vertisoles se vuelven muy duros en la estación seca y muy plásticos en la húmeda. **Son suelos muy productivos. Se desarrolla agricultura de temporal y de riego.**

**REGOSOLES** .- **Son suelos muy productivos.** Son muy comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y en las regiones montañosas. Su uso y manejo varían muy ampliamente. Bajo regadío soportan una amplia variedad de usos, si bien los **pastos extensivos de baja carga son su principal utilización.** En zonas montañosas es preferible mantenerlos bajo bosque. pueden dar lugar a producciones agrícolas "relativamente" rentables en ambientes sin acusados déficits hídricos. Muchos Regosoles se usan para **pastoreo extensivo.**

**ANDOSOLES** .- El término andosol deriva de los vocablos japoneses "an" que significa negro y "do" que significa suelo, haciendo alusión a su carácter de **suelos negros de formaciones volcánicas.** El material original lo constituyen, fundamentalmente, cenizas volcánicas, pero también pueden aparecer sobre tobas, pumitas, lapillis y otros productos de eyección volcánica. Se encuentran en **áreas onduladas a montañosas de las regiones húmedas,** desde el ártico al trópico, bajo un amplio rango de formaciones vegetales. La mayoría de los andosoles están cultivados de forma intensiva con una gran variedad de plantas (FAO, 2019).

**GLEYSOL** .- El término gleysol deriva del vocablo ruso "gley" que significa masa fangosa, haciendo alusión a su exceso de humedad. El material original lo constituye un amplio rango de materiales no consolidados, principalmente sedimentos de origen fluvial, marino o lacustre. Se encuentra en áreas deprimidas o zonas bajas del paisaje, con mantos freáticos someros. Suelen estar cubiertos con una vegetación natural pantanosa e inútil o se usan para pastizal extensivo. Una vez drenados pueden utilizarse para cultivos, agricultura de subsistencia o huertas. En los trópicos y subtrópicos se utilizan ampliamente para el cultivo del arroz.

**CAMBISOL** .- El término cambisol deriva del vocablo latino "cambiare" que significa cambiar, haciendo alusión al principio de diferenciación de horizontes manifestado por cambios en el color, la estructura o el lavado de carbonatos, entre otros. Se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, destacándose depósitos eólicos, aluvial o coluvial. Permiten un amplio rango de usos agrícolas. En zonas de pendiente elevada su uso se reduce al forestal o pecuario.

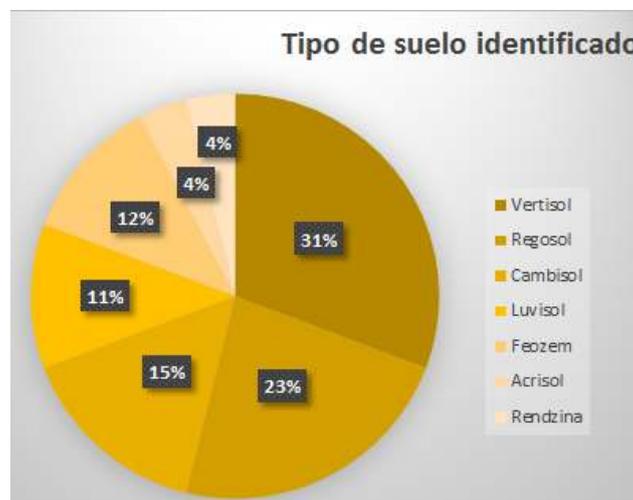
**ACRISOL** .- El término acrisol deriva del vocablo latino "acris" que significa muy ácido, haciendo alusión a su carácter ácido y su baja saturación en bases, provocada por su fuerte alteración. Se desarrollan sobre productos de alteración de rocas ácidas, con elevados niveles de arcillas muy alteradas, las que pueden sufrir posteriores degradaciones. La

pobreza en nutrientes minerales, la toxicidad por aluminio, la fuerte adsorción de fosfatos y la alta susceptibilidad a la erosión, son las principales restricciones a su uso. Grandes áreas de Acrisoles se utilizan para cultivos de subsistencia, con una rotación de cultivos parcial. No son muy productivos salvo para especies de baja demanda y tolerantes a la acidez como la piña, caucho o palma de aceite.

**LUVISOL** .- El término Luvisol deriva del vocablo latino "luere" que significa lavar, haciendo alusión al lavado de arcilla de los horizontes superiores para acumularse en una zona más profunda. Se desarrollan principalmente sobre una gran variedad de materiales no consolidados como depósitos glaciares, eólicos, aluviales y coluviales. Predominan en zonas llanas o con suaves pendientes de climas templados fríos o cálidos pero con una estación seca y otra húmeda.

**FEOZEM** .- El término Feozem deriva del vocablo griego "phaios" que significa oscuro y del ruso "zemlja" que significa tierra, haciendo alusión al color oscuro de su horizonte superficial, debido al alto contenido en materia orgánica. El material original lo constituye un amplio rango de materiales no consolidados. se destacan los depósitos glaciares y el loess. asociados a vegetación de matorral tipo estepa o de bosque. Son suelos fértiles y soportan una gran variedad de cultivos de secano y regadío así como pastizales. Sus principales limitaciones son las inundaciones y la erosión (FAO, 2019).

El patrón de incidencia de suelos en los que se encuentran los sitios ubicados es: vertisol con 31%, regosol con 23%, cambisol 15%, feozem 12%, luvisol 11%, Acrisol 4% y Rendzina 4%, dichos resultados se visualizan en la siguiente gráfica:



**Gráfica 4. Presencia de sitios de ocultamiento en cada tipo de suelo**

## GEOLOGÍA

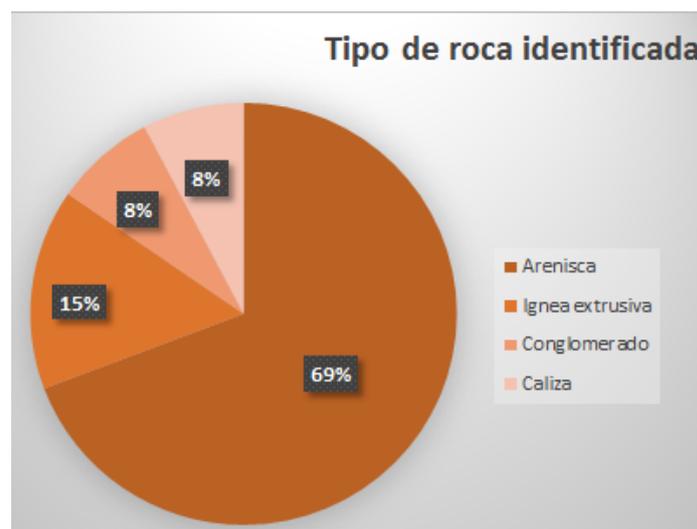
**CONGLOMERADO** .- El conglomerado es un tipo de **roca sedimentaria** que se compone de fragmentos de rocas grandes, redondeadas contenidas dentro de una matriz de grano más pequeño de los sedimentos.

**CALIZA** .- Es una **roca sedimentaria** compuesta en un 90% por Carbonato de Calcio (CaCO<sub>3</sub>), especialmente Calcita y Aragonita. En su versión más pura es de color blanco,

pero mezclada con arcilla, hematita, óxido de hierro y cuarzo, adquiere tonalidades diferentes como marfil, marrón y gris azulado, entre otras.

**ARENISCA** .- La arenisca es una roca sedimentaria de tipo detrítico que contiene clastos de tamaño arena. Después de la lutita, es la roca más abundante ya que constituye el 20% del conjunto de rocas sedimentarias del planeta Tierra (Universidad de Málaga, 2019).

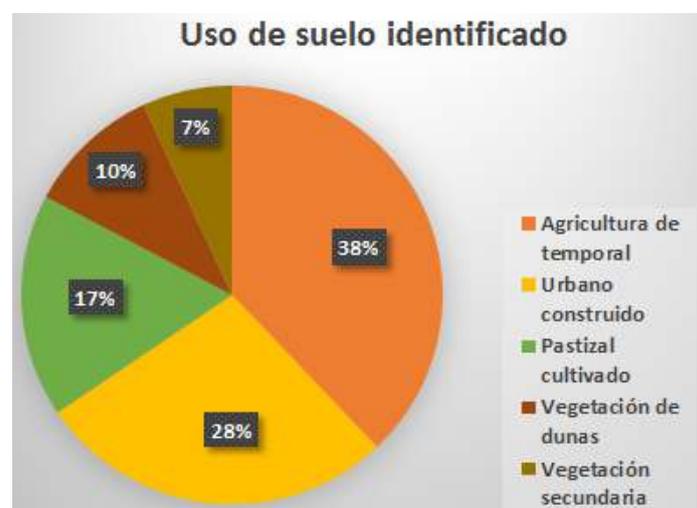
El patrón de incidencia de tipo de roca que se encuentra en los sitios ubicados, como puede observarse en la gráfica de abajo, predomina la arenisca con el 69%, seguida de la ígnea extrusiva con 15%, conglomerado 8% y caliza 8%.



**Gráfica 5. Presencia de sitios de ocultamiento en cada tipo de roca**

## EL USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

El patrón de incidencia de uso de suelo y vegetación que se encuentra en los sitios ubicados, predominó la "agricultura de temporal" con 38%, urbano construido 28%, pastizal cultivado 17%, vegetación de dunas 10% y vegetación secundaria 7%, la gráfica que se presenta a continuación muestra los resultados:



**Gráfica 6. Presencia de sitios de ocultamiento en cada tipo de uso de suelo**

## INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN

Por otra parte, relativo a la incidencia de sitios de ocultamiento respecto a las vías del ferrocarril, se clasificó en cinco categorías “menos de 1 km, entre 1 y 3 km, entre 3 y 5 km, entre 5 y 10 km, más de 10km y ausencia”. Predominando la distancia entre 1 y 3 km y a más de 10 km. A continuación, se presenta la gráfica con los resultados.



Gráfica 7. Presencia de sitios de ocultamiento en cada tipo de uso de suelo

Así también se discriminó el estatus de las mismas, “en uso y fuera de uso”. El estado de “en uso” tuvo incidencia del 85%, mientras que “fuera de uso” el 15%:



Gráfica 8. Presencia de sitios de ocultamiento en cada tipo de uso de suelo

Las vías de comunicación también juegan un papel muy importante en esta temática, por lo que también se analizó su influencia, notándose que la distancia predominante es “a menos de 500 m” con el 80%, seguido de una distancia entre 500m y 1 km con el 13% y “a más de 1 km” el 7%.



Gráfica 9. Cercanía de sitios de ocultamiento a vías de comunicación.

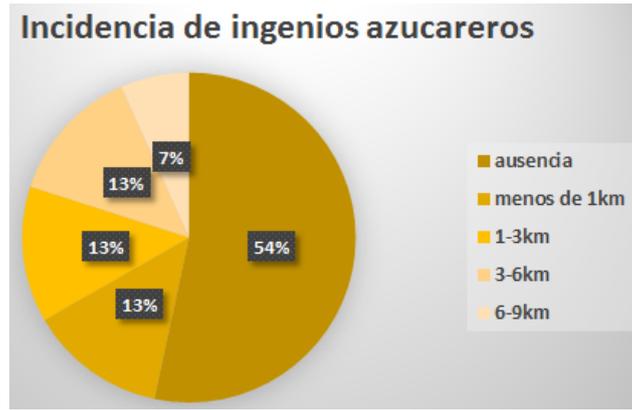
## ZONAS AGRÍCOLAS

Otro aspecto que se analizó fue la presencia de cultivos de caña, debido a que dentro de la búsqueda hemerográfica que se realizó, las notas periodísticas señalaban la presencia de cañaverales, esta información fue corroborada posteriormente dentro de los talleres realizados con los familiares de desaparecidos. La información de la gráfica que se muestra a continuación se clasificó en siete rubros de acuerdo a los datos identificados, estos son, “no hay presencia de caña, menos de 100m, a 100 m, a 200m, a 400 m, a 1 km y más de 1 km”. Predominando la no presencia de caña, seguido de una distancia a 100 m. En la siguiente gráfica se detalla al respecto.



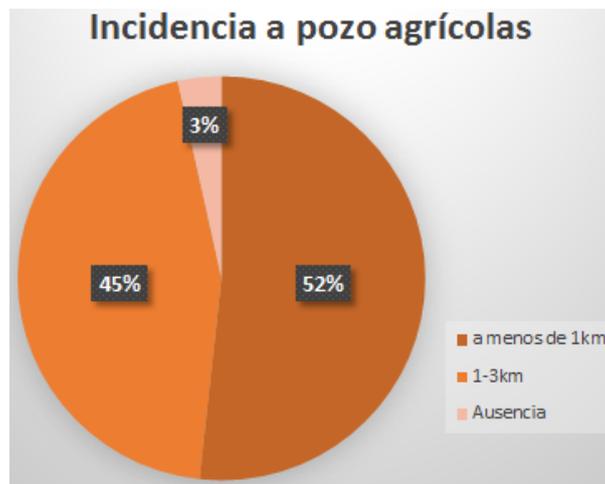
Gráfica 10. Cercanía de sitios de ocultamiento a cañaverales.

Relacionado con la presencia de cañaverales se decidió también documentar la incidencia a ingenios azucareros, dado que en las notas periodísticas se mencionaba que había indicios de que utilizaban trituradoras de caña para deshacerse de los cuerpos de las personas desaparecidas. En este sentido, se georreferenciaron 16 ingenios, sin embargo, al realizar el análisis de correspondencia con los sitios de ocultamiento, predomina la “ausencia” con 54%, seguido de “a menos de 1 km” con el 13%, luego “entre 1 y 3 km” con 1%, entre “3 y 6 km” el 13% y “entre 6 y 9 km” 7%.



Gráfica 11. Cercanía de sitios de ocultamiento a ingenios azucareros.

Otra característica analizada fueron los pozos agrícolas, debido a que dentro de las sesiones de taller con los colectivos de búsqueda se señalaron hallazgos en pozos agrícolas. El análisis indicó que la incidencia predominante fue “a menos de 1 km” con el 52%, seguido de la distancia de “entre 1 y 3 km” con el 45%, finalmente “ausencia con el 3%. La siguiente gráfica detalla la información.



Gráfica 12. Cercanía de sitios de ocultamiento a ingenios azucareros.

## HIDROLOGÍA

Respecto a la incidencia a cuerpos de agua como ríos, lagunas y mar, se observó que la mayor incidencia en distancia fue “entre 1 y 3 km”, seguido de una distancia de “más de 3 km”. La gráfica detalla lo antes mencionado.



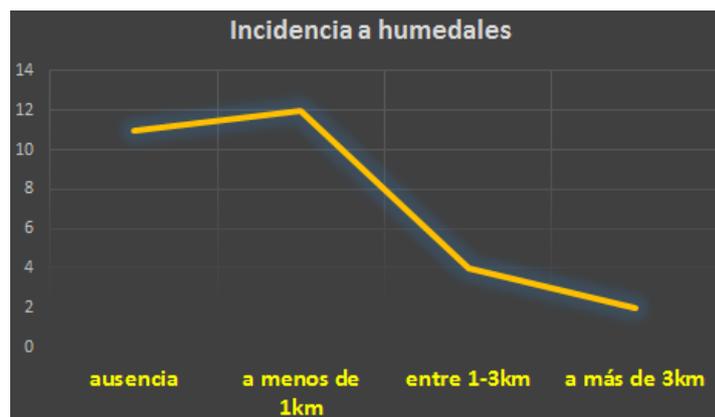
Gráfica 13. Cercanía de sitios de ocultamiento a cuerpos de agua.

Al encontrarse incidencia de distritos de riego en los sitios, derivado de la investigación hemerográfica, se observó que a pesar de ese antecedente predominó la “ausencia” de éstos en los sitios georreferenciados, aunque no por ello se descarta el dato, seguido de esto una distancia “a menos de 1 km” muestra una incidencia a tomar en cuenta.



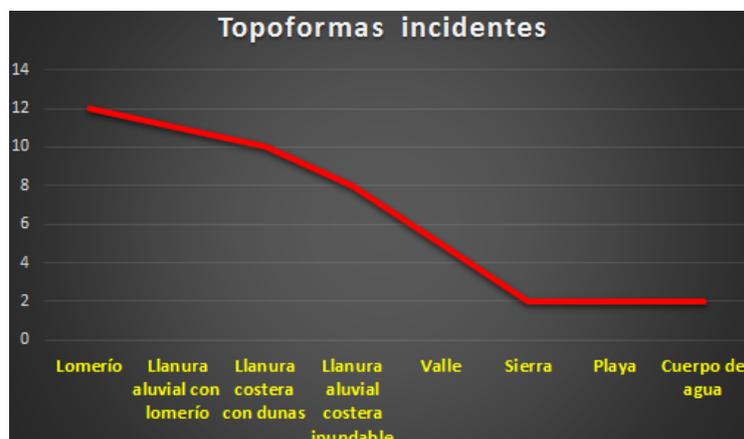
**Gráfica 14.**  
Cercanía de sitios de ocultamiento a distritos de riego.

Respecto a la incidencia a humedales los cuales también se documentan, se observó que predomina la distancia a sitios “a menos de 1 km”, seguido de la “ausencia”. La siguiente gráfica detalla este hallazgo.



**Gráfica 15.**  
Cercanía de sitios de ocultamiento a distritos de riego.

Finalmente se analizaron las toposformas presentes en los sitios de ocultamiento georreferenciados, observándose que predomina el “lomerío”, seguido de la llanura aluvial con lomeríos, llanura costera con dunas, llanura aluvial costera inundable, valle, sierra, playa y por último cuerpo de agua.



**Gráfica 16.**  
Cercanía de sitios de ocultamiento a distritos de riego.

La tabla que se presenta abajo resume la incidencia predominante de las variables predictivas analizadas sobre los sitios de ocultamiento documentados.

VARIABLE	INCIDENCIA PREDOMINANTE
*TIPO DE SUELO	VERTISOL
*TIPO DE ROCA	ARENISCA
*USO DE SUELO	AGRICULTURA DE TEMPORAL
*VÍAS DE FERROCARRIL	ENTRE 1 Y 3 KM Y MÁS DE 10 KM Y EN USO
*CAÑAVERALES	AUSENCIA Y A 100 METROS
*INGENIOS AZUCAREROS	AUSENCIA DE INGENIOS
*POZOS AGRÍCOLAS	A MENOS DE 1KM
*CUERPO DE AGUA	ENTRE 1 Y 3 KM
*DISTRITOS DE RIEGO	AUSENCIA
*HUMEDALES	A MENOS DE 1 KM
*VÍAS DE COMUNICACIÓN	A MENOS DE 500M
TOPOFORMA	LOMERÍO

Cuadro 3. Categoría de cada variable con mayor presencia de sitios de ocultamiento.

## SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

De los 51 sitios identificados se eligieron sólo los puntos de la zona centro (32) y sur (15) del estado para un total de 47 sitios.

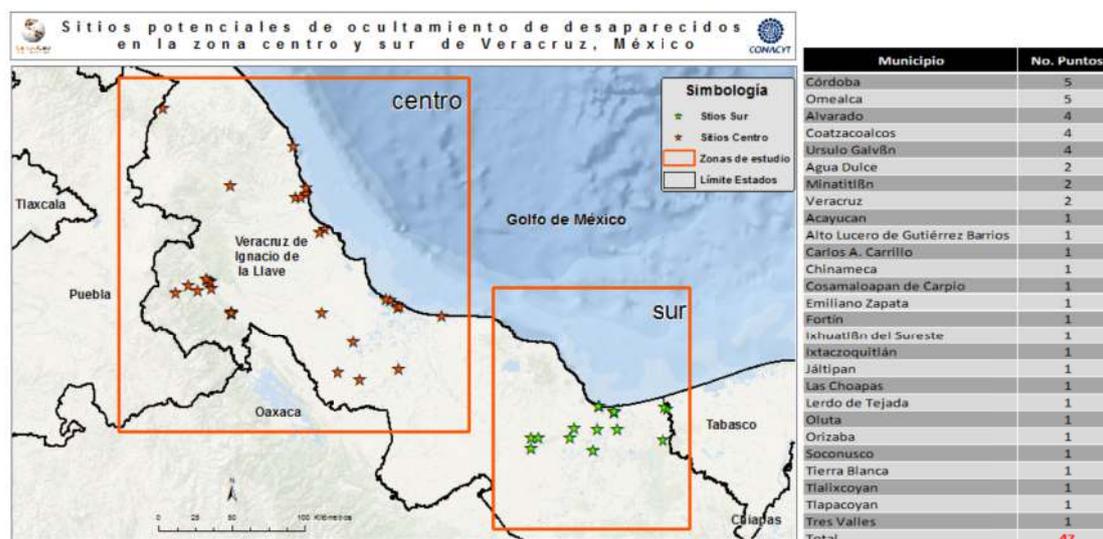


Fig 16. Sitios de ocultamiento en zona de interés.  
Cuadro 4. Sitios de ocultamiento por municipio.

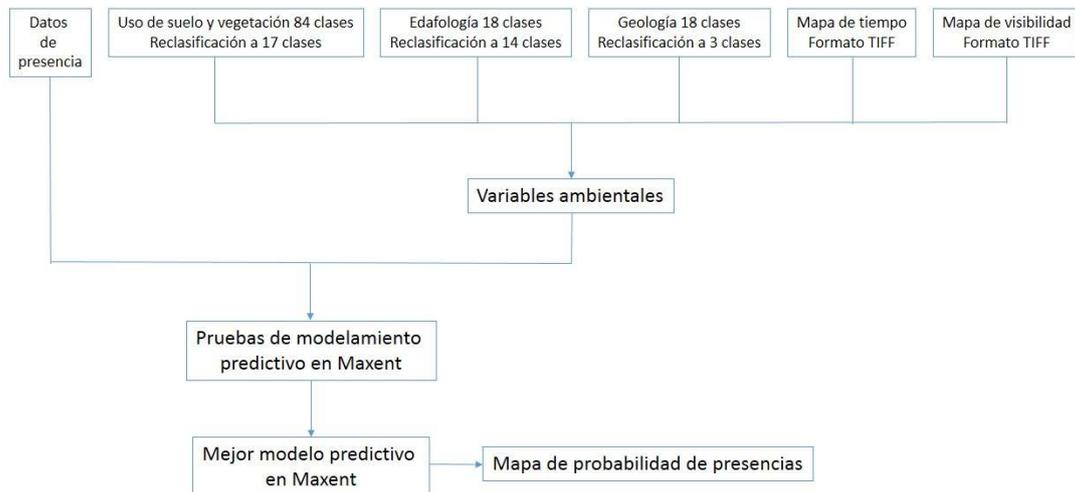
### 3.2.1 Modelo cartográfico:

Para la generación del modelo predictivo finalmente se trabajó con las variables que se muestran en la siguiente tabla.

NOMBRE DE LA CAPA DE INFORMACIÓN	FUENTE DE LOS DATOS	FORMATO	DATO UTILIZADO	TIPO DE DATO
SITIOS DE OCULTAMIENTO	*TRABAJO HEMEROGRÁFICO *SOLICITUD DE INFORMACIÓN *TRABAJO DE CAMPO	SHAPEFILE Y RASTER	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	VARIABLE DE PRESENCIA
EDAFOLOGÍA 1:250 000. SERIE I	INEGI	SHAPEFILE Y RASTER	TIPO DE SUELO	CATEGORICO
GEOLOGÍA 1:250 000.	INEGI	SHAPEFILE Y RASTER	TIPO DE ROCA	CATEGORICO
USO DE SUELO Y VEGETACIÓN 1:250 000. SERIE VI	INEGI	SHAPEFILE Y RASTER	DESCRIPCIÓN	CATEGORICO
RED DE CARRETERAS 1:250 000	SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	SHAPEFILE Y RASTER	VELOCIDAD	N/A
LOCALIDADES URBANAS 1:250 000	INEGI	SHAPEFILE Y RASTER	NÚMERO DE HABITANTES	N/A

**Cuadro 5. Variables seleccionadas.**

La siguiente tabla muestra el diagrama de flujo de las variables predictivas dentro en el *software* MaxEnt.



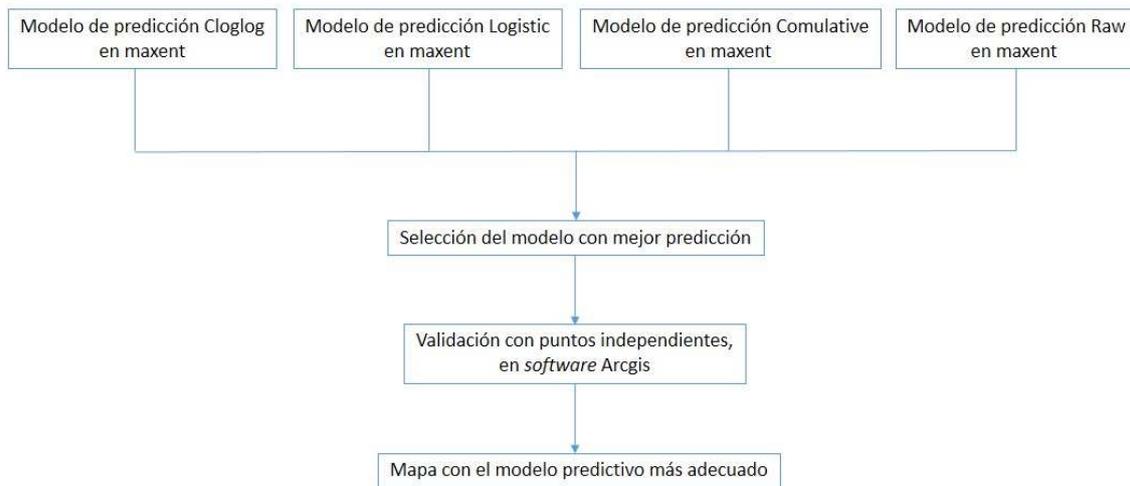
**Fig 17. Diagrama de flujo de las variables predictivas en MaxEnt.**

**Diagrama de flujo de las variables predictivas dentro en el *software* MaxEnt Modelo de validación:**

De acuerdo con CONABIO (2011), las **medidas de desempeño** sirven para validar un modelo y consiste en contrastar sus predicciones respecto a datos considerados independientes para obtener una medida de:

- 1) su significancia en relación con una cierta hipótesis nula, o
- 2) su desempeño (capacidad de clasificar correctamente nuevos datos).

En la siguiente tabla se muestra el procedimiento para validar el modelo predictivo.



**Fig 18. Procedimiento de validación del modelo predictivo.**

### 3.3 MODELO COMPUTACIONAL

El modelo computacional corresponde a la identificación de insumos, procesos y salidas, determinando en cada etapa que interfaz corresponde a cada determinado tipo o nivel de usuario. En nuestro caso se identifican tres niveles de usuario según la etapa del modelo en la que participan: los familiares en búsqueda, quienes aportan al modelo nuevas ubicaciones de presencia así como variables de relevancia, y retroalimentan sobre la utilidad o no del modelo para la búsqueda; la comisión de búsqueda, que aporta nuevas ubicaciones de presencia así como variables de relevancia como distribución de grupos del crimen, dada su relación directa con fiscalías y otras instituciones así como una visión más general del fenómeno; y el cómo tercer nivel de usuario el investigador mismo, que propiamente manipula el tipo de modelo y variables.



Fig 19. Modelo computacional

## 4. SOLUCIÓN COLABORATIVA

### 4.1 Antecedentes metodológicos: Estudios previos

Un antecedente importante en México es el trabajo de las investigadoras Andrea Radilla y Claudia Rangel, de la Universidad Autónoma de Guerrero, para la búsqueda de desaparecidos en aquel estado, correspondientes a la época del llamado “Terrorismo de Estado”<sup>26</sup>. Otro es el realizado por estudiantes de especialidad en geomática del CentroGeo generación 2016, titulado: “Fosas clandestinas y Desaparecidos en México, Sistema de Gestión de Información Territorial”, cuyo fin es identificar escenarios y patrones espaciales donde han ocurrido y ocurren este tipo de incidencias que aporte conocimiento para la búsqueda de personas desaparecidas y en la identificación de fosas. Y finalmente, el trabajo titulado “Predecir la existencia de fosas en municipios mexicanos” realizado por el Programa de Derechos Humanos de la Ibero, Datacivica y Human Rights Data Analysis Group, donde se realizó un estudio de tipo probabilístico, no determinista<sup>27</sup>.

Como se mencionó se fundamenta en el concepto de espacio clandestino propuesto por Silván-Cárdenas<sup>28</sup>, que propone que para la realización de fosas clandestinas existe predilección de sitios ocultos (barrancas, áreas boscosas, pozos, entre otros) para garantizar su privacidad durante la creación del entierro; así como de la accesibilidad a los sitios, especialmente porque el movimiento de personas o de restos humanos, requiere un transporte rápido y discreto, donde la red de transporte y la pendiente del terreno desempeñan un papel importante. Lo anterior conceptualiza el espacio geográfico en términos de dos conceptos clave: accesibilidad espacial y privacidad espacial, relevantes para las ubicaciones de tumbas. Para ello, subdivide el espacio geográfico en 4 clases: *espacio privado*, *espacio escénico*, *espacio público* y *espacio clandestino*.

Al respecto, se presume que es más probable encontrar fosas en el espacio clandestino, y por lo tanto, la identificación de este tipo de espacios proporcionará un esquema de priorización para tareas de búsqueda.



Fig 20. Modelo conceptual del “Espacio clandestino”.  
Modificado de Silván-Cárdenas, *et al.*, 2019.

26 Radilla-Martínez, A y Rangel-Lozano C. 2012 “Desaparición Forzada y Terrorismo de estado en México: Memorias de la represión en Atoyac durante la década de los setentas.” En Red-Arte

27 PDH-Ibero, Datacivica y HRDAG. *Predecir la existencia de fosas en municipios mexicanos* ([http://datacivica.org/assets/pdf/Fosas\\_web.pdf](http://datacivica.org/assets/pdf/Fosas_web.pdf))

28 Silván-Cárdenas, *et al.*, 2019. Potential distribution of clandestine graves in Guerrero using geospatial analysis and modelling. Artículo en preparación

## 4.2 METODOLOGÍA

### ¿Por qué utilizar MaxEnt?

La finalidad de MaxEnt es estimar la distribución de probabilidad del objetivo a través de la distribución de probabilidad de máxima entropía (cercana a la uniforme), delimitado por un conjunto de reglas para representar la información incompleta acerca de la distribución de destino<sup>29</sup>. La idea es estimar una distribución de probabilidad objetivo mediante la búsqueda de la distribución de probabilidad de entropía máxima (es decir, que está más extendida o más cercana al uniforme), sujeto a un conjunto de restricciones que representan nuestra información incompleta sobre la distribución objetivo<sup>30</sup>.

Por otra parte de acuerdo con Elith (2006), MaxEnt proporciona buenos resultados con pocos puntos (<50). Solo necesita puntos de presencia y es un *software* fácil de utilizar, existen otros algoritmos buenos como Blackbox, sin embargo, son difíciles de comprender.

Al respecto, Congram destaca que el producto final del modelado de predicción de sitios no es crear un mapa que muestre explícitamente la ubicación de tumbas individuales, sino que identifica áreas de alta y baja probabilidad en las que es probable que las tumbas reciban los puntos en común entre las ubicaciones conocidas del sitio (inductivo) y el contexto del conflicto (deductivo). Además, menciona al modelado de máxima entropía como uno de los métodos disponibles para generar mapas de predicción<sup>31</sup>.

### ¿Qué algoritmo utiliza MaxEnt?

Se basa en el principio de entropía que es una medida de posibilidades en la selección de un evento, más entropía equivale a más posibilidades, más dispersos en el espacio geográfico y relacionadas con una distribución uniforme. El algoritmo que utiliza está basado en la aproximación de máxima entropía.

$$P(x) = \exp (c1*f1(x)+ c2*f2(x)+ ...) / Z$$

Donde P(x) es la función de idoneidad; c1 y c2 son constantes; f1 y f2 son funciones para cada variable ambiental y Z es una constante que asegura que la idoneidad llegue como máximo hasta 1 en toda el área de estudio (Moreno *et al.* (2011) en Muñoz (2018).

Finalmente, cabe señalar que el algoritmo iterativo ajusta los pesos.

### ¿Cómo funciona MaxEnt?

Se tienen puntos de presencia y MaxEnt crea 10,000 puntos de pseudoausencia. Utiliza dos tipos de variables ambientales, categóricas como uso de suelo y continuas como el tiempo de traslado. Todas las cuadrículas deben tener los mismos límites geográficos y el mismo tamaño de píxel. MaxEnt, asume una distribución de la especie en todas las celdas. Posteriormente MaxEnt restringe la distribución en función de las variables ambientales. Durante el proceso de corrida, lo que mide el algoritmo es cuántas veces un modelo que

---

29 Cruz-Cárdenas, G. et al., 2014. [Selección de predictores ambientales para el modelado de la distribución de especies en MaxEnt](#). Revista Chapingo de Ciencias Forestales y del Ambiente. XX(2), 188-201

30 Phillips, S.J., *et al.*, 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological modelling 190(3-4), 231-259

31 Congram, D., *et al.*, 2017. Grave mapping in support of the search for missing persons in conflict context. Forensic Science International 278(2017): 260-286

resulta de los puntos de presencia es mejor que el modelo que resulta de los puntos de pseudoausencia.

El MaxEnt es sensible a la variación continua de los puntos de corte en todo el rango de resultados observados, un modelo con baja sensibilidad tiene muchos falsos negativos. Mientras que un modelo con baja especificidad tiene muchos falsos positivos. Es necesario ingresar los datos de presencias en formato .csv, los datos de variables predictivas ambientales en formato .asc y que todos los archivos lleven la misma proyección en WGS84.

Si se selecciona la opción Jackknife, el software crea tres tipos de modelo; el primero se construye con todas las variables menos una, para determinar cómo la variable excluida afecta al modelo. El siguiente se crea usando cada variable ambiental de manera independiente, con la finalidad de observar el aporte individual al modelo en general. El tercer modelo consiste en generar un modelo usando todas las variables.

El rastreo de las variables predictivas que contribuyen (Jackknife) más al modelo se obtiene mediante el paso del algoritmo de MaxEnt que incrementa la ganancia del modelo por medio de la modificación del coeficiente para una única característica, esto es, el software asigna el incremento de ganancia a la variable de la cual depende dicha característica.

Así también, para determinar la primera estimación, en cada iteración del algoritmo de entrenamiento el aumento en la ganancia regularizada se agrega a la contribución de la variable correspondiente, o se resta de ella si el cambio al valor absoluto de lambda es negativo. Para la segunda estimación, para cada variable ambiental a su vez, los valores de la misma en presencia de entrenamiento y datos de fondo se permuta aleatoriamente. Por lo que el modelo se reevalúa en los datos permutados (Muñoz, 2018).

Los modelos que ofrece MaxEnt son cloglog, logistic, raw y cumulative. Para los intereses de esta investigación solo se documentará el modelo Logistic y Cloglog.

El modelo **Logistic** proporciona un estimado entre 0 y 1 de probabilidad de presencia. Estima la probabilidad de presencia asumiendo que el diseño del muestreo es tal que las localidades de presencia de las muestras tienen una probabilidad de 0.5 (Muñoz, 2018).

**CLOGLOG**, transformación Log-Log Complementaria .-

La transformación complementaria log-log se define de la siguiente manera:

$$y = CLogLog(x) = \ln(-\ln(1-x))$$

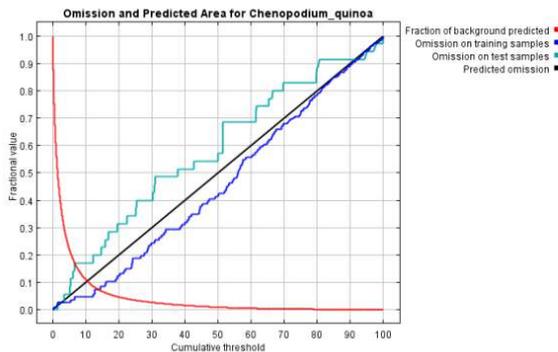
Y

$$x = CLogLog^{-1}(y) = 1 - e^{-e^y}$$

Donde:

- $x_t$  es el valor de la entrada de las series de tiempo en el tiempo  $t$
- $y_t$  es el valor transformado complementario log-log en el tiempo  $t$
- $ClogLog^{-1}(y)$  es la función inversa complementaria log-log
- $(x_t + \alpha) > 0$  para todos los valores  $t$

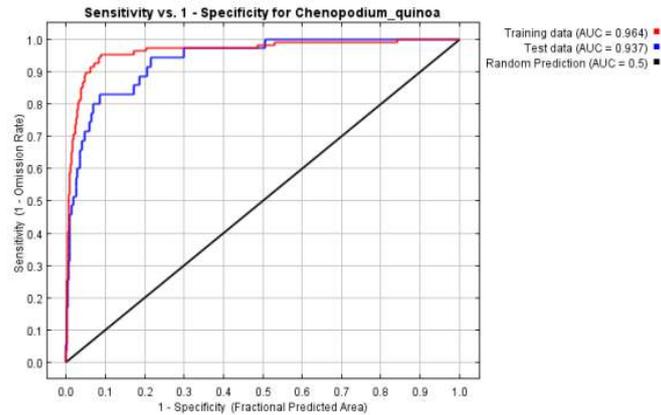
Uno de los gráficos que arrojan los resultados de MaxEnt es **omisión/comisión**, que ofrece la tasa de omisión y el área pronosticada en función del umbral acumulado. La tasa de omisión predicha está definida por una línea recta de color negra en la gráfica. La tasa de omisión debe ser cercana a la omisión prevista.



Gráfica 17. Ejemplo de diagrama de Omisión – comisión de MaxEnt

**ROC (Receiver Operating Characteristic) y AUC (Area Under the Curve)** .- Son herramientas para validar el modelo. Una curva que describe la tasa de identificación correcta de presencias (*sensitivity*, en las  $y$ ) contra la tasa de falsas alarmas ( $1-specificity$ , en las  $x$ ). Cuando se obtienen estos números para un rango de valores de umbral (para decidir si un punto se debe calificar como ausencia o presencia), se traza la ROC (línea roja en MaxEnt). Por su parte, la línea negra (en MaxEnt) es la que se obtendría si para diferentes valores del umbral se utilizara un clasificador enteramente aleatorio. La ROC a su vez da origen al estadístico llamado AUC (área total bajo la curva (línea en color rojo)).

La línea roja muestra el ajuste del modelo a los datos de entrenamiento y es la auténtica capacidad que tiene el modelo de predecir. Por su parte, la línea azul en caso de ubicarse por debajo de la línea negra indicaría que el modelo se desarrolla peor de lo que haría un modelo aleatorio. Por lo tanto, mientras más cerca se encuentre la línea azul del tope superior izquierdo, mayor capacidad predictiva tendrá el modelo (Muñoz, 2018).



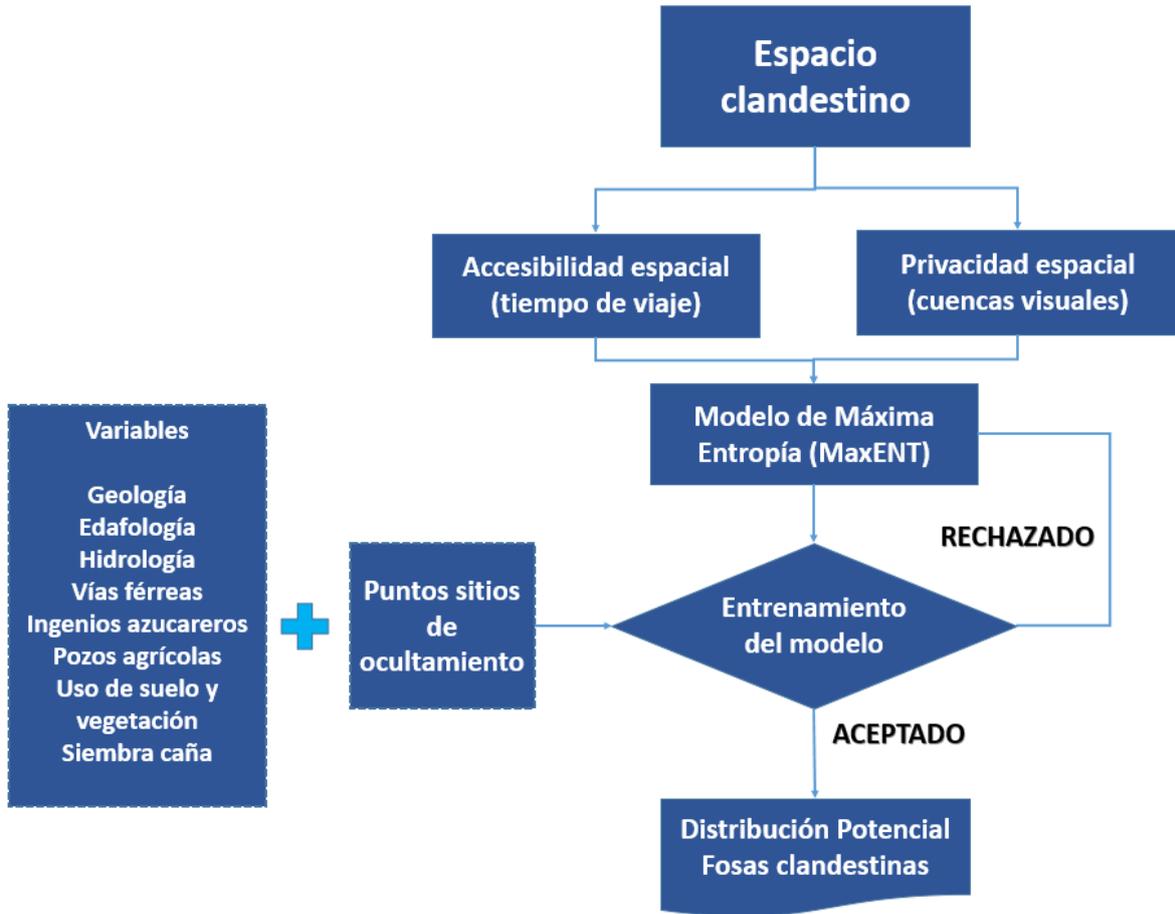
**Gráfica 18. Ejemplo de diagrama de ROC-AUC de MaxEnt**

Aunado a lo anterior, un clasificador aleatorio tiene una AUC de 0.5; y un muy buen clasificador tiene un área muy cercana a 1 ó a 0. En teoría se requeriría de datos de ausencias verdaderas. En el caso de no contar con ausencias verdaderas, la abscisa de la ROC no es la proporción de "falsas alarmas", sino la proporción de área predicha por el modelo. Sin embargo, este estadístico presenta algunos problemas, por lo que para contrarrestarlos se optó por utilizar el ROC parcial donde el eje de las abscisas es el área total predicha por el algoritmo (CONABIO, 2011).

La AUC al ser una medida de calidad del modelo si su resultado es  $>0.9$  quiere decir que es muy buen modelo; de 0.7 a 0.9 es un buen modelo; y 0.5 a 0.7 es un mal modelo. Esto es, un valor cercano a 1 indica que la predicción es mejor que el azar (Hanley y McNeil, 1982, en Savino, 2014).

Según Peterson (2000) en Muñoz (2018), recomienda que para generar un modelo de distribución potencial fiable necesita contar con la mejor información disponible, señalando que cuando menos se deben de contar con 50 localidades de presencia con coordenadas geográficas bien definidas. El presente proyecto trabajó consideró 47 puntos de presencia cerca del mínimo requerido.

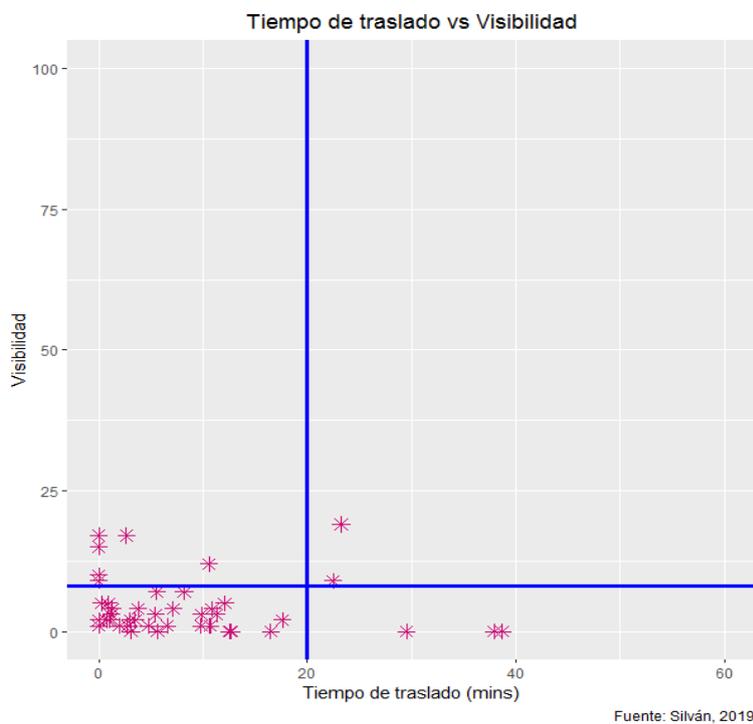
Fig 21. Modelo del proceso



## 5. RESULTADOS:

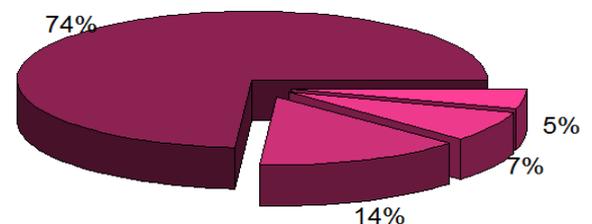
### 5.1 Visibilidad-Accesibilidad

Derivado de los resultados obtenidos sobre visibilidad (privacidad) y accesibilidad (tiempo), los datos se procesaron en el *software* Rstudio con la finalidad de obtener la gráfica de dispersión del tiempo de traslado versus visibilidad. Se obtuvo que el tiempo de traslado en general no rebasa los 20 minutos y la visibilidad no supera el 25%, por lo tanto los sitios se ubican dentro del denominado espacio clandestino, esta respuesta coincide con lo obtenido por Silván-Cárdenas<sup>32</sup>. Donde registró que los sitios seleccionados están a una distancia de 30-45 minutos y las áreas urbanas tienen un bajo potencial de entierro clandestino debido a la alta probabilidad de que se descubra al delincuente<sup>33</sup>. Por otra parte, Manhein, encontró que los restos se arrojan con mayor frecuencia en áreas rurales alejadas de una estructura y se encuentran a una milla (1.6 km) de la carretera más cercana .



Gráfica 19. (izq) Diagrama de dispersión de tiempo de traslado vs %de visibilidad de los sitios ubicados.

Gráfica 20. (Der) Porcentajes de concentración de los sitios de ocultamiento en las variables visibilidad-accesibilidad. 74% espacio clandestino, 14% espacios públicos, 7% espacios privados y 5% espacios escénicos.



32 Silván-Cárdenas, *et al.*, 2019. Potential distribution of clandestine graves in Guerrero using geospatial analysis and modelling.

33 Orengo, H., 2007. Detection of Body Dump Sites and Clandestine Burials: A GIS-Based Landscape Approach. in: Clark, J.T. and E.M. Hagemeyer (eds.) Digital Discovery. Exploring New Frontiers in Human Heritage. CAA2006. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 34th Conference, Fargo, United States, April 2006. Archaeolingua, Budapest, pp. 185-190.

## 5.2 Modelación con MaxEnt 3.4.1

El rendimiento predictivo del MaxEnt está influenciado por la elección de los tipos de características y las constantes de regularización. A partir de la consulta la la ayuda del software y considerando el número de muestras, se seleccionaron características lineales y cuadráticas (10 a 79 muestras) al momento de configurar el mismo. Cabe mencionar que estas muestras están diferenciadas en zona centro y sur del estado.

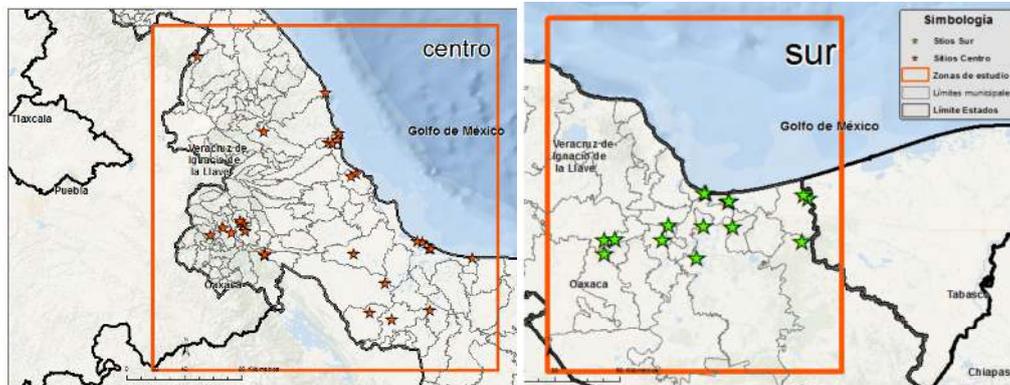


Fig 22. Ubicaciones en zona centro y en zona sur

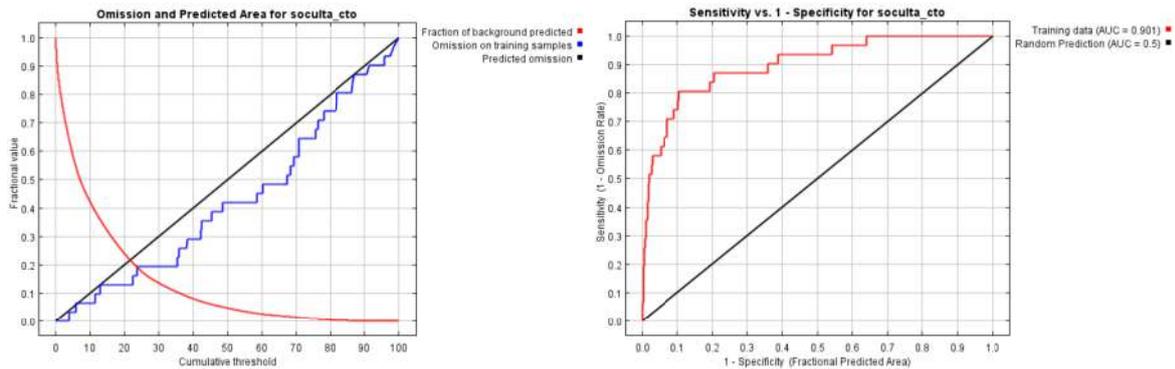
- **5.2.1. Primera etapa: Configuración y ejecución del modelo**

### *Prueba entrenamiento*

Para la primera etapa, el entrenamiento del modelo en dicho *software* se ingresaron 10 sitios de ocultamiento georreferenciados (zona sur) y las variables ambientales elegidas (*caña, ejidos, tiempo, visibilidad, edafología, geología y uso de suelo y vegetación*) esto con la finalidad de ir construyendo el modelo predictivo. El mismo procedimiento se realizó ingresando 32 sitios de ocultamiento (zona centro) y las mismas variables ambientales. En ambos casos, los sitios con los que se entrenó el modelo corresponden fueron ingresados en coordenadas geográficas WGS84.

Al realizar las corridas en el software, seleccionando Logistic y ClogLog, los resultados de la gráfica de omisión y ROC aparentemente eran satisfactorios, ya que las estadísticas arrojadas por MaxEnt indicaban un AUC de 0.9, lo que indicaba un alto grado de confiabilidad; sin embargo la gráfica de sensibilidad de ROC las curvas están separadas (azul y negra), siendo un indicativo que el ajuste del modelo no es el óptimo<sup>34</sup>.

34 Hernández-Ramos, J. *et al.*, 2018. Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México. Acta Botánica Mexicana 124:117-134



**Gráficas 21 y 22. Diagramas de omisión-comisión y diagrama ROC-AUC de la corrida de entrenamiento con todas las variables.**

El análisis de Jackknife arrojó que las variables con mayor contribución fueron edafología, geología y principalmente, uso de suelo y vegetación.



**Gráfica 23. Diagrama Jackknife que evalúa el aporte de cada variable.**

Además, al sobreponer los resultados sobre imágenes satelitales se observó que se sobreestimó las variables, por lo que al tenerse muchos sitios cerca de las ciudades el software solo indicaba como sitios de alta incidencia de sitios de ocultamiento “las ciudades grandes o pequeños poblados” descartando prácticamente el resto de las topofomas. A continuación, se muestran detalles de lo documentado arriba.

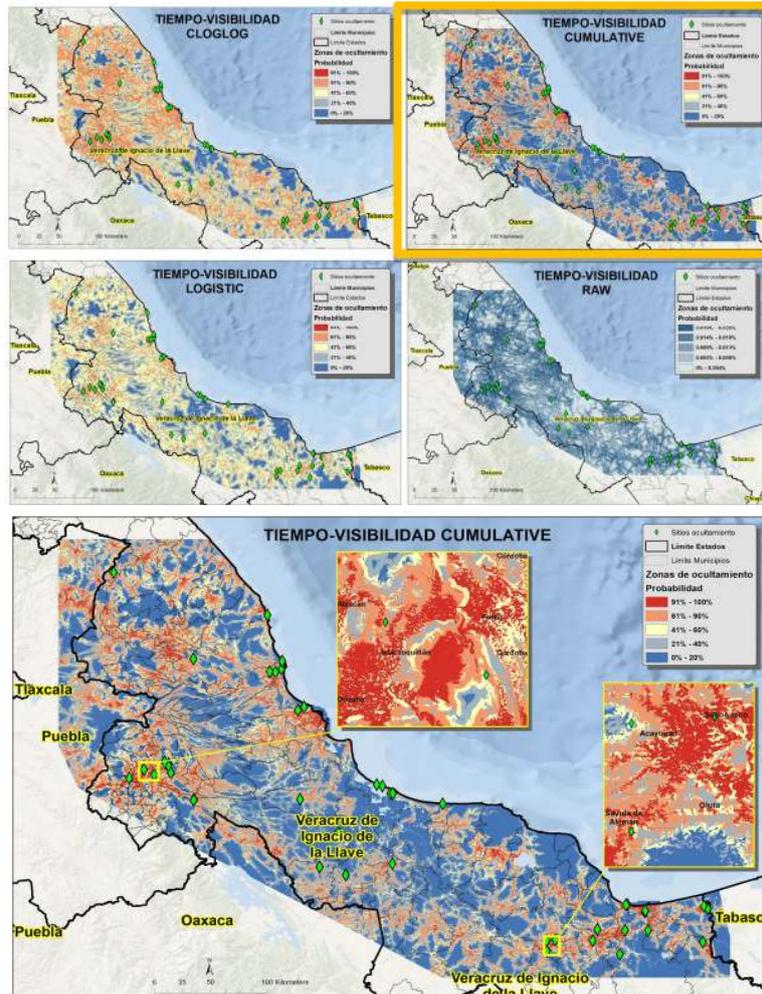


**Fig 23. Diagrama Jackknife que evalúa el aporte de cada variable.**

De igual forma, se llevaron a cabo pruebas solamente con las variables de tiempo y visibilidad, y otra prueba con las variables de caña, ejidos, tiempo, visibilidad, edafología, geología y uso de suelo y vegetación; posteriormente se corrió el modelo con las variables que resultaron con mayor relevancia dentro del modelo.

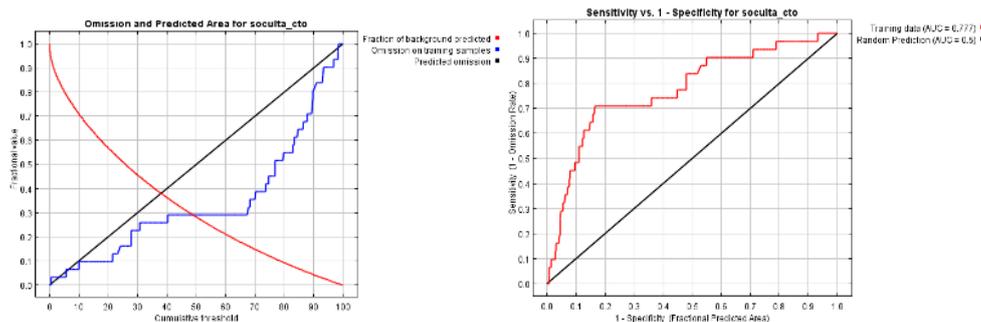
### Variables de predicción: Tiempo - Visibilidad

Se corrió el modelo en el *software* MaxEnt para las variables de tiempo y visibilidad. Se utilizaron las regresiones de CLOGLOG, LOGISTIC, CUMULATIVE y RAW. Según los resultados obtenidos el modelo CUMULATIVE alcanzó los valores más altos de probabilidad de sitios de ocultamiento (90 a 100%), así como un mejor acotamiento de las posibles zonas.



**Fig 24. Mapas de probabilidad calculados con variables *Tiempo – Visibilidad*, para los 4 modelos de regresión. En ampliado, modelo Cumulative, que arroja mejor resultado.**

Al respecto, la gráfica de omisión indica un distanciamiento de la línea azul (omisión en muestras de entrenamiento) por debajo de la línea de omisión aleatoria (línea negra), lo que se puede interpretar como una falta de confiabilidad en el modelo. Cabe mencionar que la línea azul debe de ubicarse lo más cercana a la línea negra de omisión aleatoria, con la finalidad de corroborar que se está obteniendo mayor nivel de confiabilidad por parte del modelo. Una respuesta similar ocurre en la gráfica sensibilidad de ROC y el valor AUC de entrenamiento fue de 0.777, lo que significa que la precisión de la predicción no es la óptima.



**Gráficas 24 y 25. Diagramas de omisión-comisión y diagrama ROC-AUC de la corrida con variables *Tiempo – Visibilidad*.**

Respecto a la prueba Jackknife, arrojó que el tiempo tiene una mayor contribución al modelo con 61.5% contra el 38.5% de la visibilidad, la primer variable muestra una importancia de permutación del 92.3.



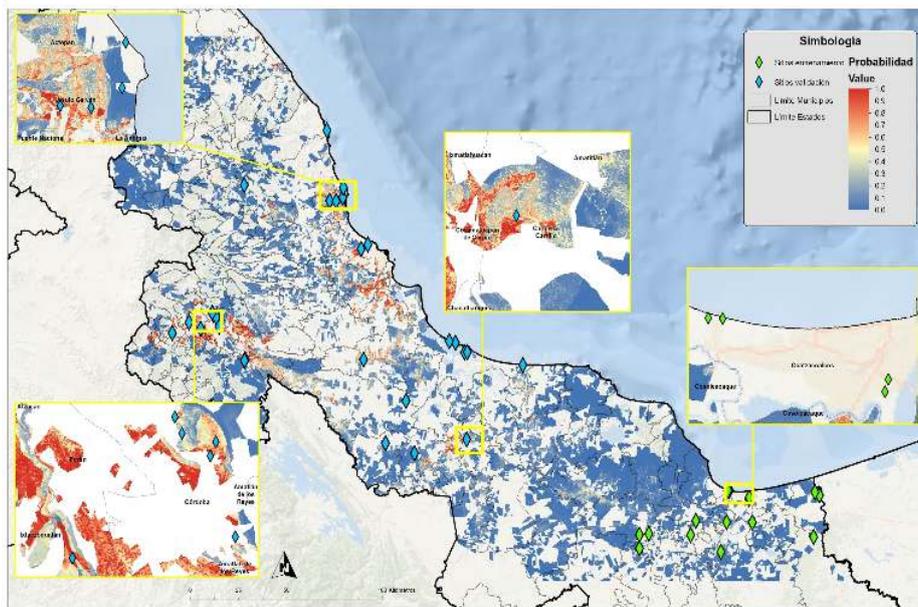
**Gráficas 26. Diagramas jackknife que evalúa ganancia con variables *Tiempo – Visibilidad*.**

**Variables de predicción: caña, ejidos, edafología, geología, uso de suelo y vegetación, tiempo y visibilidad.**

Por otra parte, se decidió llevar a cabo una corrida con las variables de caña, ejidos, edafología, geología, uso de suelo y vegetación, tiempo y visibilidad con la finalidad de valorar su contribución dentro del modelo. Se utilizó un modelo CLOGLOG, obteniéndose los siguientes resultados:

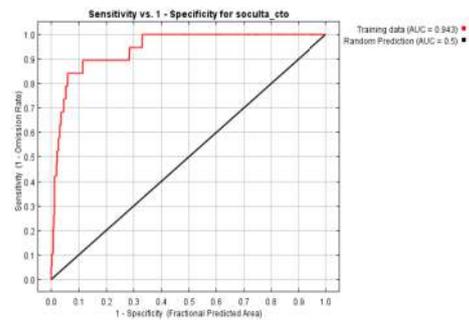
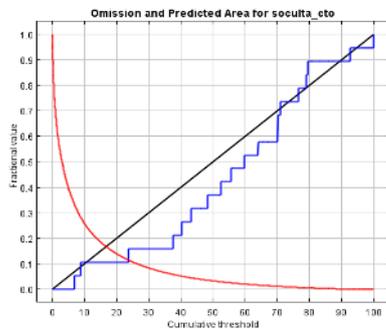
El mapa resultante muestra los sitios de predicción de presencias, sin embargo, al realizar acercamientos a las áreas identificadas en color rojo existía un cierto sesgo ya que tendían a ubicarse en vegetación de dunas y ciudades.

**Sitios potenciales de ocultamiento de desaparecidos en la zona centro y sur de Veracruz, México  
Modelo predictivo-CLOGLOG con caña y ejidos**

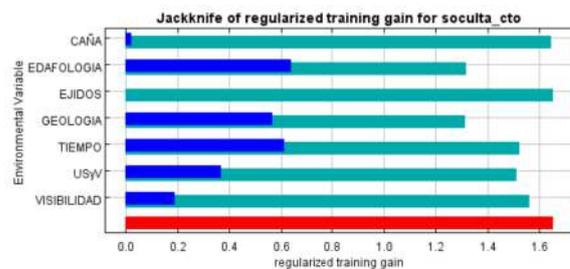


**Fig 25. Mapas de probabilidad calculados con todas las variables, WGS84 y modelos de regresión cloglog**

A pesar que la gráfica de omisión la tasa de omisión (línea azul), se acercó más a la tasa de omisión prevista (línea negra), comparado con la gráfica resultante de la prueba realizada con tiempo y visibilidad descrita arriba, el sesgo sigue siendo alto. No obstante que la gráfica de sensibilidad ROC presentó valores de 0.943, se presume que este valor puede estar sobreestimado.



**Gráficas 27 y 28. Diagramas de omisión-comisión y diagrama ROC-AUC de la corrida con todas las variables.**



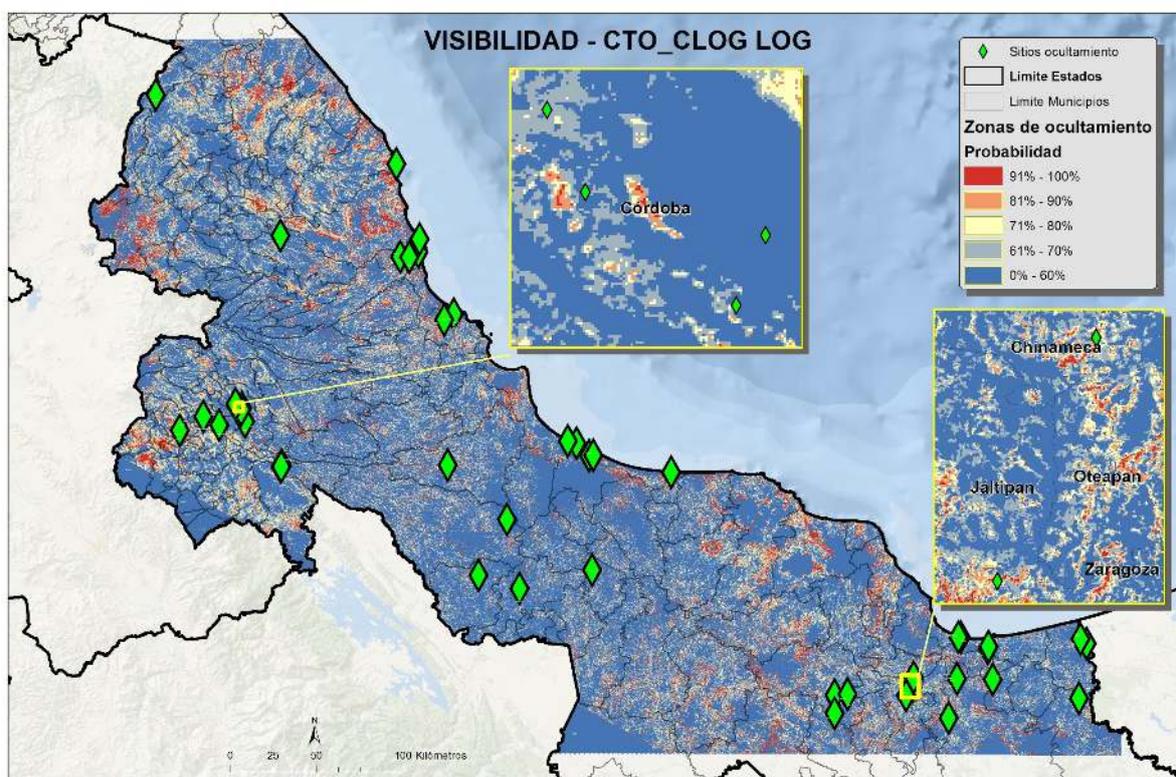
**Gráficas 29. Diagramas jackknife que evalúa ganancia con todas las variables.**

Para la prueba Jackknife es posible identificar que la aportación de la variable predictiva de caña y ejidos no fue relevante, mientras que la variable con mayor aportación fue edafología, seguida de tiempo, geología, uso de suelo y vegetación y finalmente visibilidad. El porcentaje de contribución de las variables ambientales fue de: geología 30%, edafología 27.6%, tiempo 22.2%, uso de suelo y vegetación 11.2%, visibilidad 8.7%, caña 0.2 y ejidos 0%.

- **5.2.2 Segunda etapa en la obtención de resultados**

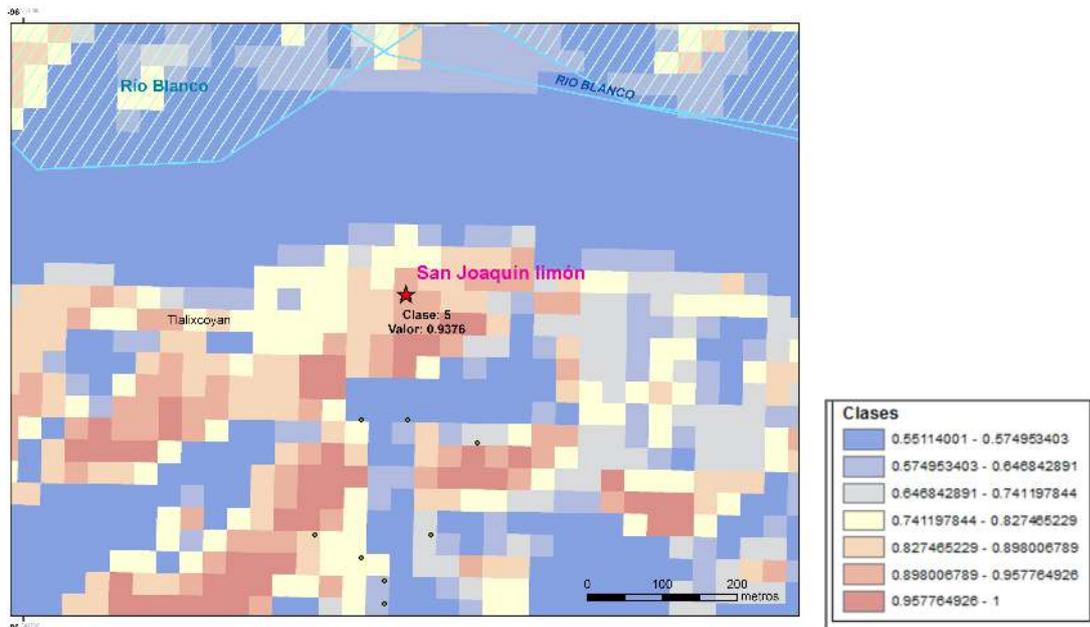
Con la finalidad de eliminar sesgos en los distintos modelos ejecutados se procedió a transformar las variables a una proyección UTM zona 14, obteniéndose los siguientes resultados:

Se realizó un procedimiento de corrida del modelo en MaxEnt empleando la variable de visibilidad, ya que la variable tiempo no pudo ser incorporada al modelo por cuestiones de configuración del software. El mapa que se muestra abajo muestra los resultados obtenidos.



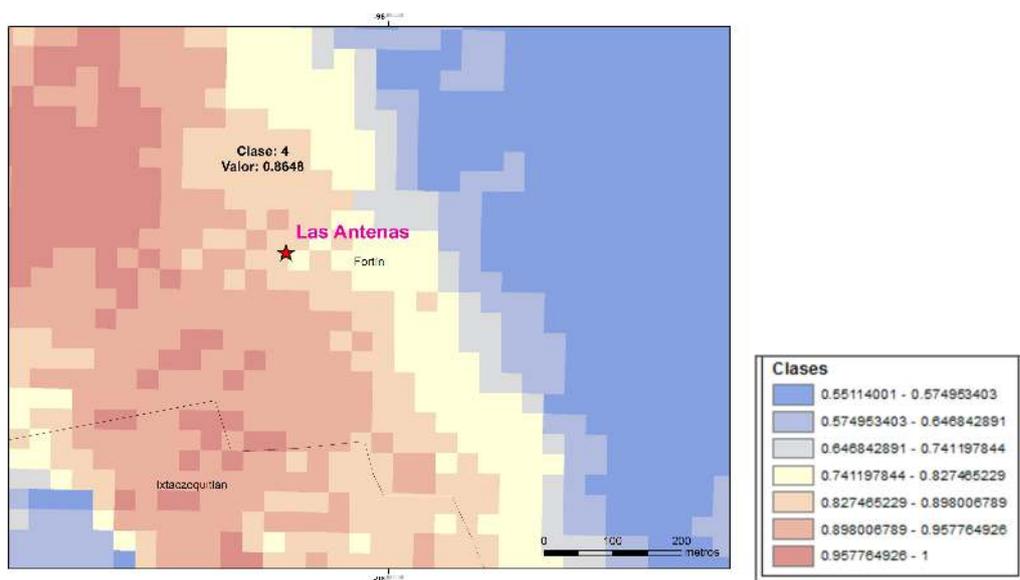
**Fig 26. Mapa de probabilidad calculado con la variable visibilidad, proyección UTM y modelo de regresión cloglog**

Se identificaron coincidencias de varios sitios de predicción por parte del modelo en MaxEnt. Por ejemplo, el sitio de nombre San Joaquín Limón y Las Antenas. Como se puede observar en las imágenes de abajo el modelo marca un valor de píxel de 0.93, lo que significa un alto grado de predicción para el sitio de San Joaquín Limón.



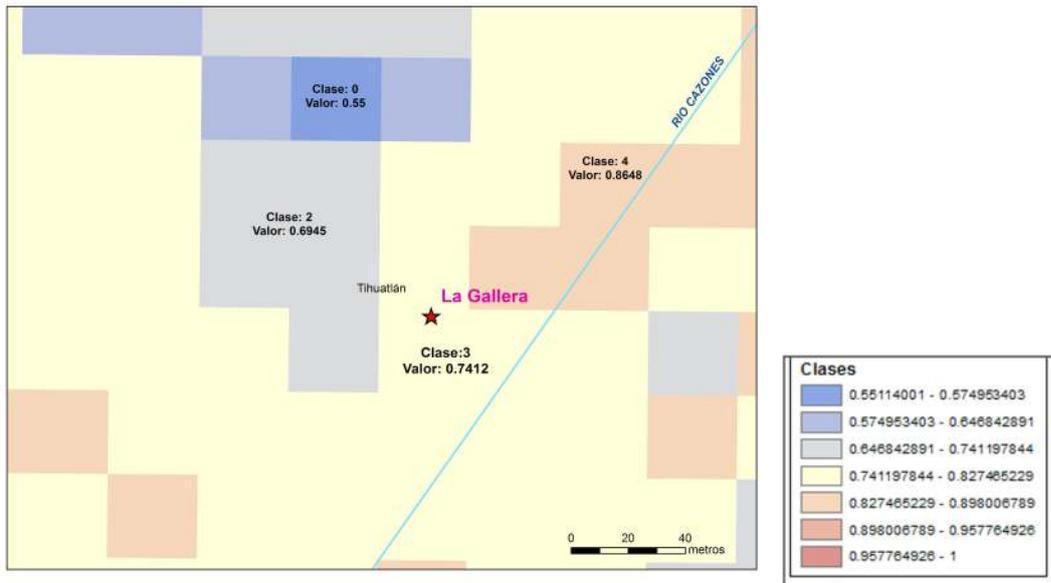
**Fig 27. Acercamiento a mapa de probabilidad calculado con la variable visibilidad, proyección UTM y modelo de regresión cloglog**

Mientras que para el caso de Las Antenas el modelo asigna un valor de 0.86. esto es un valor alto de clase 4 según la ponderación realizada. Aunque el valor del AUC fue de 0.79, por debajo del nivel óptimo de confiabilidad, en la revisión a detalle muestra resultados medianamente aceptables.



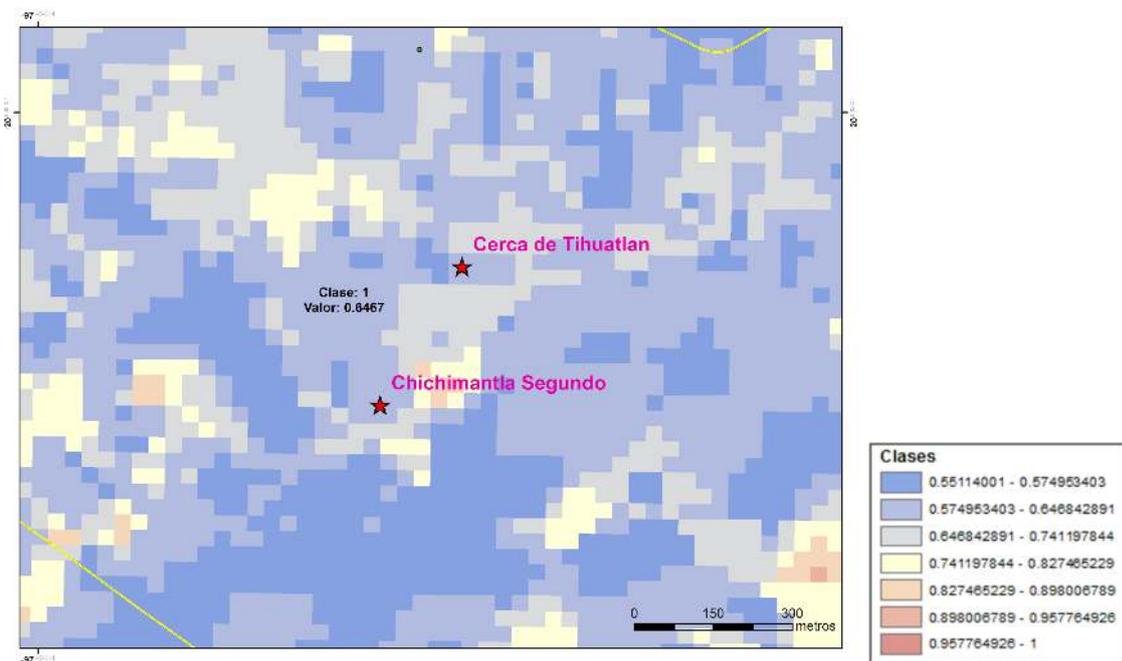
**Fig 28. Acercamiento a mapa de probabilidad calculado con la variable visibilidad, proyección UTM y modelo de regresión cloglog**

Con la finalidad de validar el modelo se realizó una revisión de los sitios que no fueron incorporados al modelo, como La Gallera y Chichimantla Santiago. Observándose un buen nivel de acercamiento de predicción a los antes mencionados. El valor de la clase en la que cae La Gallera es de 0.74, lo que denota un aceptable acercamiento predictivo.

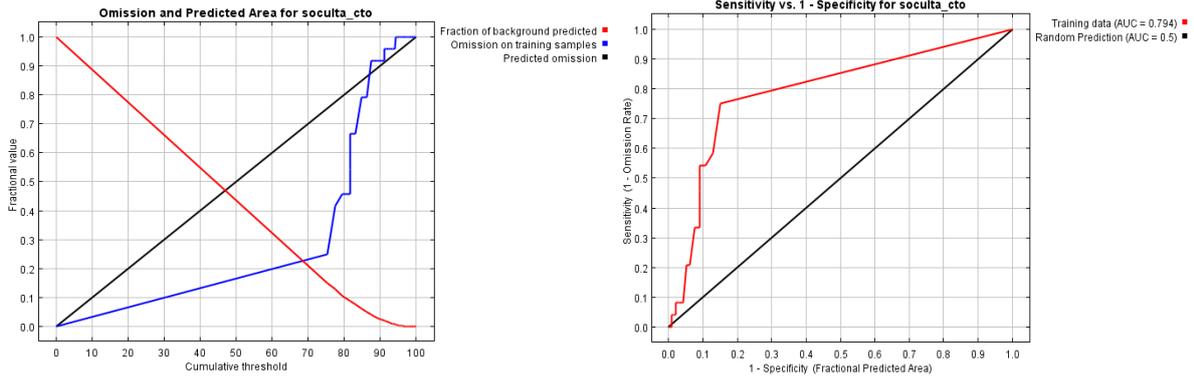


**Fig 29. Acercamiento a mapa de probabilidad calculado con la variable visibilidad, proyección UTM y modelo de regresión cloglog**

Por otra parte, en el caso de Chichimantla Santiago el valor de píxel fue de 0.64, asignado a una clase 1. Cabe señalar que aunque el valor no fue muy alto se acerca a una predicción recomendable. Así también se puede observar que este valor de píxel se encuentra aledaño a sitios con mayor nivel de píxel, esto es con un mayor nivel de predicción.



**Fig 30. Acercamiento a mapa de probabilidad calculado con la variable visibilidad, proyección UTM y modelo de regresión cloglog**



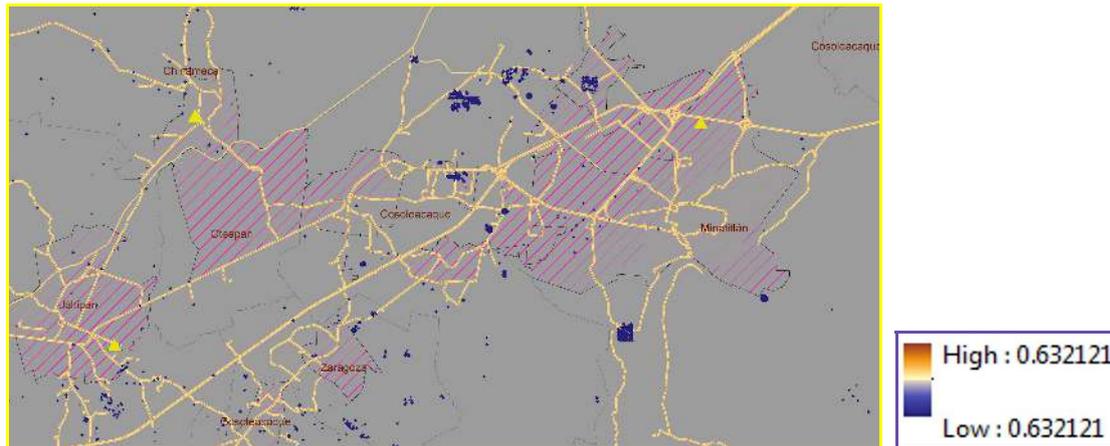
**Gráficas 30 y 31. Diagramas de omisión-comisión y diagrama ROC-AUC de la corrida con variable visibilidad, en UTM.**

Para concluir, se realizó otro modelo incorporando las variables de visibilidad, pozos, ríos y vías del ferrocarril, se ejecutó también en un modelo ClogLog, sin embargo, no se obtuvieron resultados satisfactorios. El valor de la AUC fue de 0.555, muy por debajo del nivel de confiabilidad establecido. El mapa resultante de este modelo se muestra en la parte de abajo, notándose que no arroja niveles altos de predicción.



**Fig 31. Mapa de probabilidad calculado con las variables de visibilidad, pozos, ríos, vías ferreas, en proyección UTM y modelo de regresión cloglog**

Al realizar acercamientos a las zonas se pudo observar que el modelo detectó pequeñas zonas en color azul, sin embargo, al realizar la validación visual fue posible notar que coincidían con la presencia de pozos agrícolas.



**Fig 32. Acercamiento al mapa de probabilidad calculado con las variables de visibilidad, pozos, ríos, vías ferreas, en proyección UTM y modelo de regresión cloglog**

### **Interpretación de resultados:**

Se validó el modelo conceptual sobre accesibilidad- privacidad para describir espacios clandestinos como sitios más recurrentes, pero a diferencia de la investigación de Silván-Cárdenas 2019 aquí no bastaban estas dos variables para acotar áreas de búsqueda, por lo que era preciso incorporar más variables al modelo.

Se llevaron a cabo múltiples procesamientos en el software MaxEnt, incorporando distintas variables predictivas, con la finalidad de seleccionar las de mayor relevancia en el modelo predictivo. Así también inicialmente se utilizaron coordenadas geográficas (WGS84) para todas las variables que se ingresaron, sin embargo, no se obtuvieron resultados satisfactorios, ya que el *software* sobreestimó algunas variables predictivas, por lo que los sitios de predicción se situaban ya sea en ciudades, poblados o bien en humedales, seguía el patrón de las vías del ferrocarril o de los pozos agrícolas. Por lo que se optó por cambiar de proyección cartográfica a WGS84-UTM zona 14, con la finalidad de buscar un resultado más satisfactorio para el propósito de este proyecto. En este sentido se realizó una corrida en dicho *software* con la variable predictiva de visibilidad, obteniéndose resultados más satisfactorios en cuanto a predicción de sitios ya se apegaban más a los factores propios del ambiente físico del territorio bajo estudio. Cabe señalar que el algoritmo marcó zonas de predicción alta en un distrito de riego siendo que esa variable ya no fue considerada para el modelo. Por otra parte, se realizó una corrida del modelo con las variables de visibilidad, pozos, vías del ferrocarril y ríos, sin embargo, como resultado se obtuvieron zonas de muy baja incidencia y ni una de alta incidencia, así como una coincidencia con pozos agrícolas.

## 6. CONCLUSIONES:

- El modelo en MaxEnt es útil para modelar sitios de ocultamiento de la región centro-sur del estado de Veracruz, permitiendo acotar espacios de búsqueda.
- A pesar de que se contaron con apenas los datos suficientes, se pudo corroborar para el área de estudio que se cumple el supuesto del “espacio clandestino” caracterizado por una alta accesibilidad (tiempo de viaje < 20 min) y privacidad (visibilidad <25%).
- El modelo con la variable de predicción de “visibilidad” explica satisfactoriamente otras variables ambientales, ya que se encontró correspondencia entre las variables físicas incorporadas y los píxeles de mayor probabilidad que arrojó este modelo.
- Los sitios de ocultamiento se presentan predominantemente en suelos de tipo vertisol, tipo de roca arenisca, uso de suelo agrícola, en lomeríos y a menos de 500 metros de las vías de comunicación. Todo ello constituye por sí mismo una pista para el trabajo de los rastreadores.
- El modelo predictivo que considera todas las variables (caña, ejidos, edafología, geología, uso de suelo y vegetación, tiempo y visibilidad) no arrojaron predicciones satisfactorias, ya que hubo sobreestimación de las variables.
- Las variables configuradas en una proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) ejecutadas con un modelo de tipo Cloglog arrojaron mejor coincidencia con los sitios de ocultamiento.
- Se considera conveniente aplicar algún tipo de método para transformar las variables de tipo categórico a continuo con la finalidad de indagar sobre la importancia de esas variables dentro del modelo predictivo.
- Trabajar con modelos predictivos resalta la importancia de contar con sitios de presencias lo mejor georreferenciados posible, ya que esto influirá en los resultados y análisis de la información y por consiguiente en las zonas de búsqueda. La precisión está fuertemente influida por la cantidad de muestra disponibles (sitios de ocultamiento), así como por el tipo de variables utilizadas (continuas o categóricas).
- Resultaría de interés poder validar los resultados del modelo predictivo en campo. Con la finalidad de ir corroborando su efectividad y realizar ajustes a este

## 7. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar nuevas pruebas con el modelo predictivo con un número mayor de sitios de ocultamiento con la finalidad de entrenar al mismo, así como incorporar metodologías estadísticas robustas para mejorar la caracterización y discriminación de variables de interés.

Finalmente, es importante mencionar que la herramienta sigue en construcción. En los meses de enero y febrero de 2020 se continuará trabajando con colectivos de familiares para presentarles este producto y enriquecerlo con más y mejor información para generar un instrumento cada vez más robusto que contribuya a sus labores de búsqueda. Aspiramos a que esta técnica demuestre serles útil para acotar espacios y pase al acervo de técnicas de búsqueda de los colectivos en todo el país.

## 8. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Luis Silván Cárdenas por el apoyo brindado desde los inicios de este proyecto final de especialidad, a Brenda Cerón Chagoya y su equipo de la Comisión Estatal de Búsqueda de Veracruz, a los Colectivos de familiares en búsqueda por abrirnos la oportunidad de trabajar con ellos; a la periodista Eirinet Gómez López por facilitarnos la información de fiscalía; a Pilar Henao por compartir su experiencia de investigación anterior; al Dr. José María León Villalobos y a Gustavo Alcocer por su apoyo en el diseño del taller.

## 9. REFERENCIAS

1. ¿A dónde van los desaparecidos? Registro sobre fosas: <https://data.adondevanlosdesaparecidos.org/>
2. A dónde van los desaparecidos <https://adondevanlosdesaparecidos.org/mapaestados/veracruz-de-ignacio-de-la-llave/>
3. Adriaensen, et al., 2003. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and urban planning* 64(4), 233-247
4. Calveiro, P. 2006, *Los usos políticos de la memoria*, Sujetos sociales y nuevas formas de protesta en la historia reciente de América Latina.
5. CLOGLOG, transformación Log-Log Complementaria. <https://support.numxl.com/hc/es/articles/214425366-CLOGLOG-Transformaci%C3%B3n-Log-Log-Complementaria>
6. CONABIO, 2011. <http://nicho.conabio.gob.mx/home/proposito-y-guia-del-usuario/validacion-del-modelo>
7. Congram, D., Kenyhercz, M. y Green, A., 2017. Grave mapping in support of the search for missing persons in conflict context. *Forensic Science International*, 278: 260-2268
8. Cruz-Cárdenas, G. et al., 2014. Selección de predictores ambientales para el modelado de la distribución de especies en MaxEnt. *Revista Chapingo de Ciencias Forestales y del Ambiente*. XX(2), 188-201
9. Datacivica predecir la existencia de fosas en municipios mexicanos: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwif2Ob3I7PkAhXnna0KHeGmAD0QFjABegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fdatacivica.org%2Fassets%2Fpdf%2FFosas\\_web.pdf&usg=AOvVaw32RIdhamg5znCWdpo64Cvg](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwif2Ob3I7PkAhXnna0KHeGmAD0QFjABegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fdatacivica.org%2Fassets%2Fpdf%2FFosas_web.pdf&usg=AOvVaw32RIdhamg5znCWdpo64Cvg)

10. DOF, 2017. Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas, Desaparición Cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas. (17/11/2017).
11. El Registro Nacional de Personas Extraviadas y Desaparecidas (el cual dejó de actualizarse en abril de 2018 a raíz de la entrada en vigor de la Ley General): <https://www.gob.mx/sesnsp/acciones-y-programas/registro-nacional-de-datos-de-personas-extraviadas-o-desaparecidas-mped>
12. Estudio de Carla Quintana 3000 fosas en todo el país.
13. FAO, 2019. <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Cambisol.htm>
14. Fiscalía General del Estado, Veracruz, 2019. Oficio no. 2660/2019 del 06-septiembre-2019
15. Fisher, P.F., 1993. Algorithm and implementation uncertainty in viewshed analysis. *International Journal of Geographical Information Science* 7(4), 331-347
16. González-Núñez, D. *et al.*, 2019. Violencia y terror. Hallazgo sobre fosas clandestinas en México 2006-2017. Universidad Iberoamericana, México. 153 p
17. Guillén, A, et al, 2018. El país de las 2 mil fosas (<https://adondevanlosdesaparecidos.org/2018/11/12/2-mil-fosas-en-mexico/><https://adondevanlosdesaparecidos.org/2018/11/12/2-mil-fosas-en-mexico/>)
18. Hernandez-Ramos, J. *et al.*, 2018. Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México. *Acta Botanica Mexicana* 124:117-134
19. Iniciativa de 2013: <https://www.sopitas.com/noticias/lanzan-mapa-colaborativo-para-documentar-desaparecidos-en-mexico/>
20. La Jornada Veracruz. <http://www.jornadaveracruz.com.mx/>
21. Manhein, et al., 2006. The Application of Geographic Information Systems and Spatial Analysis to Assess Dumped and Subsequently Scattered Human Remains. *Forensic Sci*, May 2006, 51 (3)
22. Minería ilegal y diversificación del portafolio criminal que incluye trabajo forzado: <https://es.insightcrime.org/noticias/analisis/gamechangers-2016-mineria-ilegal-continua-diversificacion-portafolio-criminal/>
23. Muñoz, L. 2018. Elaboración de un modelo predictivo de distribución potencial del cultivo *Chenopodium quinoa* Willd. Basado en necesidades edafoclimáticas con objeto de determinar las zonas de correcta adaptación en Extremadura. [http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/7606/TFMUJEX\\_2018\\_Mu%C3%B1oz-Reja\\_Mora.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/7606/TFMUJEX_2018_Mu%C3%B1oz-Reja_Mora.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
24. Orenge, H., 2007. Detection of Body Dump Sites and Clandestine Burials: A GIS-Based Landscape Approach. in: Clark, J.T. and E.M. Hagemester (eds.) *Digital Discovery. Exploring New Frontiers in Human Heritage*. CAA2006. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 34th Conference, Fargo, United States, April 2006. *Archaeolingua*, Budapest, pp. 185-190.
25. PDH-Ibero, Datacívica y HRDAG. *Predecir la existencia de fosas en municipios mexicanos* ([http://datacivica.org/assets/pdf/Fosas\\_web.pdf](http://datacivica.org/assets/pdf/Fosas_web.pdf))
26. Phillips, S., Anderson, R., y Schapire, R., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, 190: 231-259
27. Phillips, S.J., Dudk, M., 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31(2), 161-175
28. Pozos, A., 2018. El cuerpo ausente como sujeto político. El proceso de construcción de las desaparición de personas en México como un problema de acción pública (1969-2018) . Tesis Doctoral, Universidad de Quebec
29. Principios rectores para la búsqueda de personas desaparecidas. Comité de la ONU contra la Desaparición forzada. CNDH México.
30. Radilla-Martínez, A y Rangel-Lozano C. 2012 “*Desaparición Forzada y Terrorismo de estado en México: Memorias de la represión en Atoyac durante la década de los setentas.*” En Red-Arte
31. Registro Público de Personas Desaparecidas de Veracruz: <http://gobiernoabierto.fiscaliaveracruz.gob.mx/>
32. Reporte: Fosas clandestinas Diciembre 2018 – 13 de Mayo 2019
33. Ruiz-Reyes, J., 2019. Fosas clandestinas y su relación con crímenes de la humanidad. Propuesta metodológica para la documentación de casos que determinen responsabilidad penal internacional en México

34. Santiago, V., 2019. Guerracruz. Aguilar, México, 336 p.
35. Savino, 2014. Modelos de Distribución Potencial de Especies. [https://www.researchgate.net/publication/286927344\\_Modelos\\_de\\_Distribucion\\_Potencial\\_de\\_Especie\\_s](https://www.researchgate.net/publication/286927344_Modelos_de_Distribucion_Potencial_de_Especie_s)
36. Secretaría de Gobernación. <https://www.gob.mx/segob/prensa/presentan-primer-informe-oficial-en-materia-de-fosas-clandestinas>
37. Silván-Cárdenas, *et al.*, 2019. Potential distribution of clandestine graves in Guerrero using geospatial analysis and modelling. Artículo en preparación
38. SlideShare 2010. <https://es.slideshare.net/jsigner/introduction-to-sdm-with-MaxEnt-johanness-signer>
39. Software para evaluar susceptibilidad [https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/MaxEnt/](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/MaxEnt/)
40. Somma, R. *et al.*, 2018. A GIS-based quantitative approach for the search of clandestine graves, Italy. *Journal Forensic Science*, 63 (3): 882-
41. Teva-Sanz, G., 1996. La cuenca visual en el análisis del paisaje. *Serie Geográfica* 6, 99-113
42. Trabajo forzado en Chihuahua: <https://diario.mx/estado/rescatan-a-21-personas-sometidas-a-trabajo-forzado-20190712-1538923.html>
43. Universidad de Málaga, 2019. <http://www.uciencia.uma.es/Banco-de-Imagenes/Ciencia/Rocas-Sedimentaria->