

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE QUIMICA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:  
“Estudio de Desgasificación de origen volcánica de las fumarolas del  
Campo Geotérmico de Ahuachapán, Ahuachapán”**

**PRESENTADO POR:  
DAVID ANDRÉS GRIMALDI CALDERÓN**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIATURA EN CIENCIAS QUÍMICAS**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, FEBRERO DE 2011.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE QUIMICA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:  
“Estudio de Desgasificación de origen volcánica de las fumarolas del  
Campo Geotérmico de Ahuachapán, Ahuachapán”**

**PRESENTADO POR:  
DAVID ANDRÉS GRIMALDI CALDERÓN**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIATURA EN CIENCIAS QUÍMICAS**

**ASESORES:**

**ASESOR:** \_\_\_\_\_  
**LIC. ARTURO PANAMEÑO**

**ASESORA:** \_\_\_\_\_  
**LICDA. MARÍA INÉS MAGAÑA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, FEBRERO DE 2011.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE QUIMICA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:  
“Estudio de Desgasificación de origen volcánica de las fumarolas del  
Campo Geotérmico de Ahuachapán, Ahuachapán”**

**PRESENTADO POR:  
DAVID ANDRÉS GRIMALDI CALDERÓN**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIATURA EN CIENCIAS QUÍMICAS**

**JURADO: \_\_\_\_\_  
DR. NÉSTOR ORELLANA**

**JURADO: \_\_\_\_\_  
LIC. RENÁN FUNES**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, FEBRERO DE 2011.**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ  
RECTOR**

**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ  
SECRETARIO GENERAL**

**DR. RENÉ MADECADEL PERLA JIMÉNEZ  
FISCAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

**DR. RAFAEL ANTONIO GÓMEZ ESCOTO  
DECANO DE LA FACULTAD**

**LIC. ALFREDO DÍAZ  
DIRECTORA ESCUELA DE QUÍMICA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, FEBRERO DE 2011.**

## AGRADECIMIENTOS

A mi papá y mamá, gracias por aguantarme como soy, y sobre todo los quiero mucho. Gracias por ser mis guías por siempre, y permitirme crecer como yo lo quise.

A mis hermanos, gracias por el apoyo incondicional que me han mostrado estos últimos años, ustedes han sido mi piedra angular.

A mi madrina, te agradezco que siempre has sido una luz en el camino, mil gracias por mostrarme tu apoyo y amor todos estos años.

A mis asesores, gracias por el esfuerzo y dedicación mostrada a lo largo de los años para enseñarme lo necesario.

A la Dra. Dina López Larios, muchas gracias por el apoyo incondicional y empujarme a ser mejor, y también por el aporte en la parte estadística de este trabajo de graduación, nunca lo olvidaré.

A “Don Chito”, “Don Oscar”, “Don Adolfo”, “Don Walter” y a Selvin, de corazón muchas gracias por apoyarme en el muestreo de campo, este trabajo nunca hubiera sido posible sin su valiosísima colaboración.

A LaGeo, S.A de C.V, gracias por el apoyo logístico y por la oportunidad de tomar parte en un trabajo tan importante e interesante como es el muestreo de fumarolas, de verdad que ha sido la experiencia de mi vida, espero que en el futuro vengan más.

# INDICE DE CONTENIDOS

I.INTRODUCCION.....	10
II.OBJETIVOS.....	2
2.1. General.....	2
2.2. Específicos.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1. Características geológicas del Campo Geotérmico de Ahuachapán.....	3
3.2. Fenómenos de transporte que rigen la desgasificación a través de medios porosos.....	4
3.2.1. Difusión.....	4
3.2.2. Advección.....	4
3.2.3. Convección.....	5
3.3. Actividad hidrotermal en superficie y sus manifestaciones.....	5
3.3.1 Fumarolas:.....	5
3.3.2. Fuentes termales calientes:.....	6
3.3.3. Pozas de lodo:.....	6
3.3.4. Signos de alteración superficial, suelos calientes y tibios:.....	7
3.4. Desgasificación difusa: Diferentes gases de estudio.....	7
3.4.1. Dióxido de carbono.....	8
3.4.2. Radón y Torón.....	9
3.4.3. Mercurio.....	10
3.4.4. Sulfuro de hidrógeno.....	11
3.4.5. Helio.....	11
3.5. El concepto de valor de fondo (background) y las curvas de probabilidad acumulada.....	12
IV.METODOLOGÍA.....	14
4.1. Medición del flujo de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) y de sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S):.....	16
4.1.1. Procedimiento práctico:.....	16
4.2. Medición de la concentración de radón (Rn):.....	17
4.3. Medición de la concentración de mercurio (Hg), y de la concentración de Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S):.....	18
4.4. Concentración de gases:.....	19
4.5. Tratamiento estadístico: Curva de probabilidad acumulada.....	19
4.6. Estadística direccional para el análisis de la data de campo.....	20
4.6.1. Cálculo del vector resultante.....	20
4.6.2. Test de Raleigh para la importancia de la dirección promedio.....	21
4.6.3. Utilización de la distribución de Von Mises para probar que la data sigue una dirección específica.....	21
4.7. Generación de mapas de temperatura y flujos de gas.....	22

V.RESULTADOS Y DISCUSION: .....	24
5.1. Tratamiento estadístico: .....	24
5.1.1. Gráfica de probabilidad acumulada .....	24
5.1.2. Estadística direccional aplicada.....	25
5.2. Mapas de distribución espacial de la desgasificación en el Campo Geotérmico.....	26
5.3. Estudio de los complejos fumarólicos del Campo Geotérmico de Ahuachapán .....	27
5.3.1. El Playón .....	27
5.3.2. COMPLEJO DE FUMAROLAS LA LABOR – LA LABORCITA: .....	29
5.3.3. COMPLEJO DE FUMAROLAS AGUA SHUCA – SANTA TERESA .....	31
5.3.4. COMPLEJO DE FUMAROLAS AGUA CALIENTE .....	37
5.3.5. COMPLEJO DE FUMAROLAS AGUA CALIENTE Y COMPLEJO DE FUMAROLAS AGUA SHUCA – SANTA TERESA.....	41
VI.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
VIII. FIGURAS .....	51
APENDICES .....	82

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	51
Figura 2. Modelo conceptual del Flujómetro de dióxido de carbono marca WestSystems.....	51
Figura 3. Suma de vectores para encontrar una resultante.....	52
Figura 4. Gráfico de probabilidad acumulada de flujos de desgasificación de dióxido de carbono.....	52
Figura 5. Mapa del Complejo de Agua Shuca – Santa Teresa II mostrando la Falla A, B y C.....	53
Figura 6. Mapa del Complejo de Agua Caliente mostrando la Falla D y E.....	54
Figura 7a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola El Playón (logaritmos).....	55
Figura 7b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola El Playón.....	55
Figura 7c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola El Playón.....	56
Figura 8a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola La Labor + Tanque de La Labor (logaritmos).....	57
Figura 8b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola La Labor + Tanque de La Labor.....	57
Figura 8c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola La Labor + Tanque de La Labor.....	58
Figura 9a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola La Laborcita (logaritmos).....	59
Figura 9b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola La Laborcita.....	59
Figura 9c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola La Laborcita.....	60
Figura 10a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Agua Shuca (logaritmos).....	61
Figura 10b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Agua Shuca.....	61
Figura 10c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola Agua Shuca.....	62
Figura 11a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Zapote (logaritmos).....	63
Figura 11b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Zapote.....	63
Figura 11c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola Zapote.....	64
Figura 12a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Santa Teresa I (Santa Julia) (logaritmos).....	65
Figura 12b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Santa Teresa I (Santa Julia).....	65
Figura 12c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola Santa Teresa I (Santa Julia).....	66
Figura 13a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Santa Teresa II Norte A (logaritmos).....	67
Figura 13b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Santa Teresa II Norte A.....	67
Figura 14a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Santa Teresa II Norte B (logaritmos).....	68
Figura 14b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Santa Teresa II Norte B.....	68
Figura 14c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola Santa Teresa II Norte B.....	69
Figura 15a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Santa Teresa II (logaritmos).....	70
Figura 15b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Santa Teresa II.....	70
Figura 15c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola Santa Teresa II.....	71
Figura 16a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Agua Caliente III (logaritmos).....	72
Figura 16b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Agua Caliente III.....	72
Figura 16c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola Agua Caliente III.....	73
Figura 17a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Agua Caliente WI (logaritmos).....	74
Figura 17b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Agua Caliente WI.....	74
Figura 17c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola Agua Caliente WI.....	75
Figura 18a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Agua Caliente WII (logaritmos).....	76
Figura 18b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Agua Caliente WII.....	76
Figura 18c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola Agua Caliente WII.....	77
Figura 19a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Agua Caliente (logaritmos).....	78
Figura 19b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Agua Caliente.....	78
Figura 19c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola Agua Caliente.....	79
Figura 20a. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> de la fumarola Tablón (logaritmos).....	80
Figura 20b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Tablón.....	80
Figura 21. Mapa de Flujos de CO <sub>2</sub> para el complejo de fumarolas Agua Shuca – Santa Teresa y Agua Caliente (logaritmos).....	81



## RESUMEN

Se realizó una campaña de muestreo en el Campo Geotérmico de Ahuachapán, El Salvador, entre los meses de febrero y mayo de 2010, bajo condiciones climáticas ideales (sin viento, soleado, con poca humedad ambiental). Se seleccionaron 846 puntos de medición de temperatura del suelo y medición del flujo de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, así como muestras de Mercurio y Helio, cubriendo el complejo de fumarolas de Agua Caliente (5 fumarolas), ubicado al Sur-Sureste del Campo; el complejo de fumarolas de La Labor (3 fumarolas), ubicado al Este del Campo; el complejo de fumarolas de Agua Shuca – Santa Teresa (5 fumarolas), ubicado al Sur-Sur-Este del Campo, y la fumarola denominada “El Playón”, que está junto a la Planta de producción, y se dice está asociada al comportamiento del Campo Geotérmico, utilizando el método de gases difusos.

Las mediciones de CO<sub>2</sub> se realizaron *in situ* gracias a un flujómetro portátil marca West Systems, que está equipado con un Analizador de CO<sub>2</sub> infrarrojo no dispersivo portátil LICOR-800.

Se determinó que a lo largo del Campo Geotérmico de Ahuachapán, existen áreas con alta permeabilidad vertical, que corresponden a la isoterma de temperatura de 60°C, en concordancia con altos flujos de desgasificación de dióxido de carbono, así como alta desgasificación de vapor de mercurio y gas helio. Estas zonas se pueden encontrar en particularmente en la fumarola El Playón, en la zona norte del Complejo de La Labor, en el Complejo Agua Shuca – Santa Teresa II; y, al este, y al oeste del Complejo Agua Caliente.

Se encontró que las anomalías al Sur del Complejo Agua Shuca – Santa Teresa II están definidas, estadísticamente con un 99% de confianza, por la existencia de la Falla C y siguen su lineamiento. De la misma forma, en el Complejo de Fumarolas de Agua Caliente, las anomalías al Sureste y al Noroeste del Complejo están asociadas estadísticamente, con un 99% de confianza, a la presencia de las Fallas D y E, que cortan al Complejo en dirección Sureste – Noroeste.

## I. INTRODUCCION

El Salvador se caracteriza por estar en una zona del planeta donde el volcanismo y la actividad tectónica no son extraños. En época reciente, la cadena volcánica salvadoreña ha tenido gran actividad, y aunque un volcán posee un gran potencial destructivo, también es capaz de generar recursos que pueden ser aprovechados para el bienestar común.

Esta actividad volcánica se manifiesta en la superficie a través de la desgasificación difusa en sistemas hidrotermales como fumarolas, géiseres, pozas de lodo, entre otros, y éstos no son más que indicadores que, al estudiarse cuidadosamente, pueden permitir la ubicación de fracturas subterráneas, fallas y flujos subterráneos enterrados.

Es bajo esta línea de estudio, que LaGeo busca promover el desarrollo sostenible a través del aprovechamiento y comercialización de recursos energéticos, con investigación y aplicación de tecnologías adecuadas a nuestro entorno y en armonía con el medio ambiente (LaGeo, 2005). Los estudios como el presente, permiten la identificación de zonas con alta permeabilidad que poseen potencial para la explotación geotérmica, a través de la generación de mapas de factibilidad y la detección de anomalías.

En este estudio se escogieron cuatro complejos de fumarolas, donde se efectuaron mediciones de desgasificación difusa en las fumarolas del Campo Geotérmico de Ahuachapán con el fin de encontrar, identificar y definir estructuras subterráneas permeables, como líneas de fallas activas o fracturas recientes; además de hacer el primer monitoreo del comportamiento de las fumarolas en general y para hacer evaluaciones de riesgo en la zona en particular.

El estudio fue posible realizando mediciones sobre las fumarolas del Campo Geotérmico, con el apoyo indispensable de la Unidad de Geoquímica en la Gerencia de Estudios de LaGeo, y de la Escuela de Química de la Universidad de El Salvador.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. General

Determinar el grado de desgasificación de las fumarolas del Campo Geotérmico de Ahuachapán, en el Departamento de Ahuachapán.

### 2.2. Específicos

- Generar mapas de flujo de gases difusos para las diferentes fumarolas del Campo Geotérmico de Ahuachapán.
- Determinar si la mayor concentración de gases difusos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{Rn}$ ) se encuentra dentro de la isoterma de  $60^\circ\text{C}$ .
- Identificar posibles estructuras subterráneas (fallas, bordes caldéricos, fisuras) por medio del análisis de los flujos de gases difusos.
- Establecer a través del análisis de los flujos de gases si existe un crecimiento de las fumarolas con respecto a años anteriores.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Características geológicas del Campo Geotérmico de Ahuachapán.

La cadena volcánica de El Salvador se sitúa en dirección noroeste hacia sureste del territorio, paralela a la costa. Está relacionada con la subducción de la Placa de los Cocos por debajo de la Placa del Caribe, definida por la fosa Mesoamericana (Molnar y Sykes, 1969). Un graben formado durante la era del Plio-Pleistoceno cruza por todo El Salvador y continúa hasta Nicaragua, de forma paralela a la Fosa Mesoamericana (Meyer-Abich, 1956); y, la cadena volcánica activa está alineada con el borde sur de ese graben. Se pueden encontrar varias fuentes termales, fumarolas, y otras manifestaciones de origen hidrotermal a todo lo largo del cinturón volcánico; especialmente al oeste, donde se pueden localizar los Campos Geotérmicos de Ahuachapán y Chipilapa.

El emplazamiento de éstos Campos Geotérmicos se asocia a la caldera de Concepción de Ataco, y también ha sido relacionado a edificios volcánicos como el de la Laguna Verde y el de la Laguna de las Ninfas (Padrón *et al.*, 2003) (Ver Imagen 1a y 1b).

La estratigrafía del Campo Geotérmico de Ahuachapán ha sido dividida en cuatro unidades principales desde la más profunda hasta la más superficial: conglomerados más antiguos, andesitas de Ahuachapán, aglomerados jóvenes, y por último, lavas superficiales y tobas (Aumento *et al.*, 1982; Electroconsult, 1984). Se ha propuesto que el material piroclástico que se ha encontrado en el Campo ha sido debido a la formación de caldera de Concepción de Ataco y el volcanismo asociado a ésta (González *et al.*, 1997). El reservorio está compuesto en su mayoría por andesitas de Ahuachapán, y se ha encontrado que éstas constituyen su fase permeable (Electroconsult, 1984).

En la región de Ahuachapán se han identificado tres sistemas de fallas (González *et al.*, 1997), además de las estructuras semi-circulares, relacionadas al colapso de la caldera de Concepción de Ataco, las cuáles son: sistema Noreste- Suroeste (NE-SO), sistema Noroeste-Sureste (NO-SE), y el sistema Nornoroeste- Sursureste (NNO-SSE). La formación del graben

central se le atribuye al rápido movimiento de la Placa del Caribe en relación a la Placa de los Cocos (Garduño *et al.*, 1982), así como a la actividad volcánica reciente.

La Placa del Caribe se mueve en forma paralela a la falla transversal Motagua-Polochic-Jocotán, que es la que separa la Placa del Caribe de la Placa Norteamericana, dando lugar a fallas de desgarre en dirección Nornoroeste- Sursureste (NNO-SSE) (González *et al.*, 1997). Estos sistemas de fallas han sido identificados como el corredor principal para el transporte de fluidos en el Campo Geotérmico de Ahuachapán.

### **3.2. Fenómenos de transporte que rigen la desgasificación a través de medios porosos.**

La desgasificación de gases volcánicos puede ocurrir de tres formas distintas: a) difusión, b) advección y, c) convección.

#### 3.2.1. Difusión

Si el transporte se da por difusión a través de un medio estacionario, el flujo difuso constante ( $\varphi_d$ ) es proporcional al gradiente de concentración ( $dC/d\lambda$ ), tal como lo expresa la primera Ley de Fick (Scheidegger, 1974):

$$\varphi_d = -vD(dC/d\lambda)$$

Donde  $v$  y  $D$  representan la porosidad del suelo y el coeficiente de difusión, respectivamente. El signo menos indica que las moléculas de gas se desplazan de zonas donde hay mayor concentración, hacia zonas donde hay menos concentración (Scheidegger, 1974).

#### 3.2.2. Advección

Si el transporte se da por advección, esto involucra el movimiento de materia resultado de la acción de una fuerza, lo que implica, un gradiente de presión ( $dP/d\lambda$ ). El flujo advectivo ( $\varphi_a$ ), se describe entonces por la Ley de Darcy (Scheidegger, 1974):

$$\varphi_a = (k/\mu)(dC/d\lambda)$$

Donde  $k$  es la permeabilidad específica, y  $\mu$  es la viscosidad del fluido, suponiendo que éstos son incompresibles (Scheidegger, 1974).

### 3.2.3. Convección

El transporte por convección se produce únicamente por medio de materiales fluidos. Éstos, al calentarse, aumentan de volumen y, por lo tanto, su densidad disminuye y ascienden desplazando el fluido que se encuentra en la parte superior y que está a menor temperatura.

### **3.3. Actividad hidrotermal en superficie y sus manifestaciones.**

Actividad hidrotermal se refiere a la expulsión o acción de fluidos acuosos calientes y enriquecidos, regresando a la superficie luego de haber sido calentados por rocas calientes o magma en profundidad. Los ejemplos más comunes son géiseres, fumarolas y fuentes termales.

Las fuentes termales se pueden clasificar en tres categorías: fuentes termales calientes con temperaturas mayores a 50°C, fuentes termales tibias con temperaturas entre 15°C y 50°C, y fuentes termales frías con temperaturas menores a 15°C. La temperatura de las aguas subterráneas en cualquier parte del mundo depende de la latitud del sitio, pero también de sus condiciones locales, por lo que la temperatura mínima de las fuentes termales tibias dependerá de las condiciones locales.

Las diferentes manifestaciones de la actividad hidrotermal más importantes que se pueden encontrar en superficie son:

#### 3.3.1 Fumarolas:

Las fumarolas que emiten mezclas de vapor con otros gases, son alimentadas por conductos que pasan a través de la capa freática antes de llegar a la superficie. Uno de los gases típicos que son liberados por las fumarolas es el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), que luego se oxida en ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y después en azufre elemental (Tilling, 1999).

Las fumarolas se pueden producir a lo largo de pequeñas grietas, o a lo largo de fisuras, o sobre la superficie de flujos de lava y depósitos espesos de flujos piroclásticos. Si éstas se encuentran sobre una fuente constante de calor, pueden persistir durante décadas o siglos;

pero también pueden desaparecer en semanas o meses si se producen sobre un volcán nuevo que se enfría rápidamente.

### 3.3.2. Fuentes termales calientes:

Son áreas con la mayor actividad hidrotermal, con temperaturas superiores a los 50°C. Las fuentes termales calientes son la manifestación más visible, y su ubicación puede ser utilizada para localizar sitios de perforación. (Tiling, 1999).

Las fuentes termales calientes son aguas subterráneas de origen superficial calentadas por vapor ascendente, originalmente sobrecalentado, subiendo desde una fuente de calor más profunda a través de grietas en la corteza. La mayoría de las salidas de vapor muestran temperaturas muy cercanas al punto de ebullición del agua a la presión superficial (1atm). El vapor asciende entonces desde un reservorio en ebullición en profundidad, subiendo en forma adiabática hasta la superficie, condensándose una fracción en el camino, hasta que se mezcla con el suelo, o con las aguas superficiales.

### 3.3.3. Pozas de lodo:

Muy a menudo, estos horizontes portadores de agua no tienen contacto hidráulico con el reservorio geotermal, pero representan agua superficial calentada por vapor. Normalmente, el vapor contiene altas concentraciones de gases ácidos (dióxidos de azufre y dióxido de carbono), que provocan una caída en el pH de las aguas superficiales hasta valores de 3 o menores. La lixiviación de los ácidos tiene como resultado rocas altamente alteradas alrededor de la poza de lodo, enriquecidas en sílice y alúmina, con colores claros característicos de arcillas de kaolinita, o manchadas de rojo por arcillas enriquecidas en óxidos de hierro.

Dependiendo de la cantidad de agua superficial en la poza, ésta puede ser desde muy lodosa hasta una fuente termal muy clara.

#### 3.3.4. Signos de alteración superficial, suelos calientes y tibios:

Los fluidos hidrotermales tienen varios efectos sobre las rocas que atraviesan. En los procesos de alteración hidrotermal, algunos minerales existentes pueden ser removidos, nuevos minerales pueden ser depositados en fracturas o poros de las rocas, o los minerales existentes pueden ser reemplazados por otros minerales. Todos estos procesos pueden ocurrir al mismo tiempo.

Estos signos de alteración por el flujo de fluidos hidrotermales pueden ir acompañados por un aumento en la temperatura del suelo. Los suelos calientes ( $T > 50^{\circ}\text{C}$ ) son manifestaciones comunes, que se caracterizan por capas al descubierto de minerales ocre, dentro de los cuales puede haber arcillas, sílice amorfa y calcita. La base del suelo es alterada completamente en minerales de color amarillo-café, ocre, blanco, gris-azul.

Los suelos tibios ( $T = 15\text{-}50^{\circ}\text{C}$ ) representan el nivel más bajo de actividad geotermal, rodeando puntos aislados y suelo caliente en zonas de enfriamiento. Se pueden producir en suelos llanos como en suelos con vegetación.

#### **3.4. Desgasificación difusa: Diferentes gases de estudio**

El estudio de la desgasificación difusa en sistemas volcánicos es empleado para identificar los gases emanados por una fuente magmática profunda, que eventualmente son parte activa de los sistemas hidrotermales en la superficie y son liberados a la atmósfera (Gutiérrez, 2009).

La desgasificación es un proceso continuo, debido a que los gases son emitidos de forma constante por todos los diferentes tipos de magma. La mayoría de los volcanes activos liberan gases con una expresión en la superficie de este fenómeno de desgasificación en forma de plumas, actividad discreta de fumarolas y la desgasificación difusa en el suelo.



Los gases liberados por volcanes son una mezcla de componentes provenientes de al menos dos fuentes distintas: a) Una fuente magmática liberando compuestos volátiles hacia las rocas, y, b) Vapor que se separa desde fluidos externos (Dietrich *et al.*, 2003).

Éstos últimos pueden ser fluidos meteóricos, aguas subterráneas, o aguas de mar que circulan alrededor de los conductos magmáticos a través de medios porosos o fracturas. La fuerza detrás de este movimiento es el gradiente de temperatura entre la fuente magmática y la superficie, lo que se evidencia por las emisiones fumarólicas (Dietrich *et al.* 2003).

Se han realizado estudios alrededor del mundo, sobre la importancia de caracterizar la desgasificación difusa, puesto que son buenos trazadores de zonas de permeabilidad del suelo (Chiodini *et al.*, 1995; Magaña *et al.*, 2004; Fu *et al.*, 2005). Algunos de los gases medidos en la realización de este estudio son:

#### 3.4.1. Dióxido de carbono

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro, ligeramente soluble en agua, y tiene una densidad de 1.799 g/L (Lide, 2005)

El estudio de los flujos de dióxido de carbono tiene aplicaciones ambientales, ya que la medición del flujo de las emanaciones naturales de este gas permite generar una línea base, que puede ser comparada con las emisiones artificiales y estimar posibles aumentos en las concentraciones (Fridriksson, 2009b). La medición de los flujos de dióxido de carbono en los suelos es una herramienta para cuantificar los cambios en la actividad geotermal en superficie (Fridriksson, 2009b).

El origen de este gas en sistemas geotermales es debido a reacciones químicas que se dan en las rocas carbonatadas, en algunos minerales, en rocas sedimentarias no carbonatadas, en la materia orgánica presente en sedimentos; o puede ser de origen magmático (éste representa la mayor cantidad emitida) (Fridriksson, 2009b). El dióxido de carbono es el gas más abundante (hasta un 95%), en vapor seco a alta temperatura, y es utilizado de forma

efectiva como un trazador de degasificación del magma debido a su baja solubilidad en fundidos de silicatos (Gutiérrez, 2009).

La cantidad de dióxido de carbono emitida por las diferentes alteraciones hidrotermales (fumarolas, suelos calientes, geysers, pozas de lodo), puede ser estudiada de tal forma que proporcione informaciones interesantes. Según Fridriksson (2006), la medición de la concentración de dióxido de carbono en el vapor liberado, permite cuantificar directamente el flujo de vapor y el flujo de calor, a partir de los flujos de dióxido de carbono medidos en el sistema hidrotermal.

De acuerdo a Padrón *et al.* (2003), Magaña *et al.* (2004) y López *et al.* (2004), el dióxido de carbono emitido en sistemas hidrotermales sirve para identificar zonas donde se presentan anomalías, que usualmente coinciden con zonas donde hay una gran permeabilidad vertical, o sea, que se produzca un mayor flujo de fluidos hidrotermales desde el reservorio hacia la superficie, que podrían indicar zonas permeables donde el agua rica en CO<sub>2</sub> se mueve con facilidad. Esto es confirmado por estudios realizados en el sur de Taiwán, donde el estudio de los flujos de dióxido de carbono permitió identificar fallas ocultas (Chu, 2005), por lo que es claro que el estudio de este gas tiene un rol importante en la localización y evolución de flujos hidrotermales a diferentes profundidades (Gutiérrez, 2009).

#### 3.4.2. Radón y Torón

El Radón es un elemento gaseoso incoloro e inodoro, radioactivo por ocurrencia natural, que se produce continuamente debido al decaimiento del Radio. Es un gas monoatómico de densidad 9.73g/L. (Lide, 2005).

El radón posee 37 isótopos, de los cuáles son de interés el Radón-222, proveniente del Radio, que tiene una vida media de 3.823 días, y es un emisor de partículas alfa; y, el Radón-220, emanado naturalmente del Torio y llamado *Torón*, con una vida media de 55.6 segundos, y también es un emisor de partículas alfa (Lide, 2005).

Según Padrón *et al.* (2003), el hecho que se encuentren altas concentraciones de radón y torón en superficie, permite identificar regiones de alta permeabilidad, así como generar conclusiones sobre la velocidad de los flujos relacionados en esa misma región (puesto que la detección del torón está relacionado con flujos de alta velocidad debido a su corta vida media).

El grado de emanación de este elemento en las formaciones geológicas depende de varios factores, entre ellos, la distribución espacial del Radio en el suelo; el área superficial expuesta al decaimiento del radio (las partículas de radón interactúan con el suelo generando partículas alfa); y, el grado de porosidad del suelo así como el tipo de geofluidos que portan al gas (Stoker *et al.*, 1975; Rodríguez *et al.*, 2003)

Altas concentraciones de Radón en sistemas volcánicos o hidrotermales, indican un transporte de flujos de tipo convectivo; mientras que altas concentraciones de torón, en el mismo tipo de sistemas, indican un transporte de flujos de tipo advectivo (Gutiérrez, 2009).

#### 3.4.3. Mercurio

El mercurio es un gas magmático asociado con estructuras volcánicas activas (Bagnato, 2009), por lo que proviene directamente de la desgasificación de magma saturado. La desgasificación es entonces estudiada en superficie como una herramienta para la exploración de recursos geotérmicos, y la identificación de sistemas hidrotermales.

Varekamp y Busseck (1983), sugirieron que el estudio de zonas con alto contenido de mercurio en superficie da informaciones sobre la posible existencia de patrones de circulación hidrotermal, esto quiere decir, que tales anomalías ocurren cuando los fluidos geotermales escapan desde un reservorio profundo hacia la superficie. Los altos valores de mercurio, en conjunto con datos geológicos, permiten definir los bordes de un reservorio (para su explotación geotérmica), y permiten dar una imagen general sobre la geometría del campo geotérmico.

El mercurio se vaporiza en profundidad, y su emisión se genera desde sistemas geotérmicos activos de alta temperatura hacia la superficie, por medio de difusión, a través de regiones permeables (Murray, 1996). El mercurio es entonces inmovilizado por las arcillas y material orgánico en el suelo, por encima del sistema geotermal, pudiendo ser detectado al analizar el material presente en superficie (Van Kooten, 1986).

#### 3.4.4. Sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro, muy tóxico e inflamable. Posee una densidad de 1.393 g/L (Lide, 2005).

Este gas puede ser de origen magmático, pero en muchos sistemas es producto de pirólisis a partir de las rocas. Está en un alto contenido en el vapor separado a alta temperatura.

#### 3.4.5. Helio

El helio es un gas noble, incoloro e inodoro, no es tóxico. Después del hidrógeno, es el segundo elemento más abundante en nuestra galaxia. Su densidad es de 0.1785 g/L. El helio natural posee dos isótopos estables:  $^3\text{He}$  y  $^4\text{He}$  (Lide, 2005).

Padrón *et al.* (2003) estimó que los gases nobles se desplazan hacia la superficie a través de zonas donde existe permeabilidad vertical, por lo que si se pueden desplazar fácilmente por tales zonas, esto sugiere que provienen de fuentes profundas.

La relación de  $^3\text{He}/^4\text{He}$  es un buen trazador de los procesos mantélicos, por lo que los isótopos de helio son utilizados para inferir el origen del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (Minissale, 2004). Se compara la relación isotópica en la muestra  $R$  ( $R = ^3\text{He}/^4\text{He}$  de la muestra), con la relación isotópica helio en el aire  $R_a$  ( $R_a = ^3\text{He}/^4\text{He}$  en el aire). Generalmente, se ha aceptado que si la proporción  $R/R_a$  es alta (valor cercano a uno) (Kulongoski *et al.*, 2003), entonces el origen de la desgasificación de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) será mantélico (Shangguan *et al.*, 2000; Minissale, 2004); pero si la proporción  $R/R_a$  es baja (valor cercano a cero) (Kulongoski *et*

*al.*, 2003), entonces el origen de la desgasificación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) será de la corteza terrestre (Shangguan *et al.*, 2000; Minissale, 2004)

### **3.5. El concepto de valor de fondo (background) y las curvas de probabilidad acumulada**

La concentración de valor de fondo de un elemento o de una especie en particular es utilizada por los geoquímicos para diversas aplicaciones.

La idea básica para determinar la concentración de un valor de fondo es de fijar un valor límite; si una muestra tiene una concentración por encima de ese valor límite, esto indica que existe un “evento”.

Ejemplos de estos eventos pueden ser la presencia de algún depósito de mineral rentable, o la indicación de contaminación en el agua (Sinclair 1974, 1991). Sin embargo, el hecho de determinar valores de fondo puede estar repleto de dificultades, incertidumbres, errores en su determinación, que puede llevar a pobres políticas de empresa o a pobres decisiones económicas.

Históricamente, los valores de fondo eran objeto de interés para los geoquímicos de exploración, y eran utilizados para localizar depósitos de minerales altamente rentables (Sinclair, 1974). En décadas más recientes, el campo ambiental ha tomado prestado el concepto de valores de fondo como medio de identificación y para evaluar la contaminación ambiental.

Varios grupos de información sobre la composición química del suelo pueden contener una o más poblaciones (valores de fondo y contribuciones antropogénicas desde una o más fuentes). Consecuentemente, la determinación de concentraciones con valores de fondo para un analito en particular puede resultar complicada.

El promedio y la desviación estándar de grupos de información ha sido utilizado para estimar los valores de fondo utilizando la media más 2 desviaciones estándar. Esta técnica es arbitraria (en la selección del estadístico), y no considera la posibilidad de la presencia de múltiples poblaciones (Sinclair, 1974). En este estudio se utilizó la curva de probabilidad acumulada, una técnica que ha sido tomada desde la exploración geoquímica de campo de minerales (Sinclair 1974, 1991).

Existen indicadores como concentración de metales en rocas, suelos o incluso en muestras de agua, que pueden ser divididas en dos o más poblaciones, separadas por puntos de inflexión en las gráficas de probabilidad acumulada. Las poblaciones determinadas de esta manera son llamadas “valor de fondo”, y una o más “anomalías”, y las concentraciones en los puntos inflexión son definidas como valores “límite”.

En el contexto de la exploración geoquímica, los valores de fondo son utilizados como concentraciones de línea base; y cualquier valor que se encuentre por encima de las concentraciones límite es interpretado como un valor anómalo, y es un indicativo de la presencia o influencia de un depósito mineral (Sinclair, 1983).

Se razonó que esta misma técnica podía ser aplicada a los valores de concentración de los gases provenientes de la desgasificación difusa.

#### IV. METODOLOGÍA

El desarrollo de este trabajo de graduación va enmarcado dentro de un estudio interdisciplinario más amplio realizado entre los departamentos de Geología y de Geoquímica de LaGeo.

El estudio se centra en 15 fumarolas en diferentes zonas del Campo Geotérmico de Ahuachapán, y cada una de éstas tiene las características siguientes:

Nombre Fumarola	Número de puntos medidos	Separación de puntos en la cuadrícula
Santa Teresa II Norte A	99	10m x 10m
Santa Teresa II Norte B	13	10m x 10m
Santa Teresa II (Grande)	107	20m x 20m
Agua Shuca	59	Puntos de línea cada 50m en dirección Norte- Sur (N-S), 30m en dirección Este- Oeste (E-O)
Zapote	43	30m x 30m
Santa Teresa I (Santa Julia)	29	10m x 10m
Agua Caliente Oeste I (W I)	35	Puntos de línea cada 20m en dirección Norte- Sur (N-S), 30m en dirección Este- Oeste (E-O)
Agua Caliente Oeste II (W II)	73	Puntos de línea cada 20m en dirección Norte- Sur (N-S), 30m en dirección Este- Oeste (E-O)
Agua Caliente III	28	Puntos de línea cada 20m en dirección Norte- Sur (N-S), 15m en dirección Este- Oeste (E-O)
Agua Caliente (grande)	115	50m x 50m
El Playón	86	50m x 50m
La Laborcita	29	30m x 30m
La Labor y Tanque de la Labor	98	50m x 50m
Tablón	32	Puntos de línea cada 15m en dirección Norte- Sur (N-S), 10m en dirección Este- Oeste (E-O)
	<b>846</b>	

Para cada una de las fumarolas se realizó una cuadrícula (grid) de puntos, de los cuáles su distancia de separación uno del otro depende del tamaño de su área superficial. Las líneas

de puntos que componen a las diferentes cuadrículas tienen orientaciones Norte- Sur y Este-Oeste (N-S y E-O).

En monitoreos realizados en años anteriores, la cuadrícula de puntos para cada fumarola fue construida con anterioridad por el Departamento de Geología de LaGeo, por lo que no hubo necesidad de crear nuevas cuadrícula para este estudio; y la construcción de éstas se basó en las temperaturas encontradas en superficie, buscando que el borde externo de las fumarolas esté definido por la isoterma de 32°C. Esto tiene como consecuencia que las cuadrículas de puntos de cada fumarola no tengan una forma cuadrada.

Se definen entonces en los mapas, puntos de línea (notados como L), puntos de contorno (notados como C) y puntos de muestreo (notados como M), pero es de notar que las cuadrículas de puntos para cada fumarola del Campo Geotérmico de Ahuachapán están sujetas a cambios, puesto que fueron actualizadas por última vez en el año 2008. Durante este monitoreo de la campaña 2010, los bordes de algunas de las fumarolas presentaron temperaturas mayores a 32°C, por lo que hubo que definir nuevos puntos, extendiendo los bordes fumarólicos hasta que se encontrara la isoterma de 32°C.

En cada uno de los puntos, se realizaron las siguientes mediciones:

- Medición del flujo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)
- Medición de la concentración de radón (Rn)
- Medición de la concentración de mercurio (Hg)
- Medición de la concentración de Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)
- Muestra de gas en un vacutainer (para buscar la concentración de otros gases)
- Medición de la temperatura del suelo: Ambiente, Superficial y Profunda (50cm)



#### 4.1. Medición del flujo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S):

El flujo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) se midió por medio del método de la cámara de acumulación descrito por Chiodini *et al.* (1997).

Para esto se utilizó un flujómetro portátil marca West Systems (ver Figura 2a y 2b) que consiste en una cámara de acumulación de gases (una cámara circular invertida), un analizador con sensor infrarrojo para dióxido de carbono modelo LI-800, un analizador con sensor infrarrojo para sulfuro de hidrógeno modelo WEST TOX-05-H2S-BH, una bomba y una mini-computadora portátil Palm para la adquisición de datos.

El detector modelo LI-800 tiene un rango de medición de cero a 20000 ppm, mientras que el detector modelo WEST TOX-05-H2S-BH tiene un rango de medición de cero a 20ppm (West Systems, 2007).

##### 4.1.1. Procedimiento práctico:

Los bordes de la cámara de acumulación deben ser ajustados de forma adecuada en el suelo para eliminar la entrada de aire atmosférico, lo que puede causar errores significativos (Chiodini *et al.*, 1997; Fridriksson, 2009a). El gas es extraído de forma continua desde la cámara por una bomba, y es enviado al analizador infrarrojo de CO<sub>2</sub> y al analizador infrarrojo de H<sub>2</sub>S, para luego ser reinyectado de nuevo dentro de la cámara de acumulación; ella está equipada con un mini-ventilador para mejorar la mezcla de gas bombeado hacia los analizadores (Chiodini *et al.*, 1997)

Antes de ser bombeado hacia los analizadores, el gas pasa por un filtro de humedad, puesto que la humedad crea una interferencia analítica, además ~~que~~ puede dañar las celdas infrarrojas al interior del equipo (Chiodini *et al.*, 1997).

La adquisición de datos se realizó durante dos minutos en cada punto, gracias al uso de una mini-computadora Palm con el programa Palm Flux. Ese programa permite la adquisición

de información sobre cada gas, midiendo su concentración por segundo, y presenta la información como dos curvas, una para el dióxido de carbono y otra para el sulfuro de hidrógeno. Se busca el valor de flujo para ambos gases (en ppm/s) que corresponda al valor de pendiente más alto que se pueda encontrar en toda la curva que se forma en esos dos minutos de adquisición de datos.

El manual de uso del equipo (West Systems, 2007) indica qué pasos seguir para cuantificar las medidas en moles/m<sup>2</sup>d. El valor obtenido se multiplica por un factor de la cámara de acumulación (K) que se obtiene de la siguiente manera:

$$K = \frac{86400 * P}{10^6 * R * T} * \frac{V}{A}$$

Donde:

**P** es la presión barométrica en milibares (mBar)

**R** es la constante de los gases 0.08314510 bar . L . mol<sup>-1</sup>. K<sup>-1</sup>

**T** es la temperatura ambiente expresada en grados Kelvin

**V** es el volumen de la cámara de acumulación en metros cúbicos (m<sup>3</sup>)

**A** es el área interna de la cámara de acumulación expresado en metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

La cuantificación del flujo se realiza entonces así:

$$\text{FlujodeCO}_2(\text{mol}/\text{m}^2\text{d}) = m_1 * K$$

$$\text{FlujodeH}_2\text{S}(\text{mol}/\text{m}^2\text{d}) = m_2 * K$$

Luego este valor se calcula en g/m<sup>2</sup>d utilizando factor de conversión (Peso molecular) (WestSystem, 2007).

#### **4.2. Medición de la concentración de radón (Rn):**

Se utilizó un equipo portátil de medición marca Pylon, modelo AB-5, y una celda de Lucas marca Pylon, modelo 300A. Para las mediciones de radón, las muestras de gas se

extrajeron a una profundidad aproximada de 50cm. Se utilizó una bomba de vacío para extraer la muestra a través de una sonda, directamente hacia la Celda de Lucas.

El monitor de radiación del equipo detecta las partículas alfa producidas durante el proceso de decaimiento del radón, y sus productos hijos. Las partículas alfa chocan contra las paredes de la celda de Lucas, y se producen impulsos de luz que son amplificados por un tubo fotomultiplicador, que luego son convertidos en pulsos electrónicos.

El número de pulsos emitidos por minuto permite realizar el cálculo de las concentraciones de radón y torón (su producto hijo) (Pylon Electronics Inc., 1993).

Las muestras de radón se tomaron en puntos específicos, en lugares donde el grupo de Geología de LaGeo realizó sus muestreos de suelo.

#### **4.3. Medición de la concentración de mercurio (Hg), y de la concentración de Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S):**

Las muestras de mercurio gaseoso y de gas de sulfuro de hidrógeno fueron tomadas, por separado, a aproximadamente 50cm de profundidad, gracias a una sonda metálica provista de un septum (para mantener la presión) y de una jeringa hipodérmica.

Una vez recolectada, y dependiendo del gas, la muestra fue inyectada en un analizador de vapor de mercurio modelo Jerome 431-X; o en un analizador de sulfuro de hidrógeno modelo Jerome 631-X.

En ambos casos, el gas es absorbido por un sensor de película de oro, cambiando su resistencia eléctrica, la cuál es proporcional a la concentración del gas en estudio de la muestra que circula por el equipo (Arizona Instrument, 2009a).

La muestra fue tomada sólo cuando la temperatura profunda del suelo (50cm de profundidad), fue mayor o igual a 38°C.

#### **4.4. Concentración de gases:**

Se tomó una sola muestra de gases, la cual es una mezcla de oxígeno, helio, hidrógeno, nitrógeno, dióxido de carbono y argón, entre otros. Ésta se extrajo a una profundidad aproximada de 50cm, utilizando una sonda metálica provista de un septum (para mantener la presión), y de una jeringa hipodérmica. Las muestras se almacenaron en contenedores al vacío, para su análisis en el laboratorio a través de un espectrómetro de masas cuadrupolar Omnistar 422.

Estas muestras se colectaron en los puntos donde la temperatura profunda del suelo (50cm de profundidad) sea igual o mayor a 38°C.

#### **4.5. Tratamiento estadístico: Curva de probabilidad acumulada**

Existen importantes limitantes para esta técnica, ya que se requiere como mínimo 100 valores, y como lo ha descrito Sinclair (1991), “la determinación de valores límite debe ser vista como un proceso de estimación estadística, sujeta a errores aleatorios y sistemáticos.”

En las curvas de probabilidad acumulada, la máxima curvatura de la línea revela los puntos de inflexión, o los valores límites entre poblaciones. Esto se basa en el hecho que los valores de una población con distribución normal, o de una población con distribución logarítmica normal formarán una línea recta. Una mezcla de dos o más poblaciones va a resultar en una línea curva con un punto de inflexión muy pronunciado.

Para efectos de este estudio, se utilizaron los datos de flujos de dióxido de carbono y de sulfuro de hidrógeno de todas las fumarolas en estudio, obteniendo poblaciones por encima de los 800 puntos. Es con éstos, que se realizaron los cálculos de probabilidad acumulada en el programa “Microsoft Excel”.

Una vez tabuladas, las series de datos de probabilidad acumulada obtenidas fueron tratadas en el programa “Golden Software Grapher 8” donde se realizó la gráfica de probabilidad acumulada, y fue ahí donde se determinó gráficamente cuales eran los intervalos para los valores de fondo y los intervalos para los valores anómalos en todo el Campo Geotérmico.

#### **4.6. Estadística direccional para el análisis de la data de campo.**

Los datos direccionales son utilizados para describir fenómenos en línea recta en los cuales se puede distinguir el final de la línea. La estadística direccional es entonces la estadística que tiene que ver con direcciones (vectoriales), ejes o rotaciones, y es necesaria este tipo de estadística, ya que el rango de variación para las posibles direcciones está entre 0° y 360°, y ambos valores representan la misma dirección. Es por esta razón que se utilizan las funciones trigonométricas.

Al aplicar la estadística direccional a una serie de datos, se puede determinar si existe isotropía (orientación idéntica en todas las direcciones) o anisotropía (direccionalidad única).

##### 4.6.1. Cálculo del vector resultante

El principio básico de este tratamiento es de hacer un análisis vectorial de todos los puntos de interés, de tal forma que se encuentre un vector resultante. Ese vector resultante es la línea que conecta al punto de inicio del análisis con el punto final, cuando se suman las diferentes unidades vectoriales representando las direcciones. (ver Figura 3)

Cada unidad vectorial posee las siguientes componentes:

$$\begin{aligned}x_i &= \sin \theta_i \\y_i &= \cos \theta_i\end{aligned}$$

Por lo que al realizar las sumas de los vectores, la resultante tendrá las siguientes componentes:

$$\begin{aligned}x_r &= \sum \sin \theta_i \\y_r &= \sum \cos \theta_i\end{aligned}$$

La dirección media del vector resultante está dada por la hipotenusa, que se calcula:

$$\bar{\theta} = \tan^{-1}(x_r/y_r)$$

La longitud del vector resultante está dada por:

$$R = \sqrt{(x_r^2 + y_r^2)}$$

Entonces, la longitud promedio de la resultante está dada por:

$$\bar{R} = R/n$$

#### 4.6.2. Test de Raleigh para la importancia de la dirección promedio

En un inicio se plantea una hipótesis nula ( $H_0$ ), tal que  $R = 0$  (datos aleatorios)

Por lo que habrá que seguir los siguientes pasos:

- 1) Encontrar la resultante promedio (valor esperado), tal que:

$$\bar{R} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \sin \theta_i\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n \cos \theta_i\right)^2}$$

- 2) Utilizando el número de vectores encontrados, y un  $\alpha = 0.01$ , obtener el valor crítico de  $\bar{R}$  de la Tabla 1.
- 3) Al comparar el valor experimental con el valor crítico, si el valor experimental es superior al valor crítico, entonces se rechaza la hipótesis nula, y la serie de datos posee una dirección preferencial.

#### 4.6.3. Utilización de la distribución de Von Mises para probar que la data sigue una dirección específica.

Al calcular un error estándar sobre el promedio, a través de la distribución de Von Mises, se puede determinar si una serie de datos con una dirección preferencial, puede estar relacionada o no con una falla en particular.

Para probar esto, primero habrá que encontrar el error estándar con la distribución de Von Mises, tal que:

$$s_e = 1/\sqrt{nR\kappa}$$

Donde n es el tamaño de la muestra, K es un parámetro de concentración (definido en la Tabla 2), y R es la longitud promedio del vector resultante.

Entonces, el intervalo de confianza de la dirección promedio, con  $\alpha = 0.01$ , será definido por:

$$\bar{\theta} - 2.58 S_e < \bar{\theta} < \bar{\theta} + 2.58 S_e$$

Si el ángulo de una falla no se encuentra dentro del intervalo, querrá decir que la serie de datos en estudio no estará asociada con el lineamiento de la falla; y al contrario, si el ángulo se encuentra dentro del intervalo, querrá decir que la serie de datos en estudio estará asociada con el lineamiento de la falla.

#### 4.7. Generación de mapas de temperatura y flujos de gas

Los datos tabulados para cada una de las fumarolas fueron tratados con el programa "Golden Software Surfer 9". En este programa se asignó a cada punto muestreado una coordenada espacial en sistema Lambert; y luego, a cada punto se le asignó un valor (ya sea de temperatura, o de flujo), con el cual, al graficar el conjunto de puntos se obtiene el mapa general para la variable en cuestión.

Se construyeron mapas de temperatura profunda (a 50 cm de profundidad) y de flujos de desgasificación de dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, así como de concentración de Helio en el suelo, y sobre éstos se superpusieron los mapas actuales de fallas utilizados por LaGeo, para cada una de las fumarolas de este estudio, ya que son el punto de partida para realizar una interpretación de datos correcta.

Una vez obtenidos los mapas individuales, se construyeron mapas grupales para cada complejo de fumarolas, lo que permite realizar una interpretación general en cada zona de estudio, puesto que se considera que se obtiene información más completa al realizar interpretaciones grupales, que interpretaciones individuales.



## V. RESULTADOS Y DISCUSION:

### 5.1. Tratamiento estadístico:

#### 5.1.1. Gráfica de probabilidad acumulada

Los flujos de desgasificación difusa de CO<sub>2</sub> medidos durante la campaña, variaron entre 0.0068 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> hasta 6285.5048 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>. Se realizó un análisis estadístico de toda la serie de datos de flujos de CO<sub>2</sub>, aplicando la técnica de la curva de probabilidad, para verificar si el logaritmo de las series de datos experimentales proviene de una distribución unimodal o polimodal.

La técnica de la curva de probabilidad consiste en trazar la serie de datos experimentales (o el logaritmo de la serie de datos) contra la frecuencia en porcentaje acumulada en un gráfico. Una distribución polimodal consiste de dos o más poblaciones con distribución normal logarítmica que se trazan como una curva. Los puntos de inflexión en la curva permiten encontrar los valores límites que identifican a cada una de las poblaciones.

Se decidió tratar la serie de datos de flujos de desgasificación de dióxido de carbono como un total, y no individualmente para cada fumarola, para así poder establecer a lo largo y ancho del Campo Geotérmico, una estimación de los valores límites que definen a cada una de las diferentes poblaciones. Al realizar el análisis gráfico (el cual se observa en la Figura 4), se puede notar que hay 3 poblaciones en la serie de datos. La menor representará a los valores de fondo, y la mayor representará los valores anómalos. La población en medio de la gráfica representará entonces los valores considerados “normales”. La población de fondo se manifiesta hasta los 3.9166 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (0.59 en escala logarítmica), representando un 13% de la población total, y presenta un promedio de 2.16 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>; la población normal se manifiesta desde 3.9166 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> hasta 74.2357 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (1.87 en escala logarítmica), representando un 72% de la población total, y presenta un promedio de 20.29 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>; y la población anómala se manifiesta desde 74.2357 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, representando un 15% de la población total, presentando un promedio de 612.35 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>.

### 5.1.2. Estadística direccional aplicada.

Se estudiaron 5 fallas en específico. Las fallas A, B y C (Figura 5), en el Complejo de fumarolas de Agua Shuca – Santa Teresa, y las fallas D Y E (Figura 6) en el Complejo de fumarolas de Agua Caliente. Los puntos a considerar en este estudio, son los puntos centrales de todas las anomalías encontradas alrededor de las fallas, de tal forma que no se encuentren muy alejados de éstas, y que sigan su lineamiento general.

En el Complejo de Agua Shuca – Santa Teresa, se realizaron dos estudios vectoriales distintos, el primero en la parte sur del complejo para estudiar la falla C, de tal forma que se encontraran todos los vectores posibles entre los siguientes puntos:

- En Agua Shuca: LA-1
- En Santa Teresa II: LF-17, LE-13, LC-11, LB-5, LC-4, LB-1, C-11, M-2
- En Santa Teresa II Norte A: LF-2
- En Zapote: C-11
- En Tablón: M-1

Al estudiar la Falla C, se utilizaron puntos en Santa Teresa II, Agua Shuca, Zapote, Santa Teresa II Norte A, Zapote y Tablón, para realizar un análisis vectorial, por lo que utilizaron 66 vectores

El segundo análisis vectorial se realizó para estudiar las Fallas A y B, que se piensa están asociadas a Agua Shuca y Zapote, por lo que se realizaron análisis con seis vectores, de tal manera que se encontraran todos los vectores posibles entre los siguientes puntos:

- En Agua Shuca: LA-8, L1-7, M-2
- En Zapote: LB-5

En el Complejo de Agua Caliente, se realizó un estudio vectorial, de tal forma que se encontraran todos los vectores posibles entre los siguientes puntos:

- En Agua Caliente WII: C-6, LA-3, LC-6, M-2
- En Agua Caliente III: L0-3

- En Agua Caliente WI: LD-2, LA-1
- En Agua Caliente: LA-3, L0-1, C-2

Se piensa que la falla D y E en realidad es una sola falla, por lo que la estadística aplicada para este complejo tomó en cuenta los puntos tanto al este como al oeste de la fumarola. Fueron utilizados puntos medidos alrededor de las fallas, en todas las fumarolas de Agua Caliente, para realizar el análisis vectorial, encontrándose un total de 45 vectores.

## **5.2. Mapas de distribución espacial de la desgasificación en el Campo Geotérmico**

Se construyeron mapas del flujo de desgasificación difusa de CO<sub>2</sub>, aplicando los valores de los límites estadísticos encontrados por la técnica de curva de probabilidad, para definir, con colores diferentes, a cada una de las poblaciones respectivas.

La contribución de la población de fondo es la suma de la emisión de los valores mínimos hasta el límite de emisión CO<sub>2</sub> ya establecido; asimismo, la población anómala es la suma de la emisión de los valores del límite de emisión CO<sub>2</sub> ya establecido para esta población hasta el máximo de emisión encontrado.

Con respecto al mercurio, no se puede realizar un verdadero tratamiento estadístico a los valores obtenidos para este gas, aplicando la curva de probabilidad acumulada, ya que al realizar el muestreo, sólo se obtuvieron los “valores altos” para éste, y se dejó de lado los lugares con temperaturas bajas, por lo que es de esperar que en la serie de datos obtenida no se encuentren “valores de fondo”. Es así, que al realizar los mapas de distribución espacial para el mercurio, sólo se espera encontrar las zonas del campo donde estén las mayores concentraciones de este gas, pero no se sabrá realmente cuál es el valor de fondo de éste.

El hecho de haber muestreado mercurio y las muestras de gases (helio y otros) en lugares donde la temperatura profunda (a 50cm de profundidad) del suelo era superior a 38°C,

dio lugar a una discordancia entre la densidad de puntos obtenida para estos gases, y las densidades de puntos obtenidas para gases como el dióxido de carbono.

En cambio, la serie de datos obtenida para el gas helio es diferente, puesto que el valor de fondo para éste ya ha sido establecido como 5.24ppm, que equivale a la cantidad presente en aire atmosférico. Esto quiere decir que cualquier valor por encima de 5.24ppm, presente en las muestras obtenidas, será un valor anómalo.

Un planteamiento similar al del Mercurio puede hacerse con respecto al gas Radón. Hubo al menos un punto de muestreo de Radón en cada fumarola, por lo que al final no es suficiente para comentar sobre los datos obtenidos, ya que no se les puede interpretar de forma aislada. Es por esta razón que los datos obtenidos de este gas no serán discutidos en este documento.

Asimismo, no se realizaron mapas para el sulfuro de hidrógeno puesto que los valores encontrados para los flujos de éste no son los suficientemente altos; y al tomar muestras al igual que en los sitios donde se muestreó el mercurio, la poca densidad de puntos muestreados no permite una interpretación integral.

Es en esta línea, que los resultados presentados en este trabajo de graduación están basados en los mapas producidos para la desgasificación del dióxido de carbono, mapas de temperaturas y mapas para la desgasificación del helio, haciendo referencia en algunas ocasiones a los mapas de desgasificación de mercurio cuando parezca conveniente.

### **5.3. Estudio de los complejos fumarólicos del Campo Geotérmico de Ahuachapán**

#### **5.3.1. El Playón**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- **Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 7a):**

Se pueden observar flujos anómalos de dióxido de carbono en la región sur-oeste de la fumarola, por encima de los 74.2357 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, alrededor del punto LA-2; así como al

nor-oeste, alrededor del punto LB-6. También se puede observar una zona de alto flujo de dióxido de carbono al sur-este, alrededor del punto M-2.

- Temperatura (Figura 7b):

Existen cinco focos de alta temperatura (temperatura superior a los 60°C) en esta fumarola. El primero, al sur-este, alrededor del punto M-2; el segundo, al sur-oeste, alrededor del punto LA-2; tercero, en la parte central, alrededor del punto LA-4 y L0-4; cuarto, al nor-oeste, alrededor del punto M-3 y LB-6; y quinto, al nor-este, alrededor del punto L1-7.

- Helio (Figura 7c):

Se pueden notar tres diferentes zonas de interés. La primera al sur-este, alrededor del punto M-2, donde existen concentraciones de Helio de hasta 7.5ppm. La segunda en la región central de la fumarola, alrededor del punto LA-4, donde se encuentran concentraciones de este gas de hasta 9.3ppm. Y por último, al nor-oeste, donde se han registrado concentraciones de helio de hasta 8.3ppm, alrededor del punto LB-6.

La fumarola de “El Playón” se encuentra justo al sur de la Planta Geotérmica de Ahuachapán, y se dice que está asociada al comportamiento del Campo Geotérmico.

Durante el muestreo, se pudo notar que se realizaron nuevos puntos muy cercanos a la planta geotérmica, por lo que habrá que seguir monitoreando las cercanías de la planta debido al incremento en la actividad.

Al comparar los datos de temperatura en el suelo, con los de los flujos de desgasificación de CO<sub>2</sub>, se observa una discordancia en el comportamiento de la fumarola.

En estudios anteriores, se ha visto que en otras fumarolas, o en zonas donde hay actividad volcánica, existe una buena correlación espacial entre zonas de alta temperatura, y las zonas con un alto valor de emisión en el flujo de CO<sub>2</sub>; pero, en el caso de “El Playón”, la zona Noreste de la fumarola no presenta flujos anómalos de CO<sub>2</sub>, aunque se encuentren

temperaturas elevadas en la misma área. Esto se debe a que los gases se desplazan por canales preferenciales, en este caso particular, los pozos geotérmicos que se encuentran en los alrededores de dicha fumarola, en especial el pozo AH-17 muy cercano al punto L0-7, que es productor.

Cabe mencionar que a todo lo ancho y largo de esta fumarola, las concentraciones de Helio están por encima del valor atmosférico de 5.24ppm. Comparando las regiones donde se presentan altas concentraciones de este gas, con las regiones donde se encuentran altos flujos de dióxido de carbono, se puede deducir que existe una buena correlación entre las regiones donde éstos dos gases aparecen; pero sobre todo, se puede concluir que la desgasificación difusa en esta región del Campo Geotérmico, está asociada directamente a una desgasificación magmática, puesto que la presencia de Helio es un marcador de ese tipo de actividad en profundidad.

### 5.3.2. COMPLEJO DE FUMAROLAS LA LABOR – LA LABORCITA:

#### **a) La Labor**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 8a):

Se pueden observar flujos anómalos de dióxido de carbono en la región norte de la fumarola, por encima de los 74.2357 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, alrededor de los puntos L4-6, L2-7, L1-6, L0-8 y M-2; así como en la parte sur de la fumarola alrededor del punto M-1. También se puede observar un alto flujo de dióxido de carbono al sur-oeste de la fumarola, en el área que corresponde al Tanque de La Labor.

- Temperatura (Figura 8b):

Toda la región norte de la fumarola muestra una alta temperatura de suelo profunda, alrededor de los puntos M-4, L3-6, L2-5, L2-7, M-3, L0-7, M-2 y LB-6, cercana a los 80-90°C; también se puede ver una zona de alta temperatura al sur de la fumarola, alrededor del punto M-1

- Helio (Figura 8c):

La mayoría de la fumarola presenta valores de helio alrededor de 6.8ppm, pero existen dos regiones donde se presentan concentraciones más altas, alrededor del punto L1-6 en la región norte de la fumarola, donde hay una concentración de 10.6ppm, y regiones donde hay concentraciones moderadas, alrededor de los puntos M-1 y L3-5, con concentraciones de 8ppm.

**b) La Laborcita**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 9a):

Se pueden observar flujos altos de dióxido de carbono en la región sur-oeste de la fumarola, cercanos a  $29.0649 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , alrededor del punto LA-0 y LA-2. Así también, en el resto de la fumarola se encuentran valores cercanos al valor de fondo de  $3.9166 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$

- Temperatura (Figura 9b):

Toda la región oeste de la fumarola muestra una alta temperatura de suelo profunda, alrededor de los puntos M-2, LA.2 y LA-3, cercana a los 80-90°C; también se puede ver una zona de alta temperatura al sur de la fumarola, alrededor del punto M-1

- Helio (Figura 9c):

Debido a la metodología de muestreo, sólo se tienen valores de helio en la zona donde hay mayor temperatura al este de la fumarola. Se puede observar un pico de concentración de Helio alrededor del punto M-1 de más de 16ppm.

Estudiar el flujo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presente en superficie es una buena manera de identificación de estructuras subterráneas escondidas, por lo que debido a la existencia de una caldera en la zona de “La Labor”, se esperaba, en un principio, que el flujo de CO<sub>2</sub> ayudara a definir la estructura misma de ésta. En cambio, la realidad muestra resultados totalmente fuera de lo esperado.

En la zona de entrada de la fumarola (al Sur Sureste), correspondiente a la parte conocida como el “Tanque de la Labor”, se constata que aunque los flujos de CO<sub>2</sub> son altos, aunque no son anómalos, por lo que será de vital importancia mantener un monitoreo de esta área para estudiar su evolución con el tiempo.

Al hacer un examen visual del mapa de flujos de dióxido de carbono, en la parte Norte de la fumarola se puede observar una tendencia a que la presencia del gas en superficie describa una estructura semi-circular, lo que puede ser indicación de estructuras subterráneas alternas dentro de la misma caldera (o puede que la desgasificación de la caldera posea un ángulo de buzamiento hacia el interior de la misma). Geográficamente, al realizar las mediciones en la fumarola, se pudo observar que la parte más al Norte de la fumarola presentaba un desnivel significativo con respecto al resto del terreno de la fumarola.

En la parte inferior de esta hondonada, y en el declive de nivel adyacente es donde se encuentra la mayor cantidad de flujos; observable por el alto grado de alteración en los suelos, salidas de vapor importantes y constantes, así como la formación de pozas de lodos en la parte más baja de la hondonada.

Hay que notar que es en esa región de la fumarola donde se encuentran los picos de concentración de mercurio, y helio, cercanos a los puntos L2-5 y L1-6 respectivamente, al igual que de dióxido de carbono.

Será de vital importancia continuar con un monitoreo de la región norte de la fumarola, puesto que es un riesgo para las poblaciones cercanas, debido al alto grado de inestabilidad del terreno.

### 5.3.3. COMPLEJO DE FUMAROLAS AGUA SHUCA – SANTA TERESA

#### **a) Agua Shuca**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:



- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 10a):

Se pueden observar flujos anómalos de dióxido de carbono en tres regiones de la fumarola, por encima de los  $74.2357 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ . La primera, al norte, alrededor de los puntos L1-7, L0-7, L2-7 y M-3; la segunda, en la región central de la fumarola, alrededor de los puntos LA-5, L0-6 y M-2; y la tercera, al sur, alrededor de los puntos LA-1, LA-2, L0-2 y L1-1.

- Temperatura (Figura 10b):

Se observan distintamente cinco puntos donde hay focos de alta temperatura (temperatura superior a  $90^{\circ}\text{C}$ ). Al norte, tres zonas: La primera alrededor del punto L1-9, la segunda en el punto LA-3 y la tercera en el punto M-3 y L0-7. En la región central, en el punto M-2, y al sur, una zona más extensa, donde se muestra una zona con altas temperaturas alrededor de los puntos LA-1, M-1, LA-2 y L0-2.

- Helio (Figura 10c):

La mayoría de la fumarola presenta valores de helio alrededor de 6.0ppm, pero existen tres regiones donde se presentan concentraciones más altas, alrededor del punto M-1 en la región suroeste de la fumarola, donde hay una concentración de 10.0ppm, y alrededor del punto L1-9 al norte, con concentraciones de 10.2ppm; pero también regiones donde hay concentraciones moderadas, alrededor de los puntos L0-4 y L0-7, con concentraciones de 9.2ppm.

**b) Zapote**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 11a):

Se pueden observar flujos anómalos de dióxido de carbono en la región nor-oeste de la fumarola, cercanos a  $74.2357 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , alrededor del punto LB-5. Así también, al sureste de la fumarola se encuentran valores altos en los flujos de dióxido de carbono.

- Temperatura (Figura 11b):

Toda la región norte y centro de la fumarola muestra altas temperaturas de suelo profundas, alrededor de los puntos M-1, L0-3, M-2, L0-5, M-3 y LB-5, cercana a los 80-90°C;

- Helio (Figura 11c):

Se puede notar que en la región central de la fumarola, al oeste, alrededor del punto M-2 se presentan concentraciones de helio de más de 9.2ppm; mientras que al este, alrededor del punto L1-4, hay concentraciones de helio de 8.0ppm

**c) Santa Teresa I (Santa Julia)**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 12a):

Se pueden observar flujos anómalos de dióxido de carbono en la región norte y sur de la fumarola, en los puntos LA-6 al norte y L0-2 al sur.

- Temperatura (Figura 12b):

Se puede observar un foco de alta temperatura (temperatura mayor a 80°C) al sur de la fumarola, alrededor de los puntos LA-2, L0-2, LA-1 y L0-1.

**d) Santa Teresa II Norte A**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 13a):

Se pueden observar flujos anómalos en toda la zona central de la fumarola, y al sureste, en los puntos LA-05 y LA-06, así como en el punto L1-05.

- Temperatura (Figura 13b):

Toda la región oeste de la fumarola muestra una alta temperatura de suelo profunda, alrededor de los puntos M-2, LA.2 y LA-3, cercana a los 80-90°C; también se puede ver una zona de alta temperatura al sur de la fumarola, alrededor del punto M-1.

### e) Santa Teresa II Norte B

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 14a):

Se puede observar un flujo anómalo de dióxido de carbono en la zona suroeste de la fumarola, alrededor del punto L0-1.

- Temperatura (Figura 14b):

Se pueden notar dos zonas con altas temperaturas, una al norte alrededor del punto L0-3, y una al sur alrededor de los puntos L0-2 y L0-1. En ambas zonas, las temperaturas profundas en el suelo llegan a ser superiores a los 80°C.

- Helio (Figura 14c):

El sur de la fumarola presenta concentraciones de helio de 8.2ppm, mientras que al norte, alrededor del punto L0-3 hay concentraciones de helio de 13.0ppm.

### f) Santa Teresa II

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 15a):

Esta fumarola es muy particular, puesto que una gran parte de su superficie muestra flujos de dióxido de carbono anómalos, extendiéndose éstos desde el norte alrededor de los puntos LG-16, LG-17, LF-18 y LE-17; yendo un poco más al sur encontrando más flujo anómalo alrededor de los puntos LE-14 y LB-11. Al sur se encuentran más flujos anómalos alrededor de los puntos M-1 y M-4, así como en el punto LA-1 y LB-1.

- Temperatura (Figura 15b):

Se puede notar una zona desde el centro de la fumarola hasta el sur de ésta que presenta una serie de puntos con altas temperaturas. Esta zona se extiende desde el punto LC-11 al norte hasta el punto LB-3 al sur. Dentro de esa zona se pueden distinguir dos zonas con temperaturas más altas, en el punto M-3 y M-1 (temperatura mayor a 80°C)

- Helio (Figura 15c):

Se pueden encontrar concentraciones anómalas de helio al sur de la fumarola, en el punto LB-3, con valor de 10ppm.

El complejo de fumarolas Agua Shuca – Santa Teresa está ubicado al Sur Sureste del Campo Geotérmico de Ahuachapán, y está compuesto por 6 fumarolas, dentro de las cuales se pueden mencionar Agua Shuca, Zapote, Santa Teresa II Norte A, Santa Teresa II Norte B, Santa Teresa II, Tablón.

En el campo, la distancia que separa una fumarola de la siguiente es muy corta, y así como lo demostró el muestreo, en algunos casos ya existe una superposición entre los puntos de contorno de algunas fumarolas; (por ejemplo la porción sur de Agua Shuca con la porción norte de Santa Teresa II, o bien la porción Sur de Agua Shuca con la porción oeste de Santa Teresa II Norte A).

Desde el punto de vista geoquímico, las anomalías en los flujos de desgasificación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Figura 5), muestran una clara tendencia Norte-Sur entre la fumarola Agua Shuca y la fumarola Santa Teresa II, lo que puede ser una indicación que éstas pueden, en realidad, ya no ser unidades independientes, sino una sola fumarola de gran tamaño o una zona muy amplia con alteración hidrotermal.

Si se observan detenidamente los lineamientos de falla adyacentes a Agua Shuca y Santa Teresa II, la primera hipótesis que se presenta es que las anomalías en el flujo de CO<sub>2</sub> de estas dos fumarolas confirman la existencia de las fallas B y C; pero al observar más en detalle, los flujos que se presentan en Zapote y las pequeñas fumarolas Santa Teresa II Norte A y B, muestran que existe la posibilidad que haya un fracturamiento de la misma falla, que define flujos alternativos que provienen desde la falla principal, en dirección Sureste- Noroeste (y por consiguiente definiendo así el flujo que presentan esas fumarolas tanto al oeste como al este de la falla principal).

Al aplicar un análisis estadístico, estudiando la direccionalidad de las anomalías de CO<sub>2</sub> cercanas a la falla C, en las fumarolas Santa Teresa II, Agua Shuca, Zapote, Santa Teresa II Norte A, Zapote y Tablón, se aplicó el test de Raleigh, encontrándose un  $R_{exp} = 0.884$ , tal que el número de puntos (n) tomados en cuenta para este test fuera de 12. Se observó en tablas entonces un  $R_{critico} = 0.49$  ( $\alpha = 0.05$ ). Al obtener un  $R_{exp}$  superior a  $R_{critico}$  se descarta la hipótesis nula (los puntos están colocados al azar), y siguen una orientación preferencial Noroeste-Sureste.

Se encontró que la falla C tiene una dirección de 17.29° Noroeste (Figura 3). Al efectuar el estudio entre la dirección que toman estas anomalías, en comparación con la dirección de la Falla C, se puede decir lo siguiente:

Al realizar los cálculos necesarios para el análisis vectorial alrededor de la Falla C, el intervalo de confianza del ángulo encontrado, utilizando el error estándar, fue de  $1.49^\circ < \theta < 21.51^\circ$  en dirección Noroeste. Esto indica claramente, con un 99% de confianza, que los flujos anómalos de CO<sub>2</sub> en cuestión, en las fumarolas Santa Teresa II, Agua Shuca, Zapote, Santa Teresa II Norte A, Zapote y Tablón están asociados con el lineamiento de la Falla C.

De la misma forma, al estudiar la direccionalidad de las anomalías de CO<sub>2</sub> en la fumarolas Agua Shuca y Zapote, aplicando el Test de Raleigh, se puede constatar que  $R_{exp} = 0.814$ , y  $R_{critico} = 0.84$  (con  $\alpha = 0.05$ ), por lo que  $R_{exp}$  es menor que  $R_{critico}$  y se confirma la hipótesis nula (los puntos estudiados están colocados al azar). Este test demuestra que las anomalías no están correlacionadas entre sí, pero también indica que su aparición en el terreno no está asociada con los lineamientos de las Fallas A y B.

El hecho que haya una intersección de las Fallas A y B crea incerteza en la obtención de resultados, ya que el test de Raleigh genera concordancia direccional, por lo que al generarse anomalías que podrían pertenecer a una u otra falla, provoca dudas sobre la pertenencia de

éstas hacia cualquiera de las fallas cercanas, y es por esta misma razón que no se puede definir exactamente de cuál falla siguen el lineamiento las anomalías mostradas.

#### 5.3.4. COMPLEJO DE FUMAROLAS AGUA CALIENTE

##### **a) Agua Caliente III**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 16a):

Se pueden observar altos flujos de dióxido de carbono en la región central de la fumarola, de 36.7019 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, alrededor de los puntos M-1 y L0-3..

- Temperatura (Figura 16b):

Toda la región central de la fumarola muestra una alta temperatura de suelo profunda, alrededor de los puntos L0-1, L0-2, M-1 y L0-3, cercana a los 80-90°C.

- Helio (Figura 16c):

Debido a las limitaciones en el muestreo, sólo se tienen valores de concentración de helio en la parte central de la fumarola. Es ahí donde se observó un pico en la concentración de helio, de 7ppm alrededor del punto L0-3. El resto de la región central posee valores de concentración de helio superior a los 6ppm.

##### **b) Agua Caliente WI**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 17a):

Se pueden observar dos puntos con flujos de dióxido de carbono altos (superiores a 28.5749 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>). Al este, alrededor del punto LA-1; y al oeste, alrededor del punto M-3

- Temperatura (Figura 17b):

Se pueden observar tres zonas de alta temperatura (temperaturas mayores a 85°C). Al sur-este, alrededor de los puntos M-2 y L0-0; en la zona central de la fumarola, alrededor del punto LB-0 y M-4; y, al oeste, alrededor de los puntos LD-2 y M-3

- Helio (Figura 17c):

Debido a la metodología de muestreo, sólo se tienen valores de helio en la zona donde hay mayor temperatura al este y al oeste de la fumarola. Se puede observar un pico de concentración de Helio alrededor del punto LA-1 de 7.9ppm al este, mientras que al oeste, alrededor del punto LC-2 se observa una concentración de helio de 7ppm.

**c) Agua Caliente WII**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 18a):

Se pueden observar dos zonas con flujos de dióxido de carbono anómalos (superiores a 74.2357 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>). La primera se encuentra al oeste de la fumarola, alrededor de los puntos LC-6 y LC-5; mientras que la segunda se encuentra al sur-sureste, alrededor del punto LA-2.

- Temperatura (Figura 18b):

Se puede observar en la parte central de la fumarola, que existe una gran área superficial que posee temperaturas dentro de la isoterma de 60°C, que cubre desde el punto L1-0 al sur, hasta el punto LB-7 al norte. Dentro de esta zona de interés, se puede resaltar que la región comprendida entre los puntos M-2, L1-1, L0-3 y LA-2, es donde se encuentra la mayor temperatura de la fumarola, por encima de los 85°C.

- Helio (Figura 18c):

Debido a la metodología de muestreo, sólo se tienen valores de helio en la zona donde hay mayor temperatura, o sea en la parte central y la parte sur de la fumarola. Se puede observar un pico de concentración de Helio alrededor del punto LA-1 de 7.9ppm al sur-este, mientras que al oeste, alrededor del punto LC-2 se observa una concentración de helio de 7ppm.

**d) Agua Caliente**

Los diferentes mapas de distribución espacial arrojan las siguientes observaciones:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Figura 19a):

Se pueden observar tres zonas con flujos de dióxido de carbono anómalos (superiores a  $74.2357 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ). La primera se encuentra al sur-oeste de la fumarola, alrededor de los puntos L0-1, L0-2, L0-3, LA-3 y LB-3; la segunda, se encuentra en la región central, donde está el máximo en el flujo de desgasificación de dióxido de carbono de la fumarola, alrededor de los puntos M-8 y L2-7; y la tercera, al norte de la fumarola, alrededor de los puntos L2-13, L3-13 y M-13

- Temperatura (Figura 19b):

Existen cinco zonas calientes en esta fumarola con temperaturas por encima de los  $60^{\circ}\text{C}$ . La primera, al Sur-sureste, alrededor de los puntos L0-1, L0-2, M-4, LA-3, y LB-3; la segunda, en la zona central, alrededor de los puntos M-9, M-8 y L2-7; la tercera, al este, alrededor del punto M-5; la cuarta, al norte, en el punto M-13; y la quinta, al Nor-Noreste, cercana al punto M-2

- Helio (Figura 19c):

Se puede observar que la concentración de helio es constante en toda la fumarola, tomando valores cercanos a los 6.5ppm. Es de notar que existe un máximo en la concentración de helio alrededor del punto M-4.

El complejo de fumarolas de Agua Caliente (Figura 6) puede ser dividido en dos partes: La primera compuesta por las fumarolas más pequeñas al Oeste (Agua Caliente III, Agua Caliente W1 y Agua Caliente W2); y la segunda compuesta por una fumarola más grande al Este (Agua Caliente).

En ambas partes de la fumarola se puede observar que existe una alta concordancia entre las zonas con altas temperaturas (isoterma de  $60^{\circ}\text{C}$ ) y altas concentraciones de dióxido de carbono, al igual que con las zonas donde aparece el helio. La parte oeste de la fumarola presenta valores de helio de 6.1ppm, mientras que la parte este de la fumarola presenta valores de 8ppm, lo que indica que la actividad magmática en profundidad es mayor al Este de la fumarola.



Cabe notar que existen varias estructuras geológicas que definen a Agua Caliente:

- Las primeras son dos fallas con dirección Noroeste-Sureste, que cortan a toda la fumarola al sur, donde las anomalías en el flujo de desgasificación de CO<sub>2</sub> son adyacentes a las fallas (a las que se llamarán fallas principales).
- La segunda es un borde calderico al Este, que provoca la aparición de altos flujos de CO<sub>2</sub> al Sureste y al Noreste de la fumarola.
- La tercera y cuarta estructuras geológicas, que tienen un efecto sobre el flujo anómalo de CO<sub>2</sub>, están al Oeste, donde se encuentra una falla que se sobrepone a la falla principal con dirección Noroeste-Sureste; así como un borde caldérico. Al juntar el efecto de ambas estructuras, provocan la aparición de flujos de CO<sub>2</sub> al norte de la falla principal.

Al analizar un poco más a profundidad la manera cómo aparecen los flujos de CO<sub>2</sub> en la superficie, se generan ciertas hipótesis. La primera es que las dos fallas principales con lineamiento Noroeste-Sureste, que definen a la fumarola, no son unidades independientes, sino que representan a una misma falla.

Al analizar imágenes satelitales de esta zona en específico, existen zonas de alteración superficial entre Agua Caliente y las fumarolas Agua Caliente más pequeñas, siempre adyacentes al lineamiento de la falla, lo que puede ser una prueba en superficie que se trata de una sola falla.

Al aplicar un análisis estadístico, estudiando la direccionalidad de las anomalías de CO<sub>2</sub> cercanas a la falla D y E, en las fumarolas Agua Caliente, Agua Caliente WI y WII y Agua Caliente III, se aplicó el test de Raleigh, encontrándose un  $R_{exp} = 0.899$ , tal que el número de puntos (n) tomados en cuenta para este test fuera de 10. Se observó en tablas entonces un  $R_{critico} = 0.54$  ( $\alpha = 0.05$ ). Al obtener un  $R_{exp}$  superior a  $R_{critico}$  se descarta la hipótesis nula (los puntos están colocados al azar), y siguen una orientación preferencial Noroeste-Sureste.

Se encontró que las fallas D y E tienen una dirección de  $30.65^\circ$  Noroeste (Figura 4). Al efectuar el estudio entre la dirección que toman estas anomalías, en comparación con la dirección de la Fallas D y E, se puede decir lo siguiente:

Al realizar los cálculos necesarios para el análisis vectorial alrededor de las Falla D y E, el intervalo de confianza del ángulo encontrado, utilizando el error estándar, fue de  $27.77^\circ < \theta < 47.98^\circ$  en dirección Noroeste. Esto indica claramente, con un 99% de confianza, que los flujos anómalos de  $\text{CO}_2$  en cuestión, en las fumarolas Agua Caliente, Agua Caliente WI y WII y Agua Caliente III están asociados con la presencia de la Falla D y E.

#### 5.3.5. COMPLEJO DE FUMAROLAS AGUA CALIENTE Y COMPLEJO DE FUMAROLAS AGUA SHUCA – SANTA TERESA

Geográficamente, ambos complejos de fumarolas están muy cercanos entre sí, y según los mapas de distribución de flujos dióxido de carbono (Figura 21), pareciera que en un futuro la región Noroeste de la fumarola Agua Caliente tiende a juntarse con la región Oeste de la fumarola Santa Teresa II, uniendo así los dos complejos de fumarolas.

Científicamente, esto ayuda a reforzar la idea que la extensión de las fumarolas crece con el tiempo debido a la acción de los gases ácidos sobre el suelo, lo que a largo plazo provoca un aumento en la permeabilidad de los suelos, y por consiguiente aumenta la cantidad de gases que se pueden detectar en superficie; pero hay que analizar un poco más allá, y pensar en el aspecto humano / productivo.

Aparte de la idea que se creará una fumarola de tamaño considerable, hay un riesgo inherente incrementado por este fenómeno, ya que, al ser una zona cafetalera, la población aledaña trabaja en las cortas del café año con año, por lo que primero sus trabajos se verán en riesgo por el crecimiento de las fumarolas, y luego existe el riesgo físico, debido a la peligrosidad del terreno, por la degradación y calentamiento de los suelos.

Es por esa razón que un monitoreo continuo de estos dos complejos de fumarolas debe mantenerse en el futuro, para proporcionar información adecuada, y generar alertas a la población en caso de ser necesario.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La desgasificación de dióxido de carbono en la fumarola de El Playón es debida a la desgasificación del magma en la profundidad, ya que hay una presencia de otros gases que están asociados directamente a la desgasificación del manto o de la corteza en profundidad, como el Helio y Mercurio.

La existencia de la plataformas de pozos productores, cercanas a la Planta Geotérmica, actúan como una canales preferenciales para la salida de dióxido de carbono, puesto que en esa zona no hay cantidades de flujo considerable; reforzando la teoría establecida por Padrón *et al.*, donde sugiere que el flujo de gas se desplaza a través de las zonas donde existe mayor permeabilidad vertical, en este caso los pozos de LaGeo. También es de notar que la desgasificación de otros gases con diferentes densidades a las del Dióxido de Carbono, como Mercurio o Helio, también siguen ese canal preferencial.

Al haber puntos calientes muy cercanos a la Planta Geotérmica de Ahuachapán, es recomendable comenzar a realizar planes de contingencia, en el caso que los bordes calientes de la fumarola “El Playón” se desplacen al interior de las instalaciones, para evitar accidentes y degradación de material en la Planta.

La estructura en forma de “semi-círculo” en la fumarola de “La Labor” en su parte norte, definida por el flujo de desgasificación de dióxido de carbono, está ligada a las zonas de alta temperatura profunda, donde se define la isoterma de 60°C, habiendo una gran concordancia entre las dos variables. Si a esto, asociamos los altos valores de helio y mercurio en la zona norte de la fumarola, esto nos lleva a concluir que esa es una zona altamente permeable, ligada directamente a la desgasificación magmática, puesto que permite un ascenso rápido de fluidos y flujos de gas hacia la superficie.

Con respecto al Complejo de Fumarolas de Agua Caliente, el análisis vectorial y estadístico realizado sobre las anomalías que se encuentran alrededor de las Fallas principales

D y E, indicó que ambas fallas no son unidades independientes, sino que se trata de una sola falla en dirección Noroeste – Sureste que atraviesa toda la fumarola. Las implicaciones son mayores, ya que esto quiere decir que la parte Este y Oeste de la fumarola no están separadas, sino que forman parte de una misma unidad estructural.

Al estudiar un poco más a profundidad el análisis vectorial realizado sobre la Falla C en el Complejo de Fumarolas Agua Shuca – Santa Teresa II, los resultados arrojados por el análisis nos permiten concluir que el lineamiento de la Falla se extiende en dirección Sureste, hacia las anomalías de flujo de desgasificación de dióxido de carbono encontrados en Tablón, ya que al incluirlas en el análisis, claramente se encontró que éstas son producidas por la presencia de la falla en esa región. Esto está soportado por la alta concordancia que existe entre las zonas con altas temperaturas, y las zonas con alta desgasificación de dióxido de carbono, mercurio y helio, que indican que la falla es una zona de alta permeabilidad, puesto que es alrededor de ésta donde se aglutinan las anomalías en la desgasificación.

En cambio, no se puede decir lo mismo de los puntos al norte del Complejo de Fumarolas de Agua Shuca – Santa Teresa II, ya que al realizar el estudio vectorial, la incerteza es demasiado amplia debido a la presencia de una intersección de fallas A y B, lo que provoca que los puntos en estudio no sigan una dirección preferencial específica. Es posible que las anomalías en estudio estén asociadas a ambas fallas al mismo tiempo, pero el tipo de análisis aplicado en este caso, que solo permite buscar concordancias en una sola dirección, es específico, por lo que otros tipos de análisis o modelajes deben ser aplicados a esta zona del Complejo de Fumarolas para comprobar si estos flujos se presentan por la presencia de las Fallas A y B.

Es importante resaltar que habrá que continuar con un monitoreo continuo tanto en la región norte de la fumarola La Labor, puesto que es un riesgo inminente para la población de la zona; así como en la región Sur-sureste de la fumarola, en la zona llamada “Tanque de La Labor”, ya que está muy cerca de infraestructura habitacional.

En lo que concierne al Complejo de Fumarolas Agua Caliente, se estima necesario realizar un estudio en la zona que separa a las Fallas D y E, puesto que al probarse matemáticamente que se trata de una sola falla, es muy probable que esa zona esté tan alterada como el Este y el Oeste de la Fumarola.

El hecho que en el Complejo de Fumarolas de Agua Shuca – Santa Teresa II haya una intersección entre las fallas A y B, provoca una gran incertidumbre al momento de tratar de identificar el origen de los flujos de dióxido de carbono. Esto demuestra una de las debilidades de los métodos estadísticos aplicados. En este caso en particular, se necesita efectuar otro tipo de análisis, y puede llegar a necesitarse incluso un modelaje de los flujos en específico.

De la misma forma, al alargar el lineamiento de la falla C en dirección Sureste, existen ya indicativos suficientes en todo el Campo Geotérmico, que se han dado cambios en el mapa de fallas ya establecido. Es necesario entonces actualizar esta base de datos de fallas, realizando otro estudio que permita ubicar precisamente cada una de las fallas, así como su longitud y su dirección real.

Finalmente se recomienda modificar ligeramente la metodología a seguir en el muestreo, ya que al no haberse tomado muestras de Mercurio y otros Gases, en todos los puntos en los que se tomaron valores de temperatura y flujos de dióxido de carbono, la interpretación que se puede dar a las series de datos obtenidas es limitada debido a la desigualdad en la densidad de puntos.

Asimismo, durante el muestreo en campo, el Químico en el grupo de muestreo debe tener la opción de trabajar de acuerdo a los valores de flujos de gas medidos en superficie, y no medir en base a la temperatura encontrada en el suelo (ya que era necesario establecer un límite de medición), volviendo a un futuro estudio, más robusto e interesante, puesto que los bordes fumarólicos podrán crecer por un agrandamiento de temperatura, pero también por

un agrandamiento debido a la aparición de flujos de desgasificación fuera de los bordes fumarólicos ya establecidos anteriormente.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aumento F., Viale P., Choussy M. y Santana A., 1982. Alteration mineralogy of the Ahuachapán geothermal field. *Geothermal Resources Transactions*, v. 6, p. 7-10.
- Arizona Instrument LLC, 2009a: Jerome 431-X Operation Manual
- Arizona Instrument LLC, 2009b: Jerome 631-X Operation Manual
- Bagnato E., Allard P., Parello F., Aiuppa A., Calabrese S. y Hammouya G., 2009: Mercury gas emissions from La Soufrière Volcano, Guadeloupe Island (Lesser Antilles). *Chemical Geology*, v. 266, p. 267-273
- Bertani R., 2009: Geothermal Energy: An overview on resources and potential. *International Geothermal Days Slovakia 2009 Conference and Summer School*.
- Chiodini G., Cioni R., Guidi M. y Raco B., 1997: Soil CO<sub>2</sub> Flux measurements in volcanic and geothermal areas. *Applied Geochemistry*, v.13, n.5, p.543-552
- Chiodini G., Frondini F. y Ponziani F., 1995: Deep Structures and Carbon Dioxide degassing in Central Italy. *Geothermics*, v. 24, p. 81-84
- Dereinda F., 2008: CO<sub>2</sub> Emissions from the Krafla Geothermal Area, Iceland. *United Nations University Geothermal Training Programme*.
- Dietrich V.J., Hurni L., 2003: GEOWARN, Geospatial Warning Systems, Nysiros Volcano, Greece. <http://www.geowarn.ethz.ch/>
- Electroconsult, 1984. Campo Geotérmico de Ahuachapán: Asistencia a la operación del campo y estudio geológico de detalle. *Milan, Italy, CEL final report AHU-D-5569/Rev. 1, 78 pp.*
- Fridriksson, T., 2009a: Diffuse Degassing through soil and geothermal exploration. *Short Course on Surface Exploration for Geothermal Resources*
- Fridriksson, T., 2009b: Studies of diffuse CO<sub>2</sub> degassing: Applications to exploration and environmental monitoring in Iceland. *Short Course on Surface Exploration for Geothermal Resources*



- Fridriksson T., Kristjánsson B. R., Ármannsson H., Margrétardóttir E., Ólafsdóttir S. y Chiodini G., 2006: CO<sub>2</sub> Emissions and heat flow through soil, fumaroles, and steam heated pools at the Reykjanes geothermal area, SW Iceland. *Applied Geochemistry*, v. 21, p. 1551-1569
- Fu C., Yang T., Walia V. y Chen C., 2005: Reconnaissance of soil gas composition over the buried fault and fracture zone in southern Taiwan. *Geochemical Journal*, v. 39, p. 427-439
- Garduño M.V., González P.E., Verma M.P., Rentería T.D., Torres R.V., Nieva G.D. y Faz P.P., 1992. Structural tectonic analysis of Ahuachapán-Chipilapa geothermal field, El Salvador. *Geothermal Resources Transactions*, v. 16, p. 297-301.
- González E., Torres V. y Birkle P., 1997: Plio-Pleistocene volcanic history of the Ahuachapán Geothermal system, El Salvador: The Concepción de Ataco Caldera. *Geothermics*, v. 26, p. 555-575
- Gutiérrez X., 2009: Estudio Geoquímico de gases en torno a la Falla el Hollón, Berlín, Usulután. *Tesis para optar al grado de licenciatura en Ciencias Químicas, Universidad de El Salvador, El Salvador*
- Hernández P.A., Notsu K., Okada H., Mori T., Sato, M., Barahona F. y Pérez N.M., 2006a. Diffuse emission of CO<sub>2</sub> from Showa-Shinzan, Hokkaido, Japan: a sign of volcanic dome degassing. *Pure Applied Geophysics* v. 163, p. 869–881.
- Kulongoski J.T., Hilton D.R., Izbicki J.A., 2003: Helium isotopoe studies in the Mojave Desert, California: implications for underwater chronology and regional seismicity. *Chemical Geology* v.202, p. 95-113.
- LaGeo S.A. de C.V., 2005: Centrales Geotérmicas. <http://www.lageo.com.sv/index.php>
- Lide D., 2005: CRC Handbook of Chemistry and Physics Internet Version. *CRC Press, Boca Raton, FL*.
- López D., Random L., Pérez N.M., Hernández P.A. y Monterrosa J., 2004: Dynamics of diffuse degassing at Ilopango Caldera, El Salvador. *Natural Hazards in El Salvador*, p. 191-201

- Magaña M.I., López D., Barrios L.A., Perez N. M., Padrón E. y Henriquez E., 2004: Diffuse and convective degassing of soil gases and heat at the TR-6-Zapotillo hydrothermal discharge zone, Berlin Geothermal Field, El Salvador. *Geothermal Resources Council, Transactions*, v. 28, p. 485-488.
- Meyer-Abich H., 1956. Los volcanes activos de Guatemala y El Salvador (America Central). *Anales del Servicio Geológico Nacional de El Salvador*, 102 p.
- Minissale A., 2004: Origin, transport and discharge of CO<sub>2</sub> in central Italy. *Earth-Science Reviews*, v. 66, p. 89-141
- Molnar P. y Sykes L., 1969: Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanisms and seismicity. *Geological Society of America Bulletin*, v. 80, no. 9. p. 16-1684.
- Murray K., 1996: The use of soil Hg to delineate zones of upwelling in low-to-moderate temperatura geothermal sites. *Geothermics*, v. 26, p. 193-202
- Padrón E., Hernández P.A., Toulkeridis T., Pérez N.M., Marrero R., Melián G., Virgili G. y Notsu K., 2008: Diffuse CO<sub>2</sub> emission rate from Pululahua and the lake-filled Cuicocha calderas Ecuador. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v.176, p. 163-169
- Padrón E., López D., Magaña M.I., Marrero R. y Pérez N.M., 2003: Diffuse Degassing and Relation to Structural Flow Paths at Ahuachapan Geothermal Field, El Salvador. *Geothermal Resources Council Transactions*, v. 27, p. 325-330
- Pylon Electronics Inc., 1993. Pylon Model AB-5 Portable Radiation Monitor Instruction Manual.
- Rodríguez A., Torres Y., Chavarría L. y Molina F., 2003: Soil gas Radon measurements as a tool to identify permeable zones at Las Pailas Geothermal Area, Costa Rica. *United Nations University Geothermal Training Programme*
- Scheidegger A.E., 1974: The physics of Flow through porous media 3rd Ed. *University of Toronto Press, Toronto*, p. 353
- Shangguan Z., Bai C. y Sun M., 2000: Mantle-derived magmatic gas releasing features at the Rehai area, Tengchong county, Yunnan Province, China. *Science in China Series D: Earth Science*; v. 43, no. 2, p. 132-140

- Sinclair, A.J. 1991. A fundamental approach to threshold estimation in exploration geochemistry: Probability plots revisited. *Journal of Geochemical Exploration* 41, no. 1: 1–22.
- Sinclair, A.J. 1983. Univariate analysis. In *Handbook of Exploration Geochemistry: Statistics and Data Analysis in Geochemical Prospecting*, ed. R.J. Howarth, 59–81. New York: Elsevier.
- Sinclair, A.J. 1974. Selection of threshold values in geochemical data using probability graphs. *Journal of Geochemical Exploration* 3, no. 2: 129–149. Smedley, P.L., and W.M. Edmunds.
- Stoker A. y Kruger P., 1975: Radon in Geothermal Reservoirs. *Geothermics*, v. 5, p. 13-19
- Tiling R., 1999: Volcanoes. *USGS General Interest Publication, Versión Online* : <http://pubs.usgs.gov/gip/volc/text.html>
- Van Kooten G.K., 1984: Geothermal Exploration Using Surface Mercury Geochemistry. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 31, p. 269-280
- Varekamp, J.C. y Buseck, P.R., 1983: Hg anomalies in soils: a geochemical exploration method for geothermal areas. *Geothermics*, v. 12, p. 29-47.
- West Systems, 2007: Portable Diffuse flux meter Carbon Dioxide, Methane and Hydrogen sulfide Handbook

VIII. FIGURAS



Figura 1. Ubicación del área de estudio

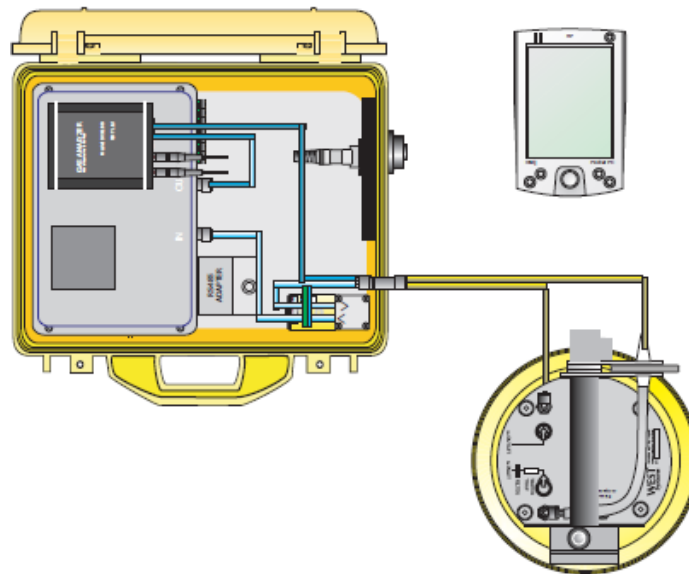


Figura 2. Modelo conceptual del Fluómetro de dióxido de carbono marca WestSystems

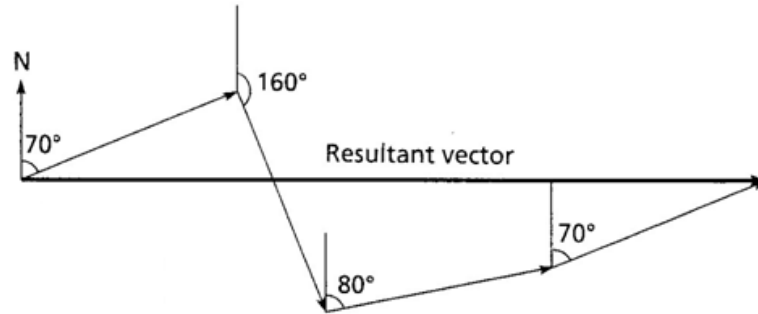


Figura 3. Suma de vectores para encontrar una resultante.

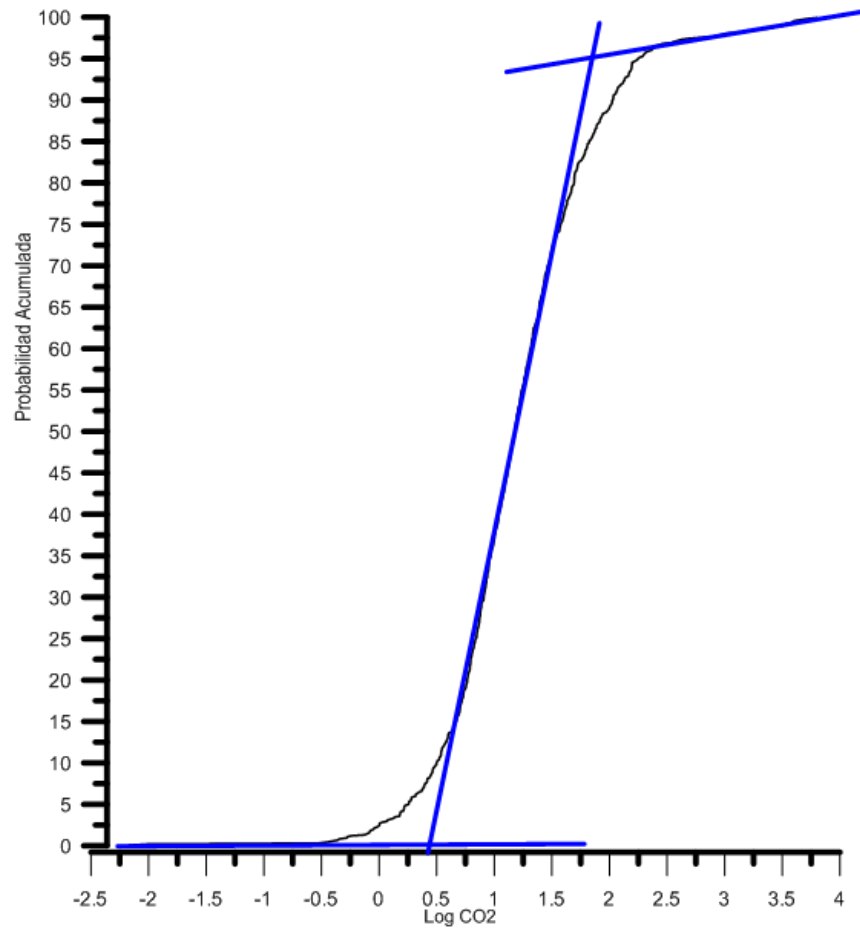


Figura 4. Gráfico de probabilidad acumulada de flujos de desgasificación de dióxido de carbono.

# Complejo Agua Shuca - Santa Teresa

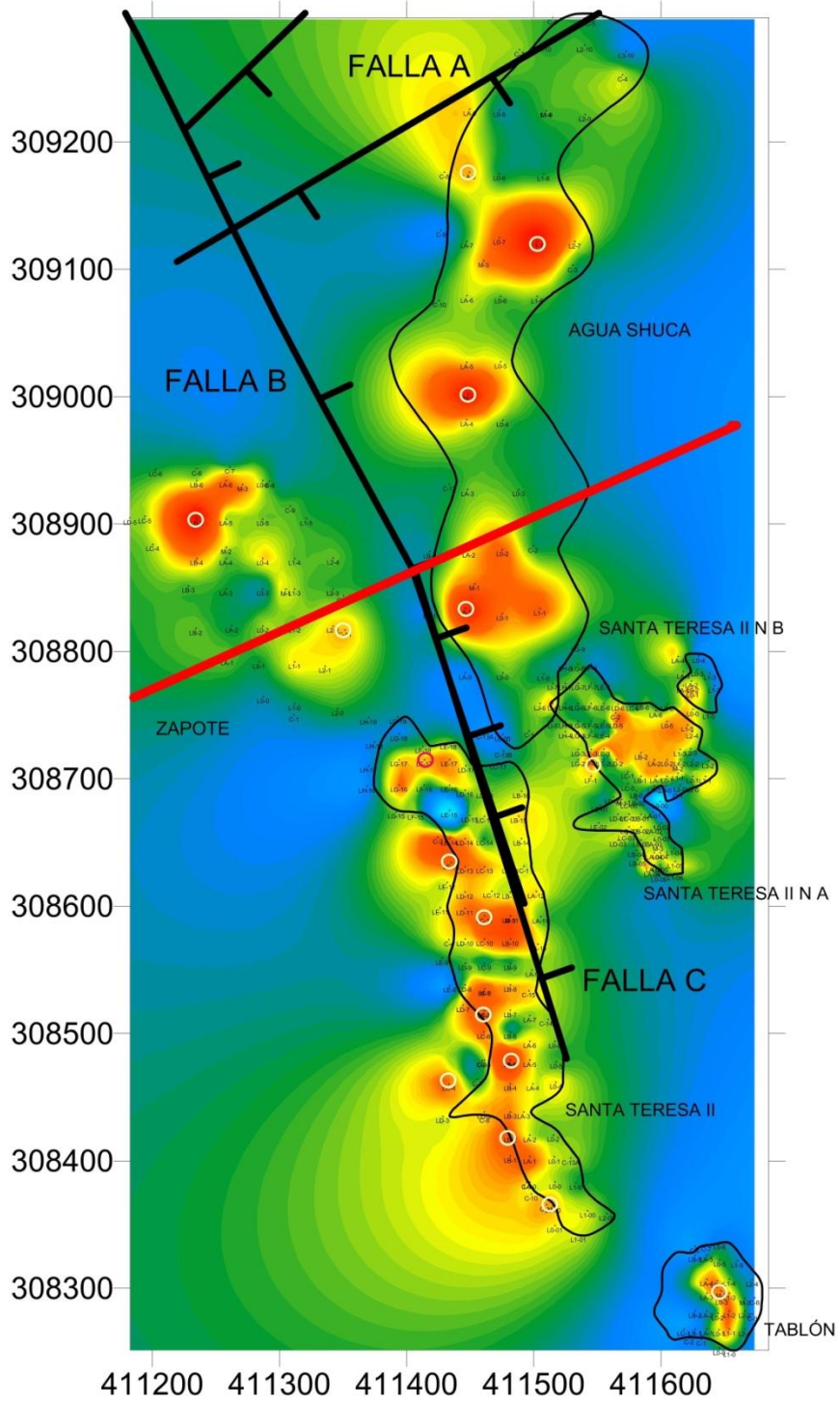


Figura 5. Mapa del Complejo de Agua Shuca – Santa Teresa II  
Mostrando la Falla A, B y C

## Complejo Agua Caliente

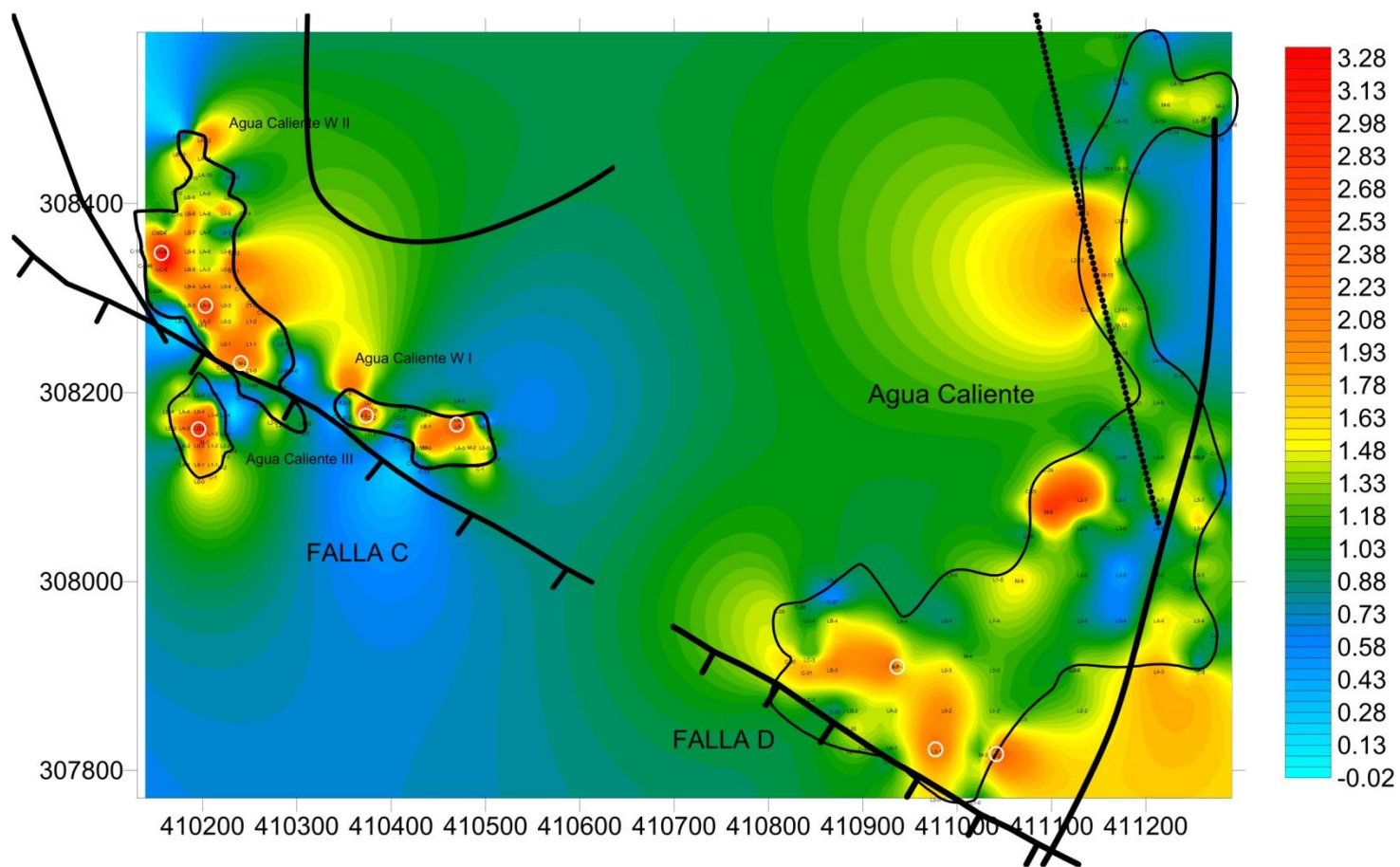


Figura 6. Mapa del Complejo de Agua Caliente  
Mostrando la Falla D y E

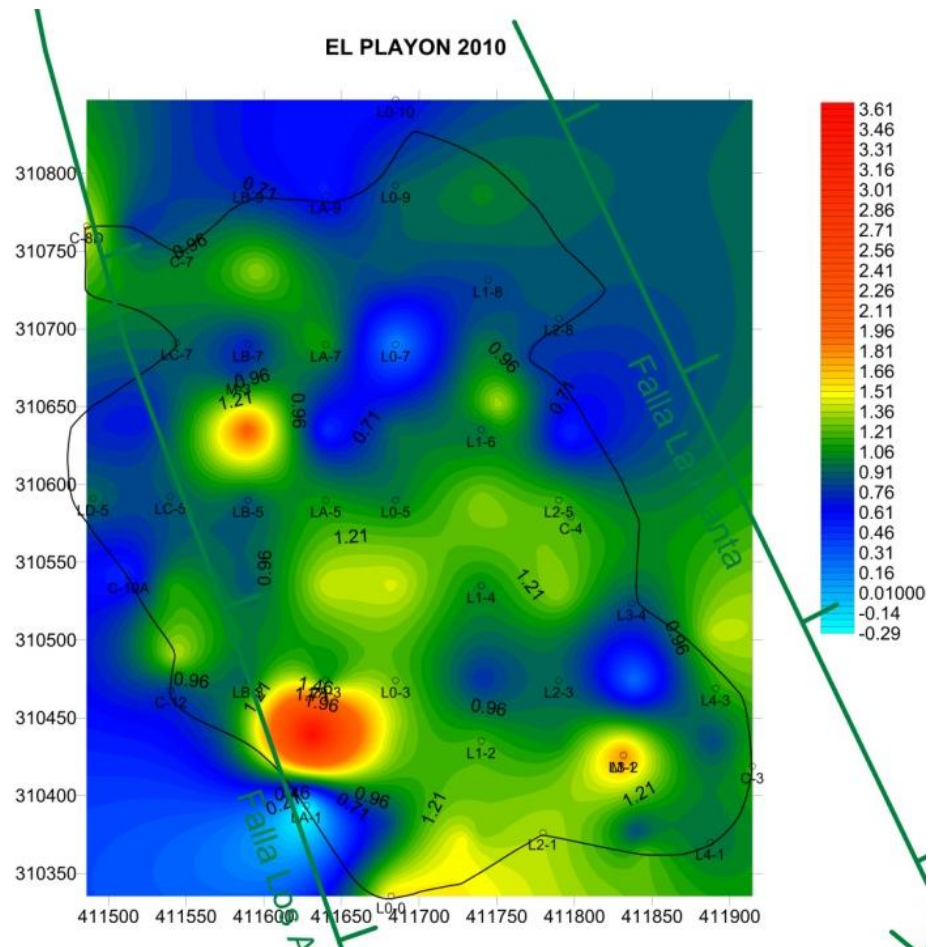


Figura 7a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola El Playón (logaritmos)

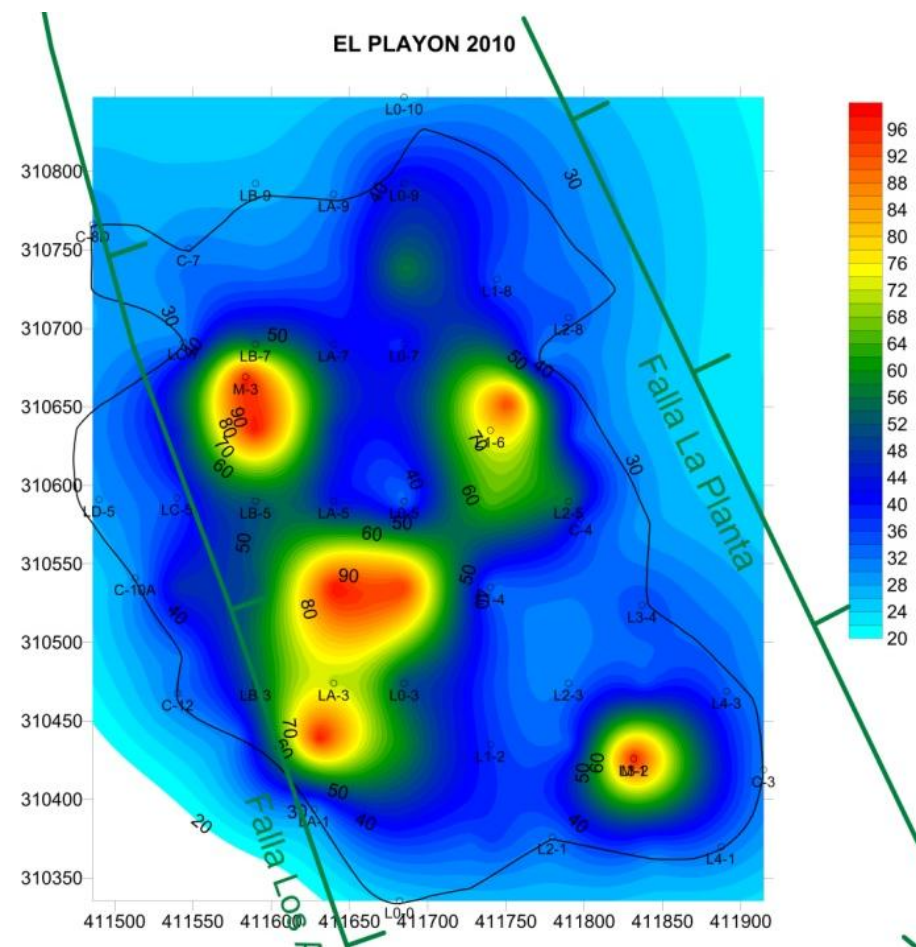
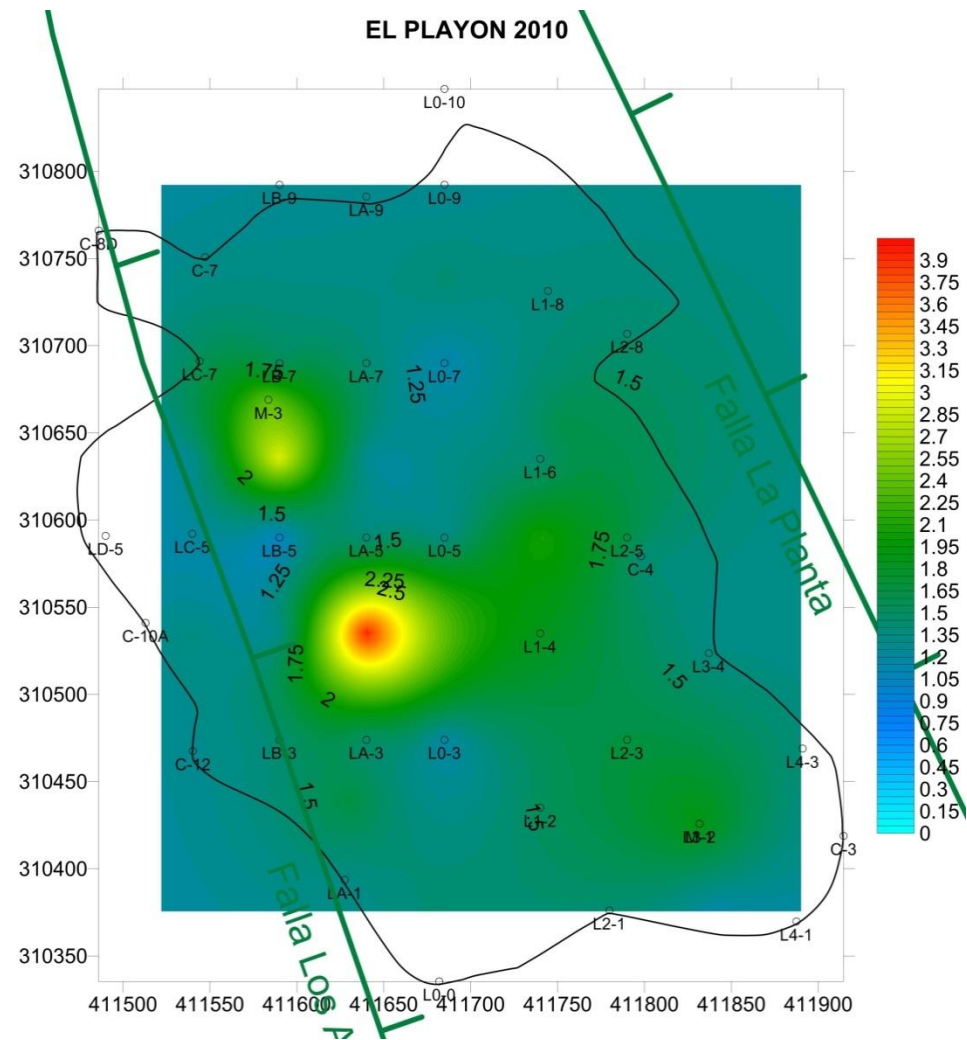


Figura 7b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola El Playón





*Figura 7c. Mapa de Concentración de He (ppm)  
en la fumarola El Playón*

## LA LABOR 2010

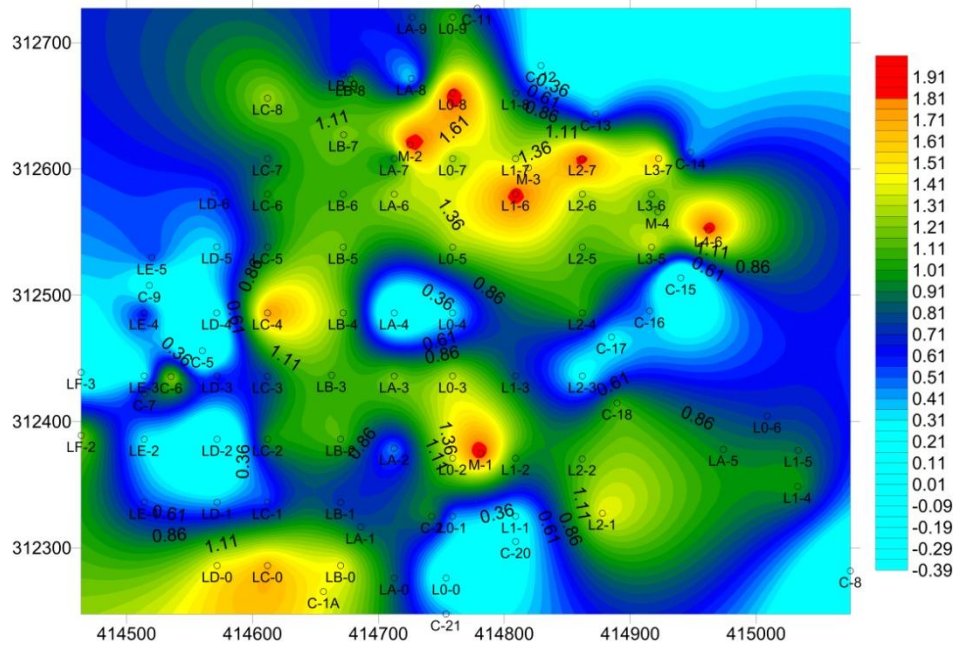


Figura 8a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola La Labor + Tanque de La Labor (logaritmos)

## LA LABOR 2010

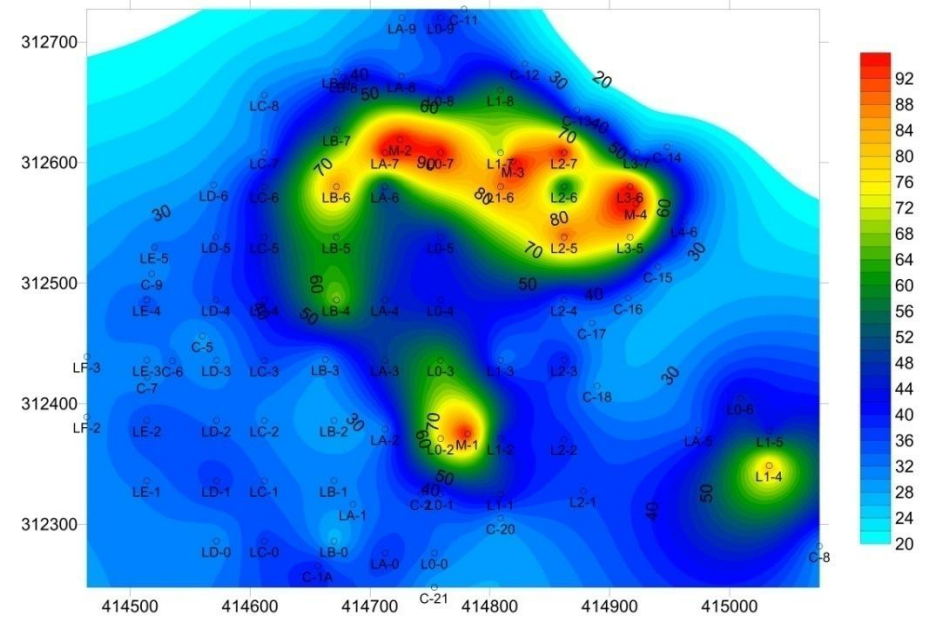


Figura 8b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola La Labor + Tanque de La Labor

### LA LABOR 2010

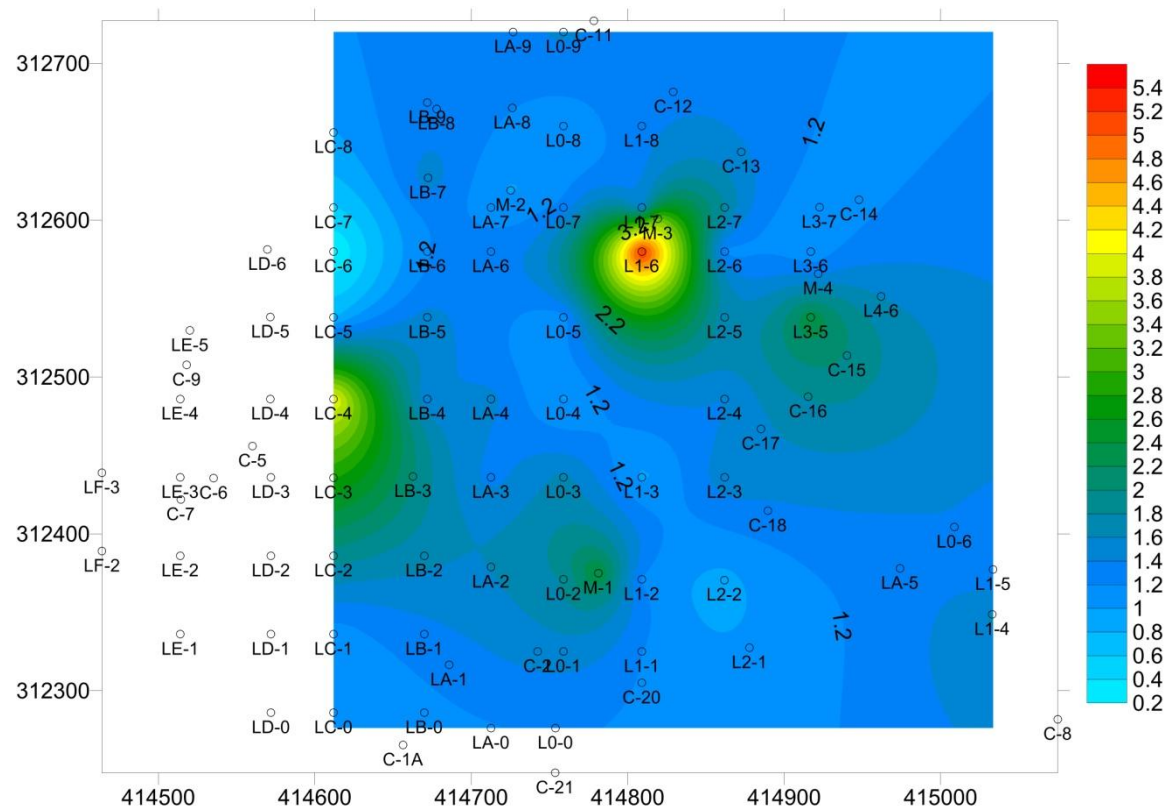


Figura 8c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola La Labor + Tanque de La Labor

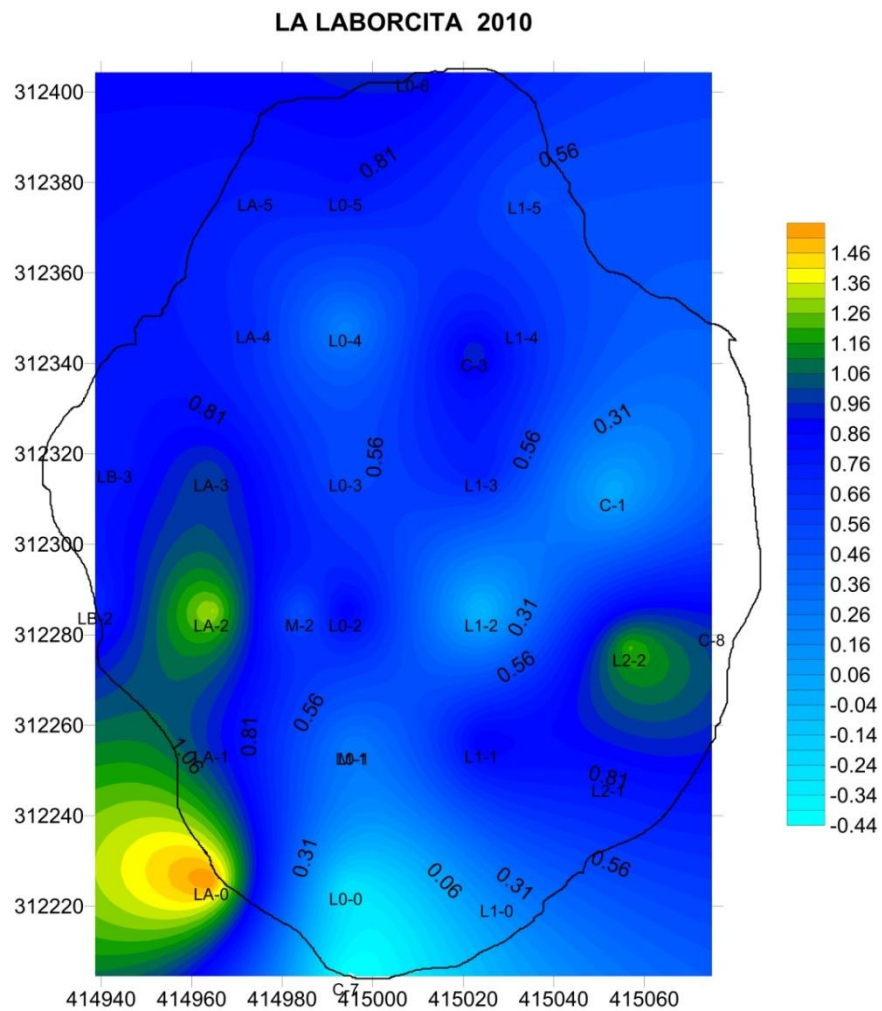


Figura 9a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola La Laborcita (logaritmos)

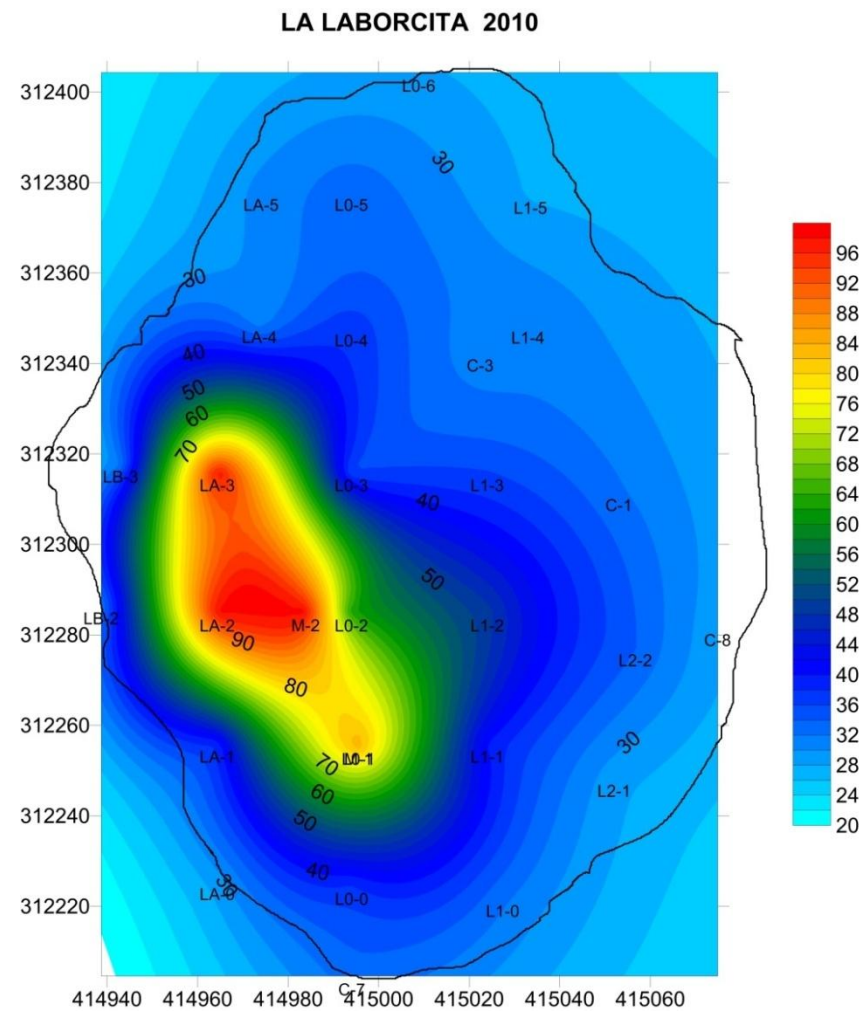
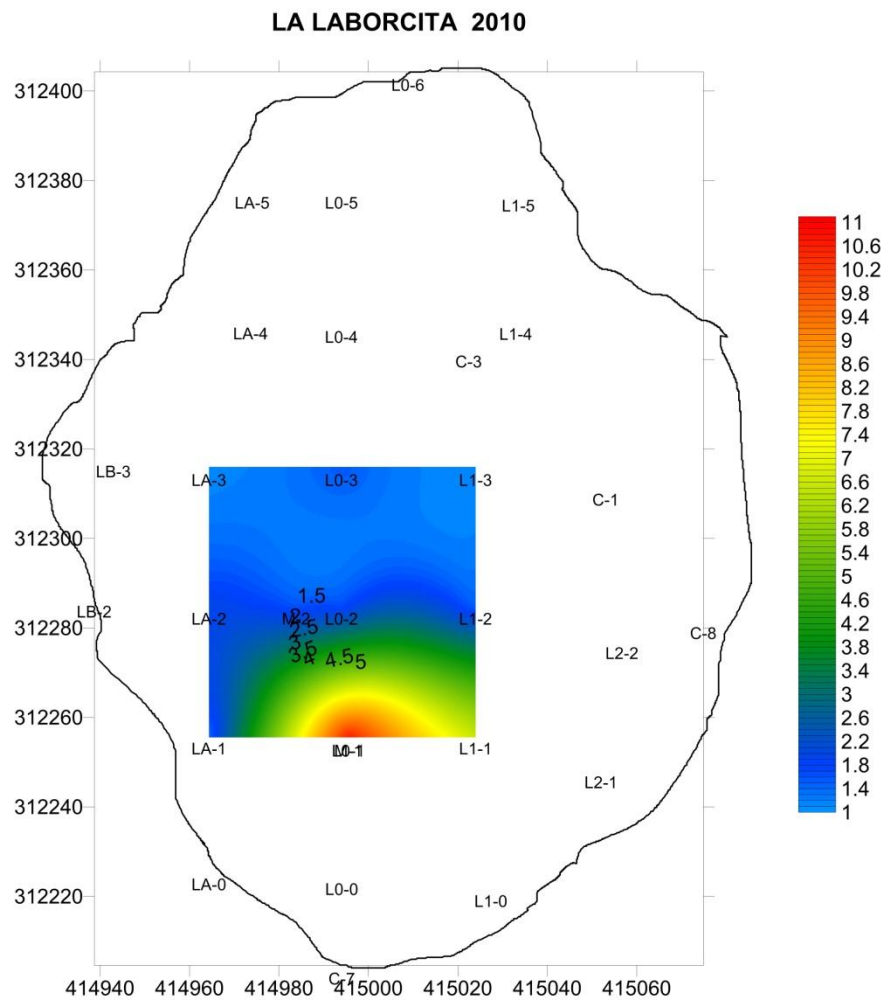


Figura 9b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola La Laborcita



*Figura 9c. Mapa de Concentración de He (ppm)  
en la fumarola La Laborcita*

AGUA SHUCA 2010

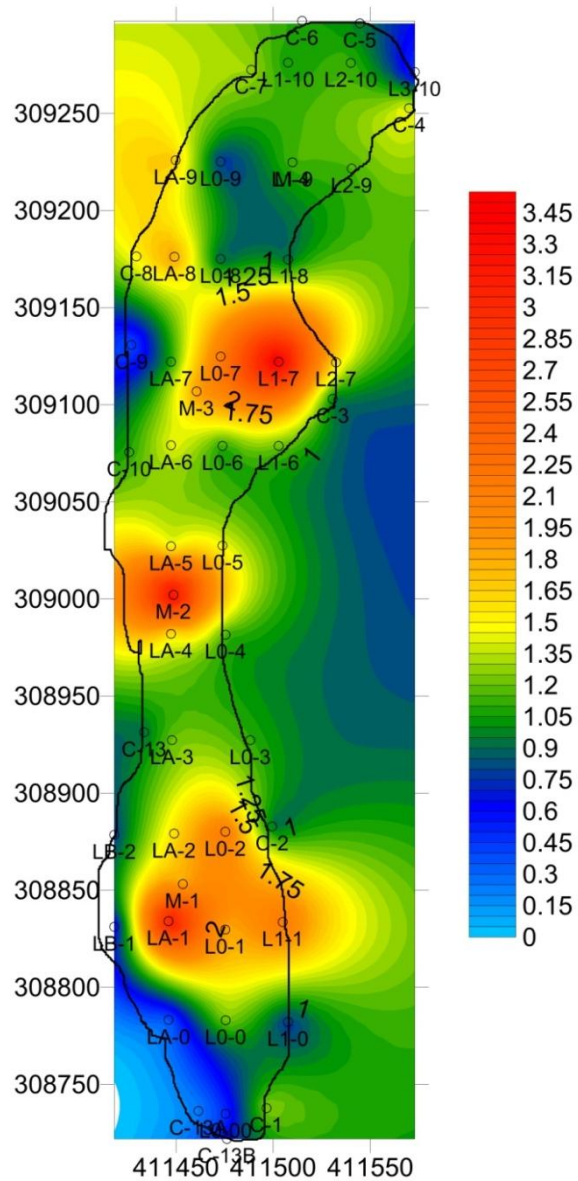


Figura 10a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola Agua Shuca (logaritmos)

AGUA SHUCA 2010

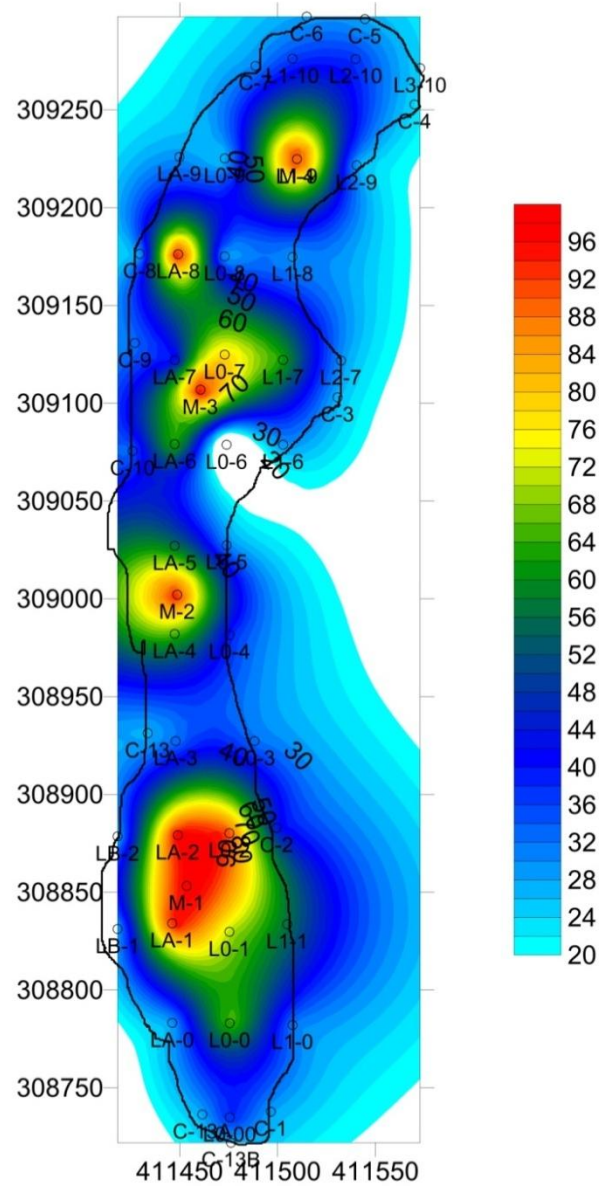


Figura 10b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Agua Shuca

### AGUA SHUCA 2010

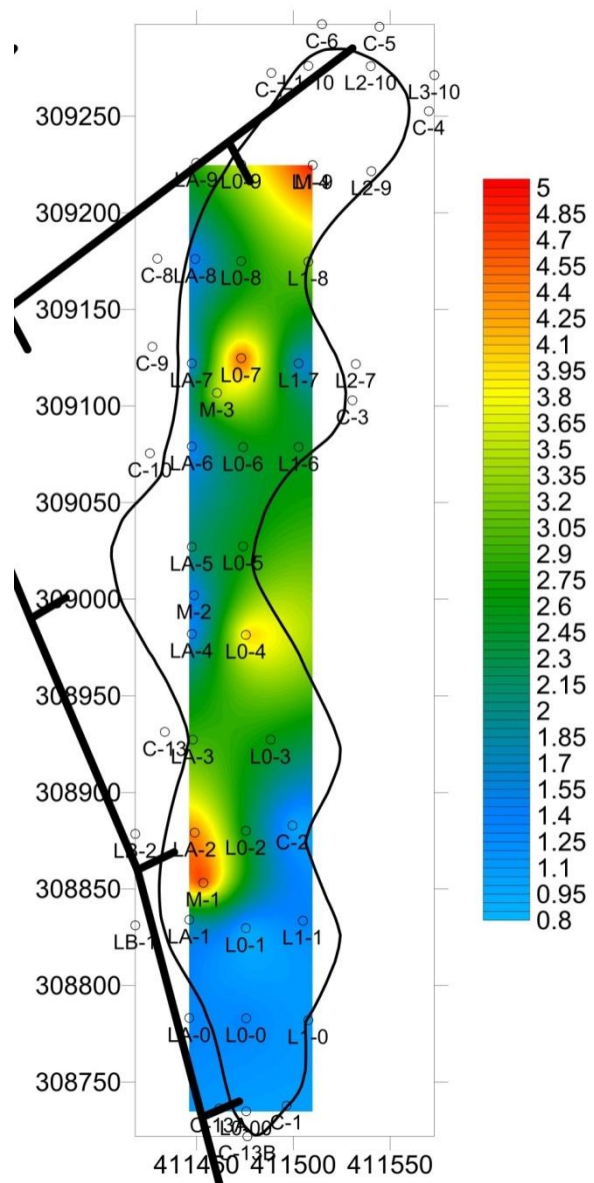


Figura 10c. Mapa de Concentración de He (ppm) en la fumarola Agua Shuca

EL ZAPOTE 2010

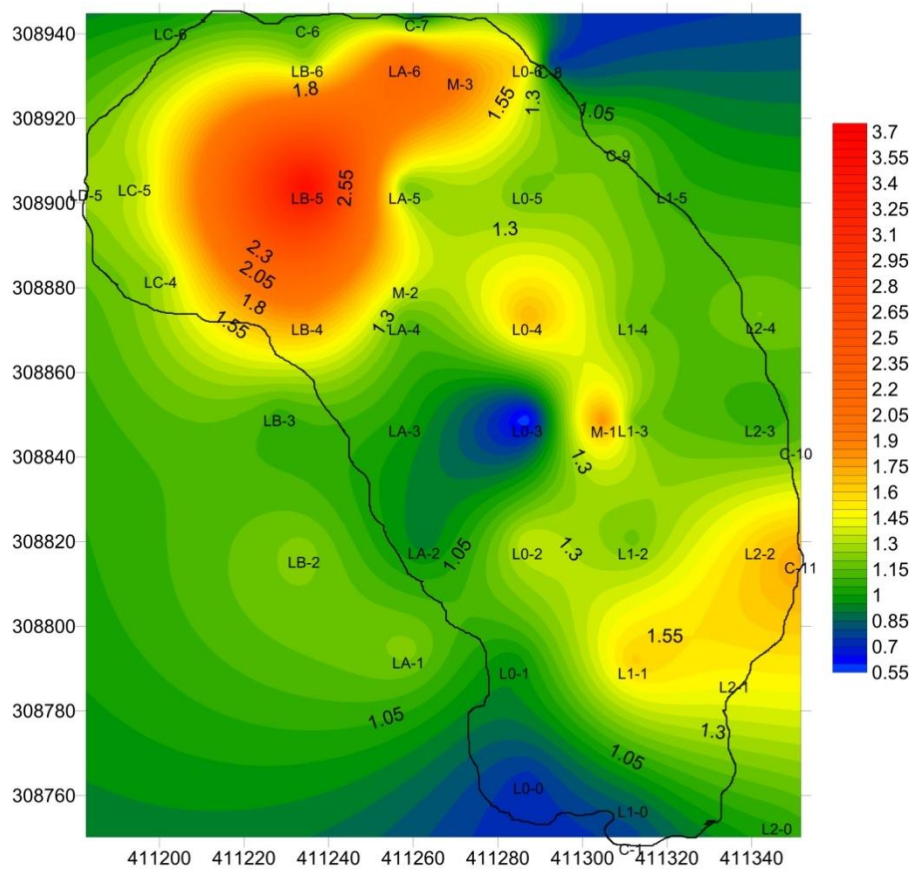


Figura 11a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola Zapote (logaritmos)

EL ZAPOTE 2010

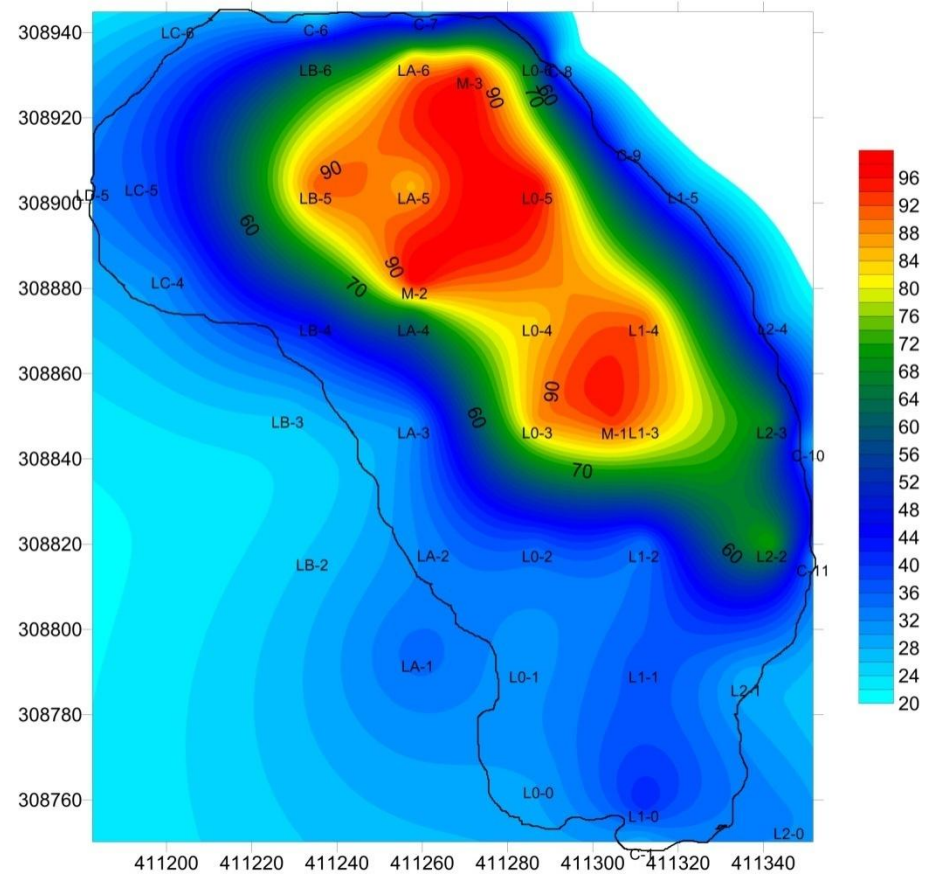
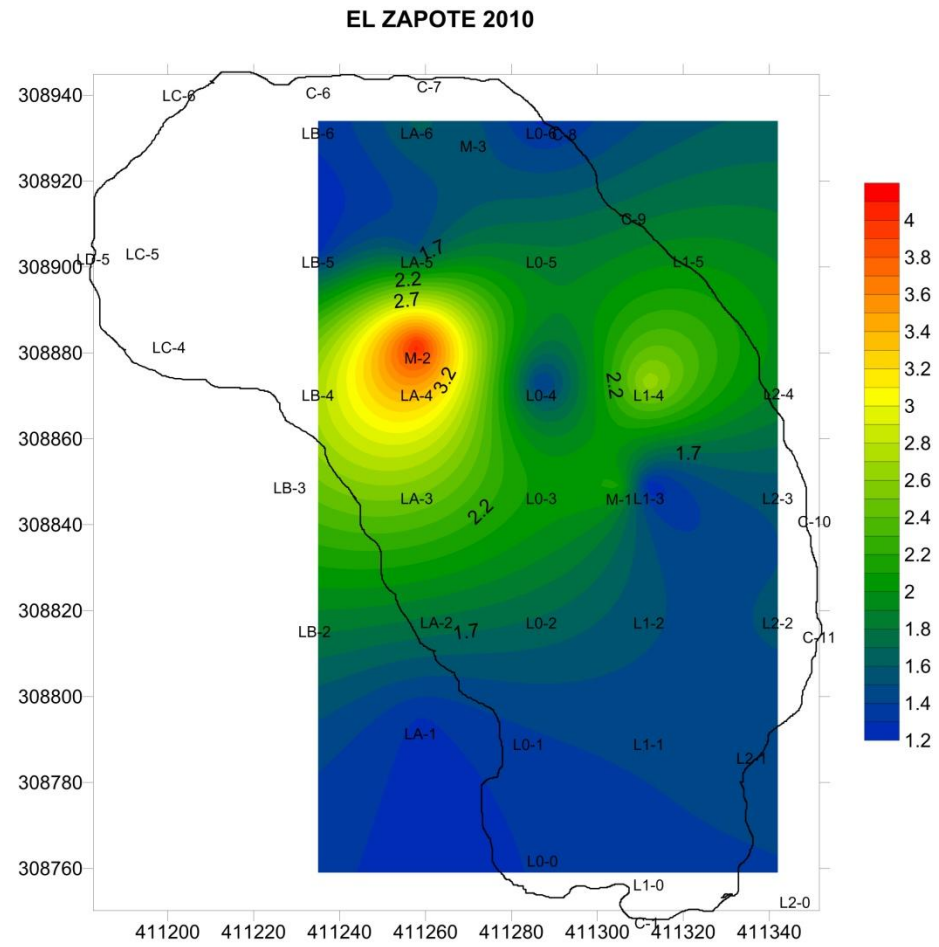


Figura 11b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Zapote





*Figura 11c. Mapa de Concentración de He (ppm)  
en la fumarola Zapote*

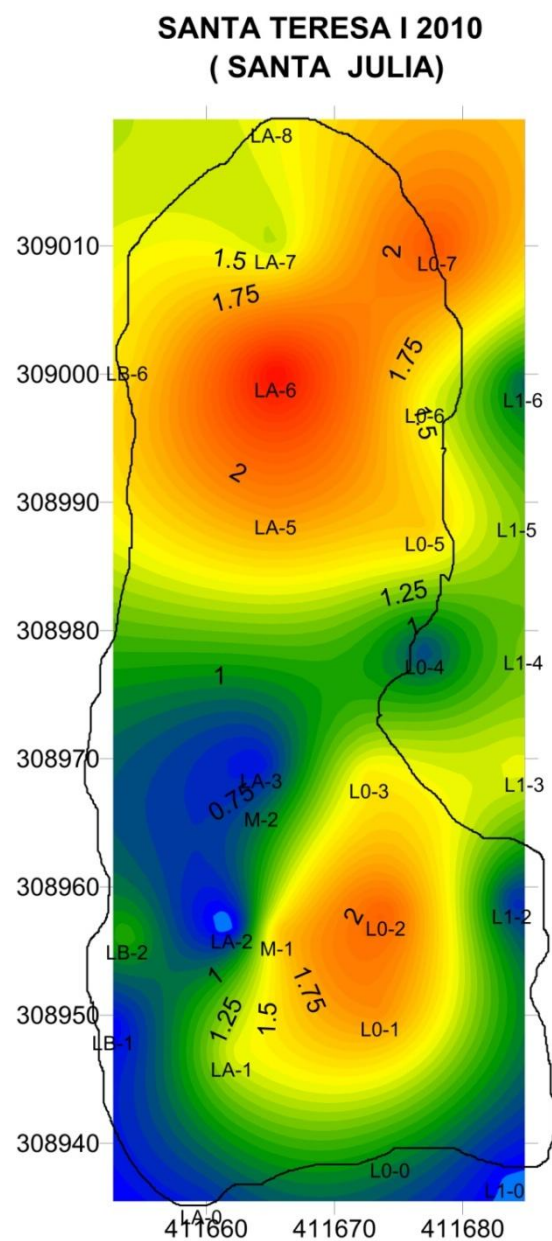


Figura 12a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola Santa Teresa I (Santa Julia) (logaritmos)

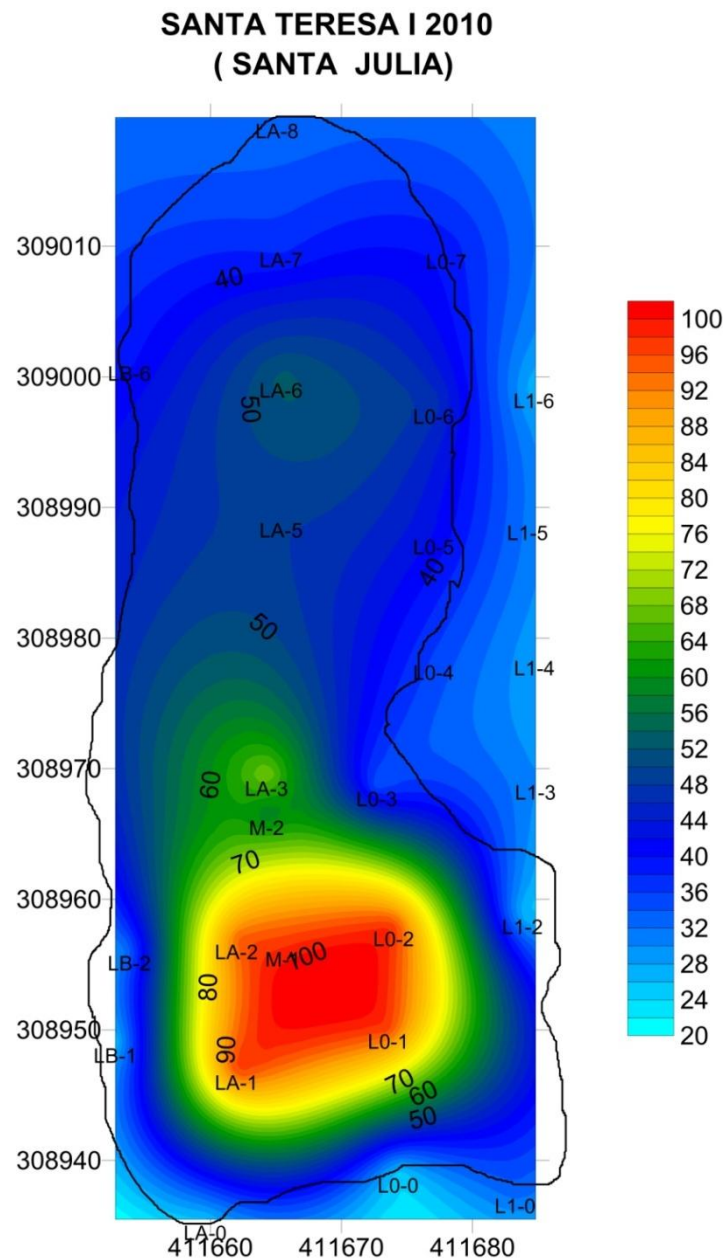
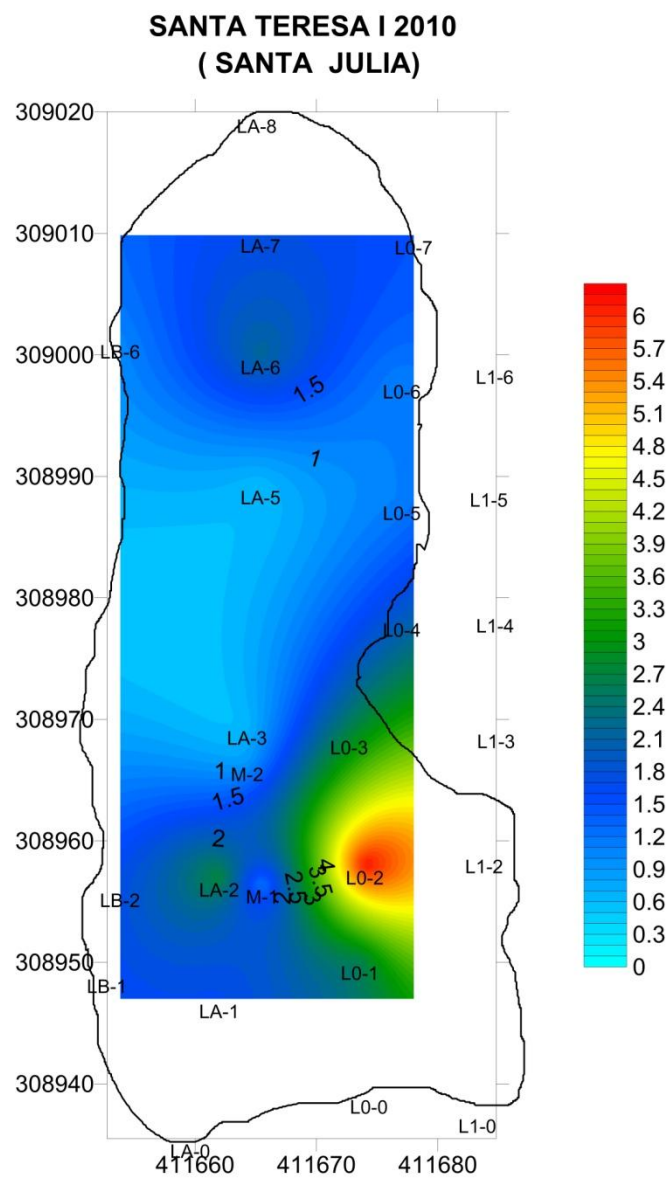


Figura 12b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Santa Teresa I (Santa Julia)



*Figura 12c. Mapa de Concentración de He (ppm)  
en la fumarola Santa Teresa I (Santa Julia)*

### SANTA TERESA II NORTE A

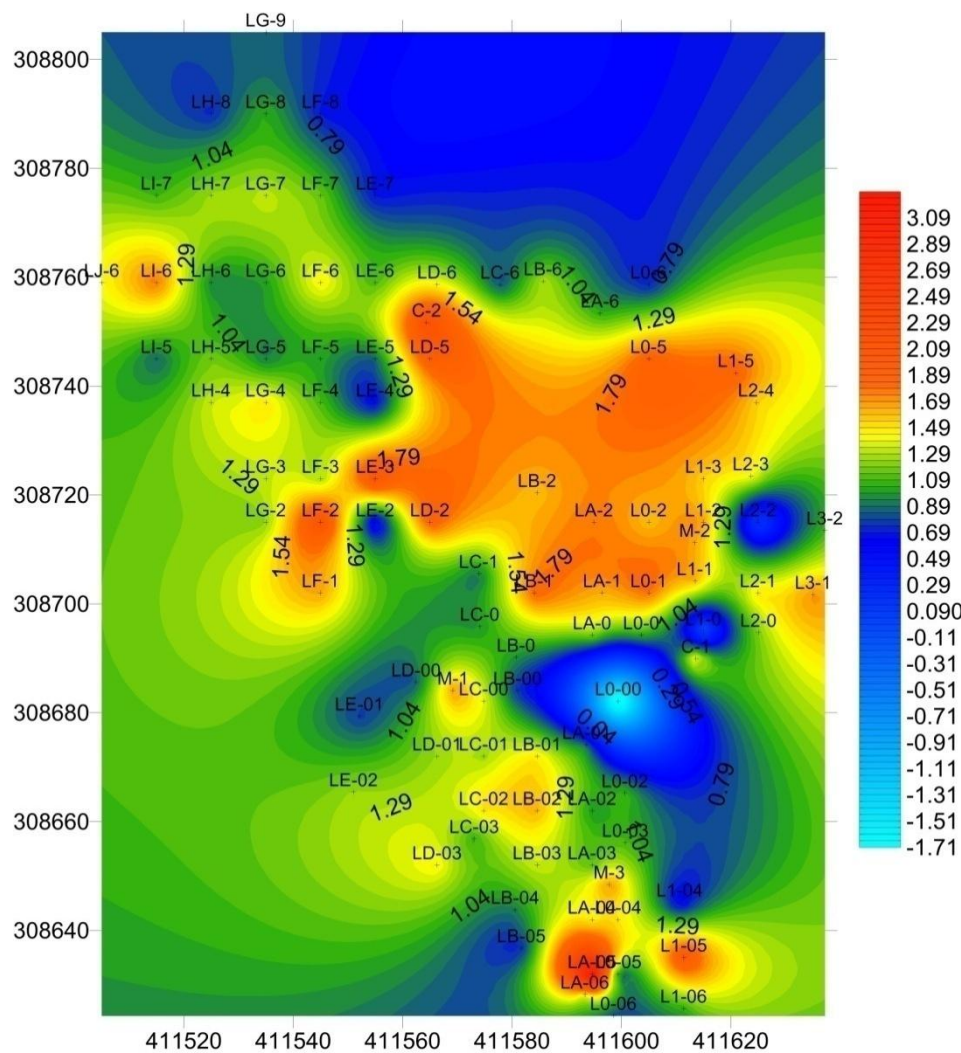


Figura 13a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola Santa Teresa II Norte A (logaritmos)

### SANTA TERESA II NORTE A

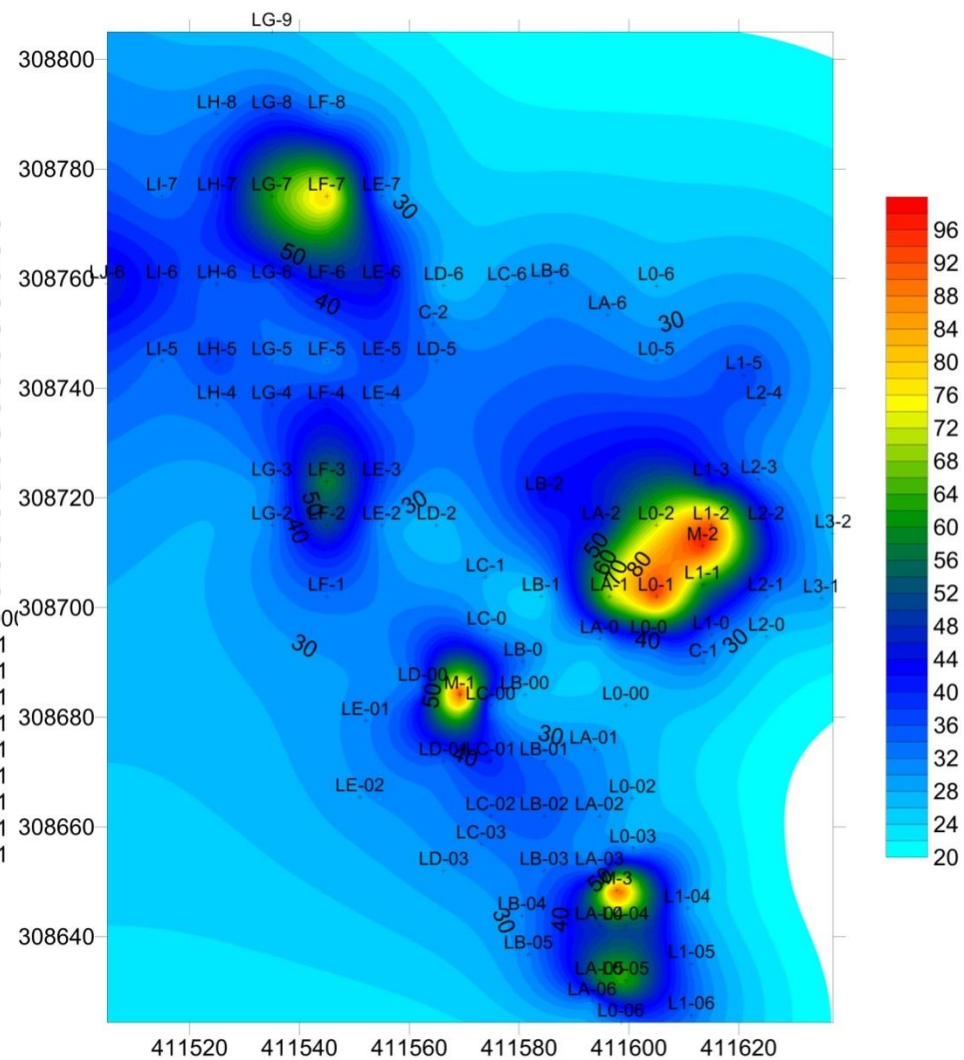


Figura 13b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Santa Teresa II Norte A

SANTA TERESA II NORTE B 2010

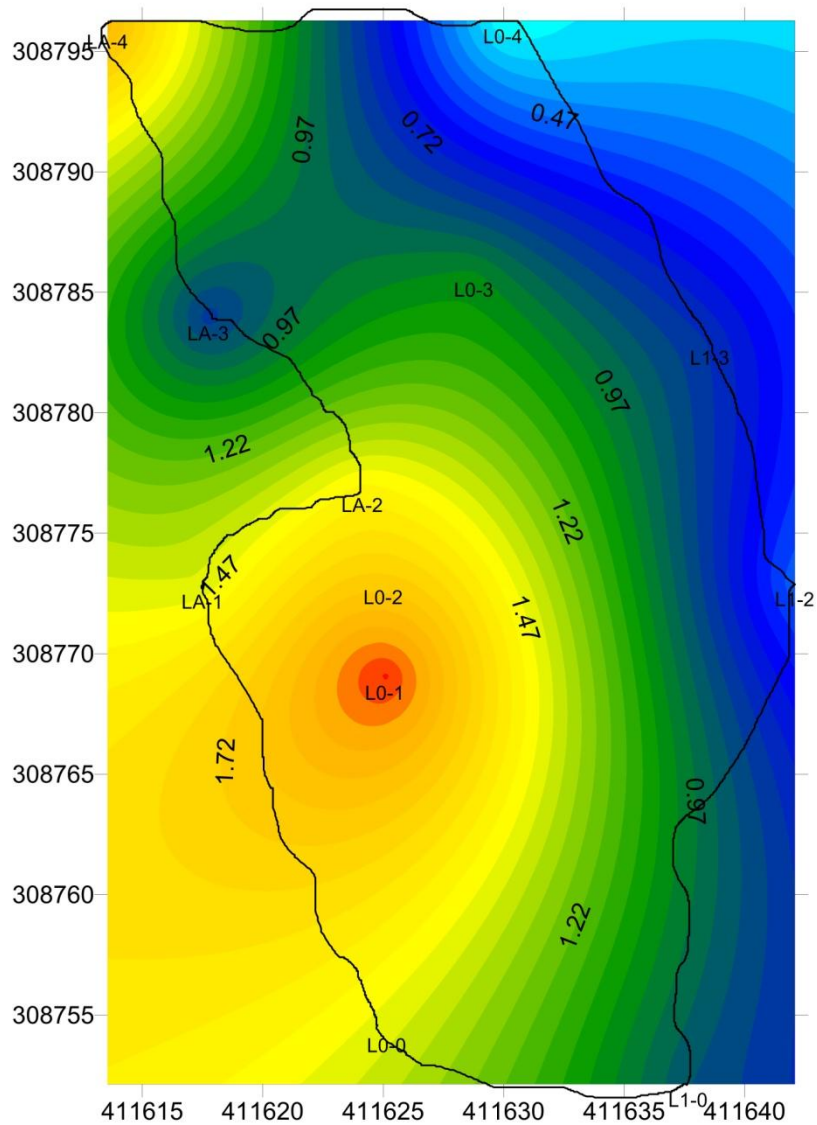


Figura 14a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola Santa Teresa II Norte B (logaritmos)

SANTA TERESA II NORTE B 2010

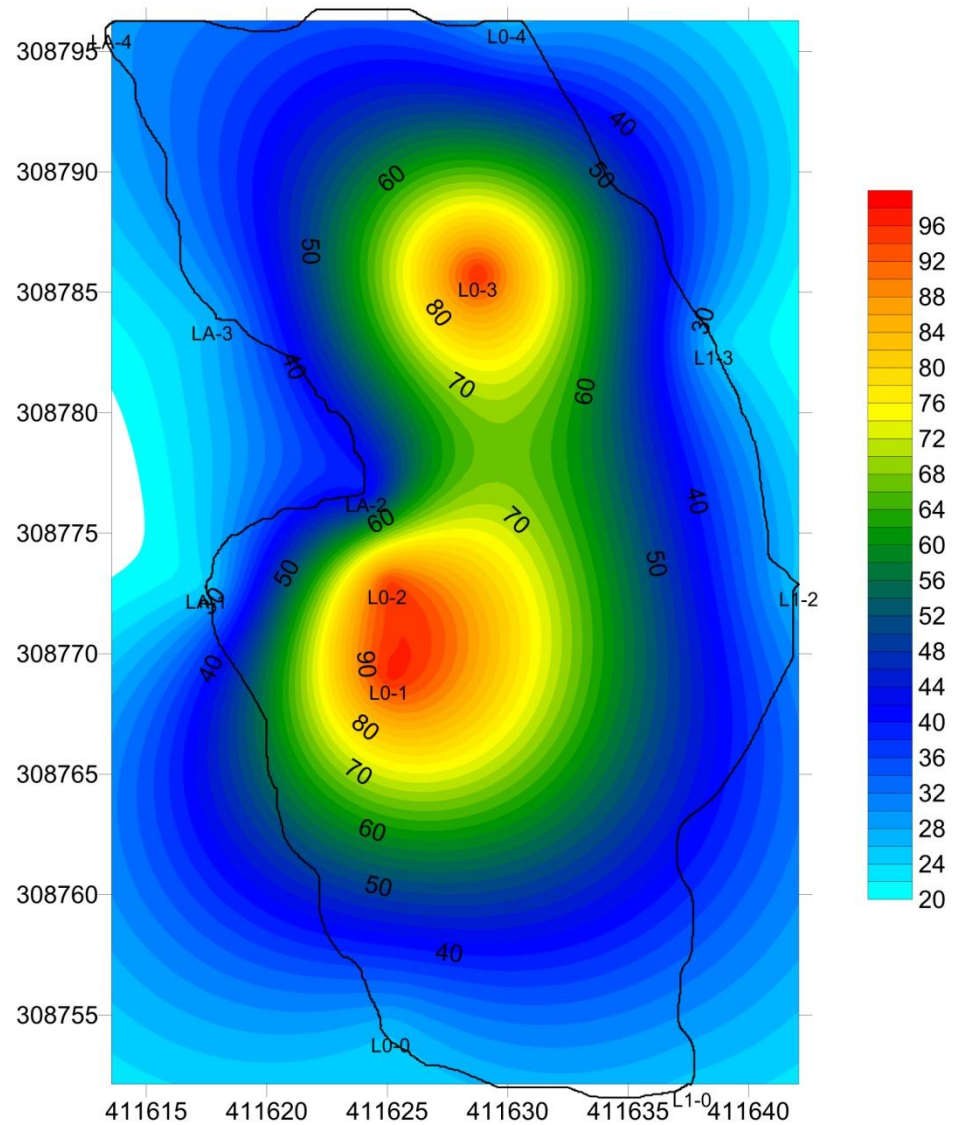
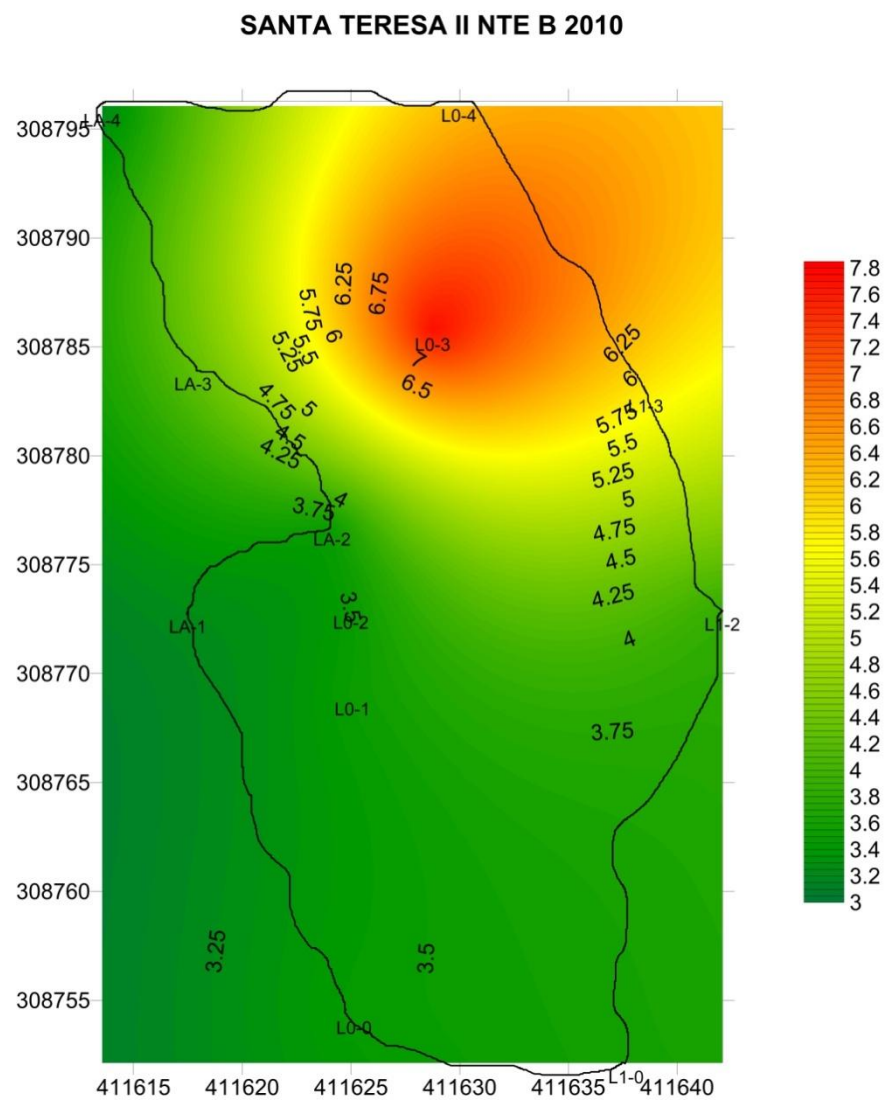


Figura 14b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Santa Teresa II Norte B



*Figura 14c. Mapa de Concentración de He (ppm)  
en la fumarola Santa Teresa II Norte B*

### SANTA TERESA 2010

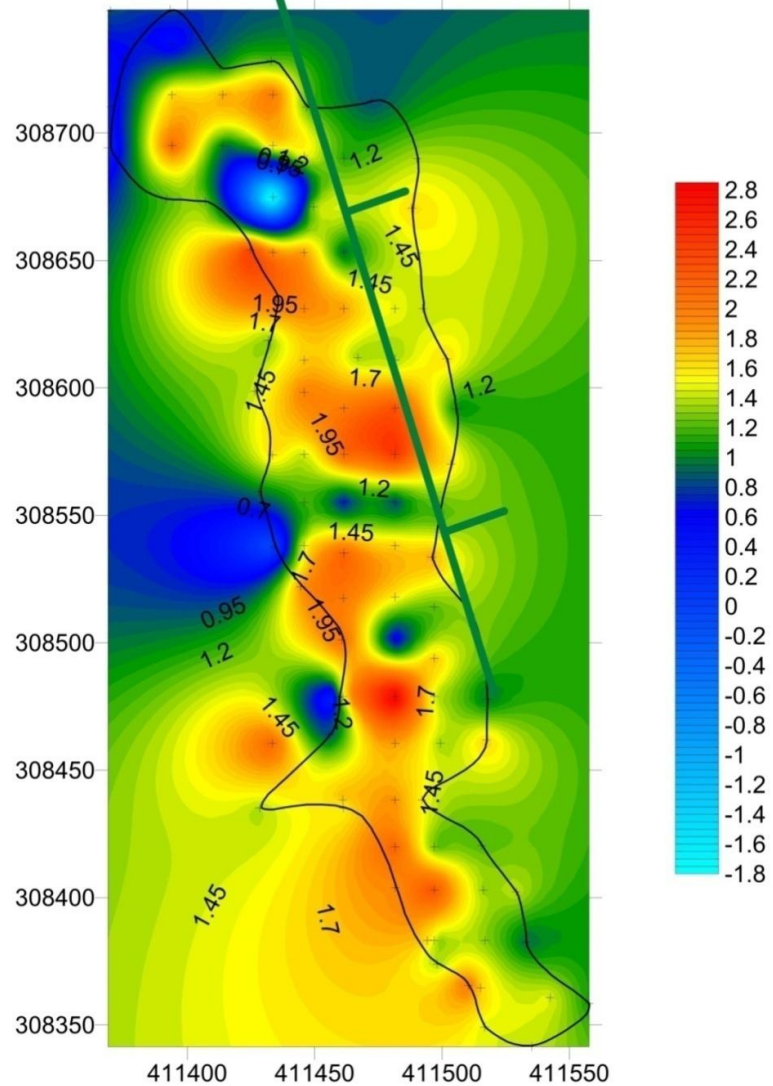


Figura 15a. Mapa de Flujos de  $\text{CO}_2$  de la fumarola Santa Teresa II (logaritmos)

### SANTA TERESA 2010

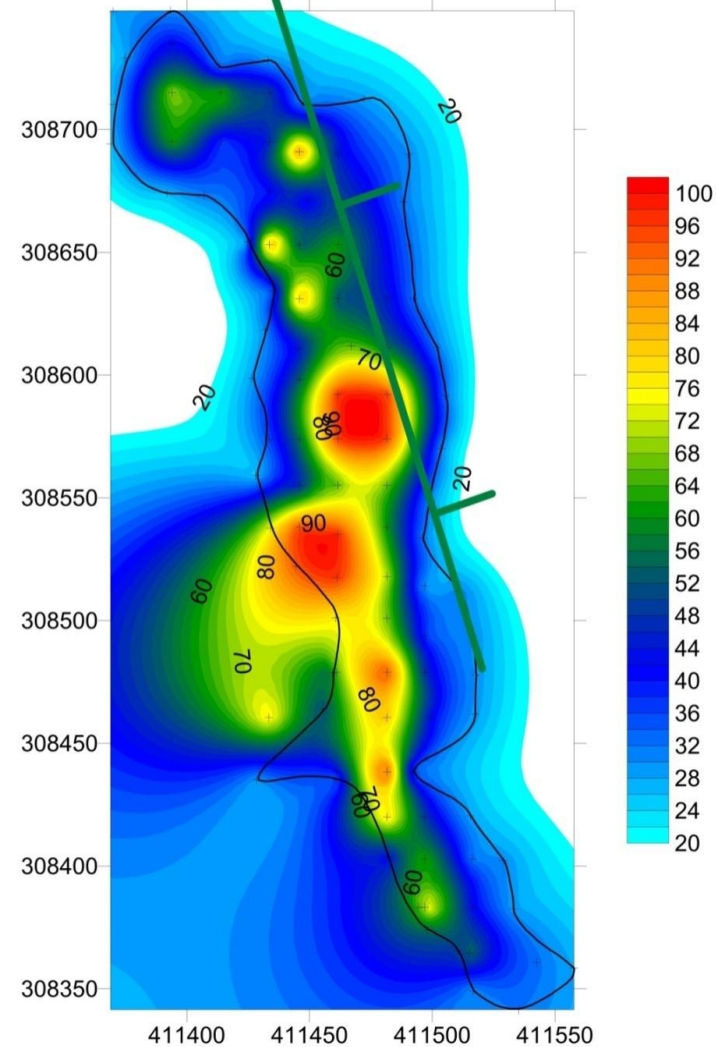
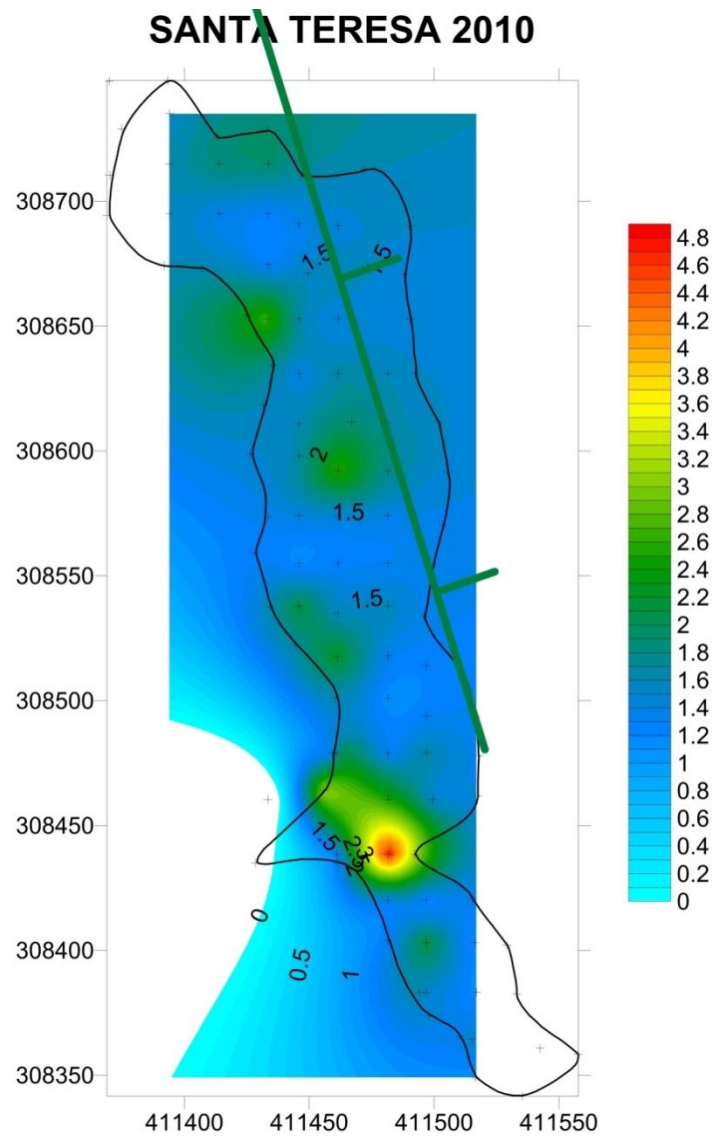


Figura 15b. Mapa de temperatura profunda ( $^{\circ}\text{C}$ ) de la fumarola Santa Teresa II



*Figura 15c. Mapa de Concentración de He (ppm)  
en la fumarola Santa Teresa II*



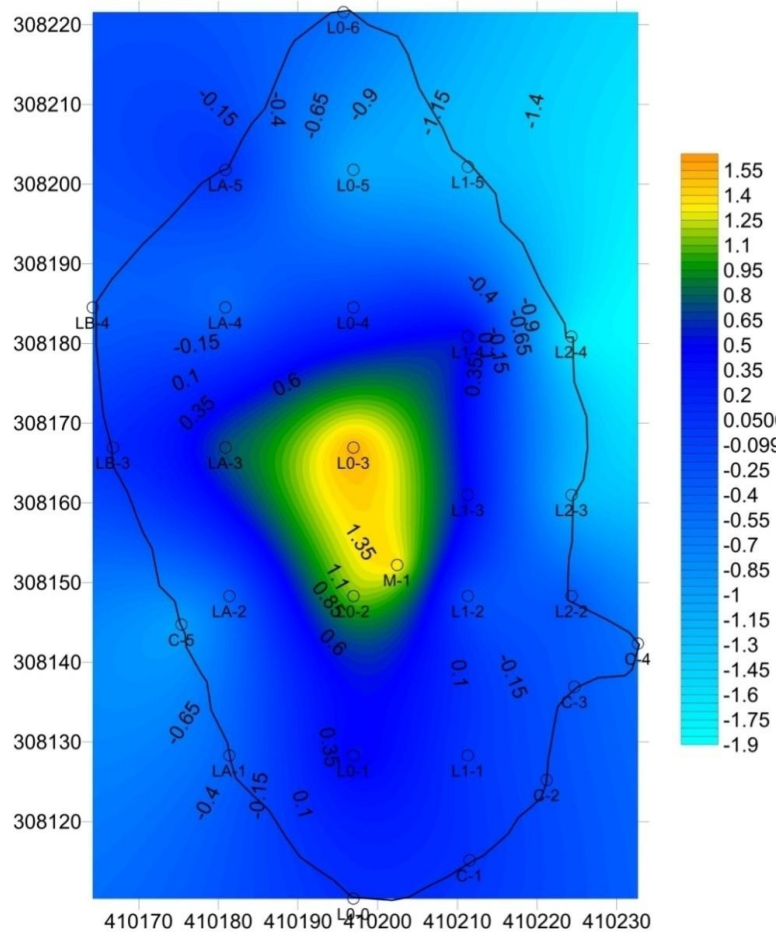
**Agua Caliente III 2010**

Figura 16a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola Agua Caliente III (logaritmos)

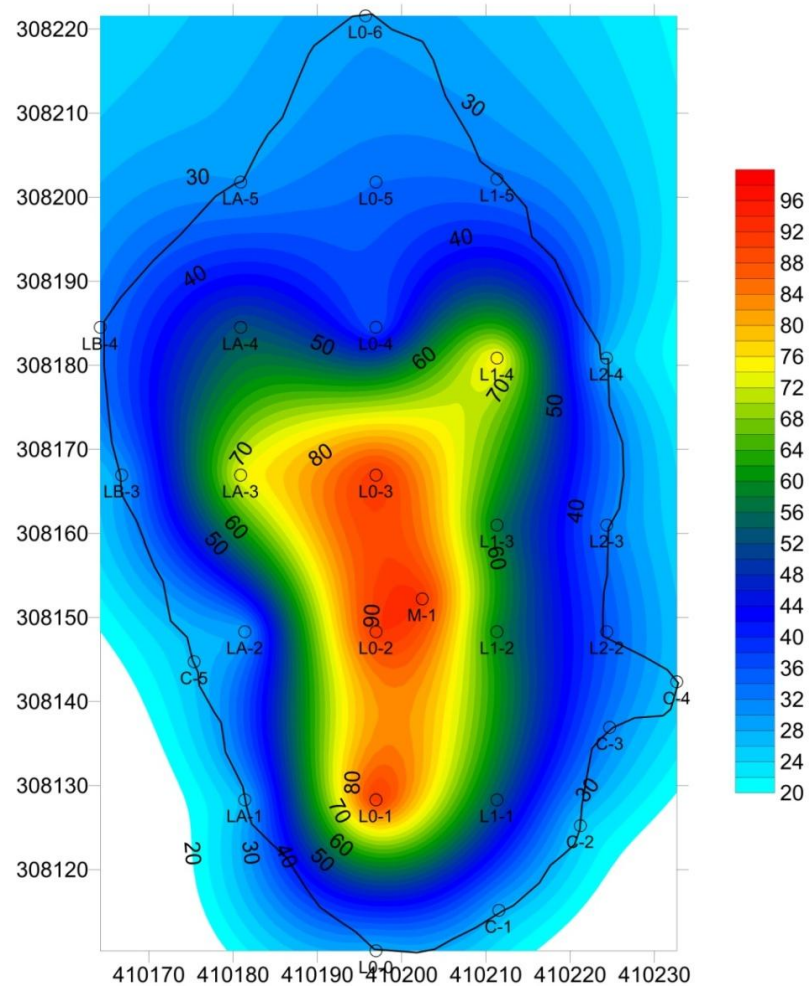
**Agua Caliente III 2010**

Figura 16b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Agua Caliente III

### Agua Caliente III 2010

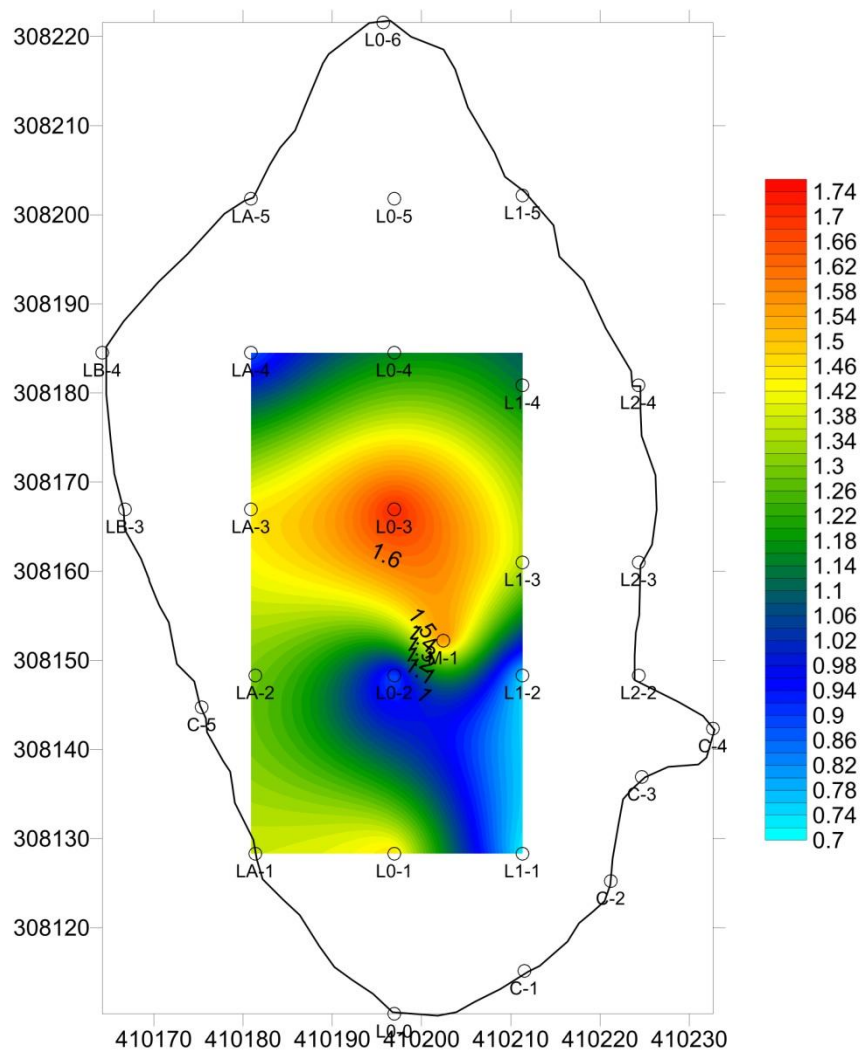
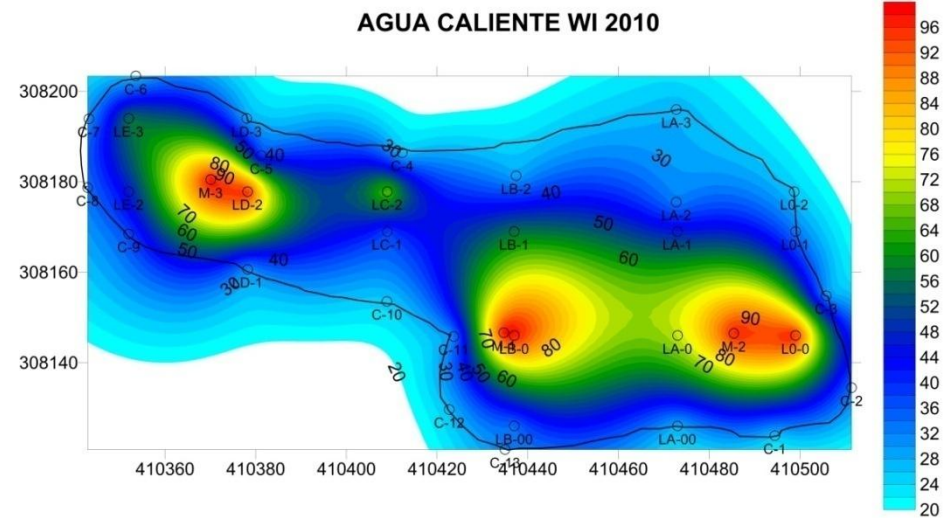
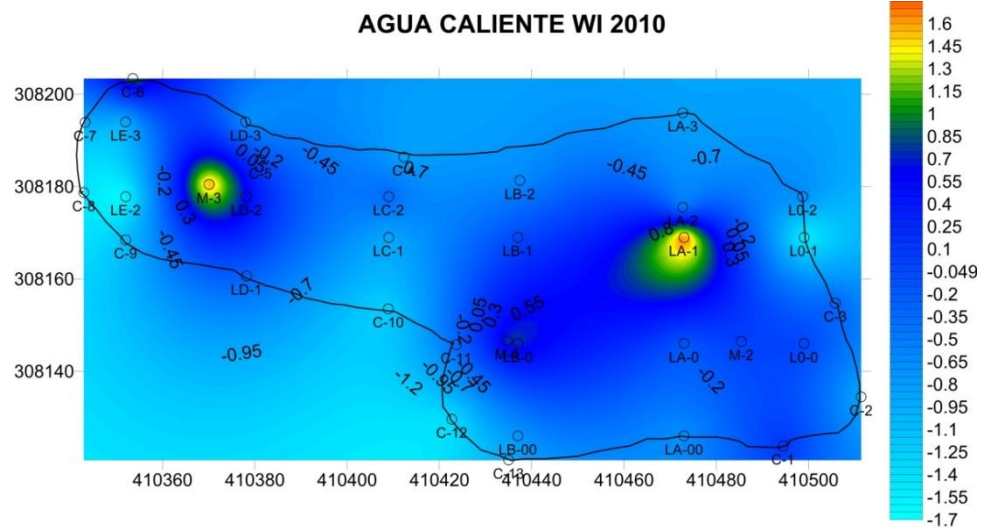
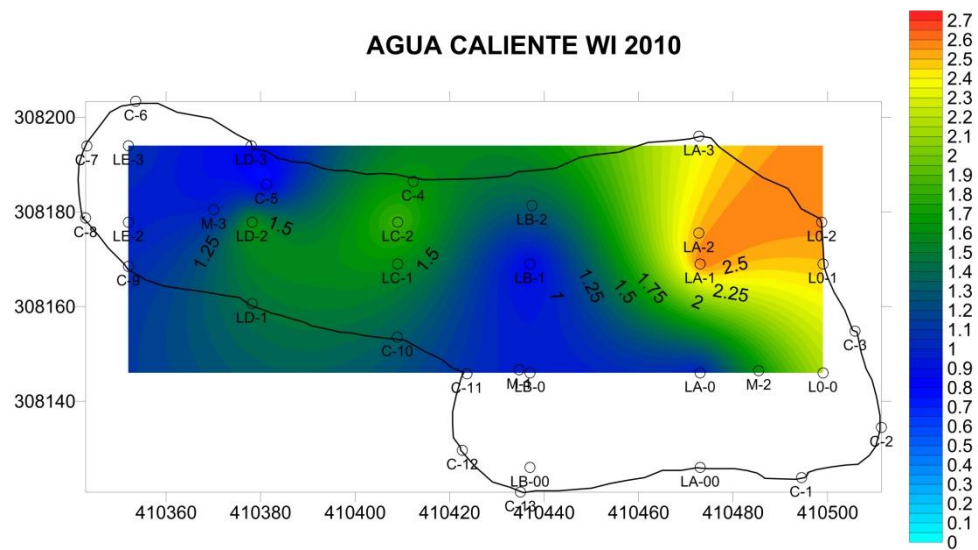


Figura 16c. Mapa de Concentración de He (ppm)  
en la fumarola Agua Caliente III





*Figura 17c. Mapa de Concentración de He (ppm)  
en la fumarola Agua Caliente WI*

### AGUA CALIENTE WII 2010

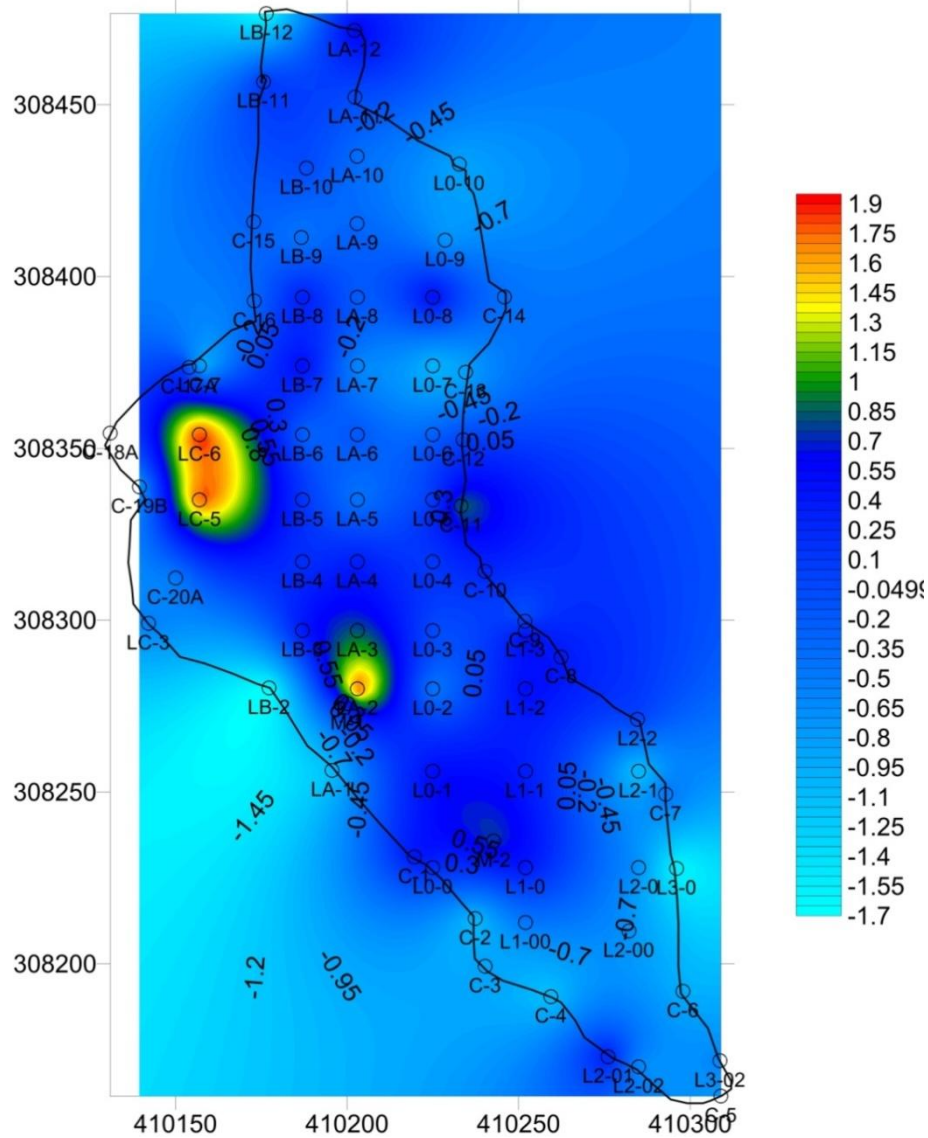


Figura 18a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola Agua Caliente WII (logaritmos)

### AGUA CALIENTE WII 2010

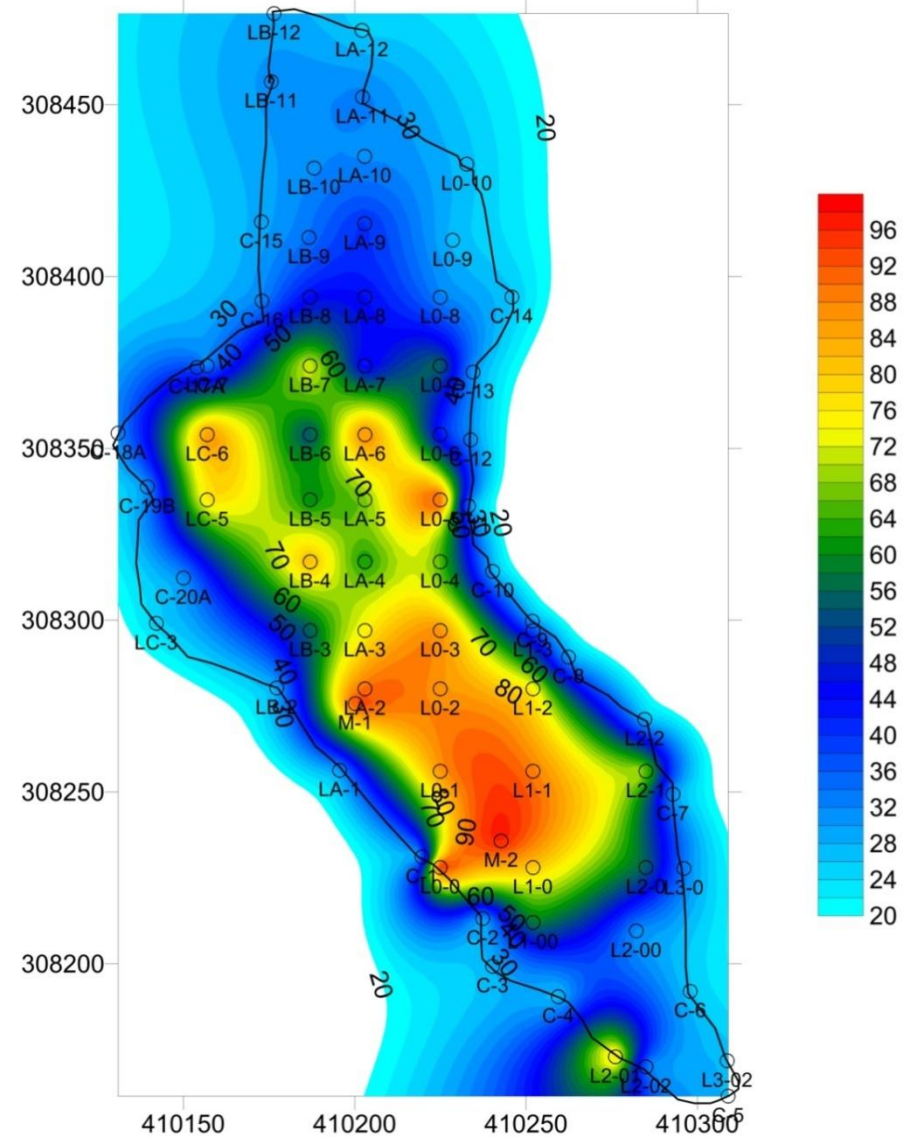
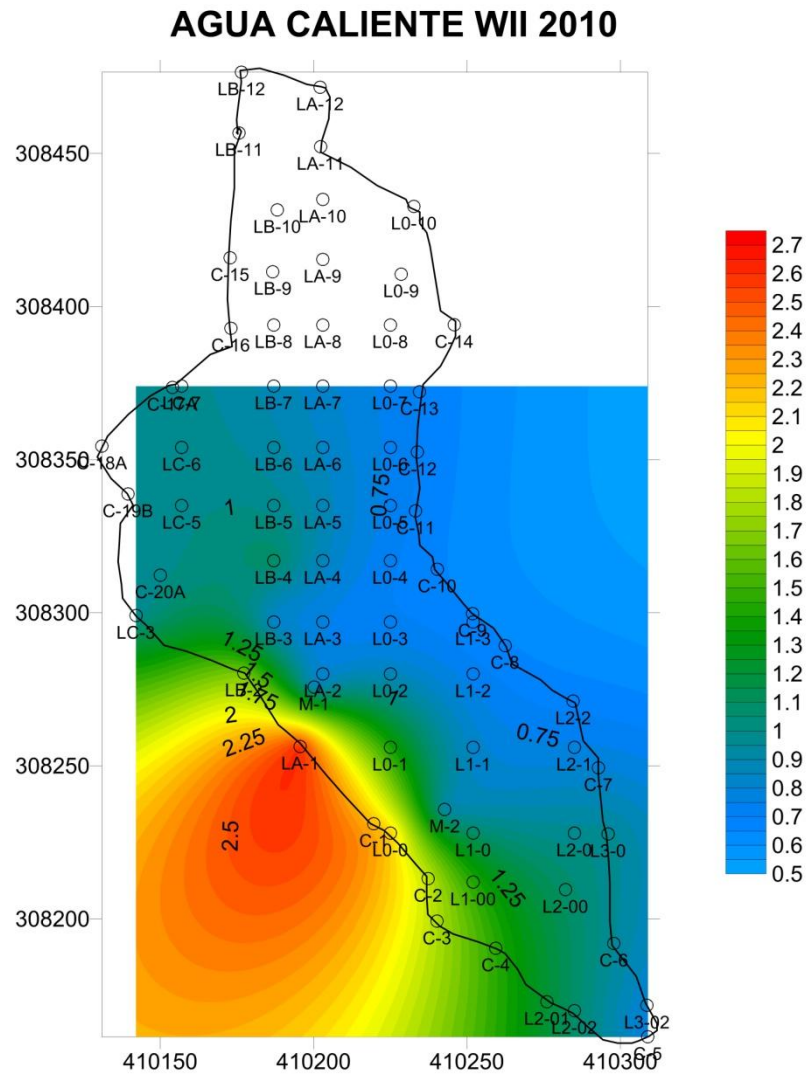


Figura 18b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Agua Caliente WII



*Figura 18c. Mapa de Concentración de He (ppm)  
en la fumarola Agua Caliente WII*

**AGUA CALIENTE 2010**

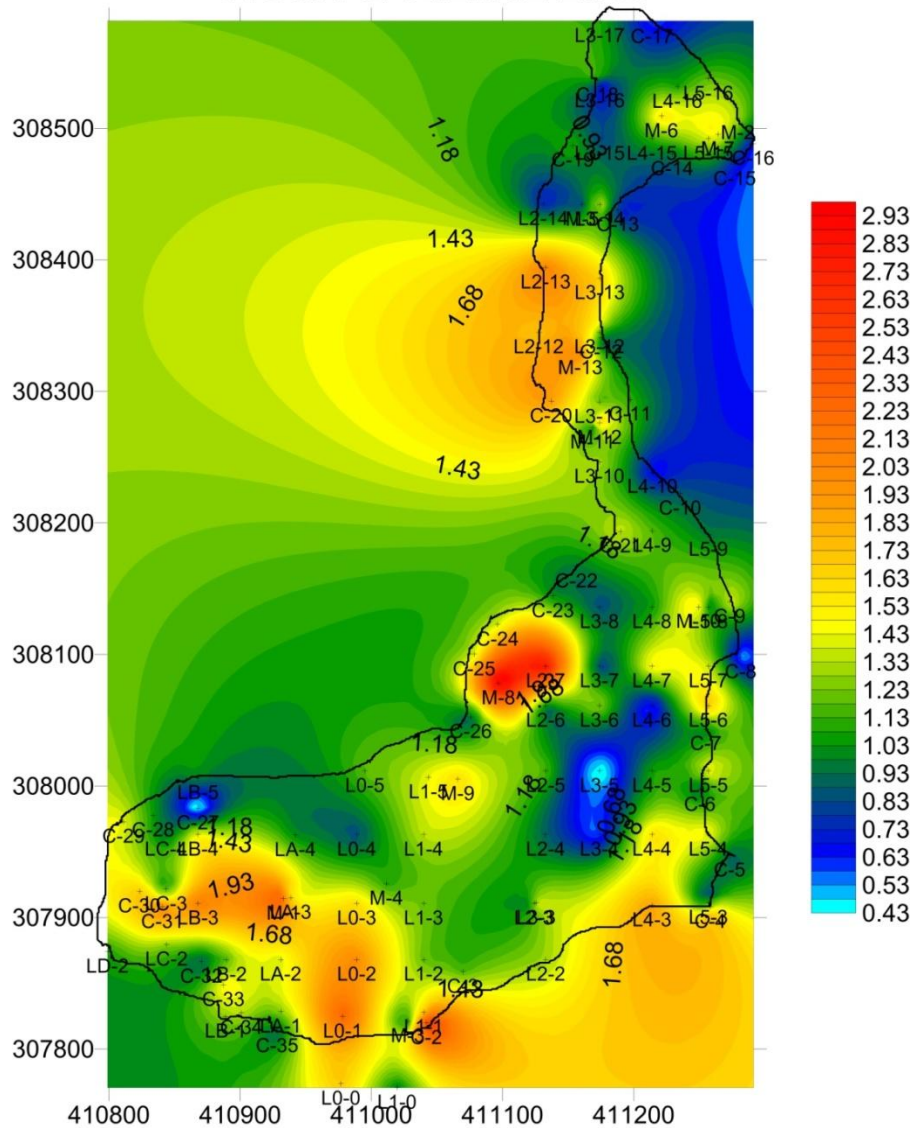


Figura 19a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola Agua Caliente (logaritmos)

**AGUA CALIENTE 2010**

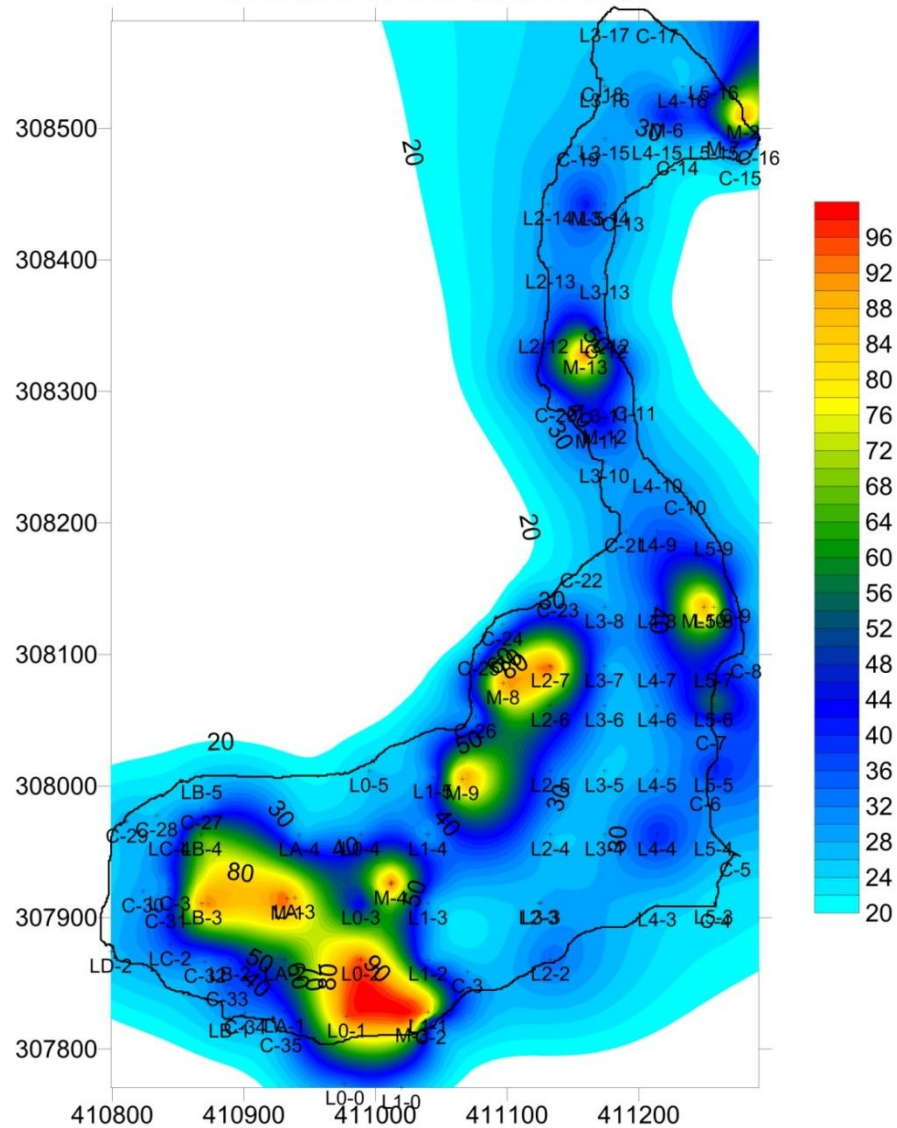


Figura 19b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Agua Caliente

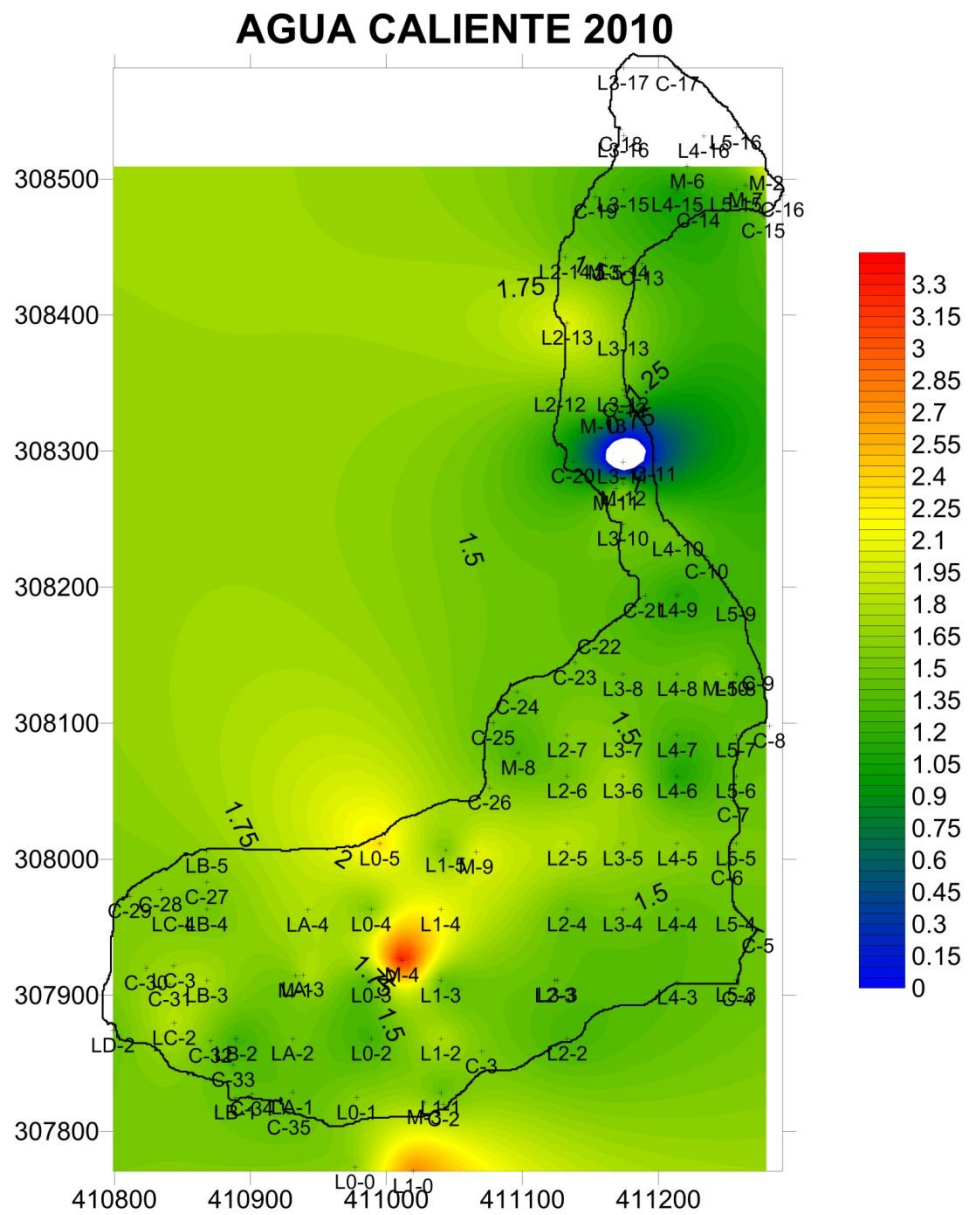


Figura 19c. Mapa de Concentración de He (ppm)  
en la fumarola Agua Caliente



TABLON 2010

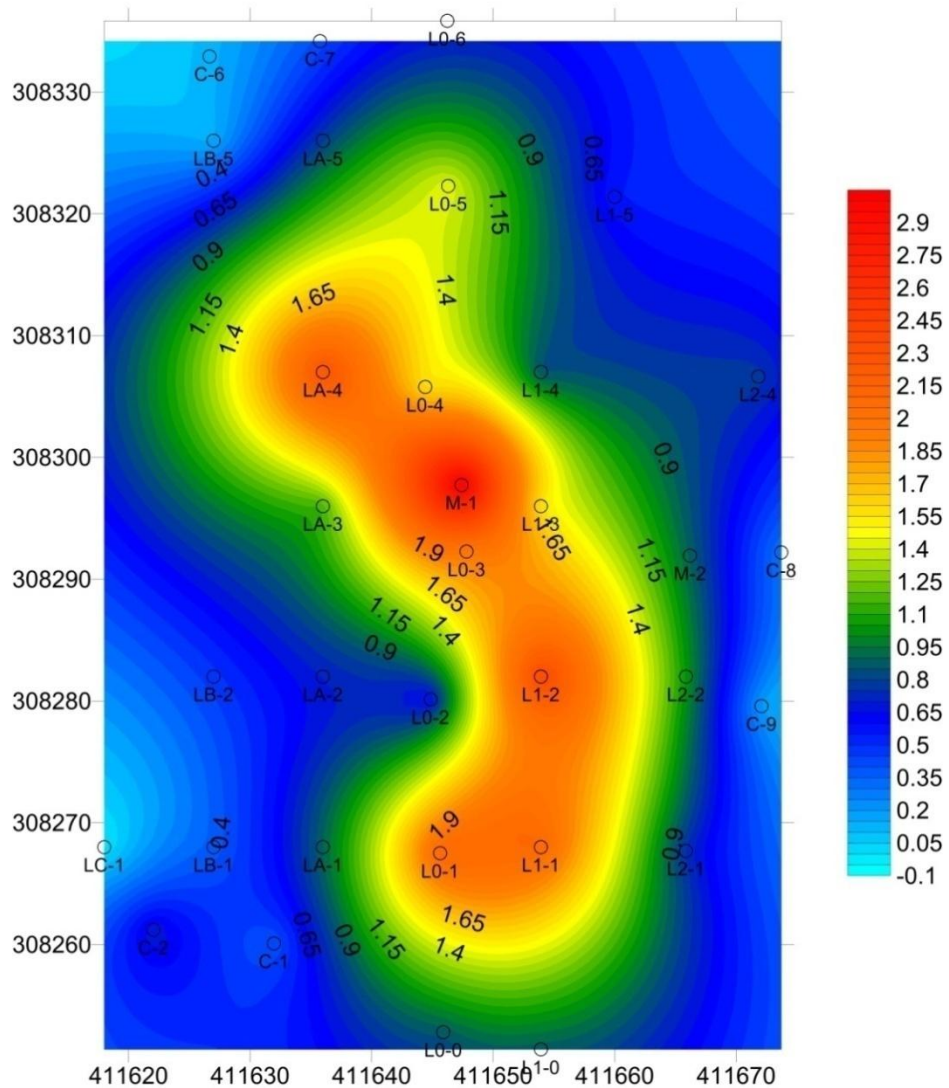


Figura 20a. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> de la fumarola Tablón (logaritmos)

TABLON 2010

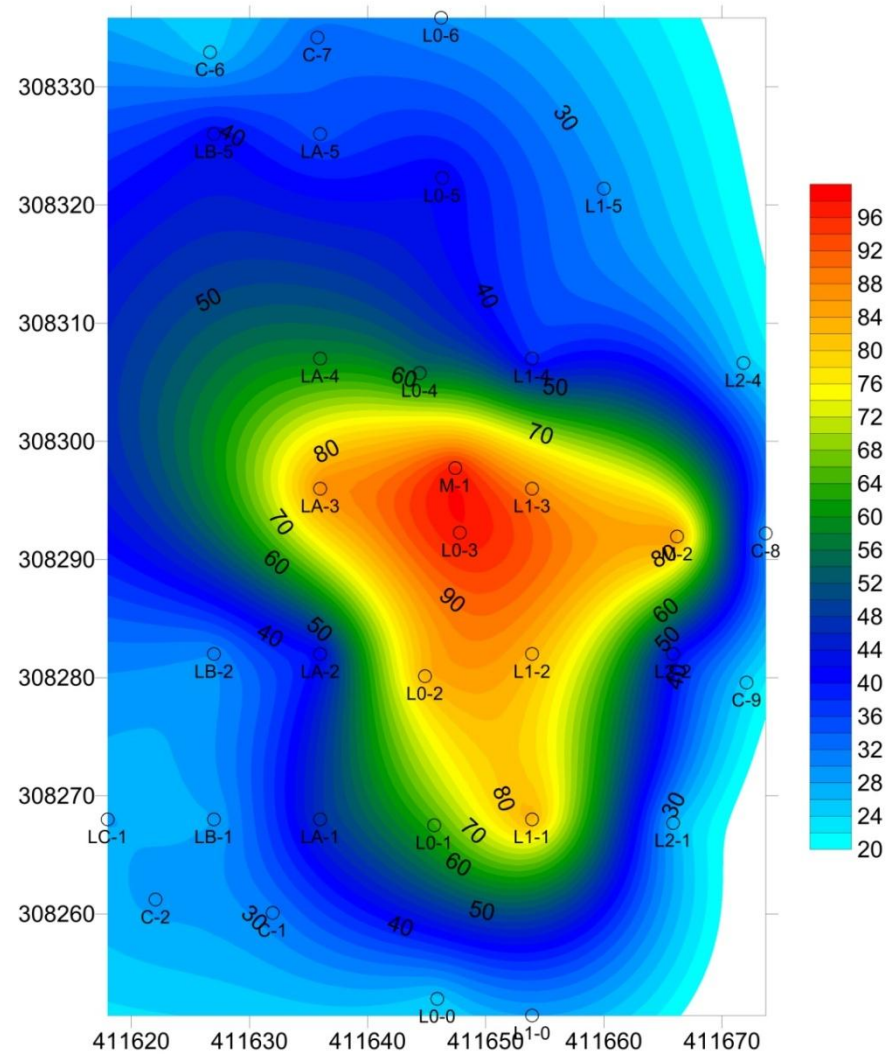


Figura 20b. Mapa de temperatura profunda (°C) de la fumarola Tablón

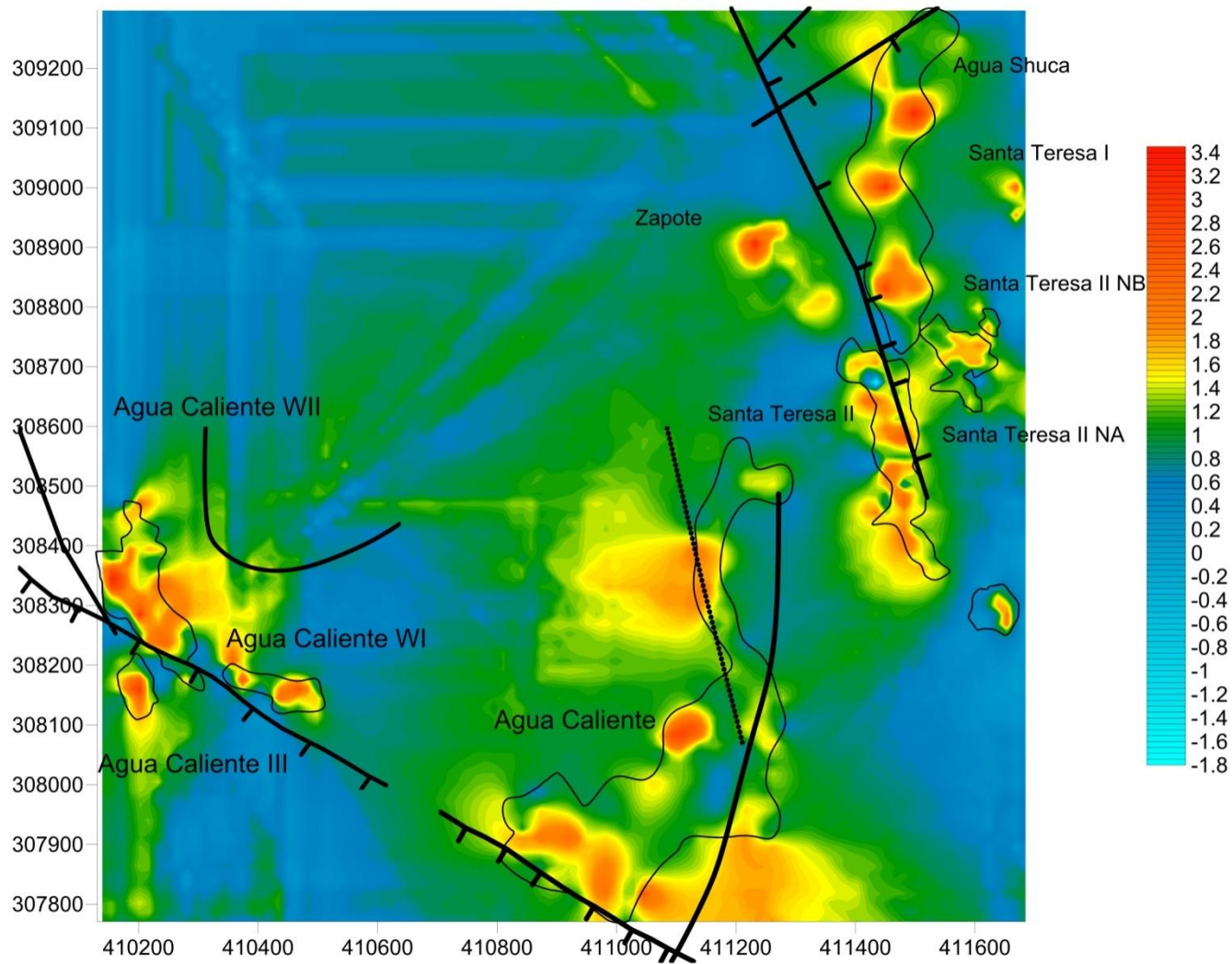


Figura 21. Mapa de Flujos de CO<sub>2</sub> para el complejo de fumarolas Agua Shuca – Santa Teresa y Agua Caliente (logaritmos)

**APENDICES  
TABLAS**

*Tabla 1. Valores críticos de R para el Test de Raleigh*

**APPENDIX 2.11 CRITICAL VALUES OF  $\bar{R}$  FOR  
RAYLEIGH'S TEST**

$n$	$\alpha$ (%)			
	10	5	2.5	1
3	0.86	0.96	1.03	1.13
4	0.75	0.84	0.91	1.03
5	0.67	0.75	0.82	0.94
6	0.62	0.69	0.76	0.87
7	0.57	0.64	0.70	0.82
8	0.53	0.60	0.66	0.77
9	0.50	0.57	0.63	0.73
10	0.48	0.54	0.59	0.70
11	0.46	0.52	0.57	0.67
12	0.44	0.49	0.54	0.64
13	0.42	0.48	0.52	0.62
14	0.40	0.46	0.51	0.60
15	0.39	0.44	0.49	0.58
16	0.38	0.43	0.47	0.56
17	0.37	0.42	0.46	0.54
18	0.36	0.41	0.45	0.53
19	0.35	0.39	0.44	0.52
20	0.34	0.38	0.42	0.50
22	0.32	0.37	0.41	0.48
24	0.31	0.35	0.39	0.46
26	0.30	0.34	0.37	0.44
28	0.29	0.33	0.36	0.43
30	0.28	0.31	0.35	0.41
35	0.26	0.29	0.32	0.38
40	0.24	0.27	0.30	0.36
45	0.23	0.26	0.28	0.34
50	0.21	0.24	0.27	0.32
60	0.20	0.22	0.25	0.30
70	0.18	0.21	0.23	0.27
80	0.17	0.19	0.21	0.26
90	0.16	0.18	0.20	0.24
100	0.15	0.17	0.19	0.23
200	0.11	0.12	0.14	0.16

Tabla 2. Valores del Parámetro de Concentración  $K$  a partir de  $R$

**APPENDIX 2.12 VALUES OF CONCENTRATION  
PARAMETER  $\kappa$  FROM  $\bar{R}$**

$\bar{R}$	$\kappa$	$\bar{R}$	$\kappa$
0.00	0.00000	0.59	1.47543
0.02	0.04001	0.60	1.51574
0.04	0.08006	0.61	1.55738
0.06	0.12022	0.62	1.60044
0.08	0.16051	0.63	1.64506
0.10	0.20101	0.64	1.69134
0.12	0.24175	0.65	1.73945
0.14	0.28279	0.66	1.78953
0.16	0.32419	0.67	1.84177
0.18	0.36599	0.68	1.89637
0.20	0.40828	0.69	1.95357
0.22	0.45110	0.70	2.01363
0.24	0.49453	0.71	2.07685
0.26	0.53863	0.72	2.14359
0.28	0.58350	0.73	2.21425
0.30	0.62922	0.74	2.28930
0.31	0.65242	0.75	2.36930
0.32	0.67587	0.76	2.45490
0.33	0.69958	0.77	2.54686
0.34	0.72356	0.78	2.64613
0.35	0.74783	0.79	2.75382
0.36	0.77241	0.80	2.87129
0.37	0.79730	0.81	3.00020
0.38	0.82253	0.82	3.14262
0.39	0.84812	0.83	3.30114
0.40	0.87408	0.84	3.47901
0.41	0.90043	0.85	3.68041
0.42	0.92720	0.86	3.91072
0.43	0.95440	0.87	4.17703
0.44	0.98207	0.88	4.48876
0.45	1.01022	0.89	4.85871
0.47	1.03889	0.90	5.30469
0.48	1.06810	0.91	5.85223
0.49	1.09788	0.92	6.53939
0.50	1.12828	0.93	7.42572
0.51	1.15932	0.94	8.61035
0.52	1.19105	0.95	10.27169
0.53	1.22350	0.96	12.76676
0.54	1.25672	0.97	16.92891
0.55	1.29077	0.98	25.25763
0.56	1.32570	0.99	50.25378
0.57	1.36156	1.00	$\infty$
0.58	1.39842		
	1.43635		

Tabla 3. Datos obtenidos para la fumarola Santa Teresa II Norte A  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO <sub>2</sub> g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H <sub>2</sub> S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H <sub>2</sub> S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
C-1	25.5	27.6	32.1	0.31733	2.146	0.931	3.00E+01	3.30E-04	0.993	3.56E-03		
C-2	29.2	29.8	32.6	0.31344	14.203	1	1.96E+02	2.30E-04	0.981	2.45E-03		
L0-0	35.1	35.8	36.8	0.30744	0.82	0.998	1.11E+01	7.10E-04	0.994	7.42E-03		
L0-00	30	27.1	27.4	0.31262	0.0007	0.998	9.63E-03	1.10E-04	0.896	1.17E-03		
L0-02	30.8	26.1	28	0.31179	0.91	0.999	1.25E+01	2.70E-04	0.977	2.86E-03		
L0-03	29.8	26.5	28.9	0.31282	0.92	0.998	1.27E+01	4.50E-04	0.989	4.79E-03		
L0-04	37.1	47.4	50.3	0.30546	2.312	0.998	3.11E+01	4.30E-04	0.934	4.47E-03	0.02	0.015
L0-05	35	52.1	65.2	0.30754	0.51	0.999	6.90E+00	4.00E-04	0.993	4.18E-03	0.043	0.008
L0-06	33	29	32	0.30955	0.47	0.997	6.40E+00	4.10E-04	0.993	4.32E-03		
L0-1	32.3	62.4	96.3	0.31026	4.887	1	6.67E+01	1.00E-04	0.964	1.05E-03	0.051	0.93
L0-2	29.5	50.6	71.6	0.31313	2.792	0.998	3.85E+01	2.90E-04	0.991	3.09E-03	0.048	0.15
L0-5	31.5	31.2	31.5	0.31108	6.281	0.998	8.60E+01	5.80E-04	0.981	6.13E-03		
L0-6	29.3	26.2	27.1	0.31334	0.36	0.998	4.96E+00			0.00E+00		
L1-0	29	31	33.7	0.31365	0.057	0.931	7.87E-01	2.40E-04	0.955	2.56E-03		
L1-04	35	27.8	28.7	0.30754	0.26	0.982	3.52E+00	8.60E-04	0.993	8.99E-03		
L1-05	35.5	32.8	33.1	0.30704	10.009	0.999	1.35E+02	3.80E-04	0.99	3.97E-03		
L1-06	31	30	33.3	0.31159	0.81	1	1.11E+01	3.90E-04	0.97	4.13E-03		
L1-1	28.3	46.1	59.6	0.31438	3.072	0.999	4.25E+01	3.60E-04	0.986	3.85E-03	0.06	0.12
L1-2	29.5	49.4	93.6	0.31313	3.639	0.998	5.01E+01	2.20E-04	0.978	2.34E-03	0.048	0.5
L1-3	28.6	31.2	43.7	0.31407	2.537	0.999	3.51E+01	7.10E-05	0.965	7.58E-04	0.031	0.006
L1-5	30.4	33	37.7	0.31220	5.87	0.999	8.06E+01	3.00E-04	0.962	3.18E-03	0.048	0.005
L2-0	26.2	24.1	26.5	0.31658			0.00E+00	1.60E-04	0.941	1.72E-03		
L2-1	29.3	27.1	32	0.31334	2.351	0.997	3.24E+01	2.50E-04	0.974	2.66E-03		
L2-2	29.2	33.7	42.8	0.31344	0.085	0.995	1.17E+01	2.70E-04	0.979	2.88E-03	0.011	0.004
L2-3	26.5	27	33	0.31627	2.019	0.999	2.81E+01	2.20E-04	0.872	2.37E-03		
L2-4	27.8	34.7	34	0.31490	2.507	0.999	3.47E+01	4.80E-04	0.983	5.14E-03	0.044	0.004
L3-1	23.1	25.3	29.5	0.31990	3.743	0.999	5.27E+01	1.40E-04	0.976	1.52E-03		
L3-2	28.4	24.7	26.7	0.31427	0.86	0.997	1.19E+01	3.30E-04	0.992	3.53E-03		
LA-0	30.1	28.1	29.2	0.31251	1.202	0.999	1.65E+01	2.70E-04	0.971	2.87E-03		
LA-0				0.34695	1.221	0.999	1.86E+01	1.40E-04	0.942	1.65E-03		
LA-01	30.6	27.8	30.5	0.31200	0.59	0.999	8.10E+00	1.80E-04	0.955	1.91E-03		
LA-02	30.4	28.4	31.4	0.31220	0.68	0.998	9.34E+00	2.10E-04	0.971	2.23E-03		
LA-03	30.7	30.1	34	0.31190	0.95	0.999	1.30E+01	2.60E-04	0.97	2.76E-03		
LA-04	34.4	37.1	47.2	0.30814	1.982	1	2.69E+01	3.80E-04	0.986	3.98E-03	0.017	0.004
LA-05	34	44.8	60	0.30854	278.413	0.999	3.78E+03	5.20E-04	0.981	5.46E-03	0.048	0.004
LA-06	33	28.8	32.1	0.30955	1.856	0.999	2.53E+01	4.00E-04	0.996	4.21E-03		
LA-1	31	46.6	71.4	0.31159	3.125	0.998	4.28E+01	2.40E-04	0.983	2.54E-03	0.038	0.009
LA-2	31.6	30.5	44.2	0.31097	4.455	1	6.10E+01	2.30E-04	0.98	2.43E-03	0.044	0.028
LA-6	26.5	26.9	30.8	0.31627	0.78	0.991	1.09E+01	4.90E-04	0.988	5.27E-03		
LB-0	30.1	32.6	33	0.31251			0.00E+00	1.60E-04	0.912	1.70E-03		
LB-00	29.6	25.6	26.1	0.31303	0.38	0.998	5.23E+00	2.70E-04	0.996	2.87E-03		
LB-01	32	33	34	0.31057	2.235	0.997	3.05E+01	1.20E-04	0.975	1.27E-03		
LB-02	30.1	30.6	36	0.31251	3.118	0.999	4.29E+01	1.20E-04	0.984	1.28E-03		
LB-03	31.6	31.4	33.6	0.31097	1.599	0.999	2.19E+01	1.60E-04	0.991	1.69E-03		
LB-04	32	30	31.3	0.31057	0.61	0.999	8.34E+00	1.40E-04	0.991	1.48E-03		
LB-05	32.8	33	31.7	0.30975	0.37	0.996	5.04E+00	1.20E-04	0.981	1.26E-03		
LB-1	30	26.4	23.5	0.31262	5.428	0.998	7.47E+01			0.00E+00		
LB-2	31.1	32.7	43.6	0.31148	2.908	0.999	3.99E+01	1.80E-04	0.953	1.91E-03	0.102	0.11
LB-6	30.6	27.2	31.3	0.31200	1.427	0.996	1.96E+01	1.60E-04	0.968	1.70E-03		

Continuación Tabla 3. Datos obtenidos para la fumarola Santa Teresa II Norte A  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO2 g/(m2.d)	Sulfuro de hidrógeno		H2S g/(m2.d)	Mercurio	H2S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
LC-0	31.2	29.8	30.4	0.31138	0.69	1	9.45E+00	6.40E-04	0.996	6.78E-03		
LC-00	33	30.5	32.1	0.30955	1.827	0.999	2.49E+01	1.50E-04	0.966	1.58E-03		
LC-01	33	33.8	40.4	0.30955	1.327	0.998	1.81E+01	1.20E-04	0.974	1.26E-03	0.086	0.003
LC-02	32.1	33.6	34.2	0.31046	2.337	0.999	3.19E+01	1.40E-04	0.987	1.48E-03		
LC-03	29.3	29.3	32	0.31334	0.8	0.998	1.10E+01	2.00E-04	0.996	2.13E-03		
LC-1	32.4	26.1	28.1	0.31016	0.56	0.999	7.64E+00	2.30E-04	0.999	2.43E-03		
LC-6	28.6	27.5	30	0.31407	0.45	0.998	6.22E+00	3.90E-04	0.87	4.16E-03		
LD-00	33	33	34.1	0.30955	0.49	0.999	6.67E+00	3.70E-04	0.989	3.89E-03		
LD-01	31.3	31.8	34.1	0.31128	1.286	0.998	1.76E+01	4.90E-05	0.983	5.19E-04		
LD-03	30.1	26.4	29.7	0.31251	2.132	0.997	2.93E+01	7.40E-05	0.976	7.86E-04		
LD-2	26.7	26	26.6	0.31606	6.014	0.996	8.36E+01	6.00E-04	0.996	6.45E-03		
LD-5	29	29.8	33.5	0.31365	7.354	0.999	1.01E+02	4.30E-04	0.996	4.59E-03		
LD-6	30.6	24.6	25.8	0.31200	1.974	0.999	2.71E+01	1.40E-04	0.939	1.49E-03		
LE-01	30.8	28.5	31.6	0.31179	0.42	0.998	5.76E+00			0.00E+00		
LE-02	29.8	27.5	29.8	0.31282	1.304	1	1.79E+01	1.20E-04	0.99	1.28E-03		
LE-2	26.6	27.1	29.4	0.31616	0.2	0.989	2.78E+00	5.90E-04	0.996	6.34E-03		
LE-3	26.6	31.1	37	0.31616	11.281	1	1.57E+02	5.20E-04	0.982	5.59E-03		
LE-4	28.4	29.2	33.8	0.31427	0.28	0.991	3.87E+00	5.40E-04	0.98	5.77E-03		
LE-5	28.1	33.2	38.2	0.31459	0.51	0.994	7.06E+00	3.10E-04	0.981	3.32E-03	0.036	0.001
LE-6	23.3	32.2	45.5	0.31968	0.88	0.999	1.24E+01	2.30E-04	0.976	2.50E-03	0.035	0.002
LE-7	24.1	29.8	31.2	0.31882	0.33	0.999	4.63E+00	3.00E-04	0.986	3.25E-03		
LF-1	27	28.7	33.4	0.31574	3.389	1	4.71E+01	4.30E-04	0.996	4.62E-03		
LF-2	26.5	34.4	52	0.31627	12.764	0.997	1.78E+02	5.60E-04	0.996	6.02E-03	0.023	0.006
LF-3	26.2	43.3	59.8	0.31658	1.302	0.998	1.81E+01	7.30E-04	0.984	7.86E-03	0.031	0.003
LF-4	26.7	32.7	42	0.31606	0.93	0.998	1.29E+01	6.10E-04	0.9996	6.55E-03	0.032	0.002
LF-5	24.2	28	31.1	0.31871	0.75	0.998	1.05E+01	3.60E-04	0.993	3.90E-03		
LF-6	25.3	35.6	44	0.31754	2.132	0.999	2.98E+01	3.60E-04	0.978	3.89E-03	0.034	0.003
LF-7	22.7	45.8	81.5	0.32033	1.05	0.999	1.48E+01	4.10E-04	0.99	4.47E-03	0.03	0.005
LF-8	26.8	29.7	31.6	0.31595	0.34	0.999	4.73E+00	4.50E-04	0.989	4.83E-03		
LG-2	31.9	28.2	31.1	0.31067	1.181	0.985	1.61E+01	2.70E-04	0.956	2.85E-03		
LG-3	32	33.3	31.6	0.31057	1.555	0.999	2.12E+01	3.10E-04	0.998	3.27E-03		
LG-4	31.8	32.1	36.8	0.31077	2.38	0.999	3.25E+01	4.00E-04	0.97	4.23E-03		
LG-5	35.2	31.7	33.8	0.30734	0.6	0.999	8.11E+00	4.30E-04	0.98	4.49E-03		
LG-6	32.3	30.7	35.3	0.31026	0.73	0.993	9.97E+00	1.10E-04	0.723	1.16E-03		
LG-7	29.2	45.3	62.9	0.31344	1.513	0.999	2.09E+01	6.10E-04	0.998	6.50E-03	0.034	0.011
LG-8	29	30.7	38.3	0.31365	0.82	0.999	1.13E+01	8.70E-04	0.995	9.28E-03	0.018	0.11
LG-9	28.2	24.3	26.6	0.31448	0.55	0.998	7.61E+00	4.40E-04	0.995	4.70E-03		
LH-4	31.4	30.9	33.3	0.31118	1.6	0.998	2.19E+01	1.00E-04	0.981	1.06E-03		
LH-5	31.8	32	37.5	0.31077	1.106	0.999	1.51E+01	6.60E-04	0.995	6.97E-03		
LH-6	29.7	29.6	34.8	0.31292	0.62	0.998	8.54E+00	4.90E-04	0.987	5.21E-03		
LH-7	30.1	31.3	38.4	0.31251	1.317	1	1.81E+01	6.20E-04	0.994	6.59E-03	0.017	0.003
LH-8	29.9	29.5	32.3	0.31272	0.38	0.998	5.23E+00	3.60E-04	0.979	3.83E-03		
LI-5	31	28.8	33	0.31159	0.53	0.974	7.27E+00	6.40E-04	0.992	6.78E-03		
LI-6	30.5	33	39.8	0.31210	4.641	0.996	6.37E+01	6.40E-04	0.987	6.79E-03	0.026	0.004
LI-7	32.1	30.3	33.5	0.31046	0.87	0.999	1.19E+01	4.80E-04	0.982	5.07E-03		
LJ-6	36.6	38.1	47	0.30595	1.983	0.998	2.67E+01	7.30E-04	0.984	7.59E-03	0.028	0.13
M-1	33.6	66.5	97.2	0.30895	3.715	0.999	5.05E+01	3.00E-04	0.984	3.15E-03	0.045	0.001
M-2	27.3	74.4	97.4	0.31542	3.256	0.997	4.52E+01	1.00E-04	0.951	1.07E-03	0.05	0.009
M-3	35.6	91.5	97.5	0.30695	4	0.998	5.40E+01	5.60E-04	0.99	5.84E-03	0.015	3.5
M-4	30.1	90.3	98	0.31251			0.00E+00			0.00E+00	0.032	0.81

Tabla 4. Datos obtenidos para la fumarola Santa Teresa II Norte B  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO <sub>2</sub> g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H <sub>2</sub> S g/(m <sup>2</sup> .d)
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r	
L0-0	28	22.2	26.3	0.31469			0	1.70E-04	0.97	1.82E-03
L0-1	27.9	68.2	97	0.31480	7.814	0.999	108.231873	1.20E-04	0.977	1.28E-03
L0-2	29.5	60	95	0.31313			0			0.00E+00
L0-3	29.5	97.1	97.5	0.31313	7.80E-01	0.998	10.7466801			0.00E+00
L0-4	29.3	27.3	26.7	0.31334	1.20E-01	0.995	1.6544287			0.00E+00
L1-0	28	25.5	25.3	0.31469	5.40E-01	0.998	7.47706732	1.30E-04	0.974	1.39E-03
L1-2	28	24.5	25.2	0.31469	2.20E-01	0.992	3.04621261	1.90E-04	0.985	2.03E-03
L1-3	27.5	24.4	25	0.31521	4.20E-01	0.999	5.82516834	1.90E-04	0.985	2.04E-03
LA-1	28.3	23.7	24.1	0.31438	1.979	0.998	27.3747968	1.50E-04	0.986	1.60E-03
LA-2	28	30.8	39	0.31469	2.498	0.999	34.5883595	5.40E-05	0.839	5.78E-04
LA-3	28.2	24.2	27.2	0.31448	4.50E-01	0.998	6.22675411			0.00E+00
LA-4	29	25.1	29.2	0.31365	5.111	0.995	70.5348392			0.00E+00
LB-2	28	22.5	32.3	0.31469	3.30E-01	0.999	4.56931892	1.30E-04	0.839	1.39E-03

Tabla 5. Datos obtenidos para la fumarola Santa Teresa I(Santa Julia)  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO <sub>2</sub> g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H <sub>2</sub> S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H <sub>2</sub> S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
L0-0	30.6	26	25	0.31200	0.72	0.998	9.884	3.10E-04	0.995	3.29E-03		
L0-1	34.2	81	97.1	0.30834	5.69	0.999	77.197	1.40E-04	0.965	1.47E-03	0.063	0.13
L0-2	34.5	92.9	97.7	0.30804	9.967	1	135.091	4.90E-04	0.978	5.13E-03	0.007	0.18
L0-3	33.3	31.1	34.7	0.30925	2.486	0.998	33.827	1.30E-04	0.979	1.37E-03		
L0-4	31.7	34.7	35.7	0.31087	0.45	0.999	6.155	1.70E-04	0.986	1.80E-03		
L0-5	32.5	40.5	42	0.31006	3.353	1	45.744	1.60E-04	0.963	1.69E-03	0.013	0.002
L0-6	33.6	46.5	47.2	0.30895	2.037	0.998	27.690	2.20E-04	0.981	2.31E-03		
L0-7	33.3	44	39.2	0.30925	12.045	0.999	163.896	2.30E-04	0.945	2.42E-03	0.012	0.001
L0-8	34.5	31.9	32.7	0.30804	0.49	0.999	6.641	1.60E-04	0.969	1.68E-03		
L1-0	32.1	30	33.1	0.31046	0.29	0.993	3.962	4.90E-04	0.99	5.17E-03		
L1-2	33.1	25.7	26.5	0.30945	0.39	0.996	5.310	4.20E-04	0.99	4.42E-03		
L1-3	34.7	29.3	30.3	0.30784	2.021	0.999	27.375	9.50E-05	0.855	9.94E-04		
L1-4	33.1	31.5	28.5	0.30945	1.213	0.998	16.516	1.10E-04	0.953	1.16E-03		
L1-5	34.5	30.8	31.5	0.30804	1.335	0.999	18.094	1.50E-04	0.984	1.57E-03		
L1-6	33.3	27.2	26.5	0.30925	0.54	0.999	7.348			0.00E+00		
L1-7	31.3	33.9	31.2	0.31128	0.45	0.999	6.163	2.80E-04	0.992	2.96E-03		
LA-0	31.2	25.2	25.7	0.31138	0.37	0.998	5.069	3.50E-04	0.987	3.71E-03		
LA-1	33.5	38.7	97.3	0.30905	1.892	0.999	25.728	2.40E-04	0.965	2.52E-03	0.015	0.001
LA-2	25.8	68.1	94.3	0.31701	0.23	0.992	3.208	5.60E-04	0.993	6.04E-03	0.018	0.18
LA-3	30	58	68.6	0.31262	0.32	0.999	4.402	7.30E-05	0.946	7.76E-04	0.004	0.48
LA-5	32.7	47.7	48.1	0.30986	5.753	0.999	78.434	1.60E-04	0.979	1.69E-03	0.012	0.003
LA-6	34.1	51.6	52.7	0.30844	28.59	0.998	388.010	1.70E-04	0.951	1.78E-03	0.524	50
LA-7	32.3	36.2	37.2	0.31026	1.548	0.999	21.133	1.10E-04	0.965	1.16E-03		
LA-8	33.2	34.7	32.1	0.30935	2.032	1	27.658	1.60E-04	0.969	1.68E-03		
LB-1	31.7	25.4	26.1	0.31087	0.29	0.999	3.967	5.30E-04	0.988	5.60E-03		
LB-2	30.9	32.5	32.9	0.31169	0.94	1	12.891	1.10E-04	0.946	1.17E-03		
LB-6	31	43.4	39.5	0.31159	2.708	0.999	37.126	9.20E-05	0.923	9.75E-04	0.07	0.23
M-1	35.7	94.7	97.7	0.30685	3.46	0.988	46.714	1.30E-04	0.953	1.36E-03	0.011	1.1
M-2	30	40.7	58	0.31262	0.52	0.998	7.153	5.30E-05	0.946	5.63E-04	0.013	0.26

Tabla 6. Datos obtenidos para la fumarola Santa Teresa II  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO2 g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H2S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H2S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
C-1	27.5	26	32.5	0.3152	1.756	0.999	24.355	5.50E-04	0.996	5.89E-03		
C-10	27.8	42.5	54.5	0.3149	1.603	0.999	22.211	7.60E-04	0.987	8.14E-03	0	0.12
C-11	27.7	41	48	0.3150	8.522	1	118.117	6.70E-04	0.967	7.18E-03	0	0.05
C-13A	25.7	27.7	30.4	0.3171	1.865	0.999	26.022	5.30E-04	0.993	5.71E-03		
C-14A	29.5	28.7	32	0.3131	1.441	0.999	19.854	3.40E-04	0.982	3.62E-03		
C-15	32	29.2	31.9	0.3106	4.712	0.999	64.389	4.30E-04	0.99	4.54E-03		
C-3	28.3	27.5	29.1	0.3144	19.76	0.993	273.333	4.70E-04	0.994	5.02E-03		
C-4	32.4	29.5	36	0.3102	3.131	0.999	42.729	1.70E-04	0.954	1.79E-03		
C-6	26.6	39.4	55	0.3162	0.11	0.991	1.530	5.40E-04	1	5.80E-03	0	0.66
C-7	26.6	40.1	51	0.3162	0.45	0.997	6.260	2.80E-04	0.978	3.01E-03	0	50
C-8	30.1	29.1	34	0.3125	2.321	0.998	31.915	2.90E-04	0.988	3.08E-03		
C-9	28.4	47.5	62.3	0.3143	3.49	0.999	48.260	8.40E-04	0.998	8.98E-03	0	0.001
L0-0	26.5	30.5	41.5	0.3163	1.453	0.995	20.220	5.40E-04	0.997	5.81E-03	0.003	0.009
L0-00	26.3	48	55.5	0.3165	3.161	0.999	44.017	9.70E-04	0.996	1.04E-02	0	0.016
L0-01	27.7	26.8	30.1	0.3150	2.08	0.998	28.829	6.70E-04	0.984	7.18E-03		
L0-1	26	29.5	32	0.3168	1.523	0.999	21.229	5.40E-04	0.987	5.82E-03		
L0-2	25.5	26.3	28.3	0.3173	1.151	0.987	16.071	7.20E-04	0.996	7.77E-03		
L0-4	25.3	26.2	29.2	0.3175	3.392	0.999	47.392	4.50E-04	0.968	4.86E-03		
L0-5	23.7	24.5	29.7	0.3192	0.62	0.998	8.709	7.50E-04	1	8.14E-03		
L0-6	24.5	27.5	30	0.3184	1.227	0.999	17.189	1.20E-03	0.989	1.30E-02		
L1-0	26	26.6	28.6	0.3168	0.59	0.999	8.224	8.10E-04	0.99	8.72E-03		
L1-00	25	30	32.9	0.3179	2.163	0.999	30.251	7.70E-04	1	8.32E-03		
L1-01	26.7	27.8	32.2	0.3161	1.894	0.997	26.339	6.10E-04	0.991	6.55E-03		
L2-00	25.8	25.6	27.8	0.3170	0.84	0.997	11.717	9.30E-04	0.994	1.00E-02		
LA-0	27.5	58.5	78.1	0.3152	1.407	0.997	19.514	7.60E-04	0.989	8.15E-03	0.004	
LA-1	27.6	42.7	62.8	0.3151	15.777	0.999	218.746	6.10E-04	0.996	6.54E-03	0	0.24
LA-10	28.5	26.4	30	0.3142	2.917	0.999	40.323	4.30E-04	0.987	4.59E-03		
LA-11	28.7	27.8	32.1	0.3140	0.73	0.934	10.084	2.20E-04	0.915	2.35E-03		
LA-12	32.2	26.8	31.7	0.3104	3.155	0.999	43.085	7.30E-04	0.992	7.70E-03		
LA-2	26.3	43.4	48.3	0.3165	1.098	0.999	15.290	6.30E-04	0.997	6.78E-03	0.003	0.16
LA-3	25	28.6	32.4	0.3179	2.397	0.999	33.524	4.80E-04	0.984	5.19E-03		
LA-4	25.5	37.4	42.5	0.3173	1.554	0.999	21.697	5.20E-04	0.969	5.61E-03	0.012	0.66
LA-5	28.1	32.4	46.6	0.3146	1.784	1	24.694	3.70E-04	0.991	3.96E-03	0	0.34
LA-6	23	33.7	36.7	0.3200	3.788	0.999	53.336	1.20E-03	0.996	1.31E-02		
LA-7	27.1	26.6	28.3	0.3156	1.171	0.996	16.263	4.90E-04	0.961	5.26E-03		
LA-9	28.8	26.3	30.7	0.3139	1.016	1	14.031	7.70E-04	0.986	8.22E-03		
LB-1	27.5	35.4	42.1	0.3152	5.913	0.994	82.010	6.30E-04	0.995	6.75E-03	0	0.14
LB-10	30.4	73.1	97	0.3122	26.256	0.998	360.677	7.70E-04	0.975	8.17E-03	0.008	0.12
LB-11	26.6	95.7	96.1	0.3162	14.669	0.998	204.062	3.20E-04	0.973	3.44E-03	0.007	0.32
LB-12	32	43	55.7	0.3106	1.583	1	21.632	7.10E-04	0.997	7.50E-03	0.008	0.003
LB-13	28	34.2	45.3	0.3147	2.332	0.995	32.290	7.10E-04	0.992	7.60E-03	0.009	0.002
LB-14	28.2	26.1	33.2	0.3145	2.238	0.999	30.968	7.70E-04	0.985	8.23E-03	0.016	0.003
LB-15	28.5	28.3	31.7	0.3142	3.1	0.999	42.853	6.50E-01	1	6.94E+00		
LB-16	26.7	27	30	0.3161	1.704	0.999	23.697	2.60E-04	0.991	2.79E-03		
LB-2	25.6	60.6	79.1	0.3172	10.705	0.999	149.417	6.50E-04	0.995	7.01E-03	0	0.028
LB-3	25.5	86.3	96.1	0.3173	5.557	0.997	77.589	4.70E-04	0.967	5.07E-03		
LB-4	23.5	51.8	81	0.3195	4.74	0.999	66.628	6.40E-04	0.995	6.95E-03	0.155	36
LB-5	24	73.6	95.8	0.3189	68.329	0.983	958.848	7.50E-04	0.995	8.13E-03	0.152	50
LB-6	24.6	48.1	67.6	0.3183	0.21	0.944	2.941	1.10E-03	0.992	1.19E-02	0	0.005
LB-7	29.7	46	71	0.3129	2.77	0.994	38.139	5.20E-04	0.984	5.53E-03	0.003	0.19
LB-8	30.1	42.1	60	0.3125	3.603	0.999	49.543	2.90E-04	0.984	3.08E-03	0.004	0.26
LB-9	28.1	44.5	66.4	0.3146	0.46	0.999	6.367	7.80E-04	0.999	8.34E-03	0.028	0.007
LC-10	30.4	73.1	97	0.3122	11.349	0.994	155.901	4.30E-04	0.993	4.56E-03	0.01	0.11



Continuación Tabla 6. Datos obtenidos para la fumarola Santa Teresa II  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO2 g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H2S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H2S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
LC-11	29	63.5	97.2	0.3136	7.634	0.995	105.354	9.90E-05	0.883	1.06E-03	0.017	4.7
LC-12	39.5	44	65.5	0.3031	1.548	1	20.646	3.40E-04	0.996	3.50E-03	0.009	0.001
LC-13	29	37.5	51.3	0.3136	5.258	0.999	72.564	4.40E-04	0.966	4.69E-03	0.007	0.001
LC-14	32.8	41.1	61.7	0.3098	0.58	0.0994	7.905	4.30E-04	0.99	4.53E-03	0.011	0.004
LC-15	31	36	50.8	0.3116	2.12	0.994	29.065	4.80E-04	0.998	5.09E-03	0.12	0.11
LC-16	27.7	32.5	44.1	0.3150	0.95	0.998	13.167	5.60E-04	0.991	6.00E-03	0.014	0.002
LC-17	25.7	26.3	28.6	0.3171	0.49	0.999	6.837	3.40E-04	0.981	3.67E-03		
LC-3	25.4	90.8	41.4	0.3174	4.286	0.997	59.863	9.70E-04	1	1.05E-02	0.005	0.001
LC-4	26.1	49.5	77.7	0.3167	11.192	0.998	155.953	3.50E-04	0.978	3.77E-03	0.013	0.001
LC-5	27.1	51	67.1	0.3156	5.099	0.999	70.815	5.40E-04	0.996	5.80E-03	0.008	4.3
LC-7	29	89	97.1	0.3136	7.831	0.968	108.072	6.70E-04	0.981	7.14E-03	0	50
LC-8	34	95.8	98.2	0.3085	11.557	0.99	156.897	5.90E-04	0.989	6.19E-03	0	13.5
LC-9	28.6	44.1	66.1	0.3141	0.34	0.998	4.698	1.20E-03	0.988	1.28E-02	0.023	0.005
LD-11	29.8	41.2	53.1	0.3128	7.15	0.999	98.414	3.70E-04	0.99	3.94E-03	0.029	0.004
LD-10	32.2	29.5	55.6	0.3104	1.796	0.997	24.526	4.50E-04	0.941	4.75E-03	0.011	0.002
LD-12	30.2	33.4	43.3	0.3124	3.595	0.999	49.417	8.70E-04	0.999	9.24E-03	0.018	0.002
LD-13	33	74.2	85	0.3096	6.424	0.999	87.497	8.30E-04	0.988	8.74E-03	0.018	0.006
LD-14	32	38.6	51.8	0.3106	5.502	1	75.184	5.70E-04	0.996	6.02E-03	0.005	0.003
LD-15	29.7	31.1	39	0.3129	1.824	0.999	25.114	5.30E-04	0.996	5.64E-03	0.003	0.005
LD-16	31.5	56.7	89	0.3111	2.684	0.999	36.737	5.70E-04	0.988	6.03E-03	0.015	0.11
LD-17	27	26.6	30.2	0.3157	1.093	0.998	15.185	2.50E-04	0.91	2.68E-03		
LD-3	26.7	27.7	28.8	0.3161	1.679	0.999	23.349	3.30E-04	0.977	3.55E-03		
LD-7	30	65.2	93.7	0.3126	5.6	0.996	77.028	4.90E-04	0.968	5.21E-03	0	0.018
LD-8	30.1	84.4	96.6	0.3125	2.681	0.995	36.865	9.40E-04	0.995	9.99E-03	0.114	43
LD-9	30	45.1	46.3	0.3126	1.11	0.999	15.268	1.10E-03	0.999	1.17E-02	0.021	0.005
LE-10	30.3	27.1	30.4	0.3123	0.61	1	8.382	1.50E-04	0.899	1.59E-03		
LE-11	29.2	28.4	28.5	0.3134	1.886	0.996	26.011	6.40E-04	0.999	6.82E-03		
LE-12	29.5	28.3	30.1	0.3131	1.318	0.999	18.159	7.40E-04	0.997	7.88E-03		
LE-13	30.8	32.4	33.2	0.3118	9.082	0.999	124.595	5.90E-04	0.96	6.25E-03		
LE-14	30	57.1	88.2	0.3126	6.902	0.999	94.937	7.40E-04	0.997	7.87E-03	0.011	0.004
LE-15	33	34	39.5	0.3096	0.0005	0.999	0.007	2.76E+00	0.943	2.90E+01	0.011	0.011
LE-16	29.6	34.4	44.4	0.3130	3.62	0.999	49.859	3.80E-04	0.995	4.04E-03	0.015	0.004
LE-17	27.1	40	50.5	0.3156	8.365	0.999	116.172	4.90E-04	0.994	5.26E-03	0.012	0.005
LE-18	28.5	26.6	29	0.3142	1.096	0.951	15.151	3.30E-04	0.977	3.52E-03		
LC-6	24	57	76	0.3189	9.278	0.999	130.196	7.40E-04	0.994	8.02E-03	0.004	0.009
LE-8	30.3	67.7	75	0.3123	0.055	0.96	0.756	8.20E-04	0.984	8.71E-03	0.009	0.18
LE-9	28.3	24.8	25.5	0.3144	0.69	0.999	9.545	8.60E-04	0.987	9.19E-03		
LF-15	28.6	28.6	31.4	0.3141	1.368	0.998	18.904	1.10E-04	0.937	1.17E-03		
LF-16	32	31	36.6	0.3106	0.64	0.993	8.746	2.10E-04	0.986	2.22E-03	0.017	0.003
LF-17	28.2	42.9	63.7	0.3145	4.587	0.999	63.471	3.80E-04	0.986	4.06E-03	0.17	0.005
LF-18	31.6	29.1	31.3	0.3110	0.78	0.998	10.673	4.30E-04	0.992	4.55E-03		
LG-15	28	25.2	26	0.3147	1.09	0.999	15.093	5.10E-04	1	5.46E-03		
LG-16	34	44	61.2	0.3085	10.022	0.995	136.058	3.80E-04	0.998	3.99E-03	0.014	0.004
LG-17	29.7	43.3	68.5	0.3129	3.302	0.997	45.464	2.90E-04	0.996	3.09E-03	0.017	0.006
LG-18	29.7	34.6	42	0.3129	0.22	0.987	3.029	2.30E-04	0.958	2.45E-03	0.018	0.002
LG-19	29	27.6	30.4	0.3136	0.47	0.999	6.486	3.40E-04	1	3.63E-03		
LH-16	31.6	24.8	25.3	0.3110	0.14	0.995	1.916	3.70E-04	0.986	3.91E-03		
LH-17	27.5	26	26.2	0.3152	0.21	0.995	2.913	1.80E-04	0.989	1.93E-03		
LH-18	27.5	25	27.5	0.3152	0.29	0.999	4.022	3.60E-04	0.975	3.86E-03		
LH-19	28.3	26	28.2	0.3144	0.51	0.999	7.055	2.00E-04	0.959	2.14E-03		
M-1	34	95.8	98.2	0.3085	11.557	0.99	156.897	5.90E-04	0.989	6.19E-03	0	13.5
M-2	29	89	97.1	0.3136	7.831	0.968	108.072	6.70E-04	0.981	7.14E-03	0	50
M-3	26.6	95.7	96.1	0.3162	14.669	0.998	204.062	3.20E-04	0.973	3.44E-03	0.007	0.32
M-4	24	73.6	95.8	0.3189	68.329	0.983	958.848	7.50E-04	0.995	8.13E-03	0.152	50

Tabla 7. Datos obtenidos para la fumarola Agua Shuca  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO <sub>2</sub> g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H <sub>2</sub> S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H <sub>2</sub> S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
C-1	26.1	27.2	28.1	0.31669	1.32E+00	0.998	18.324	2.00E-04	0.978	2.15E-03		
C-10	26.4	29.8	33.5	0.31637	8.70E-01	0.999	12.111	4.30E-04	0.989	4.63E-03		
C-13	29.6	25.1	26.5	0.31303	5.90E-01	0.945	8.126	1.70E-04	0.983	1.81E-03		
C-13A	25.5	26	27.2	0.31733	1.20E-01	0.995	1.675	2.50E-04	0.978	2.70E-03		
C-13B	25.8	24.2	26.2	0.31701	3.10E-01	0.998	4.324	2.00E-04	0.943	2.16E-03		
C-2	23.4	30.6	42.4	0.31957	5.50E-01	0.996	7.734	2.60E-04	0.99	2.83E-03	0.022	
C-3	24.8	26.6	26.4	0.31807	6.40E-01	0.999	8.957			0.00E+00		
C-4	28.6	23.4	23.8	0.31407	2.22E+00	1	30.609	2.20E-04	0.964	2.35E-03		
C-5	28.4	30.1	27.5	0.31427	6.80E-01	0.996	9.403	9.80E-05	0.903	1.05E-03		
C-6	27.2	25.8	28.3	0.31553			-	7.00E-05	0.949	7.51E-04		
C-7	26.5	25.5	30.2	0.31627	1.47E+00	0.995	20.400	8.30E-05	0.93	8.93E-04		
C-8	27.3	26.6	27.7	0.31542			-	4.90E-05	0.854	5.25E-04		
C-9	27.3	29.2	33	0.31542	1.60E-01	0.983	2.221	4.70E-04	0.991	5.04E-03		
LO-0	26.5	48.7	67	0.31627	1.28E+00	0.999	17.756	2.10E-04	0.959	2.26E-03	0.019	0.11
LO-00	26.5	36	39.8	0.31627	2.10E-01	0.998	2.922	2.50E-04	0.966	2.69E-03		
LO-1	24.7	52.3	70	0.31818	4.39E+00	0.999	61.487	2.30E-04	0.969	2.49E-03	0.021	0.004
LO-2	25.6	80.4	92.3	0.31722	1.05E+01	0.998	146.262	2.40E-04	0.992	2.59E-03	0.021	0.11
LO-3	29.3	30	32.2	0.31334			-	7.50E-05	0.973	7.99E-04		
LO-4	31.2	34.4	38.7	0.31138	9.60E-01	0.999	13.153	1.30E-04	0.934	1.38E-03	0.028	0.003
LO-5	26	28.2	30.3	0.31680	2.05E+00	0.997	28.575	1.50E-04	0.917	1.62E-03		
LO-6	29.5	24	0.27	0.31313	8.40E-01	0.993	11.573	4.20E-04	0.989	4.47E-03		
LO-7	25.6	55	79.1	0.31722			-	2.10E-04	0.947	2.26E-03	0.29	16
LO-8	24.5	24.3	26.7	0.31839	5.20E-01	0.996	7.285			0.00E+00		
LO-9	22.2	24.1	24.6	0.32087	3.80E-01	0.998	5.365			0.00E+00		
L1-0	26.7	28	31	0.31606	3.90E-01	0.999	5.424	4.30E-04	0.991	4.62E-03		
L1-1	27.1	37.6	56.3	0.31563	1.11E+01	0.999	153.753	3.60E-04	0.989	3.86E-03	0.022	0.005
L1-10	27.3	30.4	36.6	0.31542	7.80E-01	0.995	10.825	1.10E-04	0.951	1.18E-03		
L1-2	24.5	24.8	26.7	0.31839	1.40E+00	0.993	19.557	1.00E-04	0.914	1.08E-03		
L1-3				0.34695	8.61E+00	1	131.454	4.90E-04	0.993	5.78E-03	3.00E-03	
L1-4				0.34695	7.10E-01	0.999	10.839	6.30E-04	0.998	7.43E-03		
L1-6	27.6	26.7	30	0.31511	1.132	0.998	15.695	1.90E-04	0.976	2.04E-03		
L1-7	28.4	47.8	63	0.31427	244.938	1	3,387.016	4.20E-04	0.97	4.49E-03	0.091	0.11
L1-8	23.5	24.7	28.6	0.31947	6.00E-01	0.969	8.434			0.00E+00		
L1-9	22.5	81.2	98	0.32055	1.01	0.997	14.245	8.30E-05	0.953	9.05E-04	0.016	1.2
L2-1	24.4	22	23.8	0.31850	2.90E-01	0.909	4.064	2.60E-04	0.958	2.82E-03		
L2-10	26.9	26.7	37.4	0.31585	9.80E-01	0.999	13.619	1.30E-04	0.933	1.40E-03		
L2-3				0.34695	1.04E+00	0.999	15.907	6.70E-04	0.996	7.90E-03		
L2-7	29.3	26.7	29.2	0.31334	2.89E+00	0.993	39.886			0.00E+00		
L2-9	29.5	24.8	26.5	0.31313	1.01E+00	0.998	13.860			0.00E+00		
L3-10	25.4	23.7	24.1	0.31743	2.00E-01	0.995	2.793	9.50E-05	0.859	1.03E-03		
LA-0	26.6	24.2	27.4	0.31616	1.50E-01	0.96	2.087	1.10E-04	0.949	1.18E-03		
LA-1	28.3	81.8	96.6	0.31438	1.34E+02	1	1,848.553	3.30E-04	0.975	3.53E-03	0.022	1.43
LA-2	27.6	95.8	98.2	0.31511			-	3.80E-04	0.978	4.07E-03		
LA-3	28.8	27	32.2	0.31386	1.21E+00	0.995	16.682	2.30E-04	0.946	2.45E-03		
LA-4	28.6	51.6	65	0.31407	2.56E+00	0.999	35.404	3.20E-04	0.995	3.42E-03	0.021	0.013
LA-5	29.4	36	55.8	0.31324	2.04E+00	0.999	28.171			0.00E+00	0.026	0.006
LA-6	29.1	38.1	65.2	0.31355	1.992	9.95E-01	27.482	5.70E-04	0.99	6.08E-03	0.044	0.006
LA-7	29.7	33.1	39	0.31292	8.70E-01	0.99	11.979	5.10E-04	0.993	5.43E-03	0.078	0.003
LA-8	27.4	82.1	99.4	0.31532	5.17E+00	0.998	71.673	2.40E-04	0.992	2.57E-03	0.27	0.99
LA-9	28	24.8	29.5	0.31469	3.37E+00	0.999	46.676			0.00E+00		
LB-1	26.8	25.1	26.7	0.31595	2.40E-01	0.995	3.336	8.80E-05	0.914	9.45E-04		
LB-2	27	24.1	25.7	0.31574	4.20E-01	0.998	5.835	1.60E-04	0.964	1.72E-03		
LB-4	27.4	23.3	24	0.31532	5.80E-01	0.993	8.047	1.80E-04	0.967	1.93E-03		
LB-5	29.5	34	44	0.31313	1.375	0.999	18.944	3.50E-05	0.915	3.73E-04	0.038	0.004
LC-5	25.3	27.1	26.4	0.31754			-			0.00E+00		
M-1	30.1	97.2	98.1	0.31251	4.68E+00	0.991	64.408	2.40E-04	0.972	2.55E-03	0.019	16
M-2	29.8	67.8	95.7	0.31282	1.93E+02	1	2,653.123	1.50E-04	0.962	1.60E-03	0.025	0.12
M-3	25.5	98.4	99.2	0.31733	5.303	0.993	74.042	2.30E-04	0.983	2.48E-03	0.066	0.26
M-4	24	81.2	98	0.31893	1.01	0.997	14.173	8.30E-05	0.953	9.00E-04	0.016	1.2

Tabla 8. Datos obtenidos para la fumarola Zapote  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO <sub>2</sub> g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H <sub>2</sub> S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H <sub>2</sub> S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
C-1	29.9	26.3	28	0.31272	0.43	0.994	5.917	5.90E-04	0.996	6.27E-03		
C-10	29	28.1	29.5	0.31365	1.009	0.998	13.925	1.90E-04	0.999	2.03E-03		
C-11	29.8	29	32.1	0.31282	4.248	0.996	58.470	7.70E-04	0.996	8.19E-03		
C-6	26.3	25.2	25	0.31648	0.94	0.999	13.090	3.50E-04	0.974	3.77E-03		
C-7	25	26.3	26.5	0.31786	0.44	0.997	6.154	2.80E-04	0.943	3.03E-03		
C-8	27.1	25	26	0.31563	0.39	0.981	5.416	7.20E-04	0.996	7.73E-03		
C-9	28.5	31.3	32.5	0.31417	1.135	0.998	15.690	6.80E-04	0.993	7.26E-03		
L0-0	29.6	27.4	30.1	0.31303	0.39	0.997	5.372	6.70E-04	0.988	7.13E-03		
L0-1	29.5	27.4	30.8	0.31313	0.66	0.995	9.093	3.70E-04	0.926	3.94E-03		
L0-2	32	30.8	36.3	0.31057	1.681	1	22.971	2.30E-04	0.956	2.43E-03		
L0-3	33.1	64.1	88.1	0.30945	0.25	0.99	3.404	5.30E-04	0.981	5.58E-03	0.026	0.11
L0-4	32	51.8	83.6	0.31057	3.821	1	52.214	3.80E-04	0.992	4.01E-03	0.024	0.001
L0-5	28.1	54.9	97.7	0.31459	1.089	0.937	15.074	6.20E-04	0.996	6.63E-03	0.019	0.003
L0-6	27.8	45.6	61.2	0.31490	2.694	0.999	37.327	6.50E-04	0.99	6.96E-03	0.004	0.001
L1-0	30.8	33.3	42.2	0.31179	0.55	0.996	7.545	6.30E-04	0.983	6.68E-03	0.028	0.002
L1-1	31.5	32.8	37.3	0.31108	3.048	0.999	41.719	4.20E-04	0.991	4.44E-03		
L1-2	33.8	24.6	33.6	0.30875	1.102	1	14.970	7.10E-04	0.999	7.45E-03		
L1-3	28.9	51.5	88.2	0.31375	1.082	0.99	14.937	6.70E-04	0.983	7.15E-03	0.022	0.044
L1-4	30.1	60.2	90.4	0.31251	1.044	0.996	14.356	5.60E-04	0.995	5.95E-03	0.041	0.11
L1-5	31	29.5	28.8	0.31159	0.85	0.95	11.653	6.10E-04	0.995	6.46E-03		
L2-0	30.7	27.4	32.5	0.31190	0.85	0.997	11.665	6.30E-04	0.996	6.68E-03		
L2-1	29	27	28.1	0.31365	2.201	0.999	30.375	6.70E-04	0.988	7.14E-03		
L2-2	29.8	49.8	73.3	0.31282	2.954	0.999	40.659	6.60E-04	0.99	7.02E-03	0.021	0.11
L2-3	29.1	47.5	67.1	0.31355	0.83	1	11.451	5.80E-04	0.996	6.18E-03	0.022	0.002
L2-4	28.3	29.7	30.5	0.31438	1.164	1	16.101	6.50E-04	0.998	6.95E-03		
LA-1	29.7	25.7	35.5	0.31292	1.23	0.997	16.935	2.60E-04	0.966	2.77E-03		
LA-2	30.5	29.3	33.1	0.31210	0.59	0.998	8.102	2.30E-04	0.991	2.44E-03		
LA-3	30.2	29.7	31.5	0.31241	0.78	0.997	10.722	5.80E-04	0.98	6.16E-03		
LA-4	32.3	45.7	63.3	0.31026	1.027	0.998	14.020	1.00E-03	0.997	1.05E-02	0.02	0.19
LA-5	28	48.7	84.6	0.31469	1.133	0.999	15.688	5.80E-04	0.981	6.21E-03	0	0.004
LA-6	27	49.3	84.5	0.31574	12.609	0.98	175.171	4.50E-04	0.954	4.83E-03	0.036	0.004
LB-2	29.7	25.3	26.3	0.31292	1.232	0.999	16.963	4.40E-04	0.981	4.68E-03		
LB-3	25.6	27	26.6	0.31722	0.88	1	12.283	2.80E-04	0.98	3.02E-03		
LB-4	31	38	46.4	0.31159	4.692	0.99	64.327	5.50E-04	0.99	5.83E-03	0.026	0.002
LB-5	28.9	50.3	91.7	0.31375	289.605	1	3,998.044	4.60E-04	0.978	4.91E-03	0.042	0.12
LB-6	30.6	44.1	59	0.31200	1.221	0.999	16.762	4.50E-04	0.995	4.77E-03	0.054	0.25
LC-4	29.1	29.4	33.1	0.31355	1.387	0.997	19.135	2.20E-04	0.983	2.35E-03		
LC-5	29	31.6	37	0.31365	1.401	0.998	19.335	3.00E-04	0.979	3.20E-03		
LC-6	24.6	27	28.1	0.31828	0.73	0.998	10.223	1.70E-04	0.938	1.84E-03		
LD-5	29.5	28	35	0.31313	1.43	0.998	19.702	3.00E-04	0.985	3.19E-03		
M-1	28.8	61.8	93.9	0.31386	5.245	0.997	72.432	4.70E-04	0.995	5.02E-03	0.02	0.004
M-2	32	97.4	98.7	0.31057	1.911	1	26.114	1.00E-03	1	1.06E-02	0.026	3.1
M-3	27.3	79	95.4	0.31542	6.067	0.995	84.202	3.30E-04	0.981	3.54E-03	0.033	0.01

Tabla 9. Datos obtenidos para la fumarola Agua Caliente W I  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO2 g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H2S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H2S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
C-1	21.8	22.5	25.7	0.32131	4.303	0.999	60.8336	1.40E-04	0.936	1.53E-03		
C-10	26.8	22.5	25.1	0.31595	0.18	0.998	2.5023	3.10E-04	0.992	3.33E-03		
C-11	25.3	26.3	30.9	0.31754	1.5	0.999	20.9575	3.30E-04	0.95	3.56E-03		
C-12	24.3	23.4	26.6	0.31861	0.13	0.994	1.8224	2.80E-04	0.976	3.03E-03		
C-13	26.1	26.6	32.3	0.31669	0.39	0.992	5.4344	2.30E-04	0.864	2.48E-03		
C-2	20.6	27.7	33.4	0.32262	0.38	0.996	5.3942	2.70E-04	0.946	2.96E-03		
C-3	31	26.7	29.6	0.31159	1.651	0.998	22.6350			0.00E+00		
C-4	29.7	26.3	25.5	0.31292	0.45	0.991	6.1959	1.10E-04	0.933	1.17E-03		
C-5	32	34.4	37.6	0.31057	2.857	1	39.0407	1.60E-04	0.978	1.69E-03	0.014	0.002
C-6	30.8	25.8	25.7	0.31179	30.534	0.999	418.8919	2.20E-04	0.96	2.33E-03		
C-7	29.8	28.5	30.1	0.31282	0.37	0.999	5.0927	6.20E-04	0.976	6.59E-03		
C-8	30.9	33.7	33.7	0.31169	0.12	0.994	1.6457	7.80E-04	0.977	8.27E-03		
C-9	28.9	25.8	37.2	0.31375	0.25	0.999	3.4513			0.00E+00		
LO-0	21.1	83	97.3	0.32207	3.108	0.996	44.0438	2.70E-04	0.946	2.96E-03		
LO-1	31.5	28.5	33	0.31108	0.086	0.857	1.1771	1.50E-04	0.932	1.59E-03		
LO-2	31	24.8	25.5	0.31159	0.75	0.994	10.2824			0.00E+00		
LA-0	22.8	44.5	72	0.32022	2.202	0.985	31.0255	1.70E-04	0.973	1.85E-03	0.032	0.002
LA-00	23.9	24.1	27.5	0.31903	0.67	0.989	9.4051	1.80E-04	0.977	1.95E-03		
LA-1	32	37		0.31057	186.193	1	2544.3120	2.00E-04	0.955	2.11E-03	0.046	0.001
LA-2	32.1	29.3	32.4	0.31046	1.025	0.984	14.0020	3.40E-04	0.986	3.59E-03		
LA-3	29	24.2	27.8	0.31365	0.48	0.986	6.6243	1.30E-04	0.829	1.39E-03		
LB-0	27.6	97.2	98.3	0.31511	16.855	0.998	233.6918	3.40E-04	0.982	3.64E-03	0.036	0.11
LB-00	26.5	27.7	33.8	0.31627	0.58	0.999	8.0711	4.80E-04	0.993	5.16E-03		
LB-1	31	45	56.6	0.31159	2.988	1	40.9650	1.80E-04	0.976	1.91E-03	0.019	0.12
LB-2	30	26.2	28.8	0.31262	0.75	0.996	10.3163	1.10E-04	0.938	1.17E-03		
LC-1	29.5	30.8	37.8	0.31313	0.4	0.996	5.5111	1.60E-01	0.97	1.70E+00		
LC-2	30.1	52	67.4	0.31251	1.572	0.999	21.6158	3.90E-04	0.987	4.14E-03	0.029	0.005
LD-1	31	33.1	30.4	0.31159			0.0000	5.50E-04	0.987	5.83E-03		
LD-2	33.1	72.3	96.8	0.30945	12.514	0.999	170.3886	9.10E-04	0.1	9.57E-03	0.02	0.005
LD-3	30	27.6	28.6	0.31262	0.65	0.997	8.9408	2.50E-04	0.983	2.66E-03		
LE-2	33.5	37	46	0.30905	0.074	0.939	1.0063	7.70E-04	0.991	8.09E-03	0.03	0.003
LE-3	31.5	50.4	56.9	0.31108	0.33	0.998	4.5168	7.00E-04	0.976	7.40E-03	0.021	0.004
M-1	28.5	96.7	98.5	0.31417	16.855	0.998	232.9946	3.40E-04	0.982	3.63E-03	0.036	0.11
M-2	22	87.4	97	0.32109	3.508	0.999	49.5607	9.00E-05	0.747	9.83E-04	0.051	0.003
M-3	30.3	96.6	98.6	0.31231	146.511	0.997	2013.2768	3.90E-04	0.97	4.14E-03	0.021	0.13



Tabla 11. Datos obtenidos para la fumarola Agua Caliente III  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO2 g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H2S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H2S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
C-1	27.8	25.2	27.8	0.31490	3.544	0.999	49.1043	1.70E-04	0.894	1.82E-03		
C-2	27.5	24.4	25.6	0.31521	2.061	0.998	28.5849	1.40E-04	0.952	1.50E-03		
C-3	29.7	26.3	31.9	0.31292			0.0000	6.60E-05	0.901	7.02E-04		
C-4	30.4	26	25.8	0.31220	0.88	0.999	12.0885	4.10E-05	0.849	4.35E-04		
C-5	27.8	27.9	26.7	0.31490	0.32	0.955	4.4338	1.50E-04	0.965	1.61E-03		
L0-0	27.3	24.1	27.2	0.31542	3.946	0.999	54.7653	2.90E-04	0.994	3.11E-03		
L0-1	27.8	64.7	92.2	0.31490	10.608	1	146.9804	2.30E-04	0.975	2.46E-03	0.019	0.003
L0-2	34	77.6	91.9	0.30854	44.902	0.997	609.5868	1.50E-04	0.987	1.57E-03	0.012	0.003
L0-3	29.3	65.2	92	0.31334	113.435	0.994	1563.9177	1.80E-04	0.962	1.92E-03	0.031	0
L0-4	32	32.1	35.6	0.31057	3.259	0.994	44.5340	3.60E-04	0.986	3.80E-03		
L0-5	30.3	32.2	34	0.31231	0.25	0.992	3.4354	1.70E-04	0.952	1.81E-03		
L0-6	29.3	27.3	29.8	0.31334	0.99	0.999	13.6490	2.30E-04	0.92	2.45E-03		
L1-1	27.6	29.7		0.31511	3.348	0.999	46.4195	2.10E-04	0.983	2.25E-03	0.011	0.002
L1-2	29.7	39.1	58.6	0.31292	1.937	0.999	26.6700	7.10E-05	0.952	7.55E-04	0.014	0.002
L1-3	27.7	41	56.8	0.31501	9.043	0.996	125.3380	1.30E-04	0.907	1.39E-03	0.02	0.003
L1-4	27.8	55.4	76.3	0.31490	11.165	0.998	154.6980	1.20E-04	0.904	1.28E-03	0.015	0.002
L1-5	28.8	28.4	32.8	0.31386	0.18	0.97	2.4858	7.50E-05	0.775	8.00E-04		
L2-2	29.5	30.2	36.1	0.31313	1.57	0.959	21.6311	1.70E-04	0.769	1.81E-03		
L2-3	28	29.3	32.4	0.31469	0.19	0.97	2.6308	1.10E-04	0.949	1.18E-03		
L2-4	27.7	28.7	26.4	0.31501	0.064	0.941	0.8871	1.30E-04	0.956	1.39E-03		
LA-1	28	26.9	27	0.31469	1.234	0.999	17.0865	1.30E-04	0.935	1.39E-03		
LA-2	28.8	27.6	28.4	0.31386	1.223	0.991	16.8893	1.40E-04	0.967	1.49E-03		
LA-3	37.5	60	74	0.30507	18.64	1	250.2044	1.90E-04	0.85	1.97E-03	0.024	0.001
LA-4	31.9	39.2	52.8	0.31067	1.008	0.997	13.7788	4.80E-04	0.973	5.07E-03	0.013	0.003
LA-5	32.4	30.5	30	0.31016	3.846	0.998	52.4865	2.40E-04	0.996	2.53E-03		
LB-3	33.8	27.3	29.1	0.30875	4.647	0.991	63.1285	1.40E-04	0.977	1.47E-03		
LB-4	33.1	32.7	33.1	0.30945	1.271	0.999	17.3057	2.20E-04	0.966	2.31E-03		
M-1	29.4	86.2	92.6	0.31324	74.453	1	1026.1372	1.50E-04	0.97	1.60E-03		

Tabla 12. Datos obtenidos para la fumarola Agua Caliente  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO2 g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H2S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H2S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
C-10	30	27.5	29.6	0.3126	5.50E-01	0.999	7.5653	5.50E-04	0.984	5.85E-03		
C-11	30.5	25.5	26.1	0.3121	9.70E-01	0.991	13.3204	4.90E-04	0.978	5.20E-03		
C-12	31	29.3	30	0.3116	4.30E-01	0.938	5.8952	5.80E-04	0.988	6.14E-03		
C-13	32.8	26.7	28.7	0.3098	3.50E-01	0.999	4.7702	5.90E-04	0.997	6.21E-03		
C-14	30	24.9	25.3	0.3126	6.20E-01	0.987	8.5281	2.70E-04	0.996	2.87E-03		
C-15	34.1	25.9	26.1	0.3084	3.70E-01	0.994	5.0215	3.50E-04	0.997	3.67E-03		
C-16	33.3	24.2	25.3	0.3092	3.20E-01	0.993	4.3542	1.50E-04	0.971	1.58E-03		
C-17	31.5	26.6	26.9	0.3111	2.70E-01	0.997	3.6956	1.40E-04	0.971	1.48E-03		
C-18	31.9	26.7	27.6	0.3107	1.06E+00	0.999	14.5442	4.40E-04	0.986	4.65E-03		
C-19	34.2	28.7	27.9	0.3083	9.60E-01	0.999	13.0244	6.80E-04	0.995	7.13E-03		
C-2	26.1	25.6	31.6	0.3167	3.40E+01	0.997	474.0321	5.10E-04	0.989	5.49E-03		
C-20	33.5	27.4	32.2	0.3090	6.06E+00	1	82.3771	5.80E-04	0.918	6.09E-03		
C-21	31.3	27.1	31.6	0.3113	1.76E+00	0.999	24.1329	1.60E-04	0.922	1.69E-03		
C-22	28	24.1	25.2	0.3147	6.50E-01	0.999	9.0002	6.20E-05	0.976	6.63E-04		
C-23	27.3	25.3	27.2	0.3154	7.10E-01	1	9.8539	1.90E-04	0.99	2.04E-03		
C-24	29	26	26.8	0.3136	1.74E+00	0.999	24.0406	4.50E-04	0.987	4.80E-03		
C-25	30	27.5	30	0.3126	1.68E+00	1	23.0535	3.60E-04	0.984	3.83E-03		
C-26	26.3	27.1	28.2	0.3165	4.90E-01	0.999	6.8233	6.30E-04	0.971	6.78E-03		
C-27	27.3	26.1	28.6	0.3154	1.50E-01	0.931	2.0818	4.20E-04	0.982	4.50E-03		
C-28	23.5	23.5	26.3	0.3195	8.10E-01	0.998	11.3857	2.50E-04	0.977	2.72E-03		
C-29	23.1	23.8	27.8	0.3199	1.951	1	27.4612	3.80E-04	0.99	4.13E-03		
C-3	30	25.5	28.5	0.3126	1.03E+00	0.999	14.2090	6.90E-04	0.992	7.33E-03		
C-30	22	28.8	29.7	0.3211	3.49E+00	0.998	49.2640	2.50E-04	0.989	2.73E-03		
C-31	34.2	27.6	36.3	0.3083	8.31E+00	0.998	112.7291	4.10E-04	0.995	4.30E-03		
C-31A	25	26.7	31.9	0.3179	1.429	0.998	19.9856	3.20E-04	0.998	3.46E-03		
C-32	25.3	26.8	30.6	0.3175	4.80E-01	0.991	6.7064	2.50E-04	0.955	2.70E-03		
C-33	24.4	29.1	36.8	0.3185	2.46E+00	0.998	34.4743	2.80E-04	0.964	3.03E-03		
C-34	25.2	26.3	31.7	0.3176	1.62E+00	0.976	22.6557	4.60E-04	0.991	4.97E-03		
C-35	24.2	25	28	0.3187	5.30E-01	0.998	7.4324	5.20E-04	0.996	5.63E-03		
C-4	26.8	23	24.1	0.3160	3.56E+00	0.999	49.4488	6.20E-04	0.983	6.66E-03		
C-5	24.6	23.3	25.8	0.3183	5.40E-01	0.997	7.5624	7.60E-04	0.991	8.22E-03		
C-6	24.6	27.3	31.6	0.3183	5.30E-01	0.999	7.4224	5.20E-04	0.967	5.63E-03		
C-7	24.3	25.1	29.8	0.3186	6.00E-01	0.998	8.4112	2.60E-04	0.971	2.82E-03		
C-8	31.5	31.4	30.1	0.3111	2.30E-01	0.937	3.1481	5.90E-04	0.983	6.24E-03		
C-9	31	28.2	31.8	0.3116	1.92E+00	0.999	26.2681	4.60E-04	0.979	4.87E-03		
L0-0	25.6	25.1	32.8	0.3172	3.69E+00	0.999	51.5317	3.90E-04	0.993	4.21E-03		
L0-1	25.4	85.7	96.8	0.3174	1.48E+01	0.998	206.2508	4.20E-04	0.975	4.53E-03	0.066	0.2
L0-2	26.1	70.2	96.8	0.3167	7.19E+00	0.999	100.1321	4.70E-04	0.983	5.06E-03	0	50
L0-3	28.7	32.3	38.9	0.3140	2.92E+00	0.988	40.3516	5.80E-04	0.998	6.19E-03	0.008	0.18
L0-4	23.2	28.8	30.7	0.3198	4.80E-01	0.999	6.7539	4.60E-04	0.998	5.00E-03		
L0-5	27	25.2	26.7	0.3157	1.13E+00	0.999	15.6569	5.70E-04	0.995	6.12E-03		
L1-0	29	24.4	28.8	0.3136	6.70E-01	1	9.2464	3.90E-04	0.962	4.16E-03		
L1-1	29	71.6	93.8	0.3136	3.59E+00	0.998	49.5441	8.20E-04	0.996	8.74E-03	0.019	0
L1-2	29.5	26.5	28.8	0.3131	1.14E+00	1	15.7618	7.20E-04	0.988	7.67E-03		
L1-3	28.5	25.5	28.2	0.3142	1.20E+00	0.989	16.6435	6.10E-04	0.99	6.52E-03		
L1-4	28.1	25.1	27	0.3146	1.64E+00	1	22.6452	2.10E-04	0.97	2.25E-03		
L1-5	24.4	28	31.6	0.3185	1.91E+00	0.999	26.7947	3.80E-04	0.989	4.12E-03		
L2-12	28.3	28.4	31.8	0.3144	3.74E+00	1	51.7617	4.20E-04	0.922	4.49E-03		
L2-13	26.8	24.3	29.8	0.3160	8.22E+00	0.998	114.2729	1.30E-04	0.999	1.40E-03		
L2-14	29.3	26.3	28.4	0.3133	3.60E-01	0.995	4.9633	2.10E-04	0.894	2.24E-03		
L2-2	29.2	28	34.2	0.3134	1.42E+00	1	19.6115	7.70E-04	0.999	8.21E-03		
L2-3	28.8	24.7	26.3	0.3139	7.20E-01	1	9.9430	8.50E-04	0.998	9.07E-03		
L2-4	28.7	26.5	26	0.3140	5.60E-01	0.997	7.7360	6.20E-04	1	6.62E-03		
L2-5	27.5	29.6	33.6	0.3152	1.11E+00	0.999	15.3535	1.90E-04	0.941	2.04E-03		
L2-6	28	40.2	56.9	0.3147	5.40E-01	0.996	7.4771	2.80E-04	0.992	3.00E-03	0.011	0.004
L2-7	32	89.6	97.4	0.3106	6.01E+01	0.98	821.7808	1.20E-03	0.997	1.27E-02	0.028	23
L3-10	28.5	26.4	30.1	0.3142	1.48E+00	0.999	20.5140	3.10E-04	0.96	3.31E-03		

*Continuación Tabla 12. Datos obtenidos para la fumarola Agua Caliente  
Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm*

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO2 g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H2S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H2S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
L3-11	32.2	33.8	41.6	0.3104	1.04E+00	0.996	14.1886	5.50E-04	0.996	5.80E-03	0.015	0.003
L3-12	31.6	29.9	33.8	0.3110	1.76E+00	0.994	24.0545	7.40E-04	0.991	7.82E-03		
L3-13	29.2	26	27.8	0.3134	3.41E+00	0.992	46.9737	9.70E-04	1	1.03E-02		
L3-14	32.8	28.9	31.8	0.3098	1.85E+00	0.999	25.2685	6.50E-04	0.99	6.85E-03		
L3-15	34.4	29.2	29	0.3081	4.80E-01	0.999	6.5080	5.40E-04	0.995	5.66E-03		
L3-16	35.2	26.4	26.3	0.3073	2.80E-01	0.995	3.7865	1.80E-04	0.989	1.88E-03		
L3-17	31.9	25.7	25.7	0.3107	9.20E-01	0.999	12.5758	1.70E-04	0.953	1.80E-03		
L3-3	28.8	26	28.6	0.3139	1.768	1	24.4156	2.50E-04	0.989	2.67E-03		
L3-4	28.8	25.7	27.6	0.3139	2.50E-01	0.995	3.4524	1.20E-03	0.996	1.28E-02		
L3-5	26.5	23.3	25.1	0.3163	1.70E-01	0.985	2.3657	1.90E-04	0.975	2.04E-03		
L3-6	26.5	25	27.7	0.3163	1.42E+00	0.999	19.7603	5.20E-04	0.993	5.59E-03		
L3-7	28.5	26.3	28.3	0.3142	4.30E-01	0.999	5.9441	4.80E-04	0.984	5.13E-03		
L3-8	27.5	25.3	28	0.3152	4.90E-01	0.999	6.7960	4.10E-04	0.944	4.39E-03		
L4-10	31.3	26.2	28.6	0.3113	2.90E-01	0.991	3.9719	3.30E-04	0.996	3.49E-03		
L4-15	29.2	25.1	25.6	0.3134	9.40E-01	0.992	12.9640	2.50E-04	0.974	2.66E-03		
L4-16	33.5	25.3	25.7	0.3090	8.70E-01	0.997	11.8303	2.30E-04	0.99	2.42E-03		
L4-3	28.7	23.8	25	0.3140	5.56E+00	0.999	76.7523	2.10E-04	0.989	2.24E-03		
L4-4	25.6	33.1	41.6	0.3172	2.98E+00	0.998	41.5519	1.10E-03	1	1.19E-02	0.015	0.001
L4-5	25.6	26	28.3	0.3172	8.80E-01	0.999	12.2827	4.40E-04	0.979	4.75E-03		
L4-6	25.1	25.7	30.5	0.3178	2.50E-01	0.999	3.4953	4.40E-04	0.964	4.75E-03		
L4-7	31.4	34	34.3	0.3112	2.48E+00	0.999	33.9421	6.60E-04	0.978	6.98E-03		
L4-8	28	27.7	36	0.3147	7.60E-01	0.999	10.5233	9.50E-05	0.979	1.02E-03		
L4-9	35.5	28.7	36	0.3070	1.10E+00	0.997	14.9150	7.40E-04	0.994	7.73E-03		
L5-16	30.4	28.4	30	0.3122	1.12E+00	0.996	15.4403	3.30E-04	0.998	3.50E-03		
L5-15	31.6	26.2	28.1	0.3110	1.86E+00	0.999	25.4638	3.30E-04	0.994	3.49E-03		
L5-3	29	21.8	22.2	0.3136	3.80E-01	0.994	5.2442	7.80E-04	0.985	8.32E-03		
L5-4	25.7	25.8	29.5	0.3171	2.29E+00	0.995	31.9942	7.20E-04	0.97	7.76E-03		
L5-5	26	32	42.5	0.3168	2.26E+00	1	31.4464	7.90E-04	0.967	8.51E-03	0.014	0.002
L5-6	25.1	42.7	60	0.3178	4.13E+00	0.999	57.6998	1.50E-04	0.971	1.62E-03	0.014	0.002
L5-7	32.3	34.5	40	0.3103	1.81E+00	0.992	24.6956	4.60E-05	0.98	4.85E-04	0.015	0.002
L5-8	30.1	55.2	81.4	0.3125	5.50E-01	0.998	7.5628	6.50E-04	0.993	6.91E-03	0	0.22
L5-9	30.3	26.1	28.8	0.3123	6.50E-01	0.996	8.9320	5.40E-04	0.986	5.73E-03		
LA-1	24.7	29.2	39.4	0.3182	1.35E+00	0.999	18.8718	3.90E-04	0.988	4.22E-03	0.003	0.2
LA-2	29.6	40	53.4	0.3130	1.76E+00	0.998	24.2822	2.60E-04	0.969	2.77E-03	0	0.12
LA-3	22.2	49.7	86.3	0.3209	2.13E+00	0.999	30.0015	9.60E-04	1	1.05E-02	0.0033.4	
LA-4	29.7	24.6	27.1	0.3129	7.10E-01	0.999	9.7758	3.80E-04	0.985	4.04E-03		
LB-1	26.8	26.2	29.8	0.3160	1.34E+00	0.999	18.6145	1.60E-04	0.953	1.72E-03		
LB-2	26.5	32.5	37.3	0.3163	1.046	0.999	14.5559	3.10E-04	0.999	3.33E-03		
LB-3	26.2	53.2	95.8	0.3166	9.50E+00	0.998	132.3459	2.20E-04	0.973	2.37E-03	0.052	0.009
LB-4	27.7	40.5	67	0.3150	2.65E+00	0.998	36.7019	4.80E-04	0.995	5.14E-03	0.545	0.69
LB-5	30.5	25	25.8	0.3121	7.70E-01	0.999	10.5740	2.90E-04	0.979	3.08E-03		
LC-2	23.2	29.8	37.6	0.3198	1.29E+00	0.999	18.1512	2.60E-04	0.935	2.83E-03		
LC-3	22	26.5	31	0.3211	6.40E-01	0.995	9.0419	3.00E-04	0.983	3.28E-03		
LC-4	23.8	25	28.8	0.3191	5.90E-01	0.998	8.2849	3.30E-04	0.99	3.58E-03		
LD-2	23.3	25.2	27.5	0.3197	8.40E-01	0.999	11.8154	1.30E-04	0.945	1.41E-03		
M-1	22.2	94.3	98	0.3209	1.73E+01	0.999	244.8684	3.50E-04	0.996	3.82E-03	0	50
M-10	30	61.5	93.7	0.3126	2.85E+00	0.999	39.2157	3.10E-04	0.986	3.29E-03	0.009	2
M-11	30.5	33.8	42	0.3121	7.30E-01	0.997	10.0247	5.10E-04	0.989	5.41E-03	0.026	0.002
M-12	29.5	33.6	45	0.3131	3.62E+00	1	49.8618	4.60E-04	0.997	4.90E-03	0.026	0.004
M-13	30.8	55	98.1	0.3118	7.43E+00	1	101.9449	5.80E-04	0.987	6.15E-03	0.034	0.6
M-2	27.7	85.6	96.5	0.3150	1.51E+00	0.974	20.9428	6.50E-04	0.996	6.96E-03	0.327	4.3
M-3	29.2	91.1	96.2	0.3134	7.10E-01	0.987	9.7919	8.70E-04	0.994	9.27E-03	0.031	0.31
M-4	24.6	96.5	98	0.3183	8.90E-01	0.998	12.4640	4.90E-04	0.999	5.30E-03	0	2.2
M-5	30.4	29.8	42.5	0.3122	5.10E-01	0.996	7.0058	4.90E-04	0.995	5.20E-03	0.003	0.12
M-6	34.3	32.3	45.1	0.3082	2.97E+00	0.999	40.2948	5.70E-04	0.996	5.97E-03	0.003	0.003
M-7	32.6	34.8	45.5	0.3100	2.32E+00	0.995	31.6404	3.30E-04	0.993	3.48E-03	0	0.008
M-8	31	92	96.5	0.3116	1.02E+02	0.988	1398.4591	3.40E-04	0.992	3.60E-03	0.027	0.54
M-9	26	95	97.2	0.3168	2.99E+00	0.997	41.7055	3.70E-04	0.99	3.99E-03	0	32







Tabla 16. Datos obtenidos para la fumarola La Labor + Tanque de La Labor  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO2 g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H2S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H2S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
C-11	32.7	31.3	32.5	0.30986	0.36	0.995	4.9081	1.10E-04	0.906	1.16E-03		
C-12	31.7	27.9	31.2	0.31087	0.092	0.924	1.2584	1.60E-04	0.978	1.69E-03		
C-13	33.5	30.1	31.7	0.30905	0.19	0.994	2.5836	6.30E-04	0.997	6.62E-03		
C-14	33.2	29	31.5	0.30935	0.18	0.994	2.4501	1.40E-04	0.961	1.47E-03		
C-15	33	29.4	32.8	0.30955	0.029	0.827	0.3950	1.70E-04	0.976	1.79E-03		
C-16	32.7	31	32.4	0.30986	0.21	0.934	2.8631	1.50E-04	0.982	1.58E-03		
C-17	30.6	31.7	31	0.31200	0.13	0.994	1.7846	2.90E-04	0.959	3.08E-03		
C-18	31.3	27.5	28.9	0.31128	0.89	1	12.1897	6.80E-04	0.997	7.20E-03		
C-1A	34.7	35.2	39.9	0.30784	1.939	1	26.2639	2.70E-04	0.989	2.83E-03	0.042	0.014
C-2				0.34695	0.61	0.996	9.3121	1.40E-04	0.984	1.65E-03		
C-20	27.8	28	30.2	0.31490	0.11	0.988	1.5241	1.00E-04	0.949	1.07E-03		
C-21	28	26.5	28.2	0.31469	0.19	0.996	2.6308	2.10E-04	0.964	2.25E-03		
C-5	33.2	29.8	29.2	0.30935	0.022	0.817	0.2995	5.60E-04	1	5.89E-03		
C-6	30.1	29.2	32.8	0.31251	1.586	0.999	21.8083	8.00E-04	1	8.50E-03		
C-7	27.5	26.6	30.4	0.31521	0.45	0.998	6.2413	1.60E-04	0.927	1.71E-03		
C-8	28.3	30.8	31	0.31438	0.038	0.97	0.5256	2.10E-04	0.96	2.24E-03		
C-9	28.5	30.2	29.9	0.31417	0.077	0.993	1.0644	4.00E-04	1	4.27E-03		
L0-0	28.7	30	33.3	0.31396	0.071	0.989	0.9808	1.60E-04	0.908	1.71E-03		
L0-1	30.1	34.3	37	0.31251	0.19	0.97	2.6126			0.00E+00		
L0-2	34.1	55.8	77.2	0.30844	1.791	0.998	24.3066	8.50E-04	0.999	8.91E-03	0.023	0.42
L0-3	32.7	42.9	62.8	0.30986	1.576	1	21.4866	3.60E-04	0.988	3.79E-03	0.022	0.008
L0-4	32.7	32.5	42.1	0.30986	0.14	0.913	1.9087	2.20E-04	0.994	2.32E-03	0.021	0.12
L0-5	33.4	31.8	43.5	0.30915	1.293	0.994	17.5880	3.30E-04	0.994	3.47E-03	0.026	0.11
L0-6	36.5	37.7	45.8	0.30605	0.4	0.994	5.3865	5.70E-04	0.994	5.93E-03	0.049	0.14
L0-7	33.5	86.5	98.5	0.30905	1.29	0.998	17.5415	1.50E-04	0.961	1.58E-03	0.035	0.11
L0-8	33.2	33.1	38.7	0.30935	7.067	0.996	96.1917	2.20E-04	0.983	2.31E-03	0	0.11
L0-9	33.4	34	40.6	0.30915	0.94	0.999	12.7864	7.40E-05	0.815	7.78E-04	0.005	0.12
L1-1	31	36.4	45.6	0.31159	0.11	0.993	1.5081	1.30E-04	0.953	1.38E-03	0.022	0.002
L1-2	29.6	36.1	43	0.31303	0.73	0.999	10.0545	1.80E-04	0.966	1.92E-03	0.02	0.002
L1-3	35.1	33.1	32.4	0.30744	0.45	0.993	6.0874	3.20E-04	0.956	3.34E-03		
L1-4	31.9	54.4	82.2	0.31067	0.76	0.999	10.3887	4.00E-04	0.973	4.23E-03	0.044	0.51
L1-5	33.5	35.2	42.8	0.30905	0.57	0.995	7.7509	3.70E-04	0.97	3.89E-03	0.02	0.11
L1-6	33.5	55.6	88.9	0.30905	6.045	0.998	82.2004	7.10E-04	0.996	7.46E-03	0.051	0.13
L1-7	34.6	39.4	69.4	0.30794	1.503	0.991	20.3649	1.10E-04	0.958	1.15E-03	0	0.14
L1-8	32.5	45.2	57.5	0.31006	0.45	0.951	6.1392	2.50E-04	0.96	2.64E-03	0	0.11
L2-1	29.8	29.8		0.31282	1.979	0.998	27.2393	1.70E-04	0.949	1.81E-03		
L2-2	30.3	33.6	39.4	0.31231	0.93	0.987	12.7796	2.40E-04	0.945	2.55E-03	0.022	0.002
L2-3	29.7	33.4	40.4	0.31292	0.11	0.997	1.5146	3.20E-04	0.972	3.40E-03	0.021	0.003
L2-4	32.2	33	34.8	0.31036	0.84	0.999	11.4710	4.10E-04	0.977	4.33E-03	0.021	0.001
L2-5	34	77.3	90.8	0.30854	0.93	0.999	12.6256	7.10E-04	0.998	7.45E-03	0.068	0.007
L2-6	35.8	44.5	54	0.30675	1.369	0.999	18.4772	1.10E-03	0.996	1.15E-02	0.004	0
L2-7	35.1	57	98.4	0.30744	6.312	0.999	85.3855	1.30E-04	0.99	1.36E-03	0.004	0.17
L3-2	29.2	27.5	29.8	0.31344	0.061	0.964	0.8413	3.80E-04	0.984	4.05E-03		
L3-5	32.6	59.3	78.9	0.30996	1.775	0.996	24.2076	1.70E-04	0.991	1.79E-03	0.029	0.11
L3-6	36.3	89.9	97.4	0.30625	1	0.995	13.4750	2.70E-04	0.978	2.81E-03	0	1.9
L3-7	33.4	30	31.7	0.30915	3.009	0.997	40.9300	7.10E-05	0.945	7.46E-04		
L4-6	31.6	35.1	37.8	0.31097	6.765	0.999	92.5645	1.00E-04	0.928	1.06E-03	0.034	0.006
LA-0	34.9	33	38.8	0.30764	0.52	0.995	7.0389	3.40E-04	0.981	3.56E-03		

Continuación Tabla 16. Datos obtenidos para la fumarola La Labor + Tanque de La Labor  
 Temperaturas, Flujos de CO<sub>2</sub> en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, flujos de H<sub>2</sub>S en ppm/s y g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>,  
 concentraciones de Hg y H<sub>2</sub>S en ppm

Punto	Temperatura			K	Dióxido de Carbono		CO2 g/(m <sup>2</sup> .d)	Sulfuro de hidrógeno		H2S g/(m <sup>2</sup> .d)	Mercurio	H2S
	Ambiente	Superficial	Profunda		ppm/s	r		ppm/s	r			
LA-1	35	29.1	31.2	0.30754	0.48	0.998	6.4953	6.70E-05	0.916	7.01E-04		
LA-2	29.8	31.1	31.5	0.31282	0.19	0.996	2.6152	3.60E-04	0.99	3.83E-03		
LA-3	32.9	37.7	49.4	0.30965	1.169	0.996	15.9273	2.40E-04	0.95	2.53E-03	0.004	0.014
LA-4	34.5	40.1	45.9	0.30804	0.042	0.869	0.5693	1.00E-04	0.897	1.05E-03	0	0.015
LA-5	33.6	35.6	35	0.30895	0.63	0.999	8.5640	6.90E-04	1	7.25E-03	0	0.11
LA-6	33.1	41.1	47.2	0.30945	1.482	0.986	20.1787	3.20E-04	1	3.37E-03	0	0.11
LA-7	31.7	93.6	98.8	0.31087	0.57	0.992	7.7967	1.30E-04	0.954	1.37E-03	0.011	13
LA-8	32.7	30.9	33.8	0.30986	0.14	0.998	1.9087	1.50E-04	0.98	1.58E-03		
LA-9	34.7	32.3	31.7	0.30784			0.0000			0.00E+00		
LB-0	33.5	29.8	26	0.30905	2.132	0.983	28.9911	1.70E-04	0.973	1.79E-03		
LB-00	25.7	24.4	26.4	0.31711	0.17	0.998	2.3720	3.00E-04	994	3.23E-03		
LB-1	34.2	31.4	32	0.30834	0.38	0.975	5.1555	2.60E-04	0.967	2.73E-03		
LB-2	28.5	26.9	28.6	0.31417	0.97	0.998	13.4088	3.00E-04	0.981	3.20E-03		
LB-3	36.8	29.5	30.3	0.30576	0.92	0.999	12.3770	1.70E-02	0.866	1.77E-01		
LB-4	36.2	52	68.3	0.30635	1.168	0.999	15.7439	1.30E-04	0.922	1.35E-03	0.007	0.12
LB-5	36.8	49	62.6	0.30576	1.108	0.999	14.9063	3.40E-04	0.992	3.53E-03	0.007	0.009
LB-6	36.5	60.3	87.8	0.30605	0.92	0.999	12.3890	8.50E-05	0.979	8.84E-04	0.006	0.006
LB-7	37	47	53.8	0.30556	1.168	0.999	15.7033	1.30E-04	0.918	1.35E-03	0	0.007
LB-8	37.8	37.6	41	0.30477	0.76	0.931	10.1916	6.50E-04	0.997	6.74E-03	0	0.003
LB-9	35.6	33.7	31.3	0.30695	0.29	0.978	3.9166	7.60E-05	0.949	7.93E-04		
LC-0	27.9	32.1	37.1	0.31480	3.35	0.994	46.4009	2.70E-04	0.989	2.89E-03		
LC-00	28.8	26.7	29	0.31386	0.55	0.999	7.5954	3.00E-04	0.998	3.20E-03		
LC-1	28.1	40.1		0.31459	0.25	0.992	3.4605	3.40E-04	0.981	3.64E-03	0	0.006
LC-2	30.1	31.2	31.5	0.31251	0.73	0.978	10.0379	6.60E-04	1	7.01E-03		
LC-3	33.5	33.2	36.7	0.30905	0.42	0.999	5.7112	1.90E-04	0.991	2.00E-03		
LC-4	34	58	41.2	0.30854	4.532	1	61.5262	8.30E-05	0.986	8.71E-04	0.005	0.009
LC-5	35.1	45.3	44.4	0.30744	0.55	0.998	7.4401	2.30E-04	0.953	2.40E-03	0	0.003
LC-6	33.5	35	45.8	0.30905	0.75	0.999	10.1986	1.30E-04	0.98	1.37E-03	0.004	0.003
LC-7	34	34.3	32.8	0.30854	0.53	0.997	7.1952	2.80E-04	0.945	2.94E-03		
LC-8	33.2	36.1	30.9	0.30935	1.373	0.983	18.6884	1.70E-04	0.958	1.79E-03		
LD-0	31.5	29.3	29.8	0.31108	2.106	0.993	28.8255	1.60E-04	0.956	1.69E-03		
LD-1	32.1	34.2	37.5	0.31046	0.18	0.998	2.4589	5.60E-05	1	5.91E-04		
LD-2	33	31.4	33.4	0.30955	0.033	0.948	0.4495	2.80E-04	0.86	2.95E-03		
LD-3	31	28	30.2	0.31159	0.32	0.999	4.3872	2.50E-04	0.974	2.65E-03		
LD-4	31.8	31.7	36.5	0.31077	0.1	0.996	1.3674	2.00E-04	0.968	2.11E-03		
LD-5	29.4	31.3	34.2	0.31324	0.15	0.992	2.0674	2.10E-04	0.982	2.24E-03		
LD-6	29.8	28.7	30.7	0.31282	0.26	0.996	3.5787	1.70E-04	0.998	1.81E-03		
LE-1	34.9	32.3	32.7	0.30764	0.26	0.991	3.5194	3.90E-04	0.987	4.08E-03		
LE-2	34.8	34.7	36.2	0.30774	0.14	0.963	1.8957	6.80E-05	0.897	7.12E-04		
LE-3	25.8	29.5	31	0.31701	0.11	0.987	1.5343	7.30E-04	1	7.87E-03		
LE-4	28	32.1	35	0.31469	0.33	0.997	4.5693	2.10E-04	0.976	2.25E-03		
LE-5	31.2	29.6	32.4	0.31138	0.27	0.999	3.6992	1.30E-04	0.921	1.38E-03		
LF-2	35	30.4	30.1	0.30754	1.205	0.992	16.3059	4.60E-04	0.998	4.81E-03		
LF-3	28.1	28.2	31.7	0.31459	0.065	0.943	0.8997	4.50E-04	1	4.81E-03		
M-1	37.7	76	98.1	0.30487	7.415	0.998	99.4674	2.60E-04	0.973	2.70E-03	0.055	50
M-2	32.8	70.8	99.2	0.30975	7.718	0.997	105.1901	5.70E-05	0.989	6.00E-04	0.015	0.001
M-3	33.8	78.1	97.9	0.30875	2.339	0.992	31.7748	9.80E-05	0.991	1.03E-03	0.029	0.18
M-4	36.3	98.4	98.4	0.30625	1	0.995	13.4750	2.70E-04	0.978	2.81E-03	0	1.9
M-5	34.6	52.7	81.4	0.30794	4.432	0.999	60.0513	0.00E+00	0	0.00E+00	0	0.11
M-6				0.34695	4.368	0.999	66.6810			0.00E+00	0.041	0.006