

# REUNIÓN ANUAL 2022

## UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA

El comité organizador otorga la presente

### Constancia a

**Abraham Raziel Peraza  
Cantabrana**

por su participación en la edición 62 de la  
Reunión Anual

Puerto Vallarta, Jalisco, México - Octubre 30 al 4 de noviembre de 2022

**RAUGM 2022**  
Resiliencia para un Mundo Sostenible



**DR. ARTURO IGLESIAS**  
Presidente

# POTENCIAL ENERGÉTICO DEL SISTEMA HIDROTERMAL MESILLAS, NAYARIT PARA APLICACIONES DIRECTAS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

o

Instituto de Geofísica  
Peraza Cantabrana Abraham Raziel  
Octubre de 2022



# AGENDA

## SISTEMA HIDROTERMAL MESILLAS

Geología del sitio

Manifestaciones

Campaña geofísica

+  
•

Metodología

Procesamiento de datos

Resultados

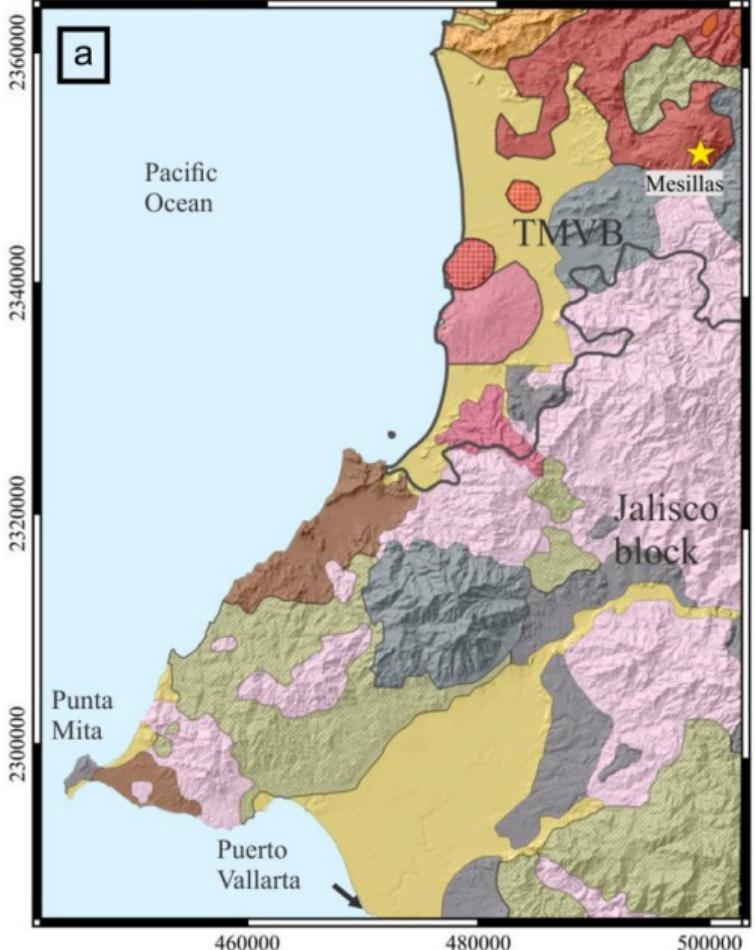
- Modelado 1D
- Modelado 2D
- Modelado en SIG
- Modelo conceptual

Delimitación espacial del campo  
geotérmico

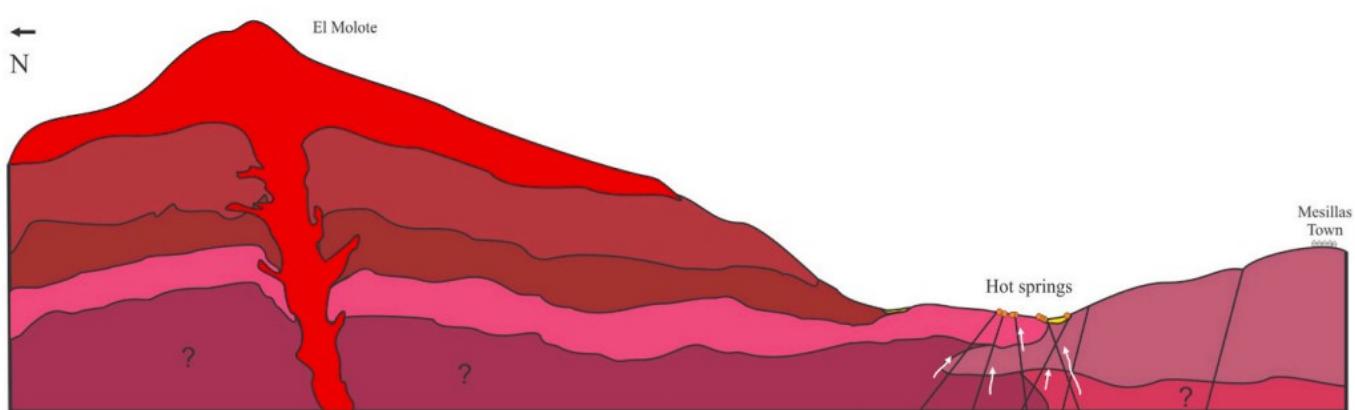
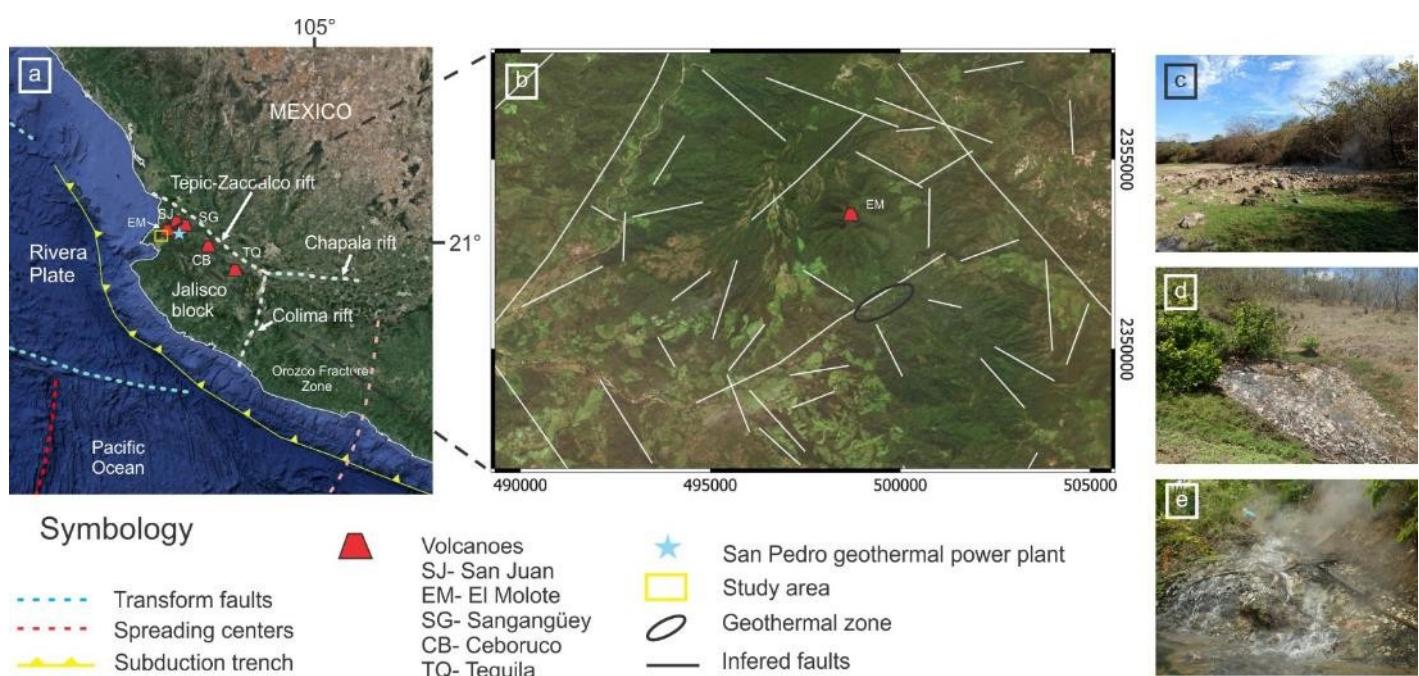
Estimación del potencial energético



# Geología del sitio



**Figura 2.- Mapa geológico regional con las litologías volcánicas dominantes .** Jácome,et al (2022)



**Figura 1.-Esquema simplificado del yacimiento hidrotermal así como del Sistema de fallas perteneciente al bloque Jalisco en Mesillas, Nayarit. Jácome,et al (2022)**

# Isoterma de Courie

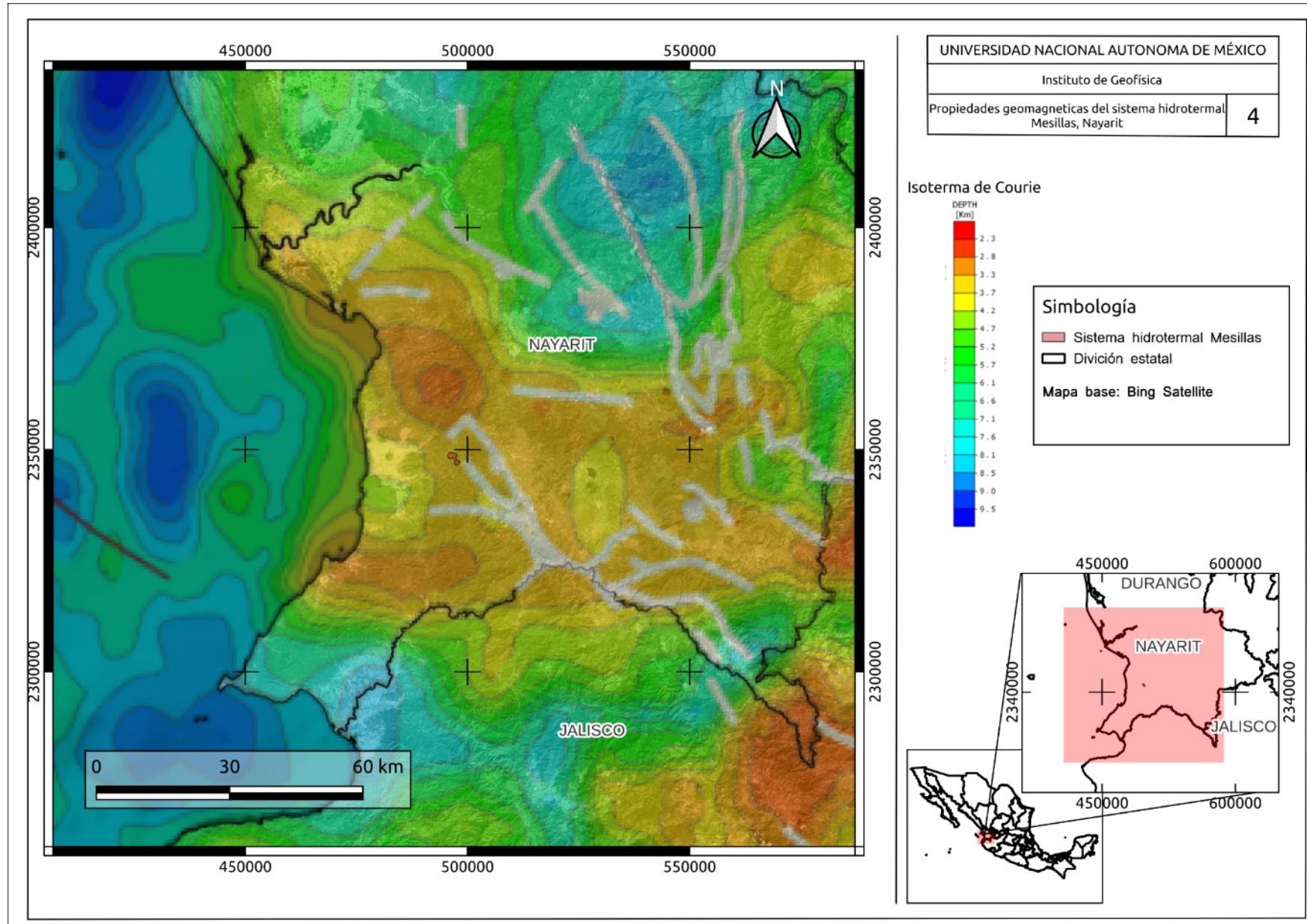


Figura 3.- Distribución espacial de la Isoterma de Courie a escala regional

# Ubicación del campo hidrotermal Mesillas

- La localidad de Mesillas forma parte del municipio de Compostela, Nayarit.
- De acuerdo con Jácome *et al* (2022), se identificaron unidades vulcanosedimentarias, andesíticas y dacíticas en el área, altamente fracturadas relacionadas con cuatro sistemas de fallas con direcciones NW-SE, NE-SW, N-S y E-W
- Se extrajeron 16 muestras geoquímicas de un total de 25 manantiales termales, que descargan agua de tipo carbonatado-sódico, mientras que el agua fría es de tipo carbonatado-cálcico-magnésico.
- Se plantearon 15 nuevos sondeos electromagnéticos (TDEM) en la zona de estudio alineados en cuatro perfiles para su modelado

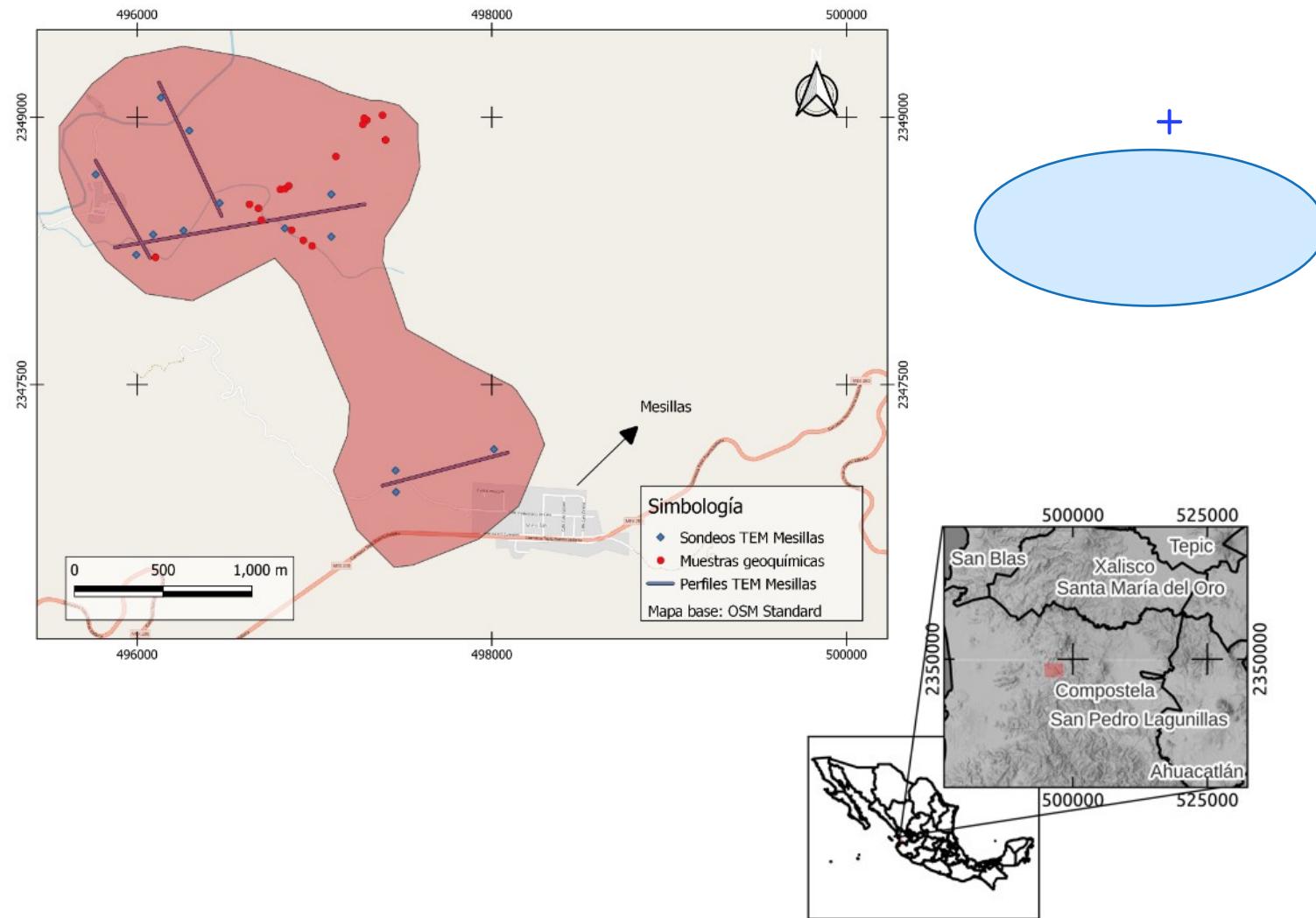


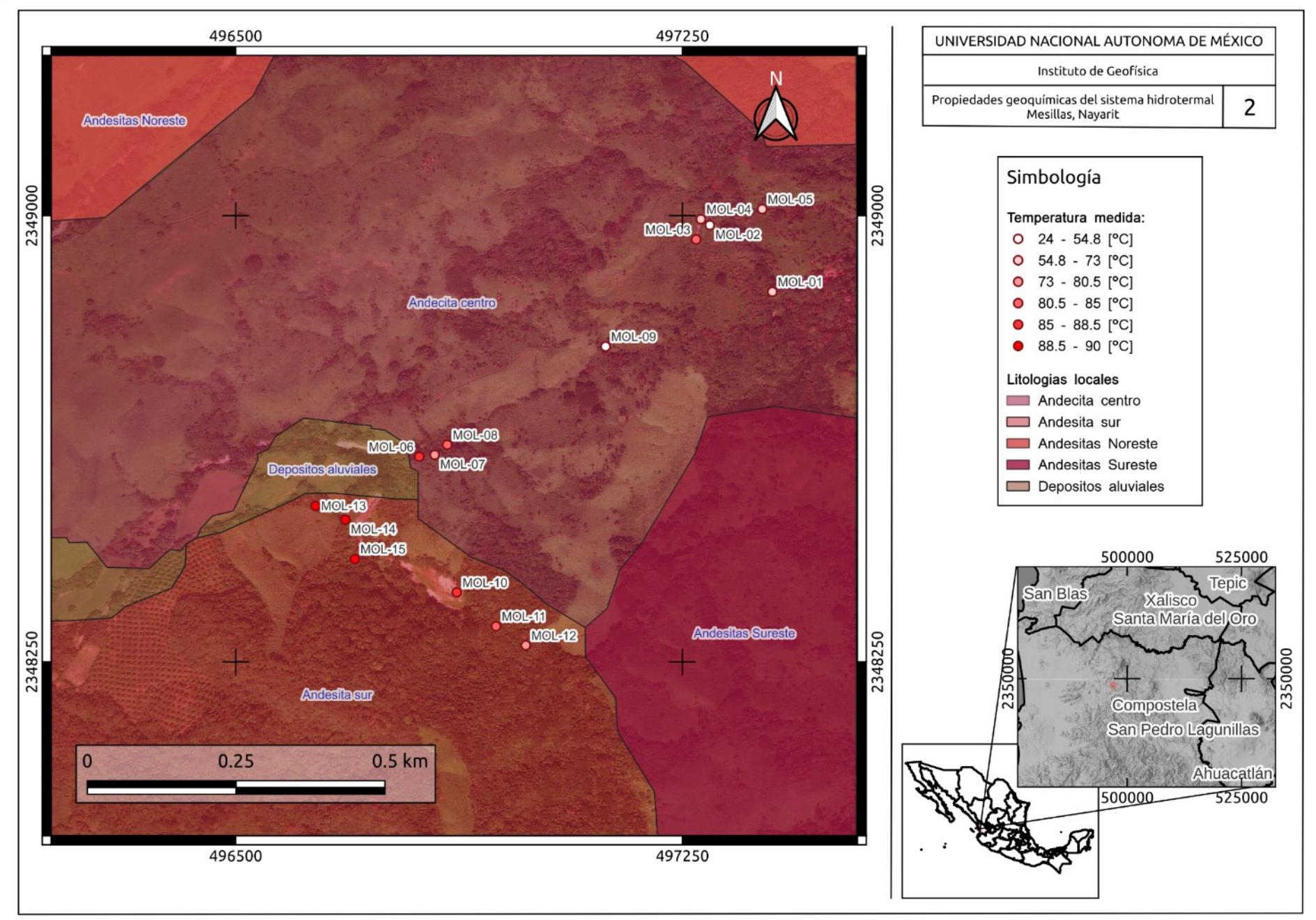
Figura 1.- Zona de estudio planteada para el campo hidrotermal Mesillas

# Manifestaciones

- Composición isotópica con predominancia de agua meteórica.
- Rango de -6.7 a -7.7 ‰ para  $\delta^{18}\text{O}$  y de -42.1 a -51.7‰ para  $\delta\text{D}$
- Con base en su temperatura, los manantiales se pueden clasificar en tres grupos: los de mayor temperatura  $T \geq 75^\circ\text{C}$ , temperatura media  $30^\circ\text{C} \leq T < 75^\circ\text{C}$  y el manantial de agua fría con temperatura  $T < 30^\circ\text{C}$ .
- La descarga medida de gases ( $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{S}$ ) se encuentra sobre el sistema de fallas con dirección NW-SE entre los manantiales de mayor temperatura
- Geotermómetros de cationes y multicomponente indican una temperatura a profundidad entre 125 y 130 °C.



Figura 2.- Toma de muestras de fluidos para estudios geoquímicos de la zona



# Campaña de exploración geofísica

- La distribución de las estaciones se detalla con la etiqueta MES de numeración 1 a 14.
- A partir de los catorce sondeos se propusieron cuatro perfiles de procesamiento de datos geoeléctricos.
- Encontrar la distribución espacial de la anomalía resistiva en relación con la profundidad.
- Caracterizar las propiedades electromagnéticas del medio en dos dimensiones.
- Implementación de SIG con la anomalía resistiva.

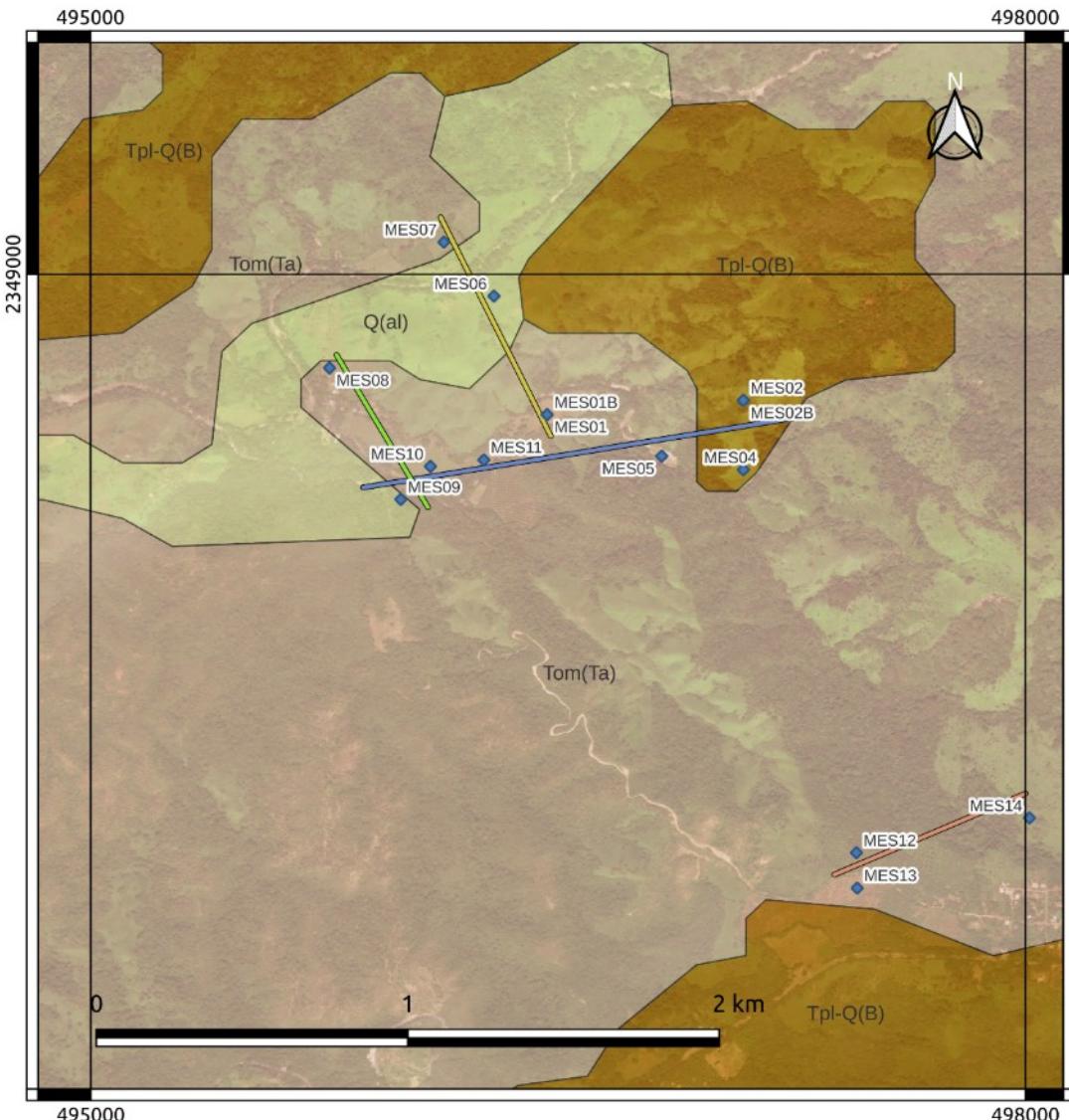
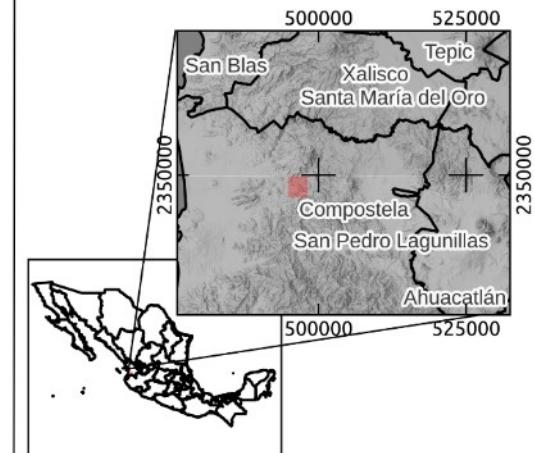


Figura 4.- Distribución espacial de sondeos TDEM realizados en la zona

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
Instituto de Geofísica
Propiedades electromagnéticas del sistema hidrotermal Mesillas, Nayarit

1

Simbología
◆ Sondeos TEM Mesillas
Perfiles TEM Mesillas
— Perfil electromagnético 1
— Perfil electromagnético 2
— Perfil electromagnético 3
— Perfil electromagnético 4
Litologías
■ Aluvial
■ Basalto
■ Toba ácida
Mapa base: Bing Satellite



# Procesamiento de datos

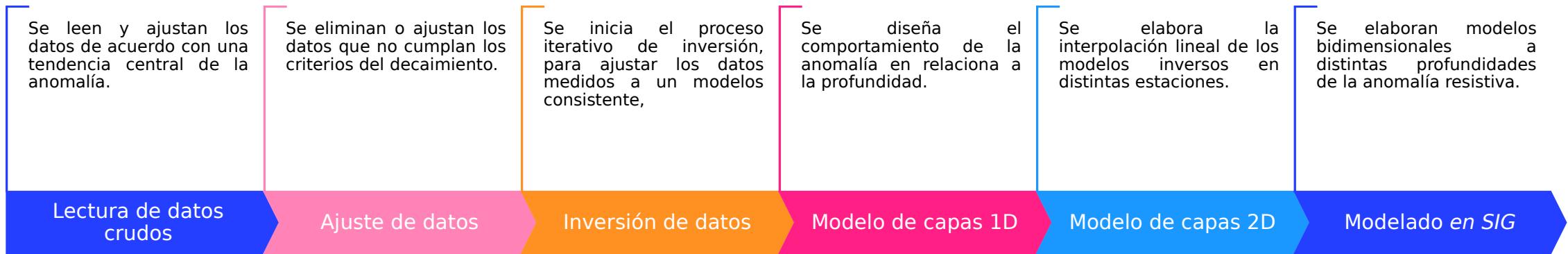


Figura 7.- Secuencia de procesamiento TEM

# Modelos de inversion 1D

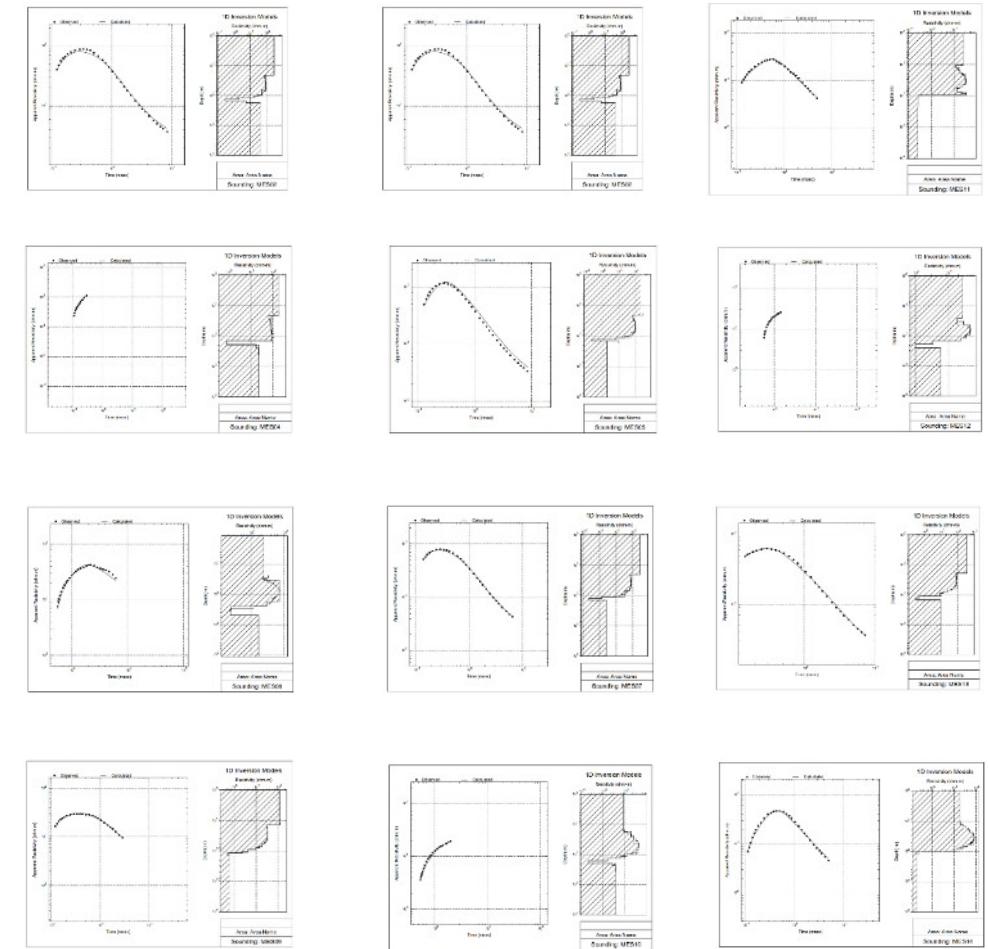
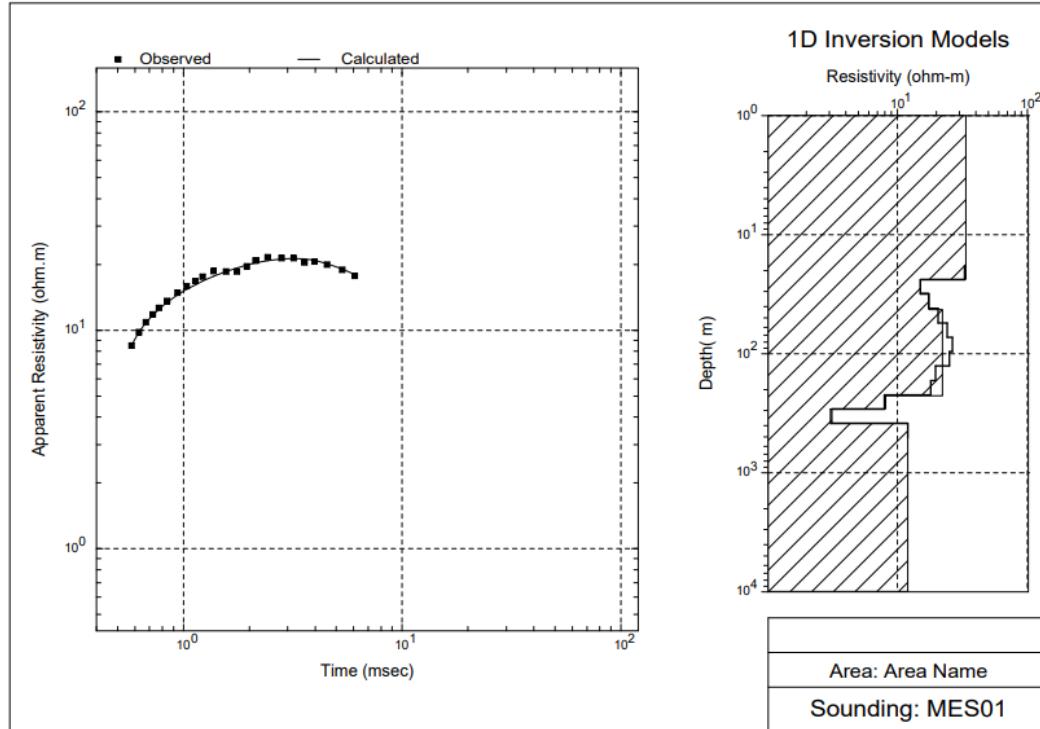
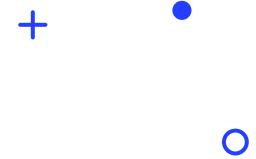


Figura 8.- Modelos de inversion 1D

# Modelos de inversión 2D

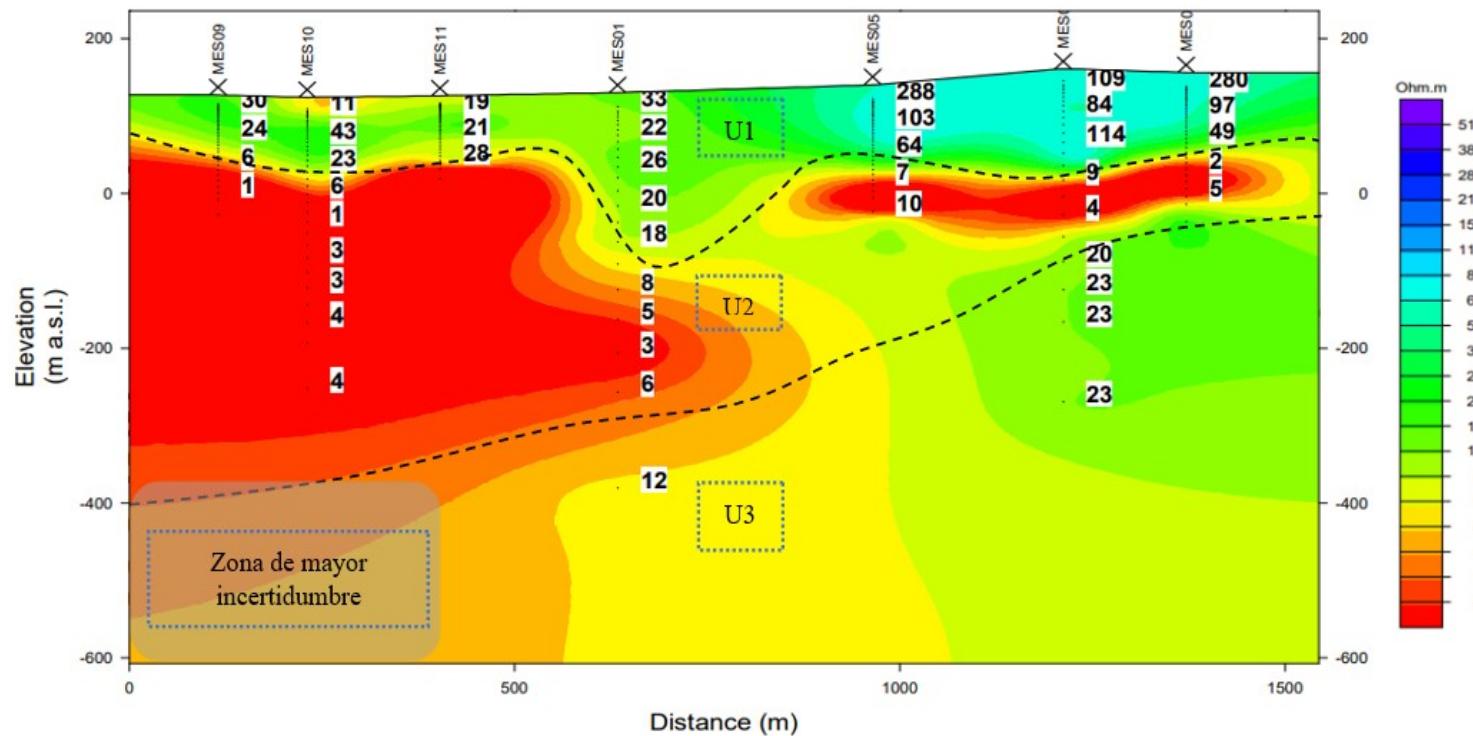
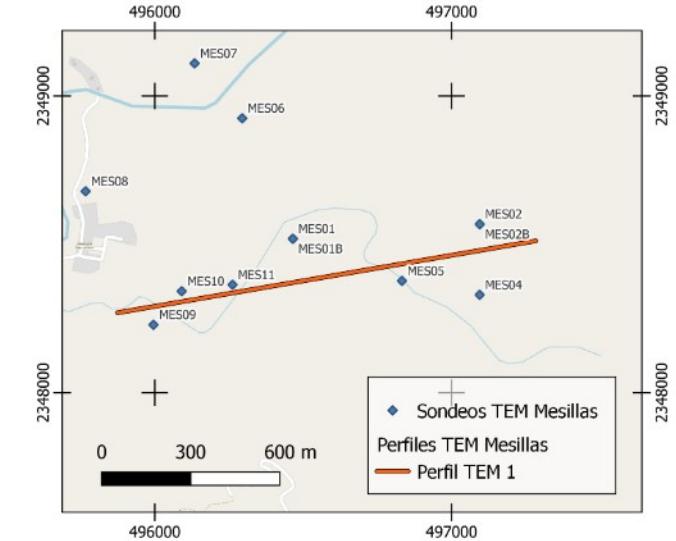


Figura 8.- Modelo inverso 2D TEM 1



- Se extiende por 1532 metros hasta los 600 metros de profundidad
- U1, 200 metros de espesor en su extremo oriental y de apenas 50 metros en su extremo occidental con resistividades variables de entre los 18 y 65 [ohm·m].
- U2, espesores mayores en su extremo oeste que alcanzan hasta los 400 metros de profundidad (bajo el nivel del mar) y se torna más delgada hacia el oeste , espesor aproximado de 200 metros, resistividades que varían de los 1 a 15 [ohm·m] teniendo su pico máximo de conductividad a los 0 [msnm]con una resistividad cercana a los 0 [ohm·m].
- U3, en la que disminuye la conductividad eléctrica, las resistividades tornan un aumento progresivo conforme aumenta la profundidad, desde los 400 metros en el oeste, por el este apenas en los 20 metros bajo el nivel del mar aumenta abruptamente la resistividad, con espesores visibles de hasta 300 metros.
- Se establece una zona de incertidumbre en forma de polígono (rectángulo azul) por debajo de los 400 metros de profundidad con 400 metros de longitud del tendido.

# Modelos de inversión 2D

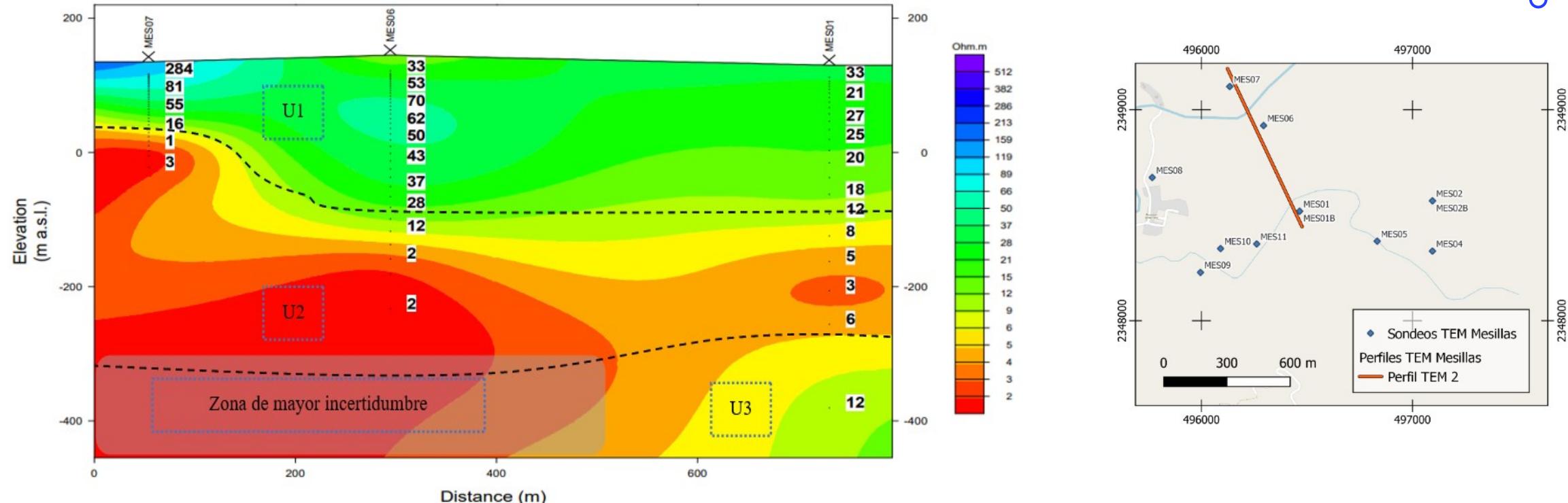


Figura 9.- Modelo inverso 2D TEM 2

- Se extiende por 780 metros hasta los 430 metros de profundidad
- U1, semi horizontal, con un pequeño adelgazamiento al norte con un espesor de 100 metros en esta zona, mientras en el extremo sur el espesor llega a mas de 200 metros con resistividades variables desde los 20 hasta los 250 [ohm·m].
- U2, espesores mayores en su extremo norte que alcanzan hasta los 300 metros de profundidad (bajo el nivel del mar) y se torna más delgada hacia el sur, espesor aproximado de 200 metros, resistividades de 1 a 15 [ohm·m] teniendo su pico máximo de conductividad a los 200 metros bajo el nivel medio del mar, con una resistividad cercana a 1 [ohm·m].
- U3, en la que disminuye la conductividad eléctrica, las resistividades tornan un aumento progresivo conforme aumenta la profundidad y nos acercamos al sur con espesores visibles de hasta 100 metros.
- Zona de incertidumbre por debajo de los 300 metros de profundidad

# Modelos de inversión 2D

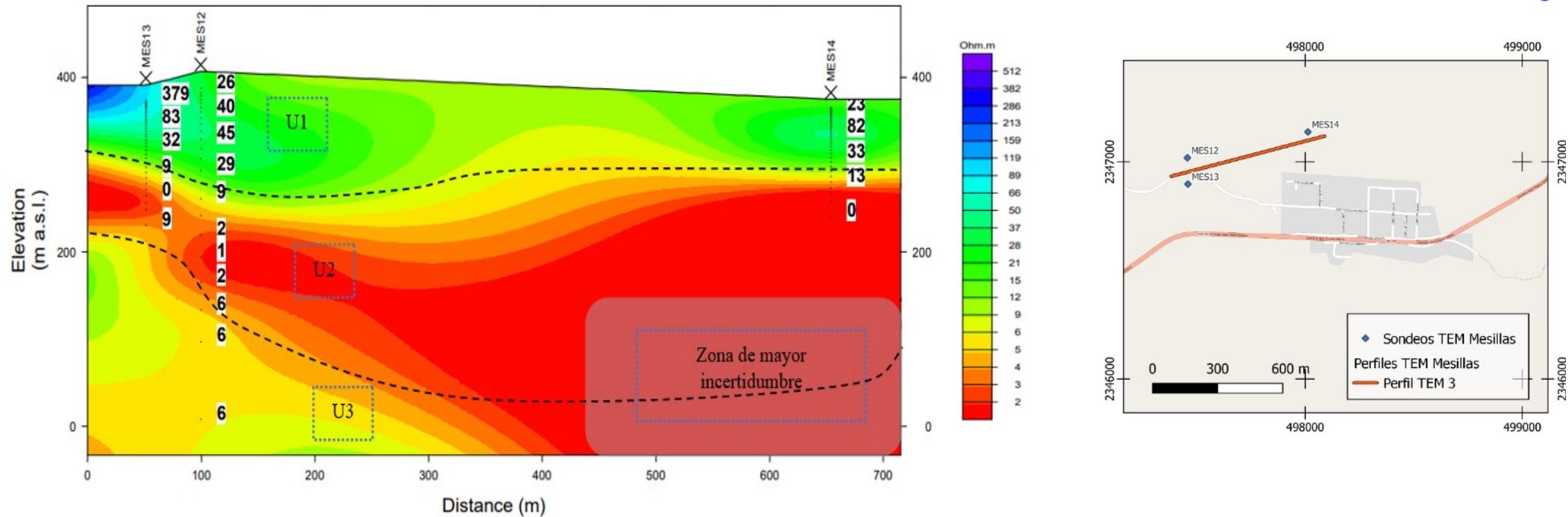


Figura 10.- Modelo inverso 2D TEM 3

- Se extiende por 720 metros hasta los 50 de profundidad (las estaciones están a más de 400 msnm),
- U1, semi horizontal que ronda entre 120 y 150 metros de espesor, cuenta con resistividades que van de los 13-379 [ohm·m].
- U2, de igual manera tiene una distribución espacial semi horizontal que se prolonga en todo el perfil con espesores de 150 metros al oeste y 200 metros al este, con valores de resistividad que van desde los 0.1 hasta los 10 [ohm·m].
- U3, en la que disminuye la conductividad eléctrica, las resistividades tornan un aumento progresivo conforme aumenta la profundidad, desde 200 metros en el oeste, por el este los datos observados llegan hasta los 180 metros.
- Se establece una zona de incertidumbre que empieza desde los 450 metros de longitud y por debajo de los 200 metros de profundidad

# Modelos de inversión 2D

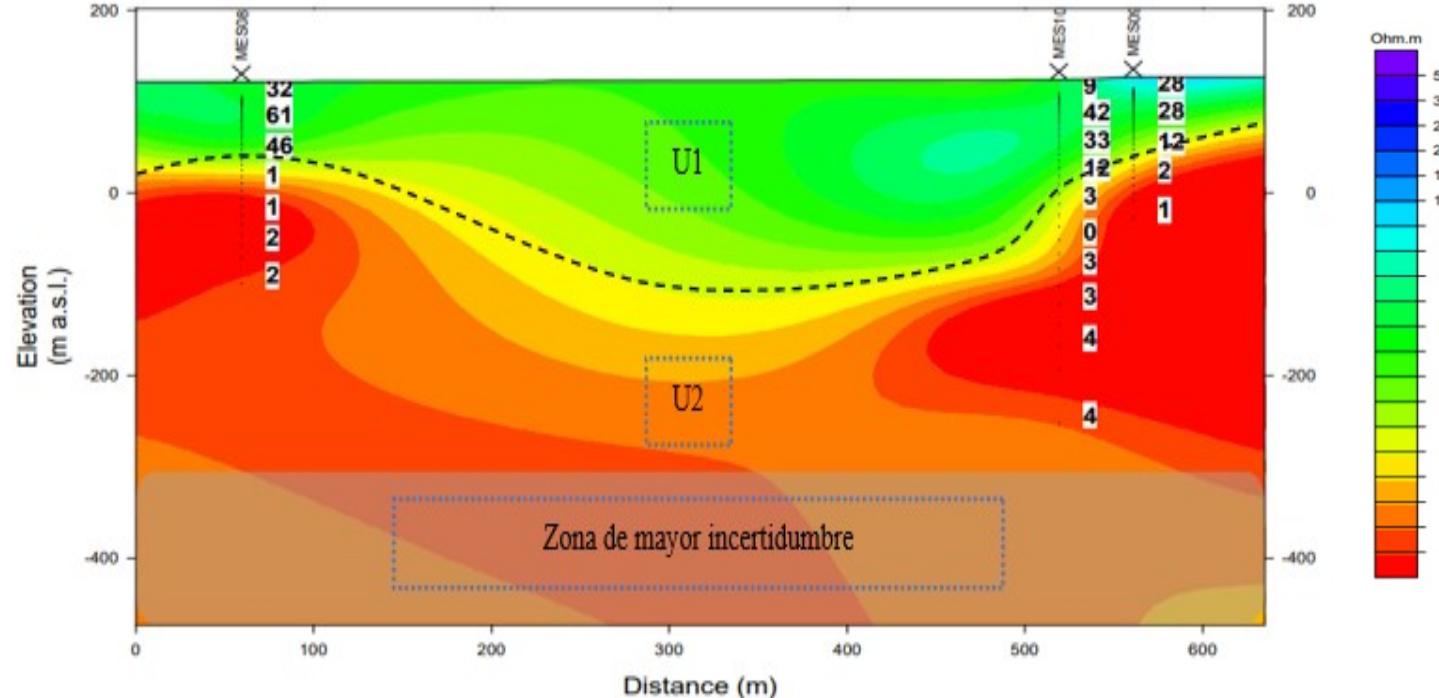
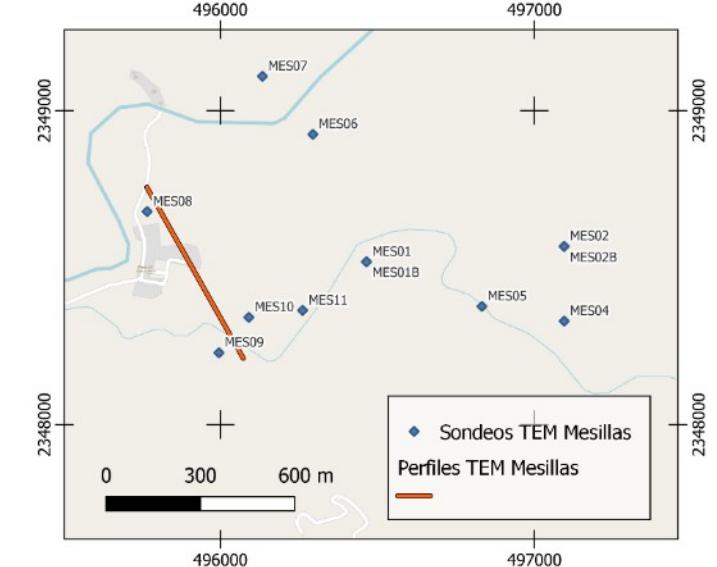


Figura 10.- Modelo inverso 2D TEM 4

- Se extiende por 660 metros hasta los 440 metros de profundidad
- U1, particularmente con mayor espesor entre los 200 y 600 metros de longitud alcanzando una profundidad máxima de 200 metros, a sus costados ronda los 100 metros de profundidad con resistividades que van de los 10 a los 50 [ohm·m].
- U2, semi horizontal, que parte desde los 50 msnm y tiene sus valores visibles hasta los 220 m de profundidad (sin considerar la zona de incertidumbre), alcanzando resistividades que van desde los 0.1 hasta los 5 [ohm·m].
- Se establece una zona de incertidumbre en forma de polígono (rectángulo azul) por debajo de los 300 metros de profundidad en todo el tendido.



# Implementación de SIG

## CONSIDERACIONES

- Se opta por descartar el perfil TEM 3 dada la distancia que presenta con respecto a los otros 3 sondeos
- Se establecerá la zona de incertidumbre en una región de 2500 m<sup>2</sup> en la esquina noreste de los mapas de estudio.

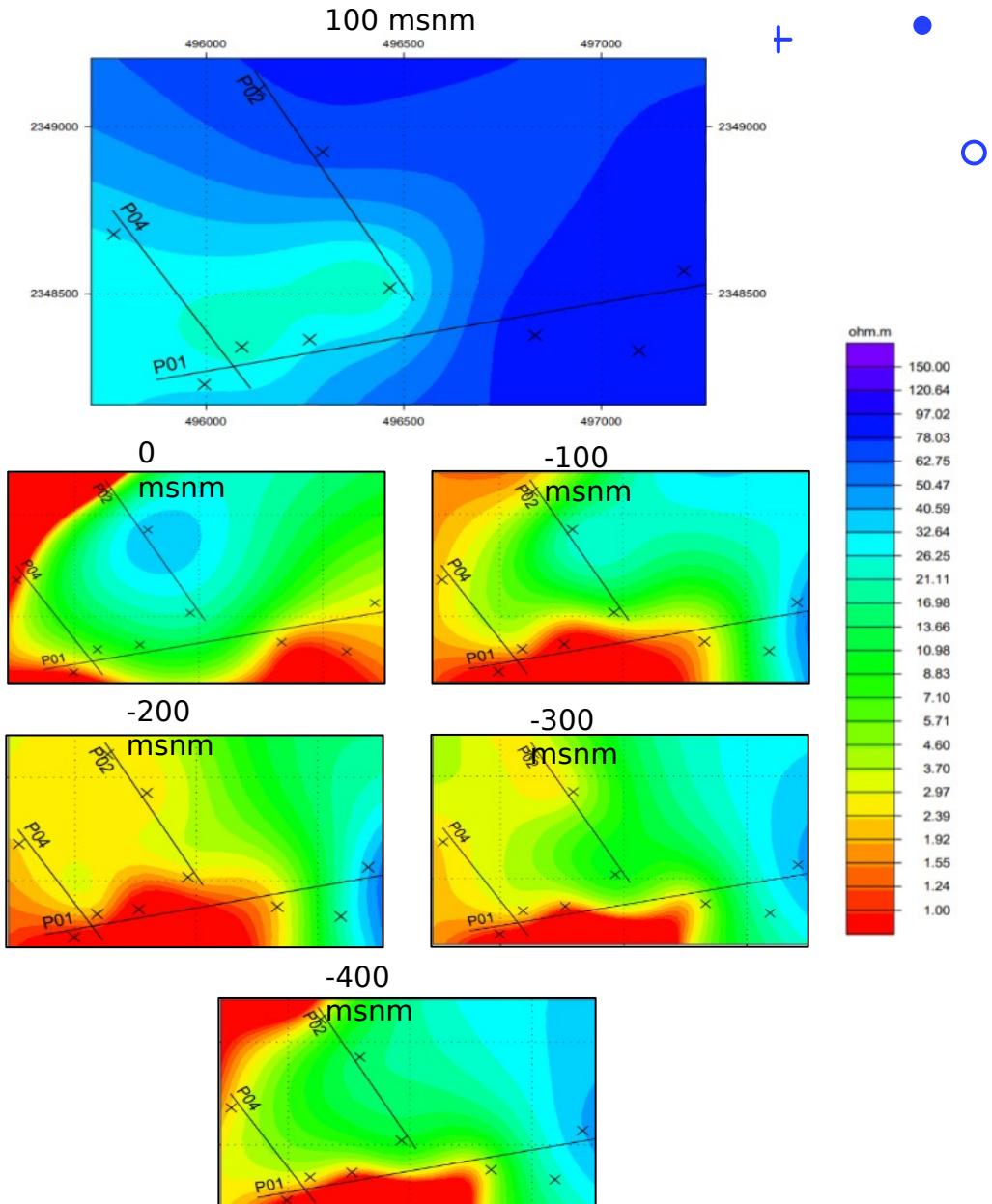


Figura 10.- Compendio de mapas de la anomalía a distintas profundidades

# Modelos en SIG

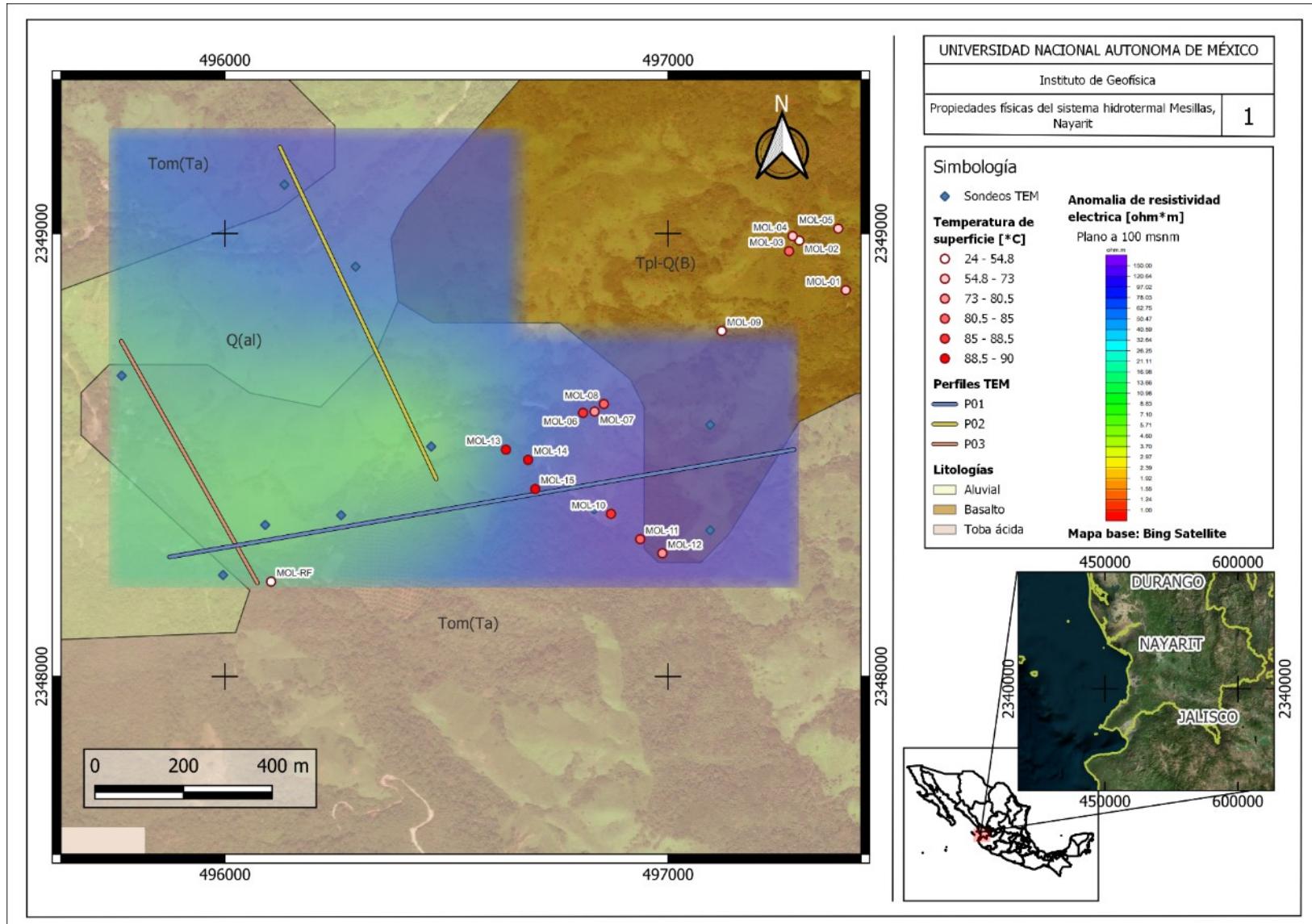


Figura 10.- Modelo de la anomalía resistiva a 100 msnm

# Modelos en SIG

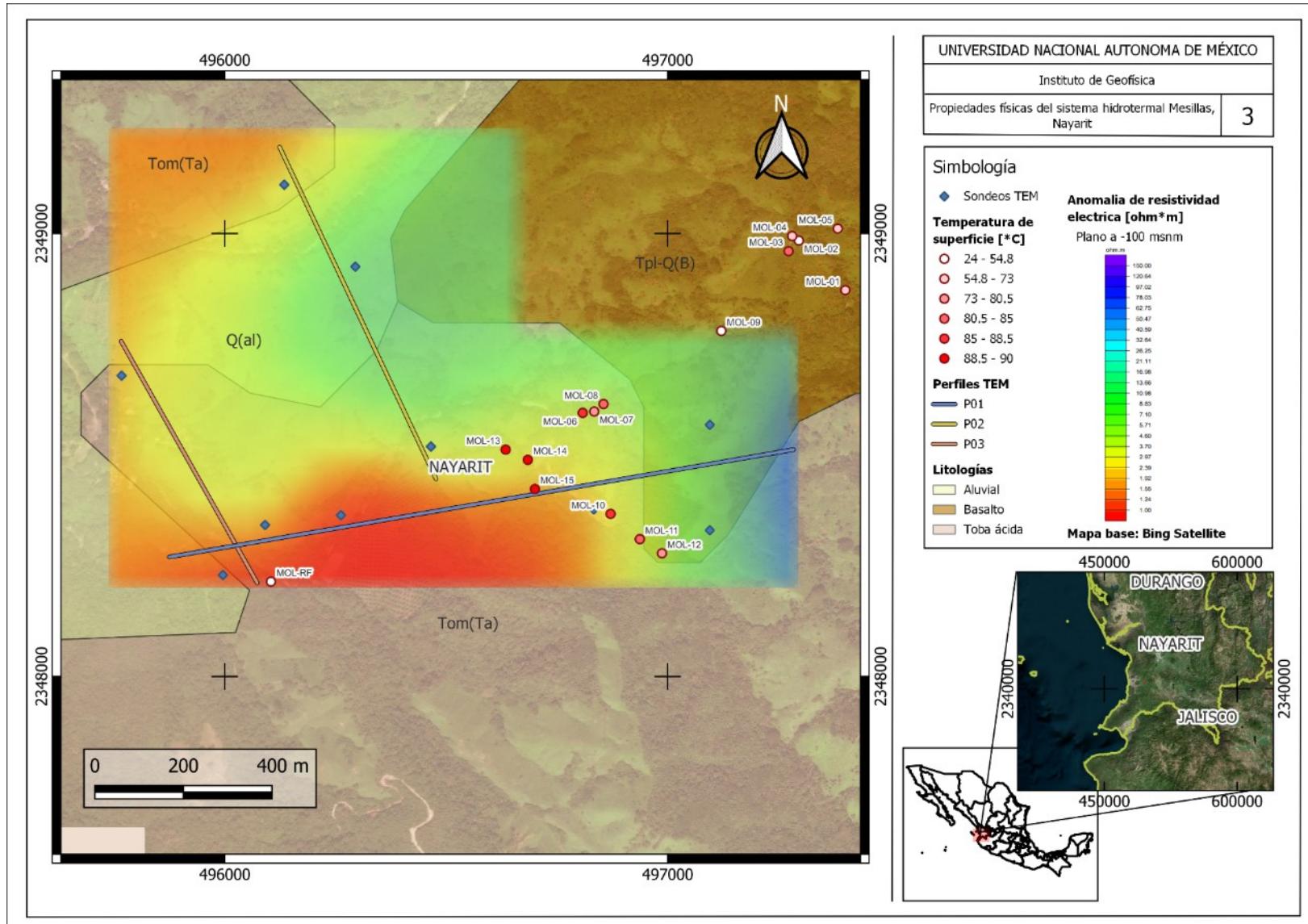
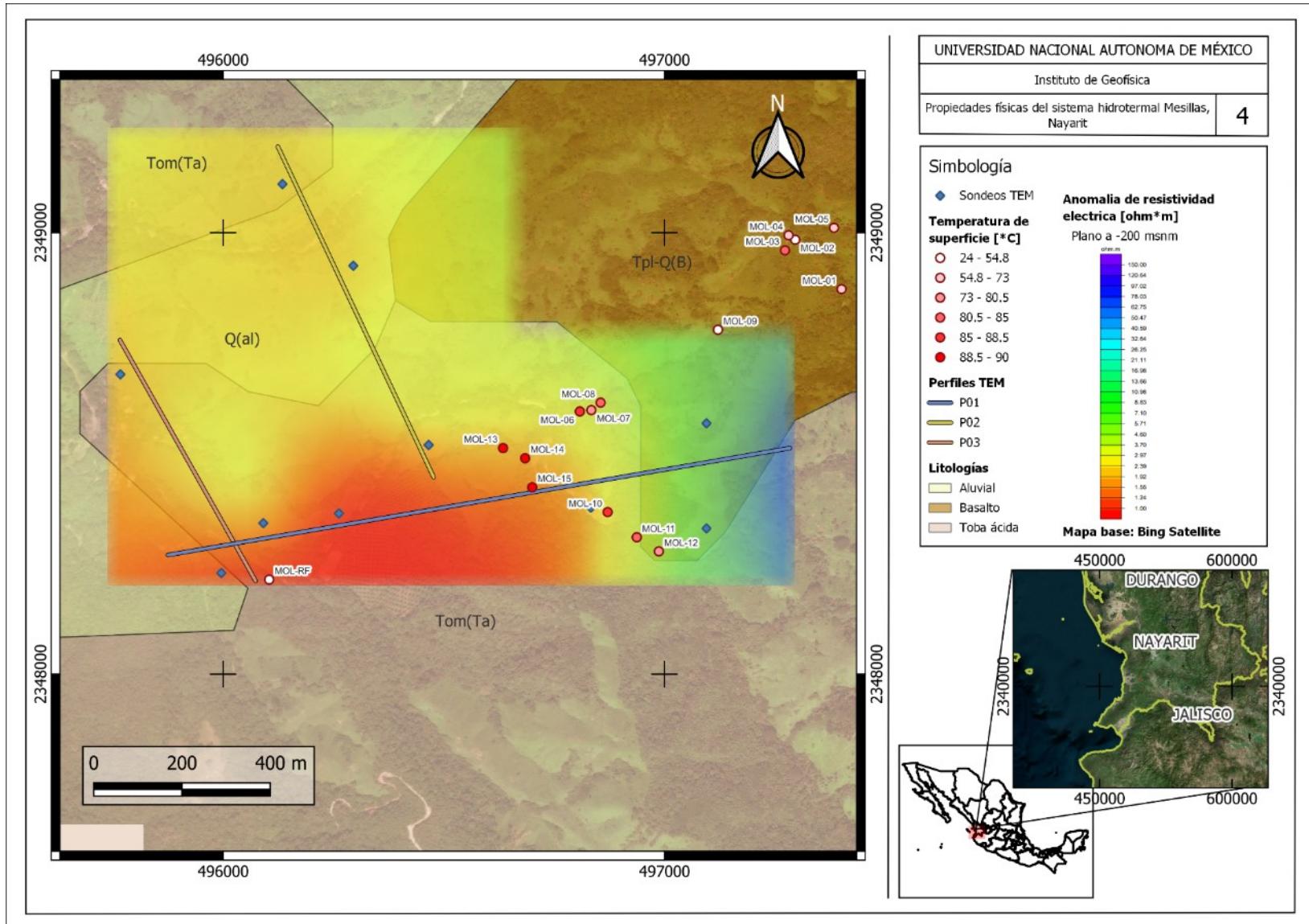
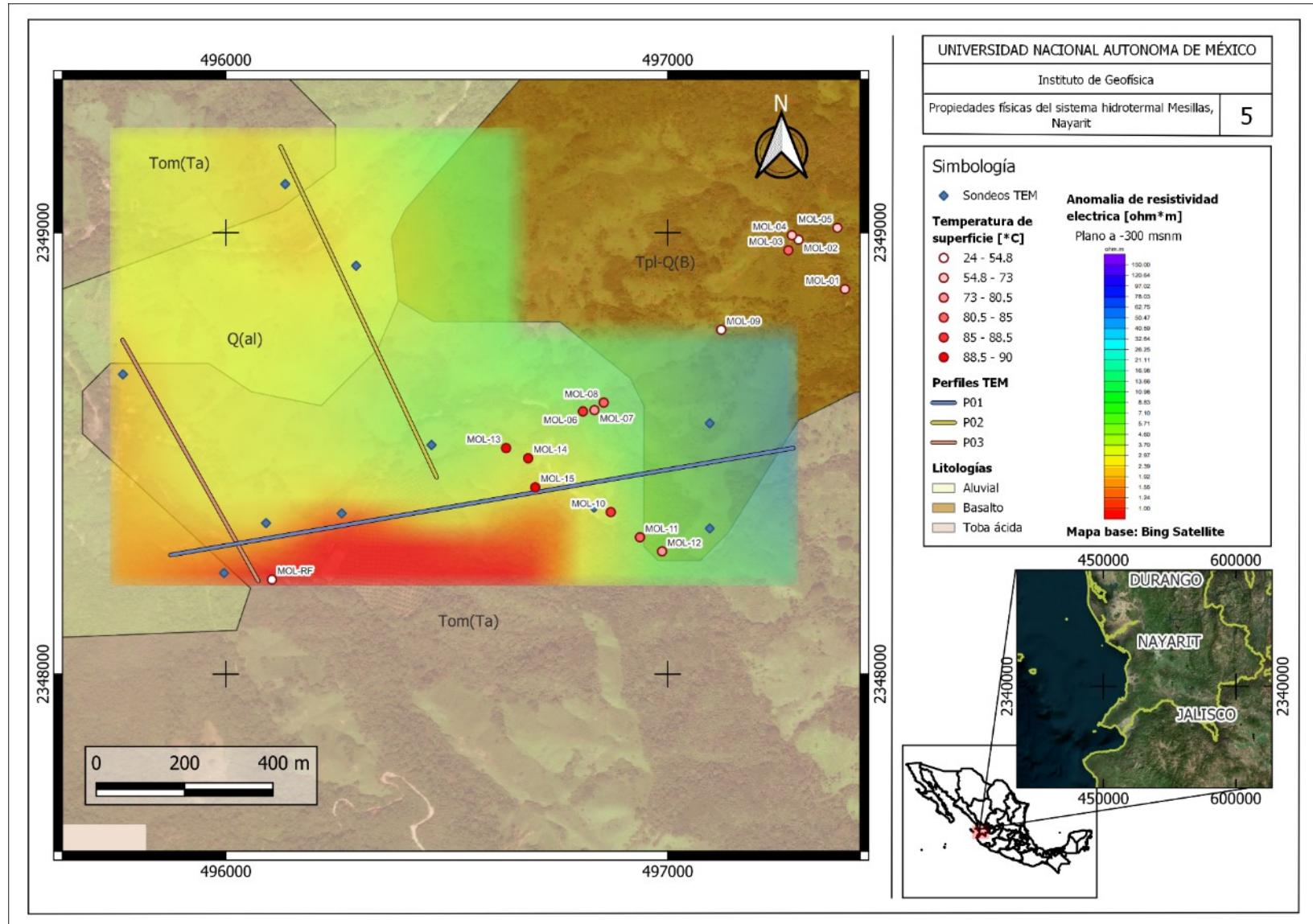


Figura 10.- Modelo de la anomalía resistiva a -100 msnm

# Modelos en SIG



# Modelos en SIG



# Modelos en SIG

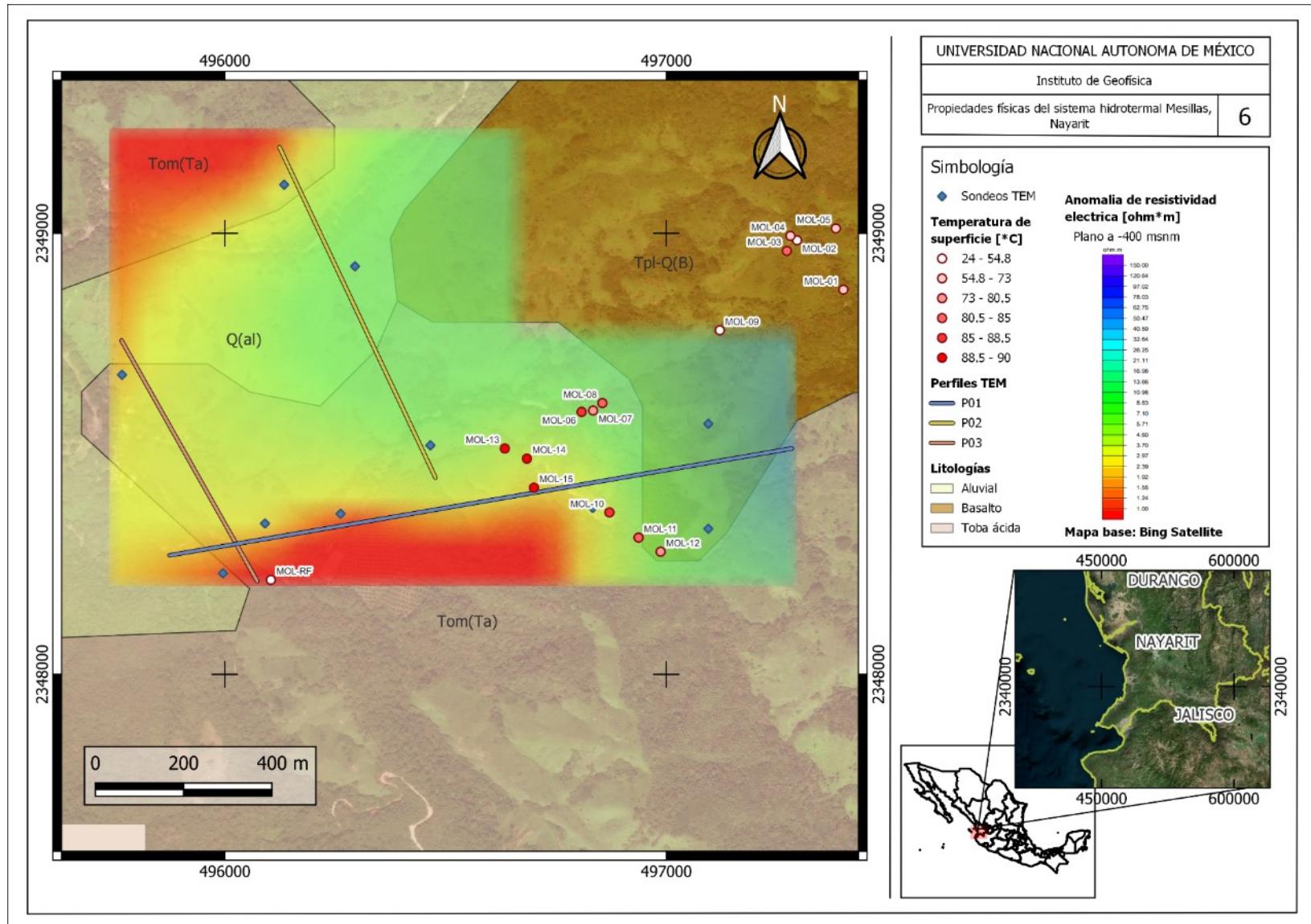


Figura 10.- Modelo de la anomalía resistiva a -400 msnm

# Modelos en SIG

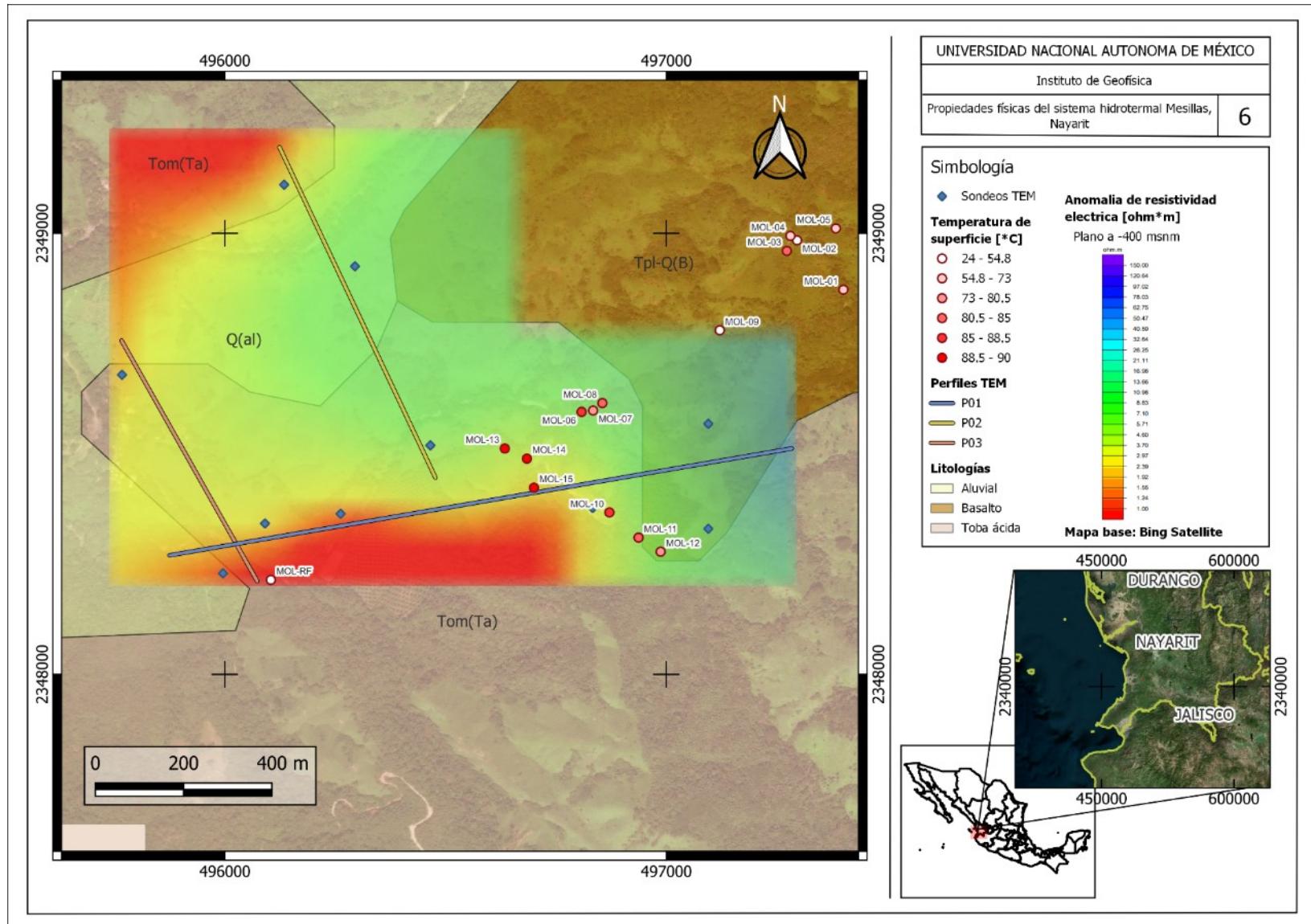
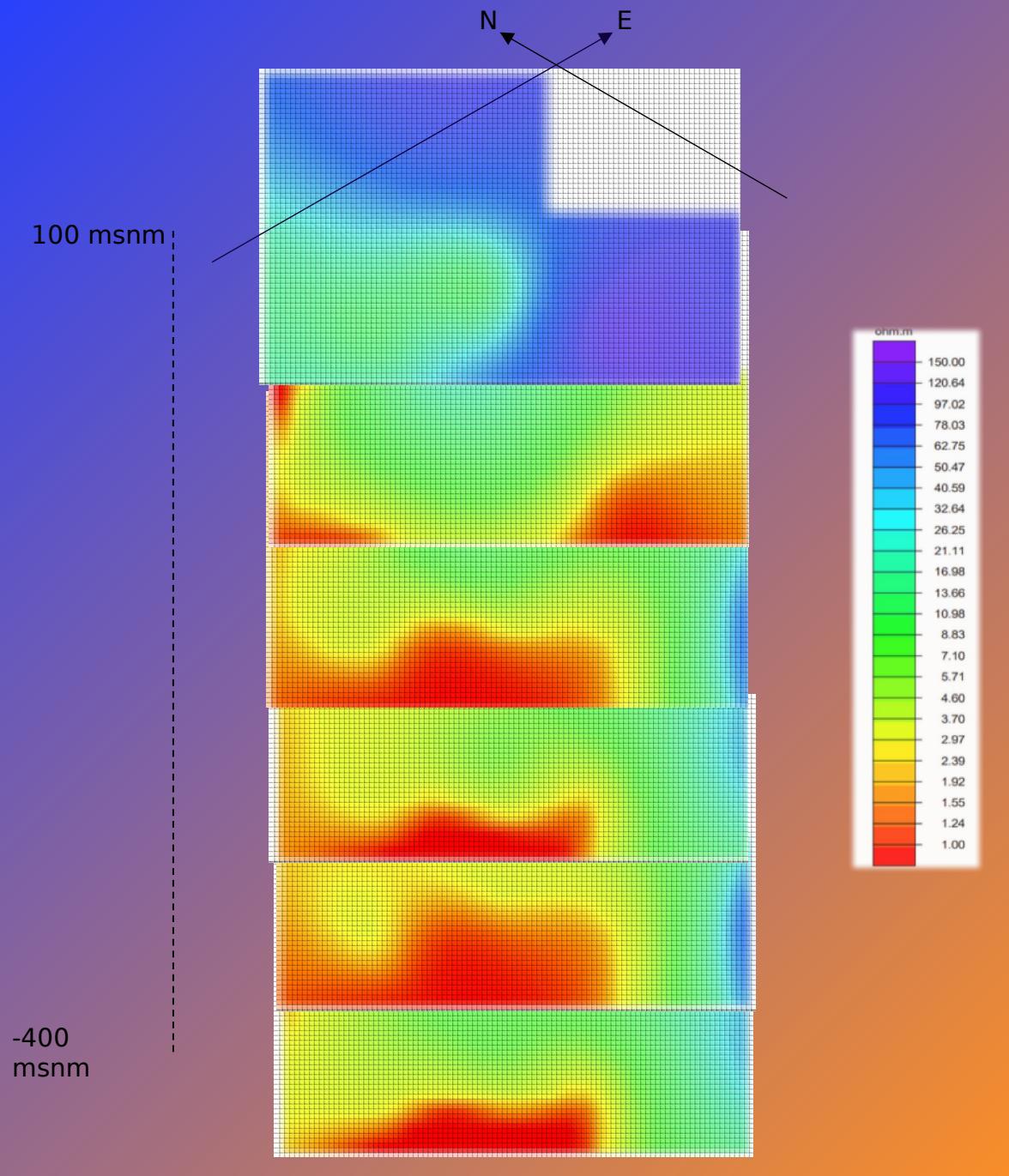


Figura 10.- Modelo de la anomalía resistiva a -400 msnm



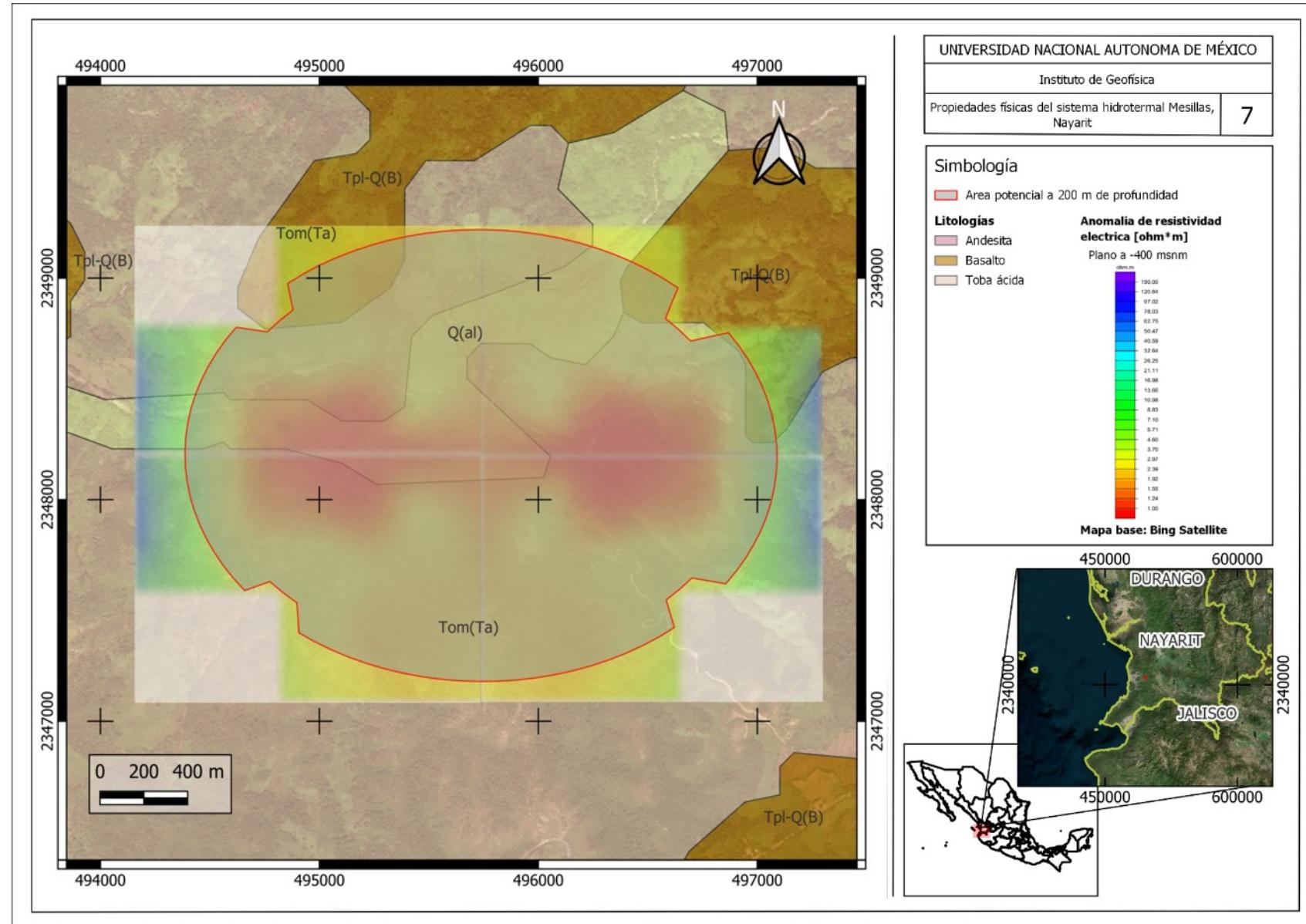
# Modelo conceptual

- Decremento progresivo de la resistividad en relación a la profundidad hasta -300 msnm.
- Pico máximo de conductividad eléctrica entre -100 y -400 msnm.
- Aumento progresivo de la resistividad a partir de 400 metro.
- Mayor consistencia de los datos entre los 200 y 300 metros de profundidad.
- Tendencia del medio conductor en dirección sur, oeste y suroeste.

# Delimitación espacial del campo geotérmico

+

•



- Limitación técnica [Qde](#) de los datos medidos
- Planteamiento espacial del yacimiento con límites “espejo” de la anomalía hacia el sur, oeste y suroeste. Tomando en cuenta datos relevantes de la geología del sitio (porosidad, fracturamiento, muestras isotópicas de campo).
- Se utiliza la misma metodología para cada una de las anomalías y poder delimitar la zona potencial del campo hidrotermal.

Figura 11.- Modelo de la anomalía resistiva a -400 msnm

# Propuesta energética del campo Mesillas

Variables de entrada	Unidades	Mínimo	Máximo	Media
Área	Km <sup>2</sup>	3.71	4.26	4.06
Espesor	Km	0.200	0.400	0.350
Volumen	Km <sup>3</sup>	0.1224	0.5572	0.3605
Temperatura	°C	120	130	125
Flujo de calor	mW m <sup>-2</sup>			159.7
Densidad de la roca	Kg/m <sup>3</sup>	2.6	2.8	2.7
Porosidad	%	3	7	5
Eficiencia de conversión	%			0.12
Tiempo de planta	Años			30
Factor de planta	%			0.9
Capacidad calorífica (roca)	J/Kg-K	591	856	700
Factor de recuperación				0.05

## Método Volumétrico

$$Q_r = \rho c V (T_r - T_0)$$

$$Q_r = 2700 * 700 * (4.06E6 * 350) * (120 - 90)$$

$$Q_r = 8.0570E16 [J]$$

$$P = \frac{(Q_r \cdot R_f \cdot C_e)}{P_f \cdot t}$$

**P= 567.357 KW**

## Por flujo de calor:

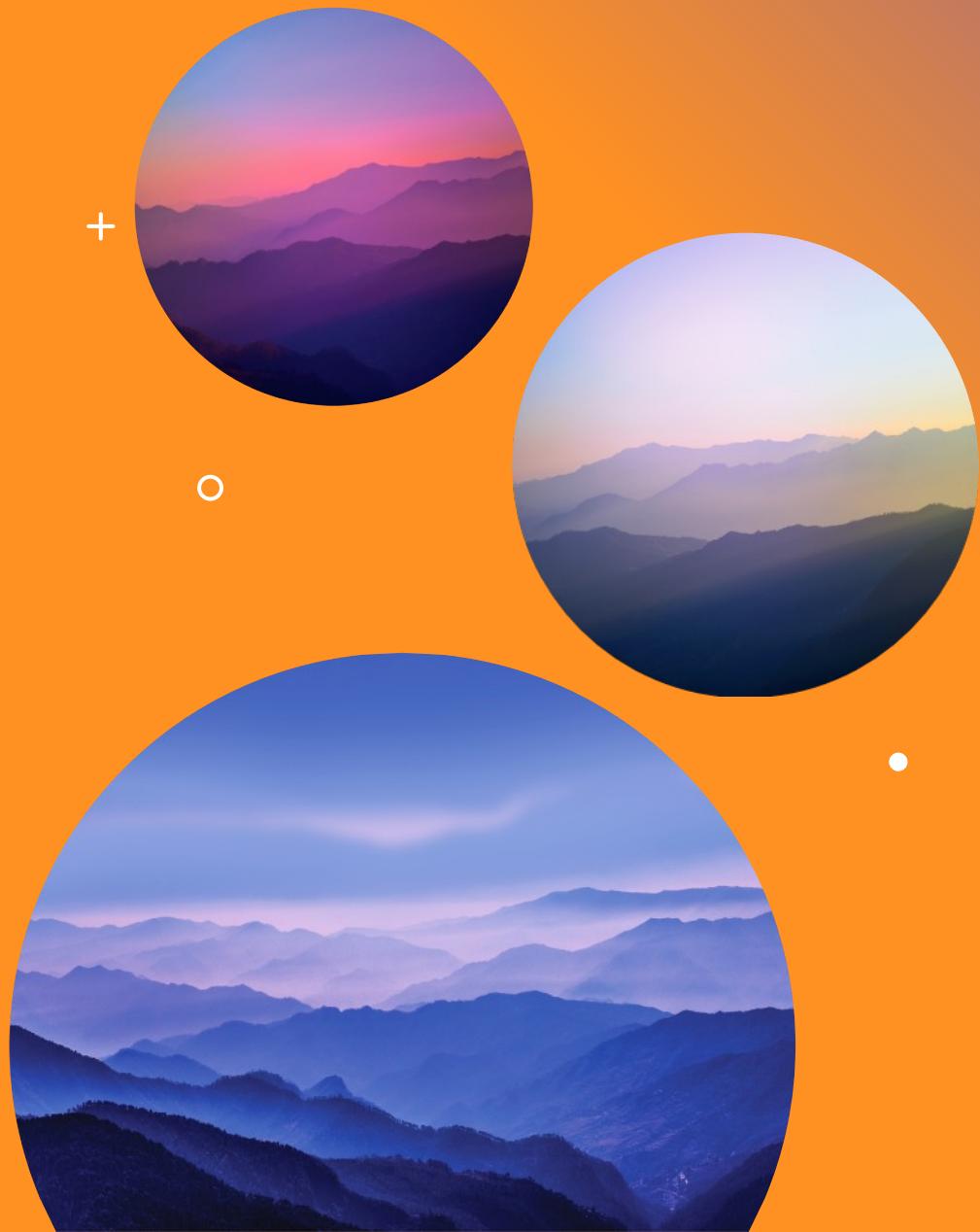
$$P = \text{Flujo de calor} * \text{Área}$$

$$= 159.7E-3 [\text{mW} * \text{m}^{-2}] * ( * 4060000 [\text{m}^2])$$

**P= 526.582 KW**

# CONCLUSIONES

- El yacimiento muestra una extensión hacia el oeste y suroeste de la región de estudio, coincidiendo los mínimos resistivos con las manifestaciones de mayor temperatura  $T \geq 75^{\circ}\text{C}$ .
- Las resistividades aumentan hacia el este, coincidentes con las manifestaciones de menor temperatura  $T < 30^{\circ}\text{C}$ .
- Se puede acotar una zona de mayor conductividad entre los 100 y 400 metros de profundidad (300 metros de espesor en promedio)
- De manera preliminar se logra estimar un potencial energético que ronda los 500 KW, que es calculado tomando en cuenta una planta convencional y aplicando el método volumétrico y el de flujo de calor.



# GRACIAS

## REFERENCIAS

- J.J. QUINOA. REVIEW OF THE VOLUMETRIC STORED-HEAT RESOURCE ASSESSMENT: ONE METHOD, DIFFERENT RESULTS, DEPARTMENT OF ENGINEERING SCIENCE, UNIVERSITY OF AUCKLAND, NEW ZEALAND .
- MARIANA PATRICIA JÁCOME PAZ, DANIEL PÉREZ - ZARATE, ROSA MARÍA PROL-LEDESMA, IRVING GONZÁLEZ ROMO, AUGUSTO RODRÍGUEZ, GEOCHEMICAL EXPLORATION IN MESILLAS GEOTHERMAL AREA, MEXICO, APPLIED GEOCHEMISTRY, VOLUME 143, 2022.

# Metodología TDEM

Time Domain Electro  
Magnetics

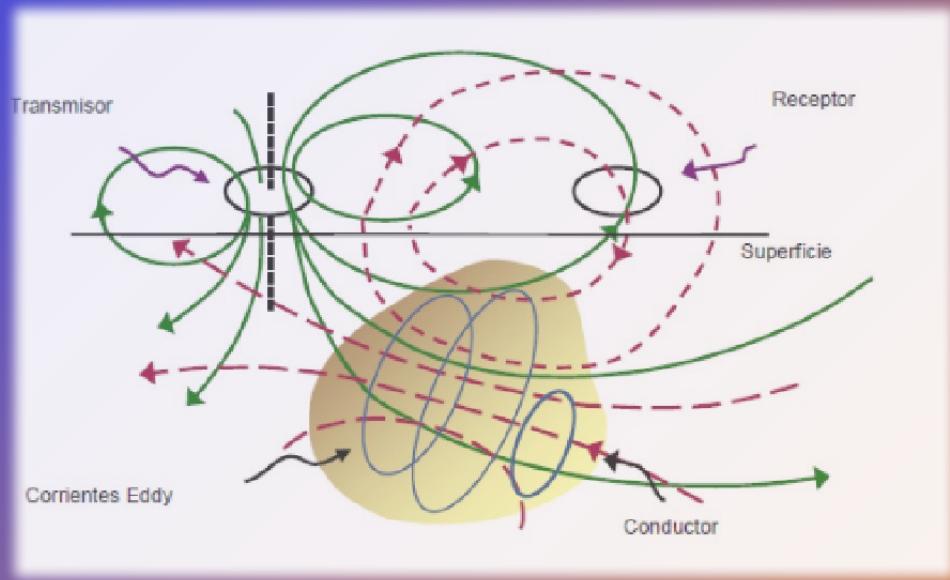


Figura 5.- Principio de inducción electromagnética, problema de las tres espiras ()

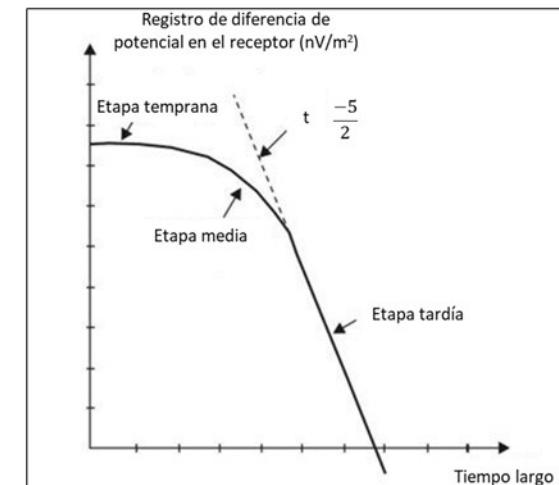
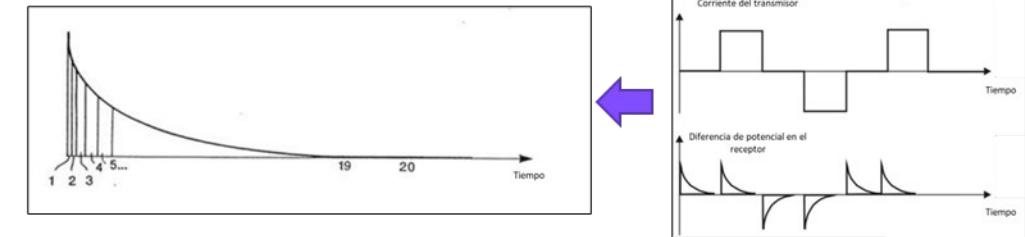
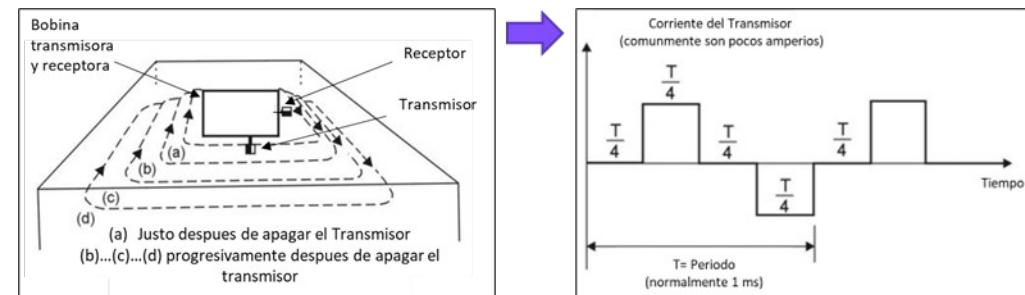


Figura 6.- Secuencia de funcionamiento del TDEM

# EQUIPO DE ADQUISICIÓN



Figura 6.- Equipo TerraTEM

## CARACTERÍSTICAS TERRATEM

- Transmisor y receptor en una unidad
- Transmisor de 10 amperios
- Receptor de 1 canal