

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE POSGRADO
DIPLOMADO EN GEOTERMIA PARA AMÉRICA LATINA
EDICIÓN 2019



TEMA:

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ACEPTACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS DE USOS DIRECTOS EN COMUNIDADES DENTRO DE ZONAS DE INTERÉS GEOTÉRMICO EN EL SALVADOR

PRESENTAN:

Carlos Andrés Asunción Alas
Michelle Natalia Pabón Chavez

ASESORES:

Luis Alberto Franco Nolasco
Caleb Aníbal Nájera Calderón

CIUDAD UNIVERSITARIA, 11 DE NOVIEMBRE DE 2019

Contenido

- 1. RESUMEN..... 7**
- 2. INTRODUCCIÓN..... 8**
- 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 9**
- 4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 9**
- 5. OBJETIVOS..... 10**
 - 5.1 Objetivo General 10**
 - 5.2 Objetivos Específicos..... 10**
- 6. MARCO TEÓRICO 11**
 - 6.1 La Geotermia y sus principales usos..... 11**
 - 6.1.1 Usos directos 11
 - 6.1.2 Usos indirectos..... 12
 - 6.1.3 Utilización en cascada..... 12
 - 6.2 Proyectos geotérmicos de usos directos y vinculación social en el mundo 13**
 - 6.2.1 Proyectos de usos directos 13
 - 6.2.2 Vinculación social..... 15
 - 6.3 Proyectos geotérmicos de usos directos y vinculación social en El Salvador..... 15**
 - 6.3.1 Contexto geotérmico en el salvador 15
 - 6.3.2 Proyectos geotérmicos de usos directos..... 16
 - 6.3.3 Vinculación social..... 17
- 7. PROPUESTA METODOLÓGICA 18**
- 8. IMPLEMENTACIÓN PROPUESTA METODOLÓGICA 20**
 - 8.1 Identificación de fuentes de calor –Etapa 1..... 20**
 - 8.1.1 Área de interés..... 20
 - 8.1.2 Determinación de temperaturas disponibles y esquematización de fuentes de calor 20
 - 8.1.3 Posibles proyectos de usos directos 21
 - 8.2 Determinación del área de influencia-Etapa 2..... 22**
 - 8.2.1 Criterios para delimitar el área de influencia. 22
 - 8.2.2 Área de influencia propuesta..... 23
 - 8.2.3 Identificación de comunidades dentro del área de influencia 24

8.2.4	Calibración del área de influencia	24
8.3	Identificación de necesidades de las comunidades que se encuentran dentro del área de influencia que se puedan suplir con algún uso directo de la geotermia-Etapa 3	27
8.3.1	Plan de recolección de información primaria.....	27
8.3.2	Resultados	31
8.3.3	Análisis de resultados	49
8.4	Determinación de la factibilidad de las tecnologías propuestas de usos directos de la geotermia-Etapa 4	51
8.4.1	Tecnologías existentes o adaptables	51
8.4.2	Factibilidad económica.....	51
8.4.3	Factibilidad técnica de las propuestas.....	52
8.4.4	FACTIBILIDAD LEGAL	54
8.4.5	CRITERIOS PARA LA CREACIÓN DE MAPAS DE FACTIBILIDAD	54
9.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	55
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
11.	AGRADECIMIENTOS.....	60
12.	REFERENCIAS	61
13.	APÉNDICES	62

Ilustraciones

Ilustración 1 Diagrama de rangos de temperaturas para la aplicación de proyectos geotérmicos de usos directos e indirectos (Diagrama de Lindal - Geothermal Education Office [2005] and Lund [2010])	12
Ilustración 2 Esquema de uso de energía geotérmica en cascada (origen: Manual de geotermia, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid [2008])	13
Ilustración 3 Capacidad instalada y utilización de los usos directos de la geotermia (Lund & Boyd)	14
Ilustración 4 Top 12 de países con mayor utilización de usos directos de la geotermia	14
Ilustración 5 Ubicación de áreas con recursos geotérmicos de alta entalpía en El Salvador (Situación Actual y Desarrollo de los Recursos Geotérmicos en Centro América).	16
Ilustración 6 Prototipos de usos directos en El Salvador.....	16
Ilustración 7, Esquema puntos de interés para fuente de calor directa en una central geotérmica utilizando EES. Modificada de: (Henríquez, 2019)	21
Ilustración 8, Diagrama de Lindal.	22
Ilustración 9, Área de influencia propuesta (Buffer 1.25km). Fuente Propia.....	23
Ilustración 10, División política del área de influencia. Fuente Propia	24
Ilustración 11, Área de influencia verificada. Fuente propia.	25
Ilustración 12, Cantones, caseríos y asentamientos del área de influencia verificada. Fuente Propia.	26
Ilustración 13, Género y rango de edades de los encuestados.	31
Ilustración 14, Principal fuente de ingresos económicos en el hogar.	31
Ilustración 15, Tipos de cultivos fuentes de ingresos económicos en los hogares.	32
Ilustración 16, Tipos de negocio en el hogar fuentes de ingresos económicos	32
Ilustración 17, Tipos trabajos informales fuentes de ingresos económicos en los hogares.	33
Ilustración 18, Conocimientos sobre geotermia-260 respuestas.....	33
Ilustración 19, Conocimientos específicos sobre geotermia-153 respuestas.	34
Ilustración 20, Conocimientos sobre usos directos de la geotermia- 260 respuestas.	34
Ilustración 21, Conocimientos referentes a usos directos de la geotermia- 45 respuestas.....	35
Ilustración 22, Identificación de posibles líderes de usos directos-260 respuestas.....	35
Ilustración 23, Propuestas de usos directos realizada por las comunidades (lluvia de ideas)-260 respuestas.....	36
Ilustración 24, Género y rango de edades de los encuestados Cantón Chipilapa. Fuente propia	37
Ilustración 25; resultados específicos cantón Chipilapa.	38
Ilustración 26, Género y edad de los encuestados Cantón El Barro.....	39
Ilustración 27, Resultados específicos cantón El Barro.....	40
Ilustración 28, Género y edad de los encuestados Cantón Los Magueyes.	41
Ilustración 29, Resultados específicos cantón Los Magueyes.	42
Ilustración 30, Género y edad de los encuestados Cantón Santa Rosa de Acacalco. Fuente propia	43
Ilustración 31, Resultados específicos cantón Santa Rosa de Acacalco.....	44

Ilustración 32, Género y edad de los encuestados Cantón Suntecumat. 45
 Ilustración 33, Resultados específicos cantón Suntecumat 46
 Ilustración 34, Género y edad de los encuestados Cantón Tacubita. 47
 Ilustración 35, Resultados específicos cantón Tacubita. 48
 Ilustración 36, métodos de secado de maíz en la zona..... 50
 Ilustración 37, Zonificación de cultivos..... 50
 Ilustración 38 Variables consideradas para el emplazamiento de proyectos de Usos Directos. 54

Tablas

Tabla 1, Criterios para delimitar el área de influencia.....	23
Tabla 2, Caseríos y asentamientos del área de influencia.	26
Tabla 3, Distribución de encuestas	28
Tabla 4, selección aleatoria de entrevistado de Troidahl y Carter	30
Tabla 5, Posibles líderes de proyectos cantón Chipilapa	37
Tabla 6, Posibles líderes de proyectos cantón El Barro	39
Tabla 7, Posibles líderes de proyectos cantón Los Magueyes	41
Tabla 8, Posibles líderes de proyectos cantón Santa Rosa de Acacalco	43
Tabla 9, , Posibles líderes de proyectos cantón Suntecumat.....	45
Tabla 10, Posibles líderes de proyectos cantón Tacubita	47

1. RESUMEN

El presente documento contiene la propuesta metodológica elaborada y aplicada para la aceptación social de proyectos geotérmicos de usos directos, específicamente de comunidades aledañas a zonas de interés geotérmico.

La propuesta de desarrolla bajo cuatro etapas, cuya finalidad es proponer proyectos de usos directos que sean aceptados y sostenibles por comunidades entorno a zonas de interés geotérmico:

- La primera etapa se enfoca en la toma y referencia de temperaturas del área geotérmica.
- La segunda etapa delimita el área de influencia, considerando la temperatura determinada en la etapa uno y las comunidades aledañas al sitio.
- La tercera etapa consiste en la determinación de las fuentes de vida actuales y las necesidades de la población que vive dentro del área de influencia determinada en la etapa dos y que pueden ser sustituibles con tecnologías que aprovechen el calor de la geotermia; La determinación de necesidades se realiza por medio de encuestas, las cuales se estructuran en una parte de diagnóstico para saber cómo viven las personas, y otra parte donde se apoya al encuestado para diagnosticar su conocimiento sobre la geotermia y los usos directos; la cantidad y distribución de encuestas se realiza aplicando un método de muestro para los asentamientos poblacionales determinados en el área de influencia y se distribuyen de acuerdo a la densidad poblacional;
- La cuarta parte determina, a partir de los usos propuestos por las personas encuestas y las necesidades y fuentes de vida determinadas por el investigador, los usos directos de la geotermia más adecuados para las comunidades. A estos usos directos se les realiza la factibilidad técnica, económica y legal, y posteriormente se realiza un análisis de criterios ponderados para determinar el mejor emplazamiento de las tecnologías seleccionadas.

Para el caso de aplicación se implementó la metodología propuesta sobre un área de interés geotérmico en El Salvador, donde existe una planta geotérmica, por lo que el estudio fue orientado a proyectos geotérmicos de usos directos en cascadas.

Como resultado final se propusieron tres tecnologías a partir de la información obtenida de las comunidades: Incubadora de huevos, piscicultura de tilapias y secado de maíz. Se elaboró un mapa de ubicación óptima para cada proyecto.

2. INTRODUCCIÓN

El Salvador es un referente de geotermia en América Latina y en el mundo, su potencial geotérmico es de 791 MW, y cuenta con dos centrales de generación de energía eléctrica a base de geotermia con una capacidad total de 204 MW. Sin embargo, su desarrollo en la implementación de usos directos de la geotermia se ha basado en baños termales y medicinales, así como en usos tradicionales para el cocimiento de alimentos realizado solo por ciertas personas de las localidades de los entornos geotérmicos.

Las zonas geotérmicas, incluyendo los emplazamientos de las centrales geotérmicas son zonas de tipo rural, donde las condiciones de vida están en el rango de pobreza extrema alta a pobreza extrema moderada (Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local de El Salvador), por lo que es importante el desarrollo de proyectos que beneficien a las comunidades para mejorar su calidad de vida.

La implementación de proyectos de usos directos de la geotermia que utilicen tecnología aplicada al calor contribuye a expandir la satisfacción de necesidades que existan en la zona y ejecutar actividades que generen una fuente de ingreso en el hogar. El desarrollo de proyectos creados a partir de las necesidades de las personas de la comunidad, propuestos por las personas de la comunidad y desarrollados por las personas de la comunidad, aumentan el porcentaje de sostenibilidad de los mismos a través del tiempo y disminuyendo la probabilidad de fracaso.

De acuerdo a (Franco, 2019), la generación de energía eléctrica a base de geotermia contribuye a cumplir los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas:

- Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante.
- Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico.
- Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura.
- Objetivo 10: Reducción de las desigualdades.
- Objetivo 13: Acción por el clima.

Con la implementación de proyectos geotérmicos que mejoren la calidad de vida de las comunidades a través de sus usos directos, se fortalece la geotermia en cuanto a su desarrollo sostenible, ayudando a cumplir además con los siguientes objetivos:

- Objetivo 1: Fin de la pobreza.
- Objetivo 2: Hambre cero.
- Objetivo 5: Igualdad de género.
- Objetivo 12: Producción y consumo responsable.

Los proyectos geotérmicos de usos directos contribuyen a la optimización del uso de la geotermia y a la mejora de la calidad de vida de las personas entono a ella.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como parte del desarrollo geotérmico, los usos directos de la geotermia a partir de manifestaciones geotermiales o en cascada, forman parte de los proyectos en los cuales las comunidades pueden ser involucradas de manera directa.

Desde la década de los 20, se empiezan a aunar esfuerzos para crear tecnologías que permitan la utilización directa del calor del suelo. Según el Ministerio de Economía, Industria, y Competitividad de España, al año 2000 se registró una potencia mundial instalada de 15145 MWt en usos directos de geotermia, de los cuales sus principales aportadores son Estados Unidos, China, Islandia y Japón. A la fecha la inexistencia de tecnologías no lidera la lista de inconvenientes por los cuales proyectos de utilización directa del calor del suelo no salen a flote, principalmente en Latinoamérica.

El salvador ha sido el país latinoamericano pionero en la utilización del recurso geotérmico para la generación de energía eléctrica (uso indirecto), actualmente cuenta con una capacidad instalada de 204MW. Sin embargo, la ejecución de proyectos de menor escala, como la utilización de usos directos del calor del suelo aún no se ha podido desarrollar exitosamente.

Desafíos como involucrar a la comunidad y hacer que el proyecto sea viable y sostenible, son focos de interés para llevar progreso a hogares a través de la utilización de recursos geotérmicos existentes, pero la falta de un procedimiento establecido que contribuya a ese fin hace que éste objetivo pierda interés.

4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En virtud de la poca interacción entre la tecnología existente y quienes necesitan de la tecnología, vale la pena plantear una metodología capaz de ofrecer como producto final propuestas tecnológicas de usos directos de la geotermia que lleven progreso a las comunidades y que sean éstas las encargadas de su éxito a lo largo del tiempo.

Dicha herramienta no solo representa la posibilidad de hacer uso del calor del suelo en lugares donde ya hay producción de energía eléctrica, sino que también, permite a países que actualmente buscan el desarrollo de la geotermia en su territorio contar con una guía que garantice un inicio en la geotermia firme en conjunto con sus habitantes.

Adicionalmente los proyectos producto de ésta metodología representarán gran interés para fuentes de financiamiento regional que velan diariamente por un progreso sostenible.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

- Proponer y desarrollar una metodología para la evaluación de tecnologías de aprovechamiento de usos directos de la geotermia que cuenten con aceptación social de las comunidades en zonas de interés geotérmico en El Salvador

5.2 Objetivos Específicos

- Elaborar un instrumento de planificación para proponer tecnologías de usos directos de la geotermia que sean capaces de contar con aceptación social.
- Determinar puntos de interés dentro del proceso geotérmico que puedan ser aprovechados como fuentes de calor para proyectos de usos directos geotérmicos en cascada.
- Definir el área de influencia para el aprovechamiento de los proyectos de usos directos geotérmicos considerando las comunidades.
- Identificar necesidades de las comunidades que se encuentren dentro del área de influencia que se puedan suplir con la implementación de proyectos de usos directos de la geotermia.
- Identificar las tecnologías existentes de usos directo para suplir las necesidades de las comunidades, evaluar su aceptación social y la factibilidad técnica, económica y legal.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 La Geotermia y sus principales usos

Geotermia significa: “energía, en forma de calor, que contiene la Tierra (roca)”, la cual puede ser aprovechada mediante tecnología apropiada para usos directos como la calefacción, o indirectos como la producción de electricidad en planta geotérmicas (uso industrial).

El calor de la Tierra es inmenso, pero sólo una pequeña fracción del mismo puede ser utilizado por la Humanidad, que así lo ha venido haciendo desde las épocas glaciares, en regiones volcánicas, cuando los seres humanos descubrieron la utilidad de los manantiales termales para cocinar alimentos y con fines medicinales, hasta la época actual en la que los medios técnicos disponibles permiten extraerlo de la corteza terrestre y transformarlo en energía eléctrica, o usarlo directamente para calefacción humana o animal, y en procesos industriales y agrícolas. (LLopis & Rodrigo, 2008)

6.1.1 Usos directos

El uso directo del calor es una de las aplicaciones más antiguas comunes de la energía geotérmica para balnearios, calefacción residencial, agricultura, acuicultura y usos industriales. A nivel mundial, se puede clasificar la utilización directa de la energía geotérmica en dos ámbitos claramente diferenciados: el sector industrial y el sector residencial y de servicios.

Procesos industriales

El vapor, calor o agua caliente de las reservas geotérmicas, puede ser empleado en aplicaciones industriales donde las instalaciones son grandes y requieren un gran consumo de energía

- Sector industrial: Las diferentes formas de utilización de este calor incluye: procesos de calefacción, evaporación, secado, esterilización, destilación, lavado, descongelamiento y extracción de sales, etc., aplicado en la industria de producción de papel y reciclado, procesamiento de celulosa, tratamientos textiles, industria alimenticia, pasteurización de leche, extracción de productos químicos, recuperación de productos petrolíferos, extracción de CO₂, bebidas carbonatadas, etc.
- Invernaderos: Un empleo muy común de la energía geotérmica de baja temperatura es en agricultura. Las aplicaciones agrícolas de fluidos geotermales son para calefacción a campo abierto e invernaderos. El uso de invernaderos no se limita sólo a cultivos vegetales comestibles sino al cultivo de plantas ornamentales, flores, etc.
- Acuicultura: El sistema de piscifactorías consiste en la crianza de peces, crustáceos o mariscos en varias piscinas artificiales escalonadas, controlando así el crecimiento de cada especie, manteniendo artificialmente una temperatura óptima, la alimentación y la calidad del agua. Las temperaturas que se requieren para las especies acuáticas son del orden de 20-30°C. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Instituto Geológico de España (IGME), 2008)

Sector residencial y servicios

El uso de sistemas geotérmicos de baja entalpía para el sector residencial y de servicios permite prescindir del gasóleo, gas natural o gases licuados derivados del petróleo (propano y butano), todas ellas energías caras y no renovables.

- **Calefacción de Distrito, “District Heating”:** El aprovechamiento directo de los recursos geotermales permite diseñar un sistema de calefacción centralizado, más comúnmente conocido como “districtheating”.
- **Bomba de calor:** En zonas donde la variación de temperatura con respecto a la profundidad del suelo es relativamente alta los materiales geológicos permanecen a una temperatura estable, in-dependientemente de la estación del año o de las condiciones meteorológicas. Esta estabilidad geotérmica es la que permite que en verano el subsuelo esté considerablemente más fresco que el ambiente exterior. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Instituto Geológico de España (IGME), 2008)

6.1.2 Usos indirectos

Generación de energía eléctrica: Los yacimientos geotérmicos de alta temperatura pueden aprovecharse para generar electricidad dependiendo de las características del recurso geotérmico, así la generación de electricidad se realiza mediante turbinas de vapor convencionales (Ciclo Rankine) y plan-tas de ciclo binario.

En la Ilustración 1 se representan los diversos usos de la energía geotérmica con respecto a la temperatura.

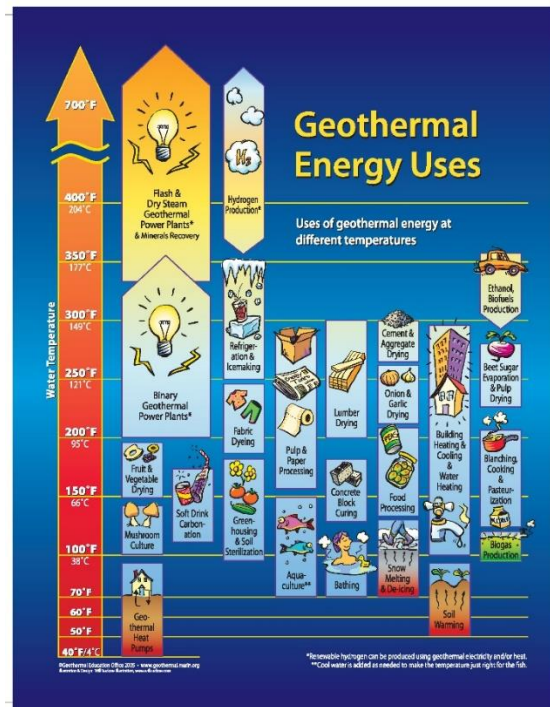


Ilustración 1 Diagrama de rangos de temperaturas para la aplicación de proyectos geotérmicos de usos directos e indirectos (Diagrama de Lindal - Geothermal Education Office [2005] and Lund [2010])

6.1.3 Utilización en cascada

La utilización de los recursos geotérmicos, tal como se ha visto, está condicionada por el nivel térmico del fluido. Frecuentemente se utilizan aprovechando la energía disponible tras haber sido ya utilizada, usualmente después de un proceso industrial geotérmico, beneficiándose de los

distintos niveles térmicos requeridos para los diferentes usos (Ilustración 2). Este aprovechamiento es conocido como utilización en cascada. De este modo, tras la producción eléctrica, el fluido aún caliente puede ser aprovechado para calefacción de viviendas. Tras este segundo uso, el fluido puede ser aprovechado para otros usos con menores requerimientos de temperatura, calefacción de invernaderos, etc. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Instituto Geológico de España (IGME), 2008)

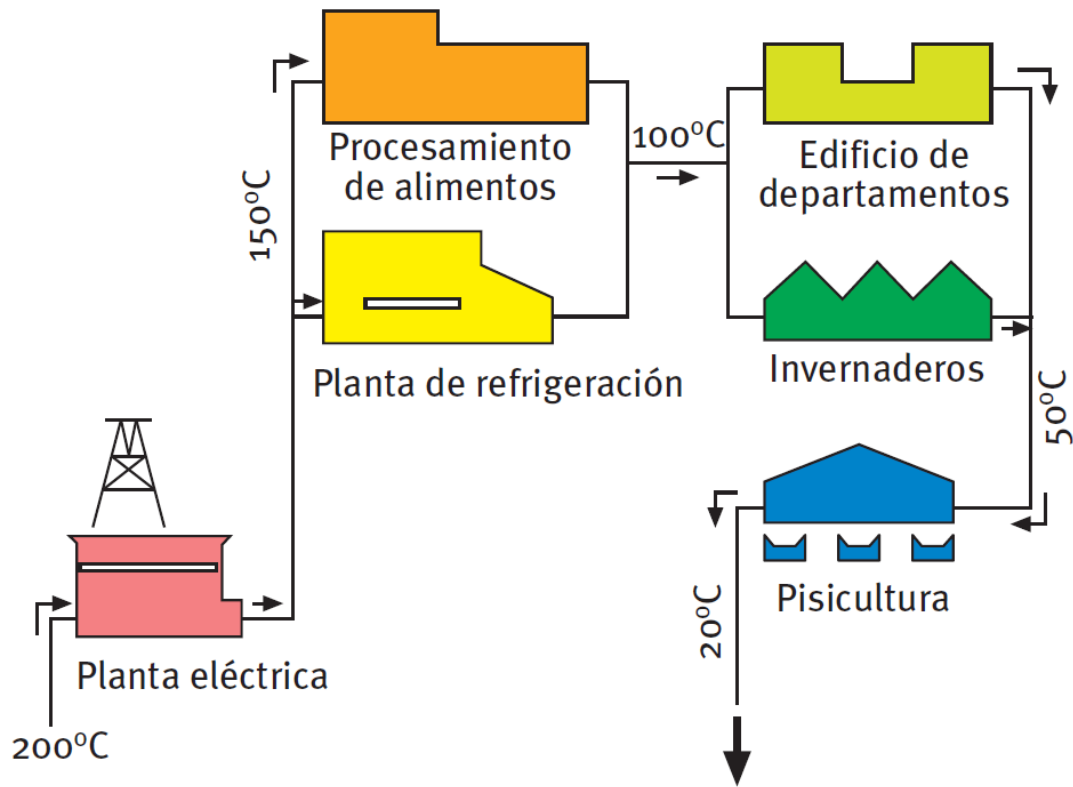


Ilustración 2 Esquema de uso de energía geotérmica en cascada (origen: Manual de geotermia, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid [2008])

6.2 Proyectos geotérmicos de usos directos y vinculación social en el mundo

6.2.1 Proyectos de usos directos

En la Ilustración 3 se presenta la capacidad mundial instalada de usos directos de la geotermia y su utilización en el año.

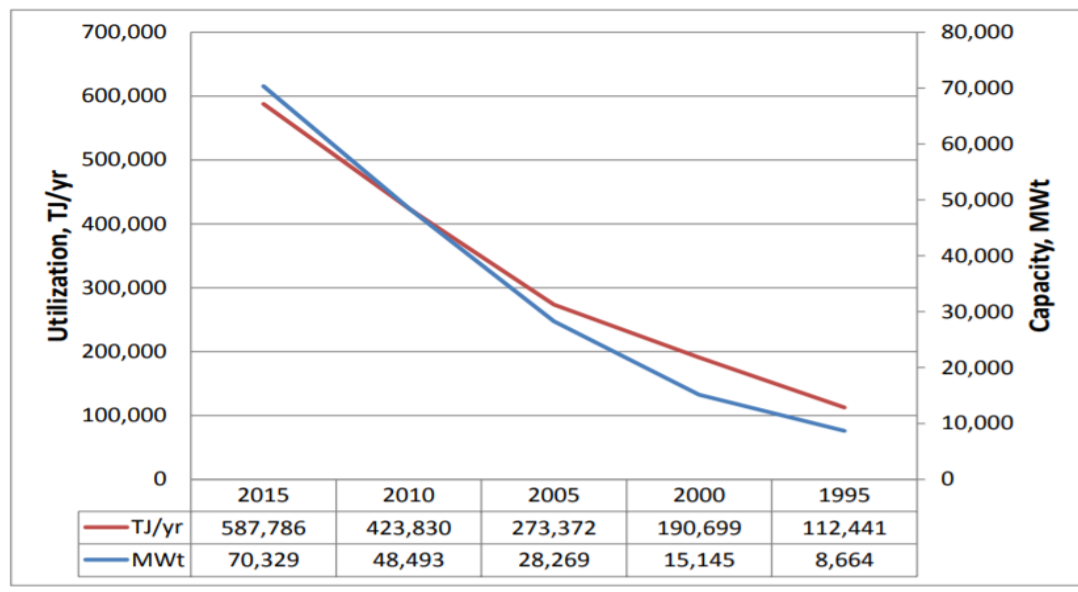


Ilustración 3 Capacidad instalada y utilización de los usos directos de la geotermia ((Lund & Boyd)

Los países con mayor utilización de usos directos de la geotermia se en-listan en la Ilustración 4:

GEOTHERMAL UTILIZATION 2015 DIRECT USE - TOP TWELVE

(Lund and Boyd, 2015)

	MWt	GWh/a
China	17,870	48,435
USA	17,416	21,075
Sweden	5,600	14,423
Turkey	2,886	12,536
Iceland	2,040	7,422
Japan	2,186	7,259
Germany	2,847	5,426
Finland	1,560	5,000
France	2,347	4,408
Canada	1,467	3,227
Hungary	906	2,852
Italy	1,014	2,412

Ilustración 4 Top 12 de países con mayor utilización de usos directos de la geotermia

6.2.2 Vinculación social.

En la actualidad se han registrado esfuerzos por parte de los proponentes de proyectos geotérmicos de usos directos en cuanto al involucramiento con las partes interesadas, de los cuales se destacan los siguientes documentos:

- “*Desarrollo de una estrategia GEO HEAT para aumentar los usos directos de la geotermia consultando a los grupos de interés*” (M, B, S, & A) – Nueva Zelanda 2016. La estrategia de Geoheat establece una coordinación de enfoque intersectorial para impulsar la adopción de Uso directo del calor geotérmico. Los autores comenzaron a impulsar el desarrollo de la Estrategia Geoheat a principios de 2015. El proceso comenzó con un ejercicio de mapeo de sistemas que identifica las influencias de los elementos claves para aumentar el uso directo de los recursos geotérmicos. Estos proyectos preliminares de factores de éxito fueron llevados a las partes interesadas para su retroalimentación / validación mediante talleres de grupos focales facilitados y comentarios a través de una encuesta en línea basada en la web.
- “*Aumento de la aceptación pública de la utilización geotérmica a través de la aplicación directa en Indonesia*” (Mayandari, y otros) – Indonesia 2016. El cual se basa en La aceptación pública o social definida por Wüstenhagen et al. (Wüstenhagen, Wolsink, & Burer) como una combinación de tres categorías: aceptación sociopolítica, aceptación del mercado; y aceptación de la comunidad. La aceptación de la geotermia por la comunidad define la aceptación práctica de las selecciones de sitios para implementar usos directos.
- “*Estudio sobre la aplicación de uso directo en cascada utilizando fluidos geotérmicos en Wayang Windu*” (Benjaarnahor, Nugroho, Hendrarsakti, & Darmanto) – Indonesia 2019, la cual evalúa las condiciones térmicas de una Central Geotérmica para implementar proyectos de usos directos de la geotermia en Cascada de acuerdo a las necesidades de las industrias cercanas a la zona de interés. Este estudio implementado.

6.3 Proyectos geotérmicos de usos directos y vinculación social en El Salvador

6.3.1 Contexto geotérmico en el salvador

En El Salvador no existen proyectos geotérmicos de usos directos de tipo cascada, sin embargo, se utilizan las manifestaciones geotermiales para baños o saunas en las zonas geotérmicas. Según el Plan Maestro para el desarrollo de las energías renovables en El Salvador hay 12 áreas geotérmicas con temperaturas subterráneas que se estiman superiores a 150 °C (alta entalpía), así como 12 áreas geotérmicas con temperaturas subterráneas que se estiman entre 90 a 150 °C (baja entalpía). En la Ilustración 5 se muestra la ubicación de los campos geotérmicos existentes (Ahuachapán y Berlín), así como el potencial de las 12 áreas geotérmicas de alta entalpía para producción de energía eléctrica.

Ubicación de las áreas con recursos geotérmicos de alta entalpía en El Salvador

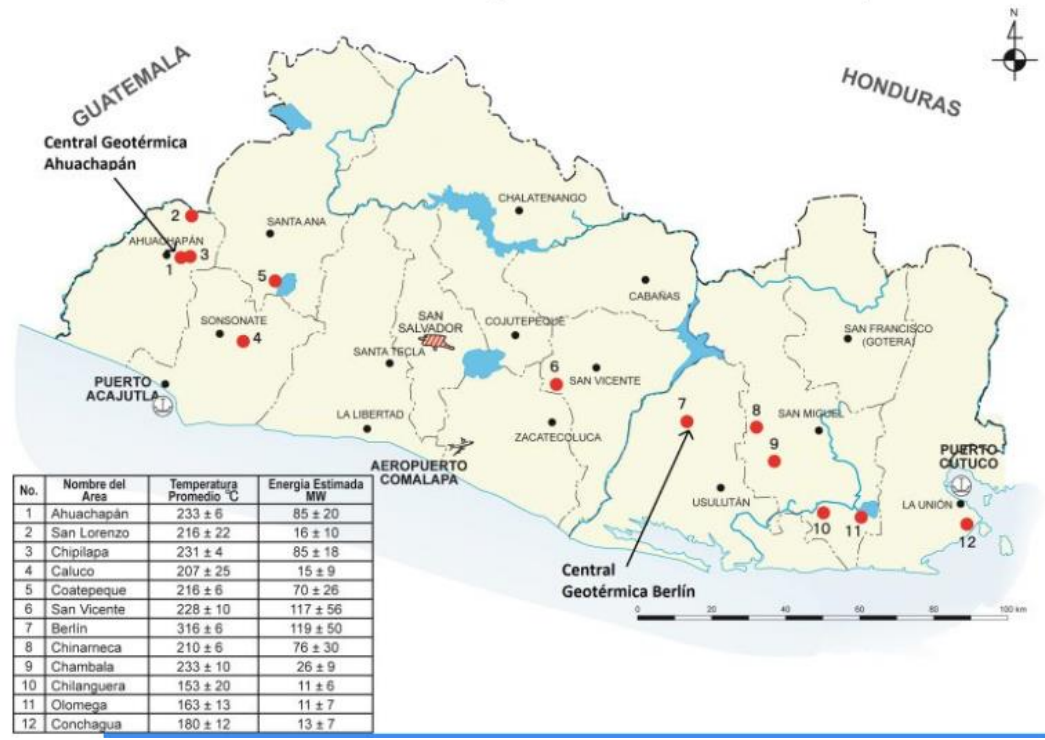


Ilustración 5 Ubicación de áreas con recursos geotérmicos de alta entalpía en El Salvador (Situación Actual y Desarrollo de los Recursos Geotérmicos en Centro América).

Según el Consejo Nacional de Energía de El Salvador (CNE) la capacidad geotérmica en el país es aproximadamente 791 MW.. La capacidad instalada de energía eléctrica a base de geotermia es de 204.4 MW.

6.3.2 Proyectos geotérmicos de usos directos

En El Salvador se han desarrollado cuatro prototipos de proyectos geotérmicos de usos directos: el secado de café, el pasteurizador de leche, elaboración de velas, deshidratado de frutas. Ver Ilustración 6 Prototipos de usos directos en El Salvador.



Ilustración 6 Prototipos de usos directos en El Salvador

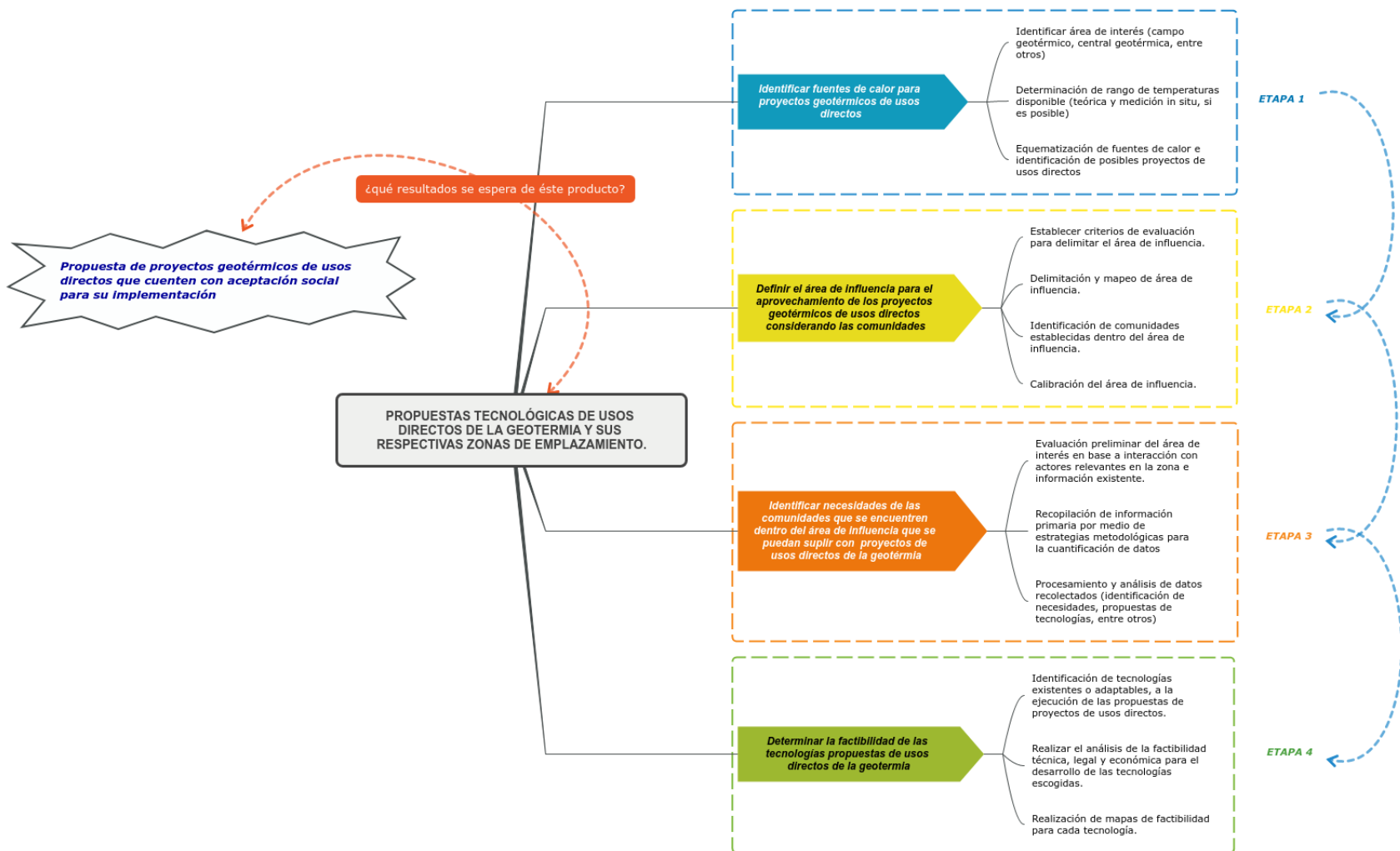
Estos prototipos han sido diseñados y construidos en un sistema de cascada a partir de los componentes de una Central Geotérmica en El Salvador. (Chavarria, 2019)

6.3.3 Vinculación social

En cuanto al aspecto social, solo el proyecto de deshidratado de frutas se relacionó con las comunidades como fuente de ingresos para las personas que participaban en su funcionamiento y para la sostenibilidad del mismo, sin embargo, el proyecto fue decayendo hasta darlo por finalizado por la poca productividad y el poco interés de las personas.

Los prototipos de velas, pasteurizador de leche y secador de café, no han sido socializados a las comunidades, por lo que la aceptación y la sostenibilidad de los prototipos por parte de ellas es una incertidumbre.

7. PROPUESTA METODOLÓGICA



Ésta propuesta técnica-metodológica planteada por el grupo investigador, tiene como objetivo ser un apoyo a la hora de planificar y ejecutar un proyecto de uso directo del calor del suelo, está basada en la implementación del MODELO LÓGICO¹, tiene como producto final proponer tecnologías de usos directos de la geotermia y a su vez responde interrogantes como ¿Qué resultados se espera del producto?, ¿ qué sub productos se pueden obtener? ¿Qué actividades son necesarias?.

Adicionalmente se plantea de tal manera que no se limita la fuente de calor a emplear, ya que se contempla la utilización de temperaturas reales y teóricas, donde estas últimas pueden determinarse por medio de geotermómetros que utilizan datos químicos medidos en superficie. Sin embargo, la duración de cada una de las etapas está en función del medio donde se ejecute la metodología, ya que por ejemplo, en lugares donde existe un desarrollo geotérmico preliminar la etapa 1 puede ser simplemente de control, mientras que en lugares sin avances en geotermia, ésta misma etapa representa por si sola un estudio investigativo completo y detallado.

Es de destacar que el producto final contempla las factibilidades técnica, económica y legal, sin embargo, no se contempla una factibilidad de diseño de tecnología, la cual debe contemplarse por parte del equipo encargado del diseño del prototipo.

Finalmente, en el capítulo siguiente se presenta la implementación de la propuesta metodológica en un caso real en El Salvador.

¹ El modelo lógico es una herramienta que facilita el diseño, la ejecución y la evaluación de un proceso, a la vez que da una buena idea de la estructura general a seguir y ayuda a expresar mejor las ideas al planificar. Su fortaleza radica en que vincula los diferentes componentes de la planificación y no se limita a citarlas sin razón alguna. Se debe tener presente que un modelo lógico NO es un marco lógico, éste último es más rígido y estructurado y no se vale tanto de elementos visuales para mostrar la dinámica de las relaciones entre los componentes de planificación como si lo hace el modelo lógico (ASOCIACIÓN COSTA RICA POR SIEMPRE, 2017)

8. IMPLEMENTACIÓN PROPUESTA METODOLÓGICA

8.1 Identificación de fuentes de calor –Etapa 1

8.1.1 Área de interés.

El área seleccionada para la primera implementación de la propuesta metodológica para la aceptación social de proyectos geotérmicos de usos directos, es el campo geotérmico de Ahuachapán.

Éste campo se encuentra ubicado al occidente de San Salvador, en el sector norte de la cordillera de Apaneca. Pertenece al departamento y municipio de Ahuachapán, el cual ésta conformado por 27 cantones.

En 1972 se inicia dentro del campo la construcción de la Central Geotérmica de Ahuachapán (CGA), entrando en operación comercial en septiembre de 1975 con una unidad de 30MW. En la actualidad posee una capacidad instalada de 95MW y posee un total de 19 pozos productores, 8 reinyectores, 2 de monitoreo y 21 pozos en espera y observación (La Geo, 2019).

8.1.2 Determinación de temperaturas disponibles y esquematización de fuentes de calor

Para ésta investigación se considera la implementación de usos directos en cascada, empleando líneas de acarreo de agua geotérmica como fuente de calor.²

Para la determinación de la temperatura teórica de las líneas de acarreo se utilizan datos correspondientes a registros históricos de una central geotérmica de media y baja presión.

Adicionalmente, y teniendo en cuenta mediciones realizadas en campo se determina que la variación de temperatura (ΔT) respecto a la longitud de la línea de acarreo del fluido geotérmico (L) se considera despreciable, por lo tanto: $\Delta T(L)=0$.

En la Ilustración 7 se esquematiza el proceso normal de una central geotérmica de doble flasheo y se resalta los puntos que representan principal interés para ser utilizados como fuente de calor para uso directo.

En base a esto se determina que las temperaturas máximas disponibles para la realización de esta investigación corresponden a 158°C en líneas de acarreo de fluido geotérmico desde el pozo hasta la central y 116°C en líneas de acarreo de fluido geotérmico hacia reinyección.

² No se consideran como fuentes de calor las líneas de acarreo de vapor geotérmico ya que su utilización puede interferir directamente en la producción de la planta.

Los pozos que no se encuentran en producción tienen alto potencial para ser utilizados como fuente de calor. Sin embargo, en esta investigación no se consideran debido a que la medición de temperatura in situ implica la apertura del pozo, conllevando a un proceso de medición que requiere de mucho más tiempo.

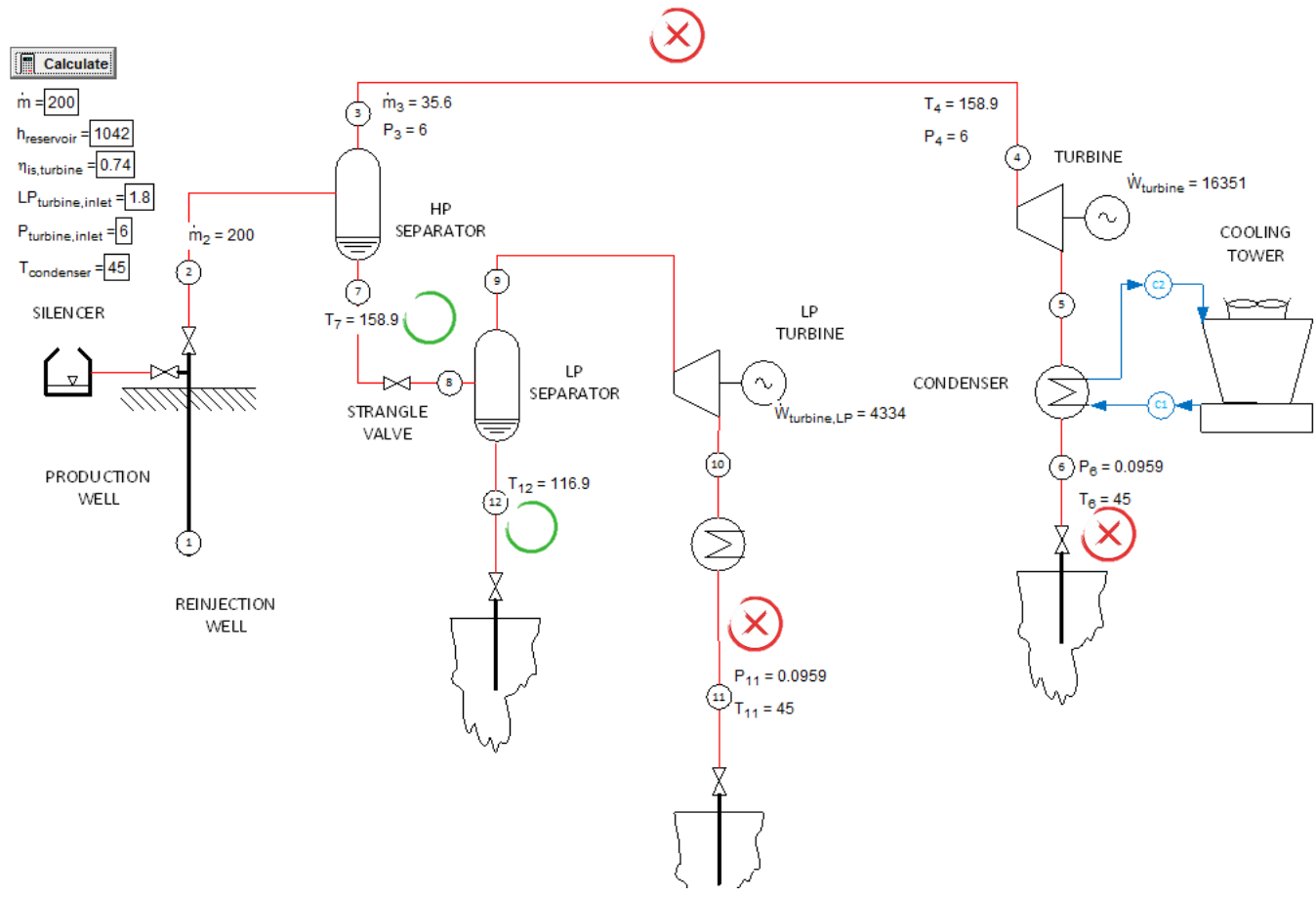


Ilustración 7, Esquema puntos de interés para fuente de calor directa en una central geotérmica utilizando EES. Modificada de: (Henríquez, 2019)

8.1.3 Posibles proyectos de usos directos

Tomando como referencia el diagrama de Lindal (Ilustración 8) y las temperaturas propuestas en el apéndice anterior, se determina que algunos de los usos directos que se pueden desarrollar en éste rango de temperatura corresponden a:

- Fraguado de bloques de concreto
- Procesamiento de alimentos
- Procesamiento de pulpa y papel
- Secado de vegetales
- Cultivo de hongos
- Producción de biogás
- Piscicultura
- Secado de telas
- Secado de cebolla y ajo
- Secador de cemento

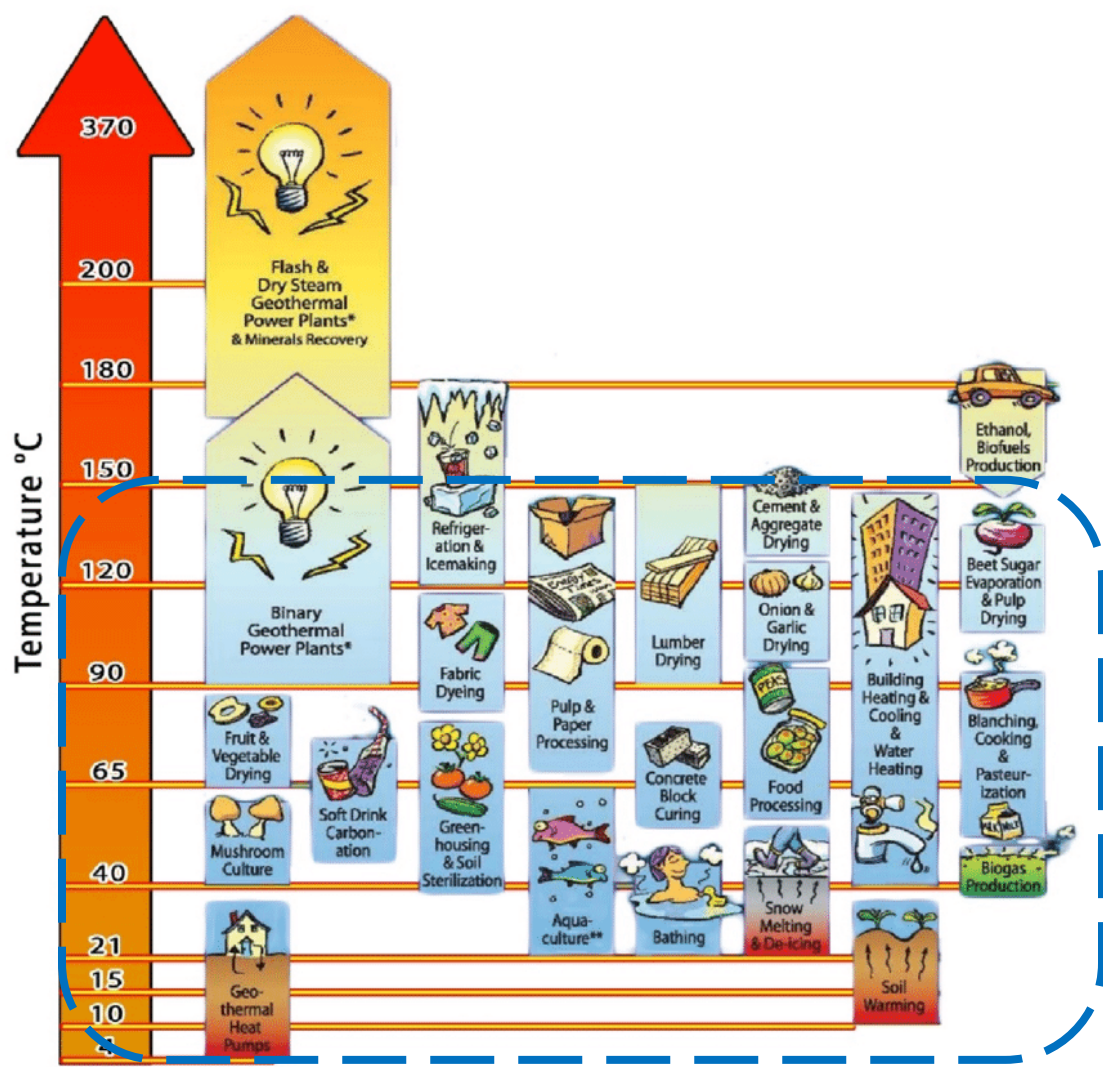


Ilustración 8, Diagrama de Lindal.

8.2 Determinación del área de influencia-Etapa 2

Se entiende por área de influencia aquella zona donde las condiciones térmicas de la Central Geotérmica (o el campo geotérmico) permitan la implementación de proyectos de usos directos de la geotermia accesibles para la población cercana.

8.2.1 Criterios para delimitar el área de influencia.

La determinación del área de influencia inicial (área de influencia teórica³) se determinó a partir de los criterios expuestos en la Tabla 1

³ Ésta primera delimitación se toma como área teórica ya que no contempla condiciones reales de la zona.

Tabla 1, Criterios para delimitar el área de influencia

Criterio	Valores	Justificación
Temperaturas	Mayores a 100°C	La condición de una temperatura de 100°C se toma de referencia ya que permite la implementación de múltiples proyectos geotérmicos de usos directos. De acuerdo a los valores de temperatura corroborados en el capítulo anterior (Ilustración 7), las infraestructuras con condiciones de temperatura mayores a 100°C que pueden ser empleadas como fuente de calor son las instalaciones superficiales en plataformas y líneas de acarreo de agua, excluyendo líneas de acarreo de agua de condensado.
Distancia a las instalaciones por tiempo de desplazamiento.	1.25 km	Se toma de referencia que la velocidad promedio para caminar de una persona es de 5.3 km/h en condiciones normales. Para el caso, se considera una velocidad de 5 km/h por las condiciones rurales de la zona. De acuerdo a lo anterior el grupo investigador determino que el tiempo promedio de desplazamiento en línea recta a cualquier punto que sirva como fuente de calor debe ser máximo de 15 min, por ende, comprender una distancia de 1.25 km en las condiciones descritas.

8.2.2 Área de influencia propuesta

Mediante los Sistemas de Información Geográfica y la información de criterios seleccionados para ésta aplicación, se determinó un área de influencia teórica que alcanza a comprender 24.08 km² (Ilustración 9)

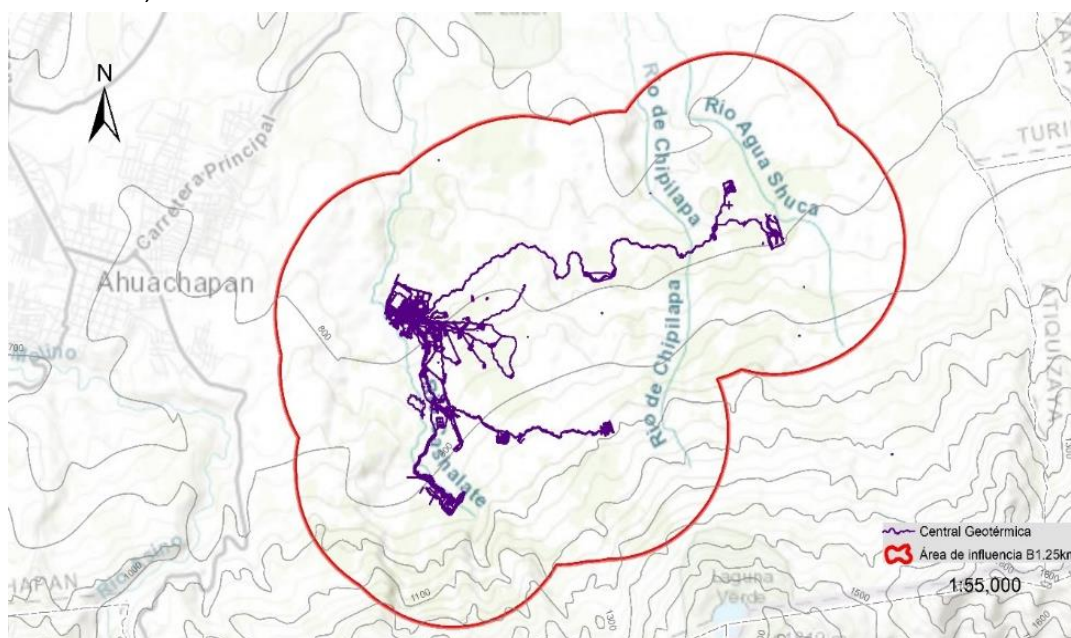


Ilustración 9, Área de influencia propuesta (Buffer 1.25km). Fuente Propia

8.2.3 Identificación de comunidades dentro del área de influencia

El área de influencia teórica se encuentra dentro de la división municipal de Ahuachapán, en el departamento de Ahuachapán y abarca 7 de los 27 cantones del municipio (Ilustración 10).

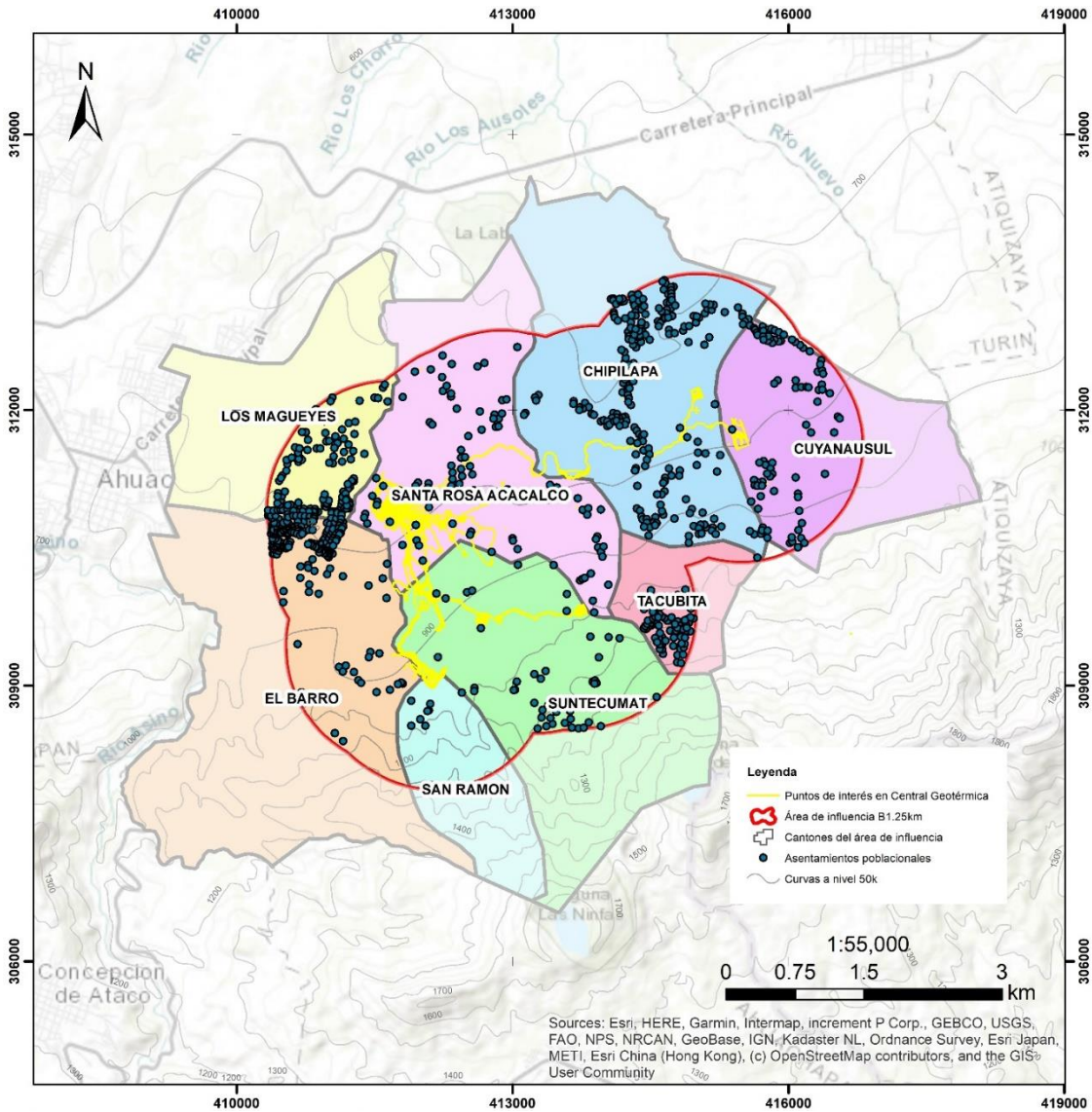


Ilustración 10, División política del área de influencia. Fuente Propia

8.2.4 Calibración del área de influencia

Como se estableció anteriormente el área de influencia determinada es teórica, por lo tanto, para su calibración se deben considerar condiciones reales de la zona. Para ello se recurre a actores relevantes de la zona. En este sentido se remueven los cantones de San Ramón y Cuyanausul por considerarse zonas de difícil acceso.

En la Ilustración 11 se presentan la división política del área de influencia calibrada.

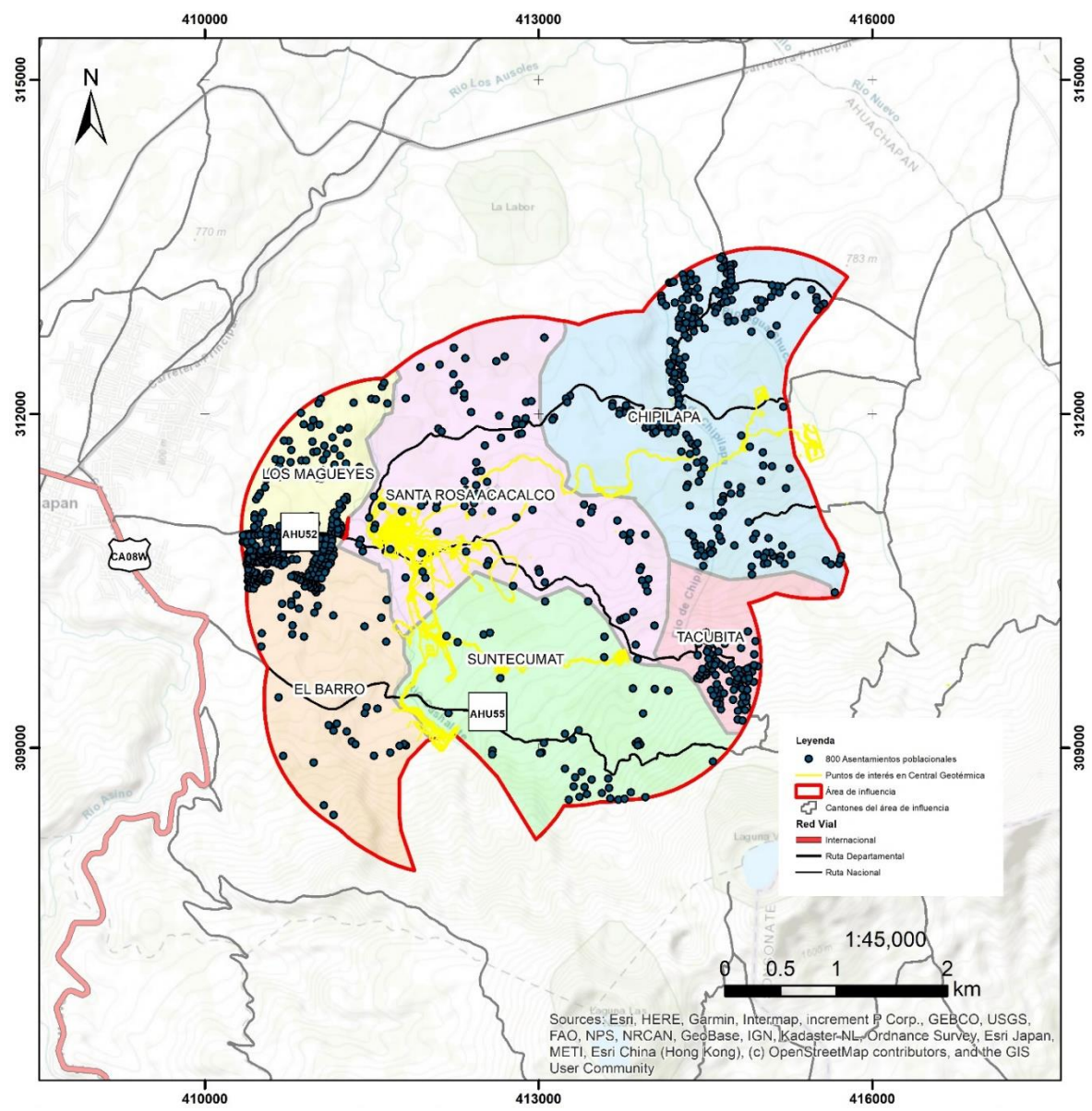


Ilustración 11, Área de influencia verificada. Fuente propia.

El área de influencia final se compone de 6 cantones, 800 asentamientos, y un área de 20.08km² (Ilustración 12).

Finalmente, en la Tabla 2 se presentan, de manera concreta, los cantones y caseríos del área de influencia final y de interés para el estudio:

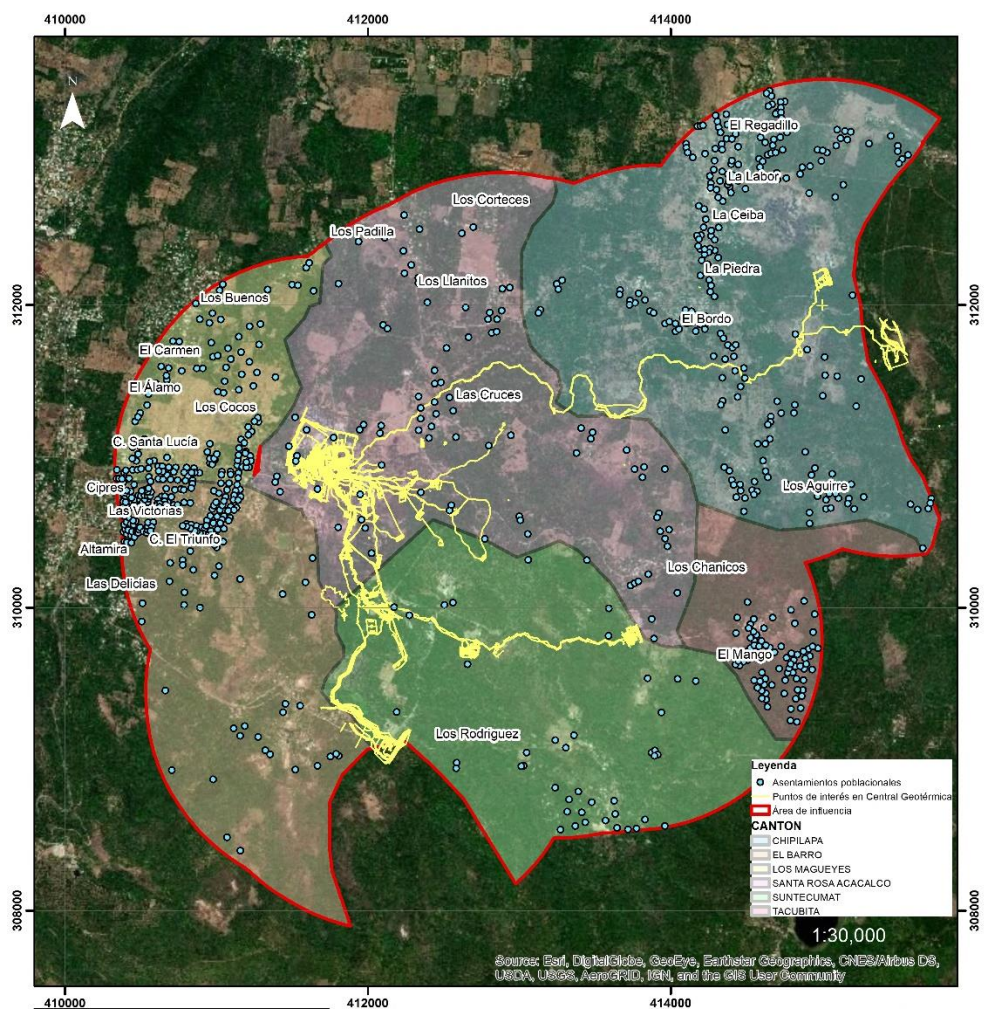


Ilustración 12, Cantones, caseríos y asentamientos del área de influencia verificada. Fuente Propia.

Tabla 2, Caseríos y asentamientos del área de influencia.

Cantón	Asentamiento (SIG El Salvador, 2000)	Caseríos
Chipilapa	246	Regadillo
		La Ceiba
		La Labor
		La Piedra
		El Bordo
El Barro	190	Delicias 1,2,3
		Las Victorias
		Ciprés
		Altamira

Cantón	Asentamiento (SIG El Salvador , 2000)	Caseríos
		El Triunfo
Los Magueyes	138	Los Buenos
		Santa Lucía
		Álamo
		El Carmen
		Los Cocos
Santa Rosa Acacalco	90	Pozo 10
		Llanitos
Suntecumat	43	Los Rodríguez
Tacubita	93	Mango
		Chaniques (El Refugio)
6 Cantones	800	20 Caseríos

8.3 Identificación de necesidades de las comunidades que se encuentran dentro del área de influencia que se puedan suplir con algún uso directo de la geotermia-Etapa 3

8.3.1 Plan de recolección de información primaria.

8.3.1.1 ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Dentro de las metodologías mayormente empleadas para la cuantificación de datos, la encuesta se clasifica como la estrategia más popular en la investigación social. A ello contribuyen sus amplias posibilidades para la obtención de información, diversas, de un conjunto amplio de la población. (Con D´Ancona, 2004)

Debido a que, el objetivo final es recolectar información para determinar algunas necesidades en común de comunidades ubicadas en zona de interés geotérmico en El Salvador que puedan subsanarse empleando tecnologías de usos directos de la geotermia en cascada, se determina que la metodología cuantitativa a emplear para esta investigación es la ENCUESTA; teniendo en cuenta que la significancia de sus resultados está en función del rigor aplicado en su diseño y ejecución.

8.3.1.2 DESCRIPCIÓN, DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA ENCUESTA COMO ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN SOCIAL

MÉTODO INVESTIGATIVO: La necesidad de cuantificar algunos aspectos de la forma de vida de las comunidades que se encuentran dentro de zona de interés geotérmico, hace que se recurra al método investigativo descriptivo; ya que éste permite desde el punto de vista cognoscitivo describir el entorno de estudio y desde el punto de vista estadístico estimar parámetros para su análisis.

TIPO DE ENCUESTA: Con el fin de reducir la tasa de no respuesta (por desinterés, desconocimiento o falta de comprensión del cuestionario) y obtener un buen nivel de calidad de datos se establece la realización de encuestas cara a cara. Adicionalmente, la realización de encuestas de éste tipo permite como entrevistadores recoger información subjetiva⁴ mediante la observación.

POBLACIÓN OBJETO DE ESTUDIO: 800 hogares (Tabla 2)

TAMAÑO DE LA MUESTRA: Para ésta investigación se considera una muestra aleatoria simple con un nivel de confianza del 95%.

Ecuación 1

$$n = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 * N}\right)}$$

La ecuación 1 ayuda a determinar el tamaño de la muestra en función de los siguientes parámetros:

N= Tamaño de la población (800 casas)

e= Margen de error (5%=0.05)

z= Puntuación z en función del nivel de confianza (z(95%)=1.96)

sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 1, se determina que el tamaño de la muestra (n) **corresponde a 260 hogares.**

La distribución de la cantidad de encuestas a realizar por cantón se realizó proporcional a la densidad demográfica registrada para el año 2000 por el Sistema de Información Geográfica de El salvador y teniendo en cuenta el área de cada cantón comprendida en el área de influencia final. Para la subdivisión de encuestas por caserío se tomó como referencia los conocimientos de la zona de actores relevantes (Tabla 3).

Tabla 3, Distribución de encuestas

CANTÓN	CASERÍO	# DE ENCUESTAS	TOTAL ENCUESTAS	% TOTAL DE ENCUESTAS
CHIPILAPA	Regadillo	10	80	30.8
	La Labor	22		
	La Ceiba	18		
	La Piedra	15		
	El bordo	15		

⁴ La información subjetiva, para este caso, contendría el punto de vista del encuestador. Observaciones como identificar si podría ser un líder potencial en el desarrollo de proyectos de uso directo de la geotermia o si presenta disponibilidad de aprender, serán conocimientos extra que no contempla directamente la encuesta.

CANTÓN	CASERÍO	# DE ENCUESTAS	TOTAL ENCUESTAS	% TOTAL DE ENCUESTAS
EL BARRO	Las Delicias	9	62	23.8
	Las Victorias	24		
	Cipres	6		
	Altamira	9		
	El Triunfo	14		
LOS MAGUEYES	Los Buenos	10	45	17.3
	Santa Lucia	12		
	El Álamo	10		
	El Carmen	10		
	Los Cocos	3		
SANTA ROSA DE ACACALCO	Los Llanitos	14	29	11.2
	Pozo 10	15		
SUNTECUMAT	Los Rodriguez	14	14	5.4
TACUBITA	El Mango	20	30	11.5
	El Refugio	10		
<u>TOTAL</u>		260	260	100

FORMA DE MUESTREO: Ya que la unidad de análisis es la vivienda y todos sus integrantes, se recurre al método de selección de cuota sistemática, como procedimiento de selección de entrevistados.

Éste método, propuesto por Verling C. Troidahal y Roy E. Carter en 1964, garantiza la aleatoriedad y el equilibrio de la muestra. Adicionalmente es el método menos invasivo y más rápido para la selección del individuo⁵.

⁵ Cada entrevistador será capacitado para el manejo de dicho método

Tabla 4, selección aleatoria de entrevistado de Troidahl y Carter

Número total de varones en el hogar	Número total de personas de 16 años en el hogar			
	1	2	3	4 o más
<i>Versión 1</i>				
0	Mujer	Mujer mayor edad	Mujer menor edad	Mujer menor edad
1	Varón	Varón	Varón	Mujer mayor edad
2		Varón mayor edad	Varón menor edad	Varón menor edad
3			Varón menor edad	Varón mayor edad
4 o más				Varón mayor edad
<i>Versión 2</i>				
0	Mujer	Mujer menor edad	Mujer menor edad	Mujer mayor edad
1	Varón	Varón	Mujer mayor edad	Varón
2		varón mayor edad	Mujer	Varón mayor edad
3			Varón menor edad	Mujer o mujer mayor edad
4 o más				Varón mayor edad
<i>Versión 3</i>				
0	Mujer	Mujer menor edad	Mujer mayor edad	Mujer mayor edad
1	Varón	Mujer	Varón	Mujer menor edad
2		Varón menor edad	Varón mayor edad	Varón mayor edad
3			Varón mayor edad	Varón menor edad
4 o más				Varón menor edad
<i>Versión 4</i>				
0	Mujer	Mujer mayor edad	Mujer mayor edad	Mujer menor edad
1	Varón	Mujer	Mujer menor edad	Varón
2		Varón menor edad	Mujer	Mujer menor edad
3			Varón mayor edad	Mujer o Mujer mayor edad
4 o más				Varón menor edad

CONTENIDO: La encuesta tipo, presentada a continuación, consta de dos tipos de respuesta. Una primera parte de RESPUESTA PERSONAL, que incluye 9 preguntas abiertas, incluyendo las necesarias por el método de Troidahl y Carter; y una segunda parte de RESPUESTA ASISTIDA Y EXPLICATIVA enfocadas en el conocimiento que se tiene sobre la geotermia y sus usos directos.

Para que la segunda parte cumpla con el objetivo de dar el primer acercamiento a comunidades cara a cara se han ideado herramientas didácticas que ayuden a la comprensión de temas que para LaGeo se vuelven parte de su quehacer cotidiano.

En el Anexo A, se presenta el modelo tipo de la encuesta a utilizar.

8.3.2 Resultados

Las encuestas se desarrollaron durante un periodo de 3 días, con colaboración de 4 personas adicionales al equipo de investigación.

8.3.2.1 RESULTADOS GENERALES

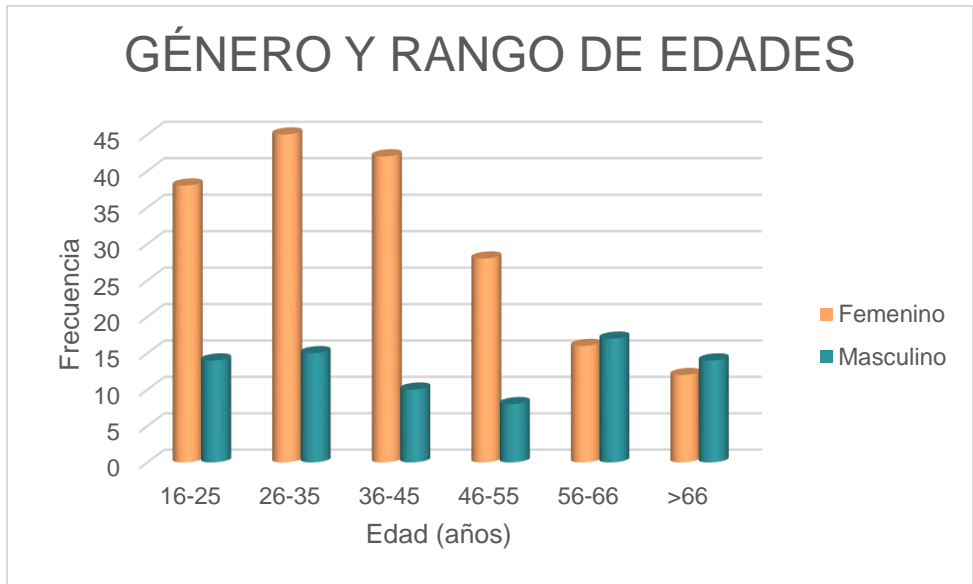


Ilustración 13, Género y rango de edades de los encuestados.
Fuente propia

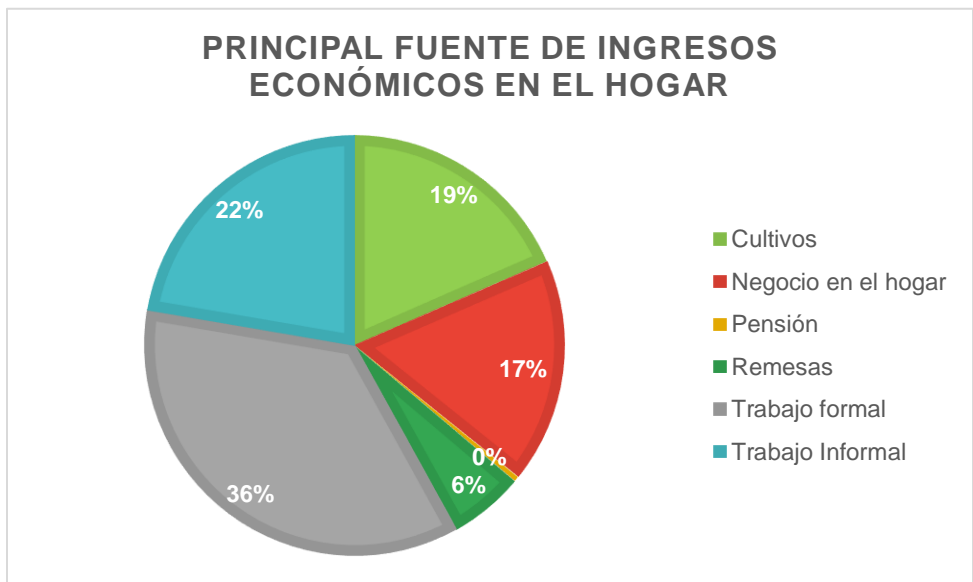


Ilustración 14, Principal fuente de ingresos económicos en el hogar.
Fuente propia

Tipo de Cultivos

38 respuestas

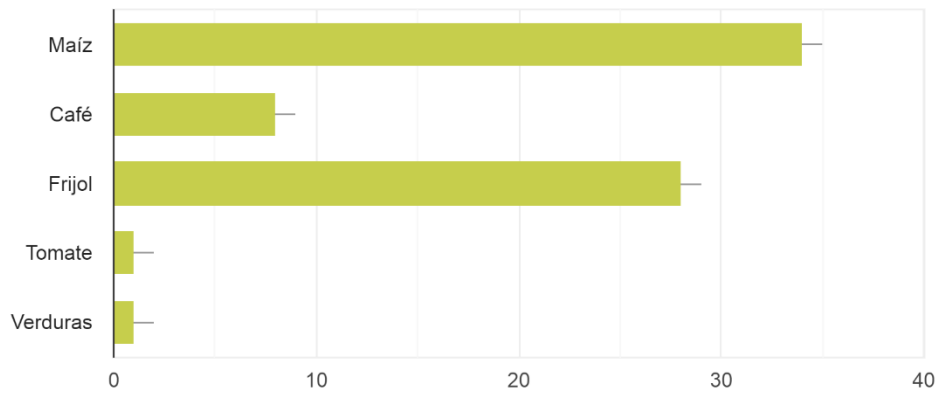


Ilustración 15, Tipos de cultivos fuentes de ingresos económicos en los hogares. Fuente Propia

Tipo de Negocio en el hogar

44 respuestas

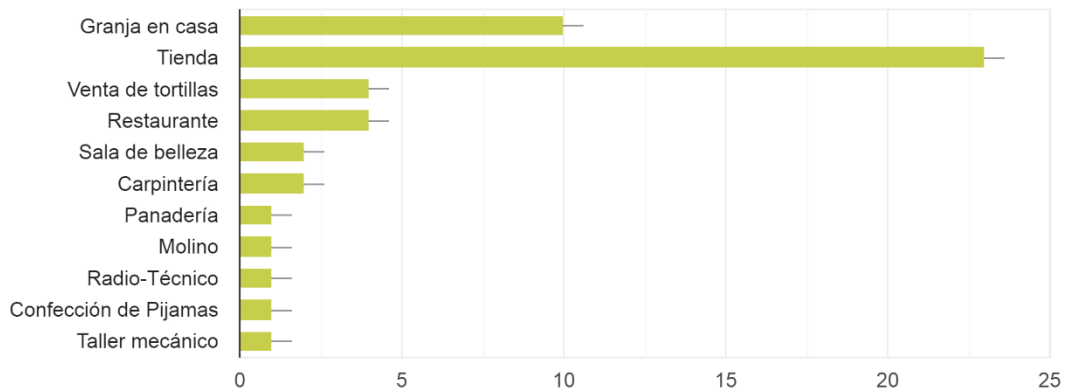


Ilustración 16, Tipos de negocio en el hogar fuentes de ingresos económicos. Fuente Propia

Tipo de trabajo Informal

55 respuestas

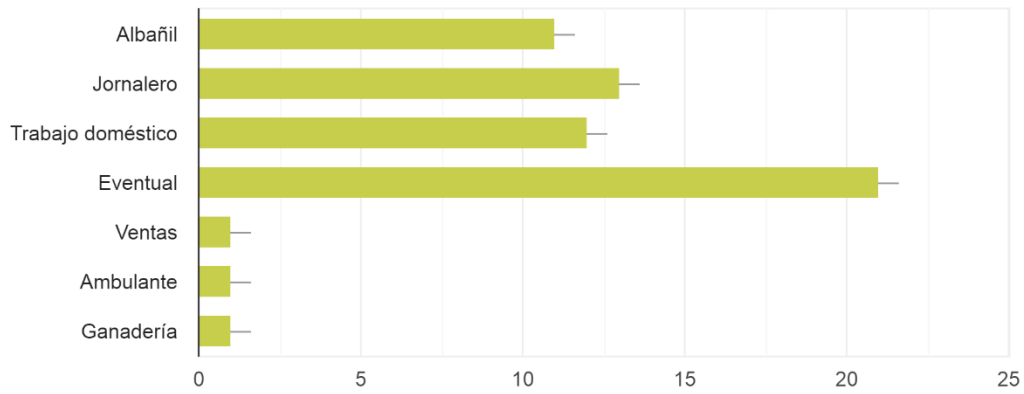


Ilustración 17, Tipos trabajos informales fuentes de ingresos económicos en los hogares. Fuente Propia

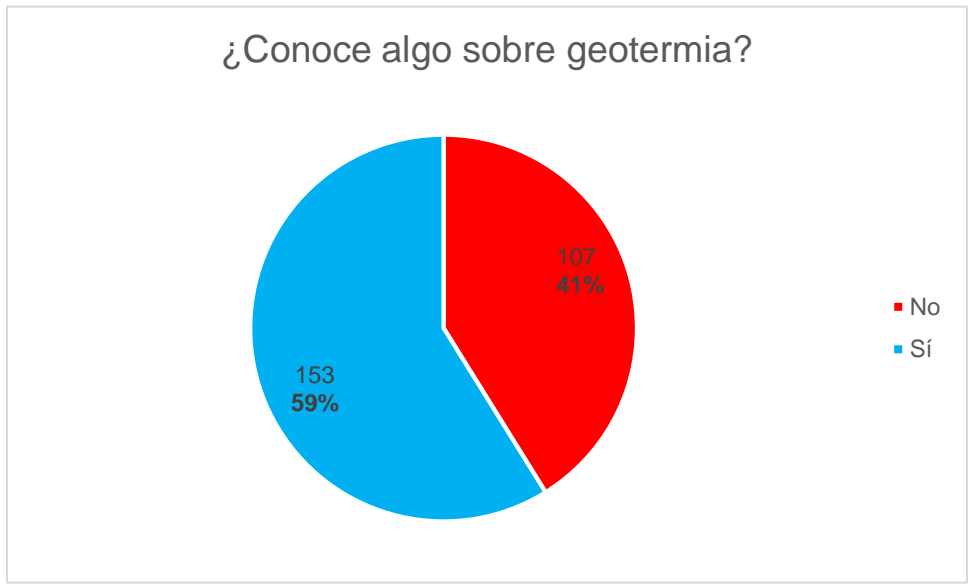
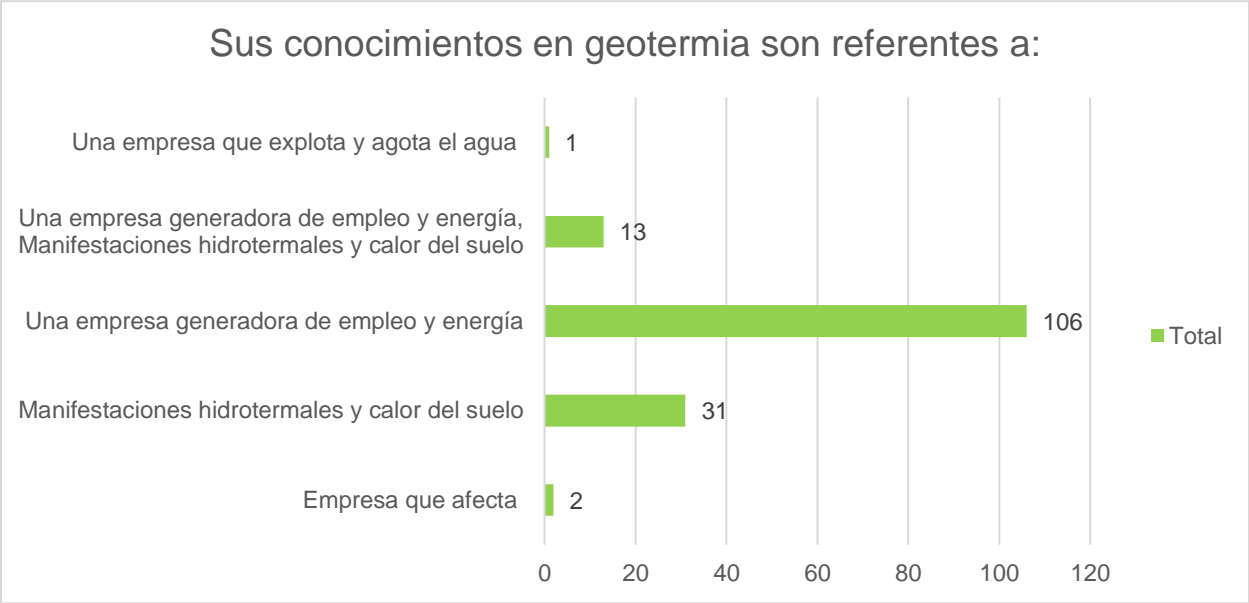
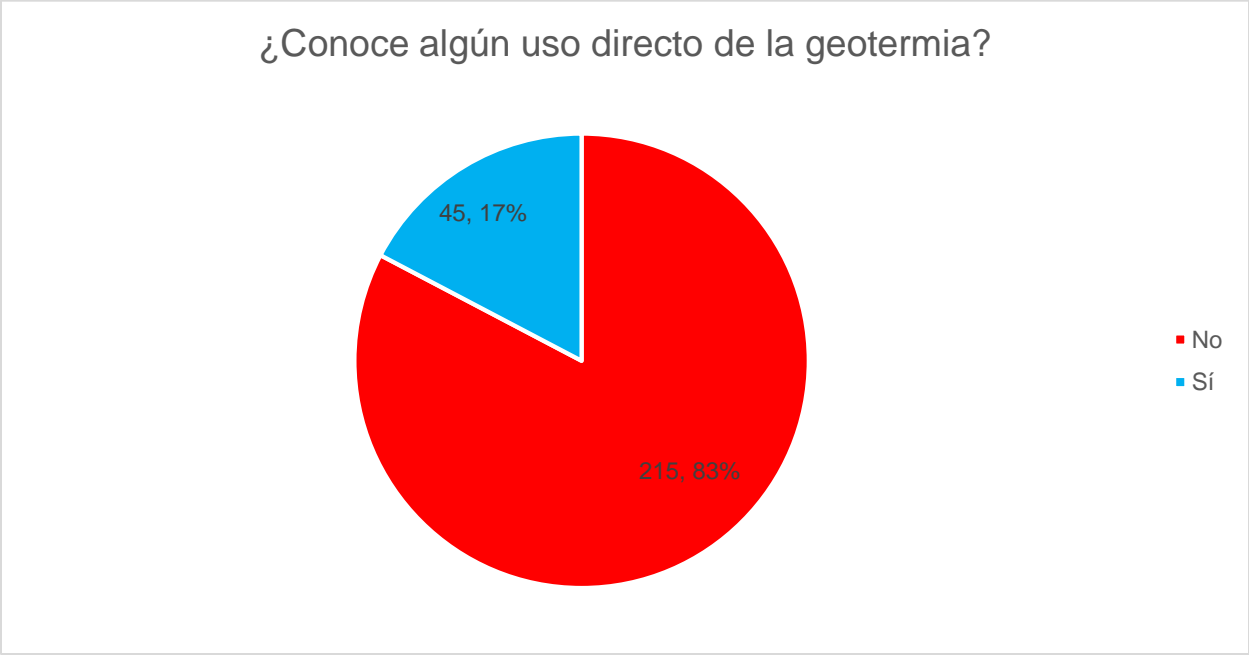


Ilustración 18, Conocimientos sobre geotermia-260 respuestas. Fuente propia



*Ilustración 19, Conocimientos específicos sobre geotermia-153 respuestas.
 Fuente propia*



*Ilustración 20, Conocimientos sobre usos directos de la geotermia- 260 respuestas.
 Fuente Propia*

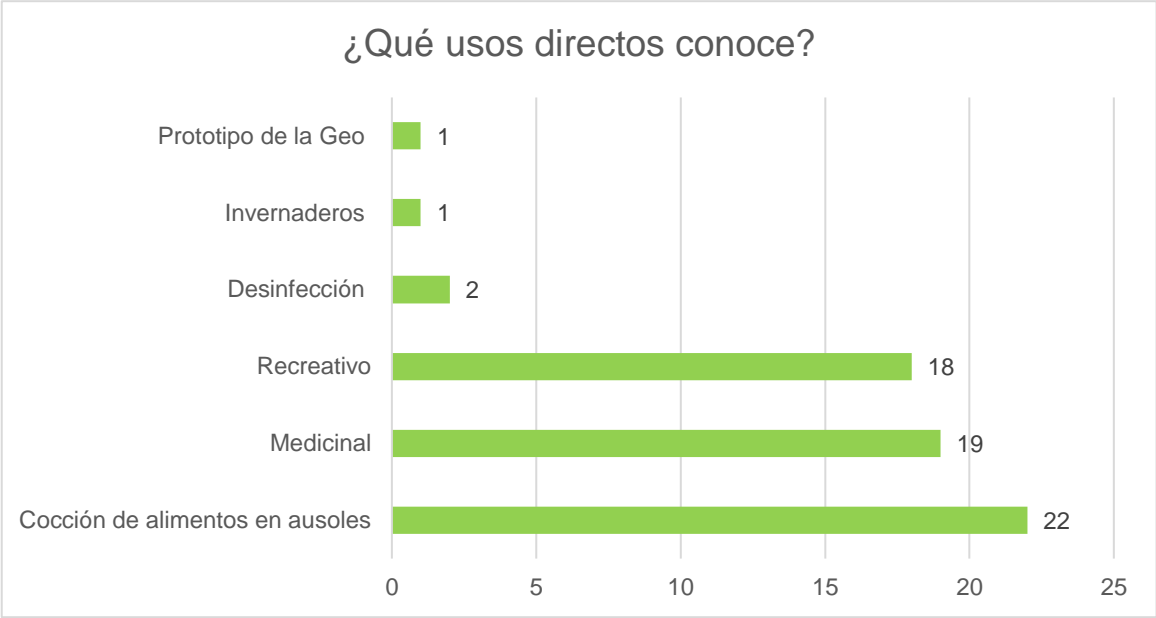


Ilustración 21, Conocimientos referentes a usos directos de la geotermia- 45 respuestas. Fuente propia.

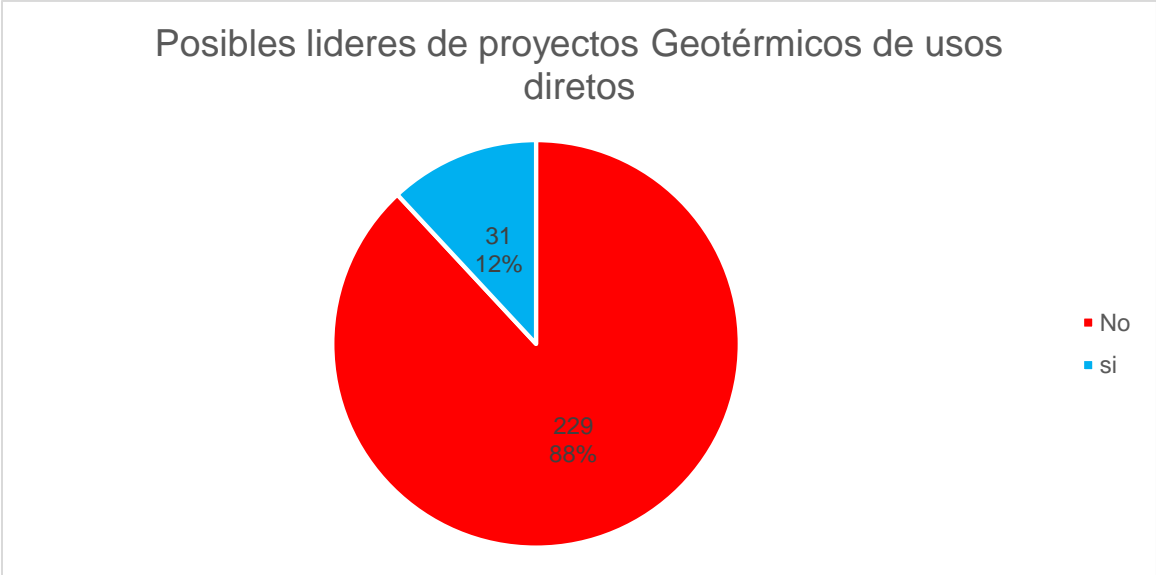
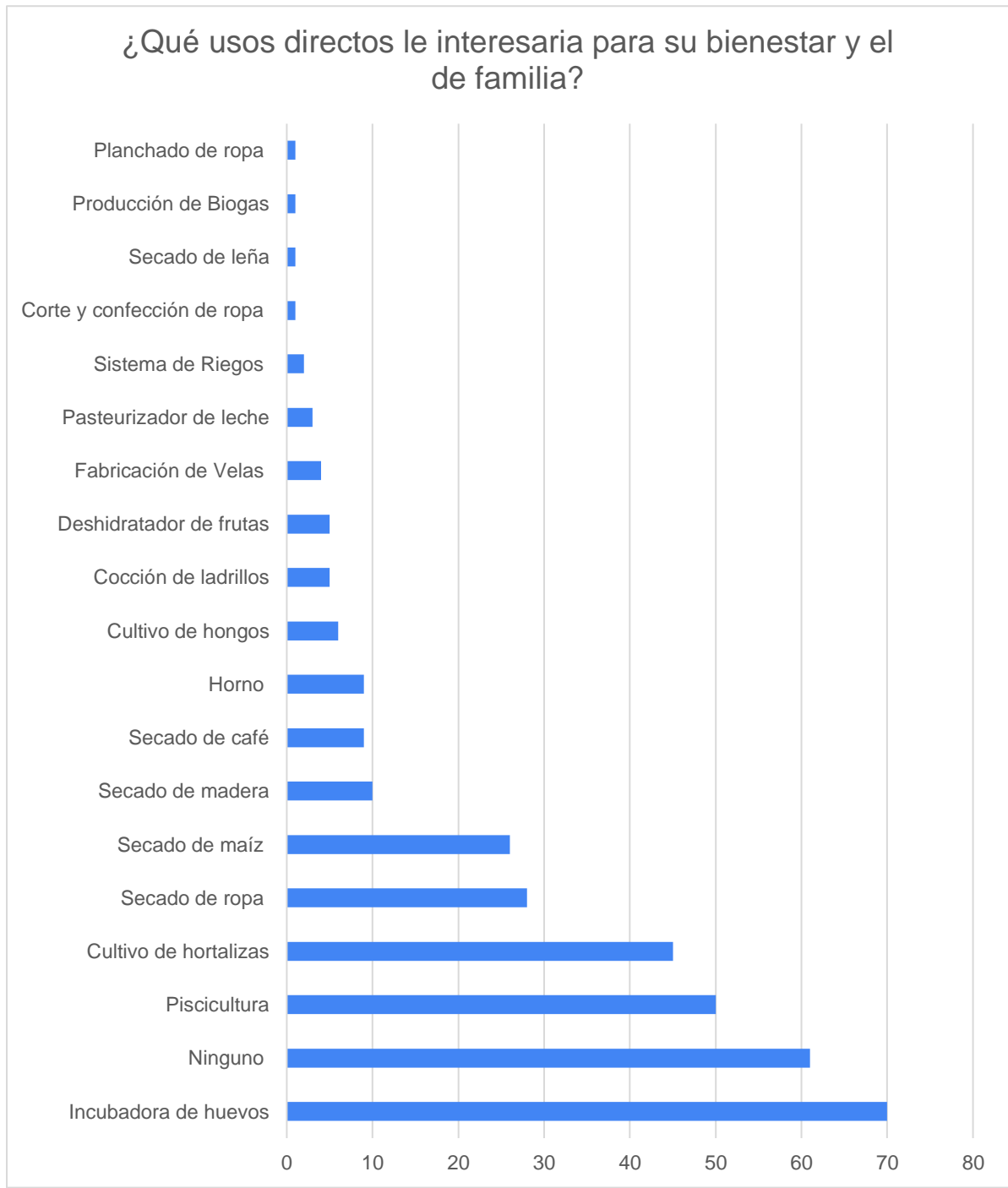


Ilustración 22, Identificación de posibles líderes de usos directos-260 respuestas. Fuente propia



*Ilustración 23, Propuestas de usos directos realizada por las comunidades (Lluvia de ideas)-260 respuestas.
 Fuente propia*

8.3.2.2 RESULTADOS ESPECÍFICOS POR CANTÓN CANTÓN CHIPILAPA

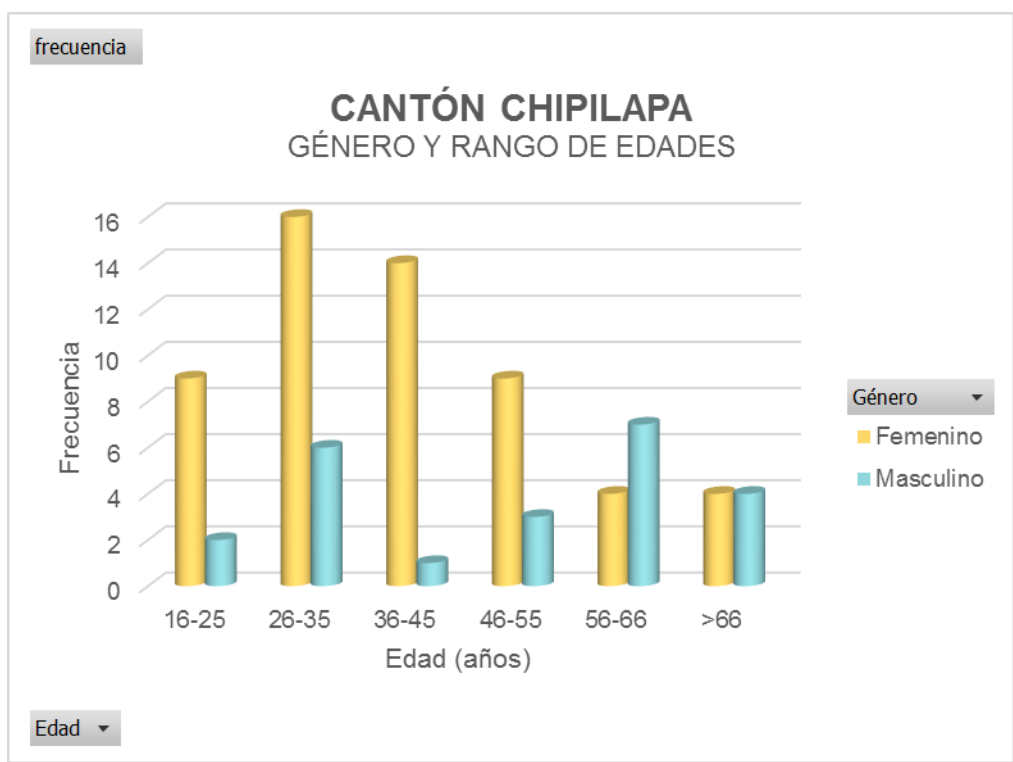
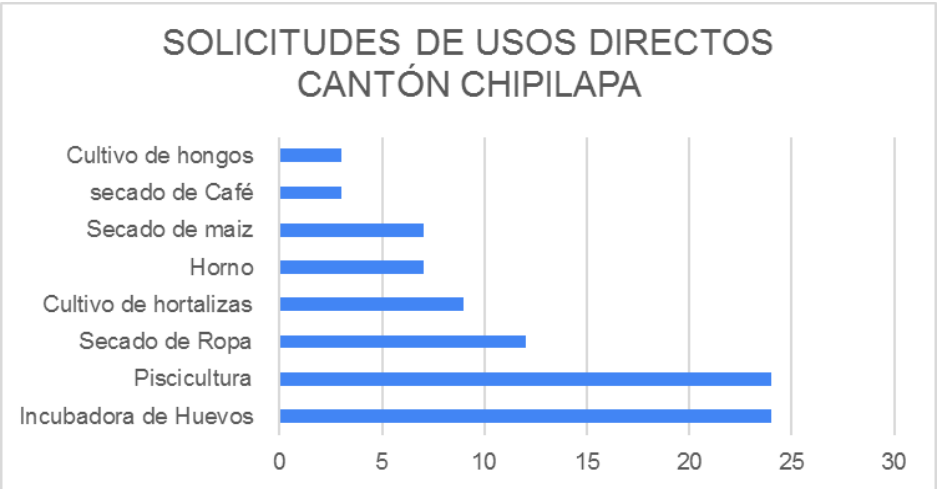
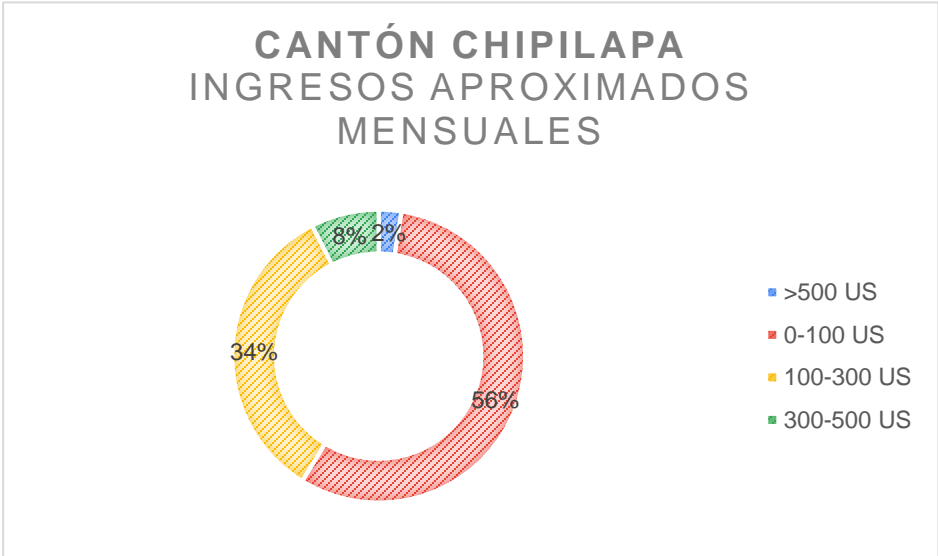
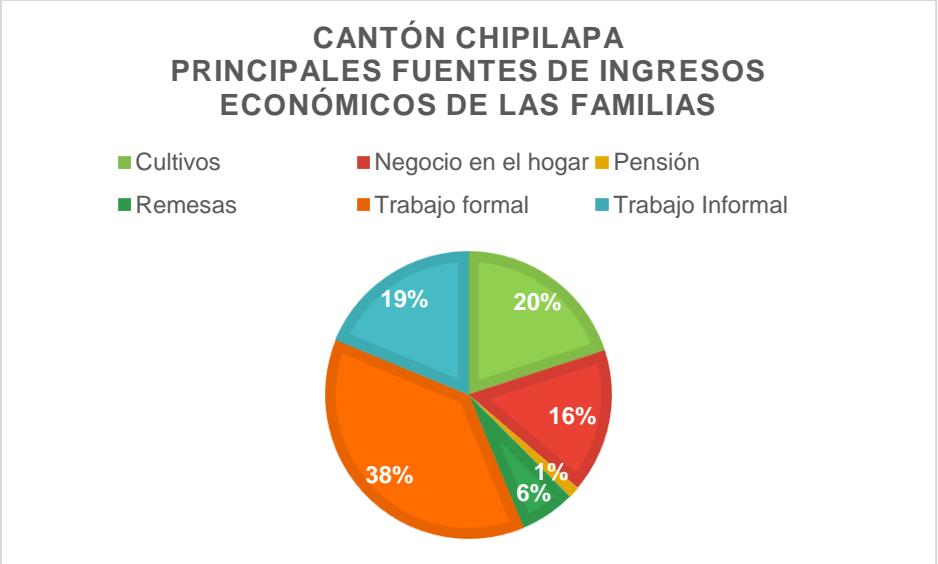


Ilustración 24, Género y rango de edades de los encuestados Cantón Chipilapa.
Fuente propia

Tabla 5, Posibles líderes de proyectos cantón Chipilapa

CASERÍO	POSIBLES LIDERES IDENTIFICADOS	NOMBRE	GÉNERO	EDAD
El bordo	4	Maria Griselda	Femenino	37
		Maria Teresa	Femenino	45
		Leidy Yamileth	Femenino	30
		Silva Betania	Femenino	32
La Ceiba	2	Maria del Carmen	Femenino	45
		Jeamileth Girón	Femenino	33
La Labor	3	Nanci Salinas	Femenino	26
		Norma Nidel	Femenino	48
		Maria Luz Zatino	Femenino	41
La Piedra	2	Yuri Vasquez	Femenino	30
		Julia Guevara	Femenino	76
Regadillo	1	Alma Yaneth Giron	Femenino	46



*Ilustración 25; resultados específicos cantón Chipilapa.
Fuente propia*

CANTÓN EL BARRO

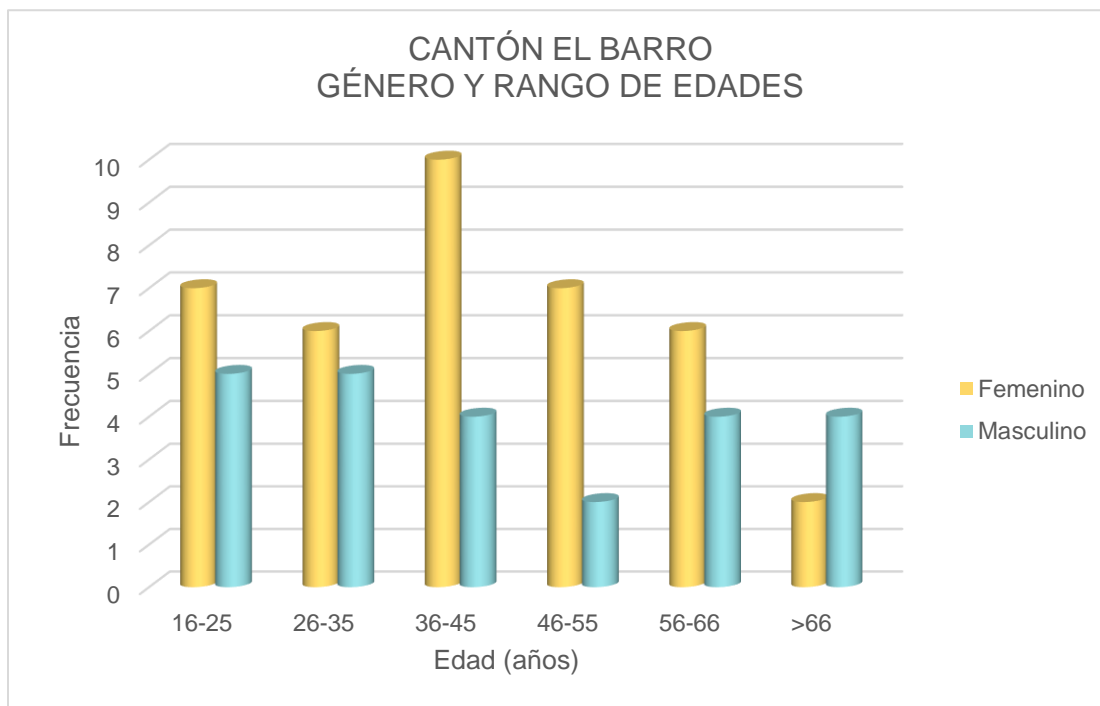
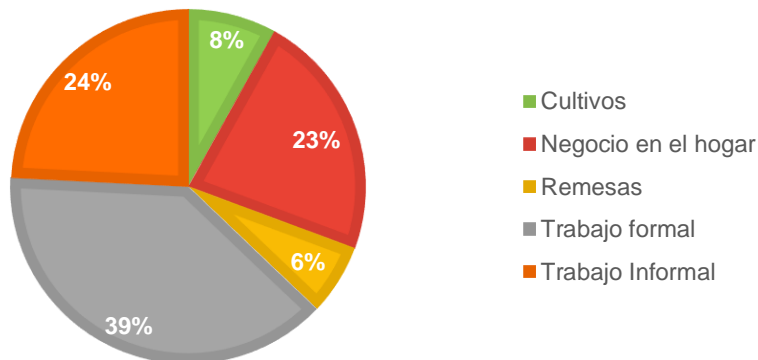


Ilustración 26, Género y edad de los encuestados Cantón El Barro. Fuente propia.

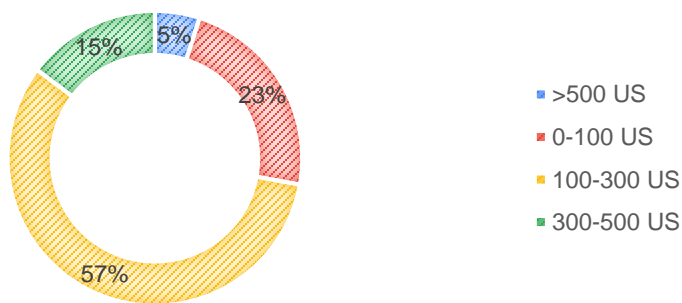
Tabla 6, Posibles líderes de proyectos cantón El Barro

CASERÍO	POSIBLES LÍDERES IDENTIFICADOS	NOMBRE	GÉNERO	EDAD
Altamira	0	-	-	-
Cipres	1	Wilfredo Martinez	Masculino	42
El Triunfo	0	-	-	-
Las Delicias	2	Oscar Cepeda	Masculino	42
		Victor E campos	Masculino	51
Las Victorias	2	Osmani Ortega	Masculino	31
		Sonia Molina	Femenino	58

CANTÓN EL BARRO PRINCIPALES FUENTES DE INGRESOS ECONÓMICOS DE LAS FAMILIAS



CANTÓN EL BARRO INGRESOS APROXIMADOS MENSUALES



SOLICITUDES DE USOS DIRECTOS CANTÓN EL BARRO

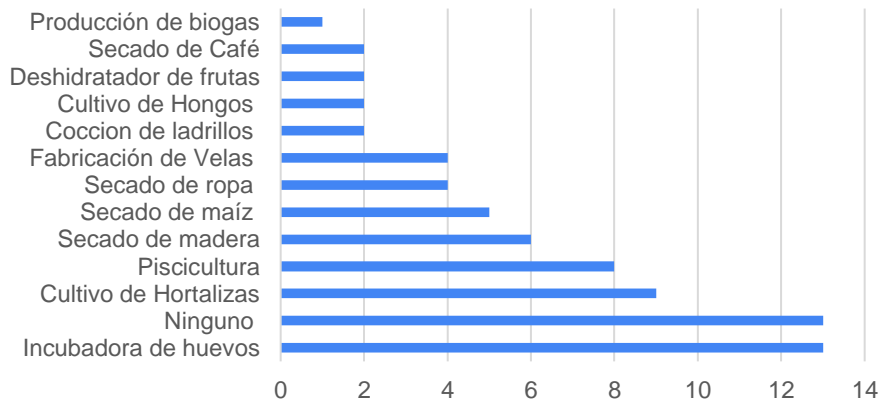


Ilustración 27, Resultados específicos cantón El Barro.
Fuente propia

CANTÓN LOS MAGUEYES

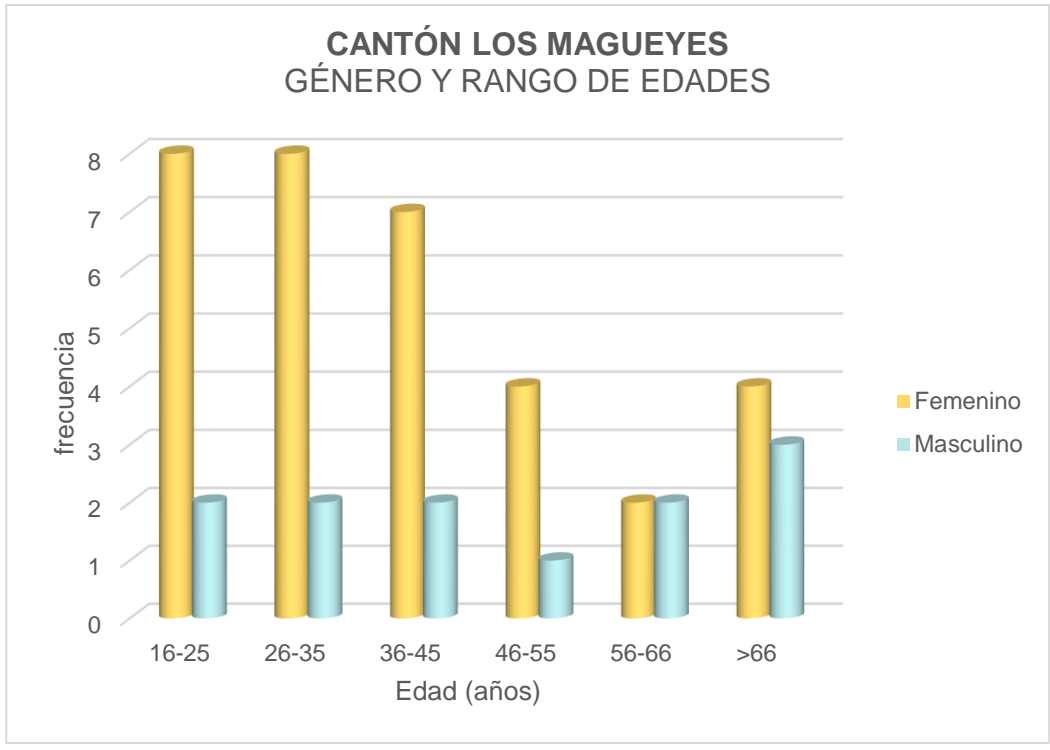
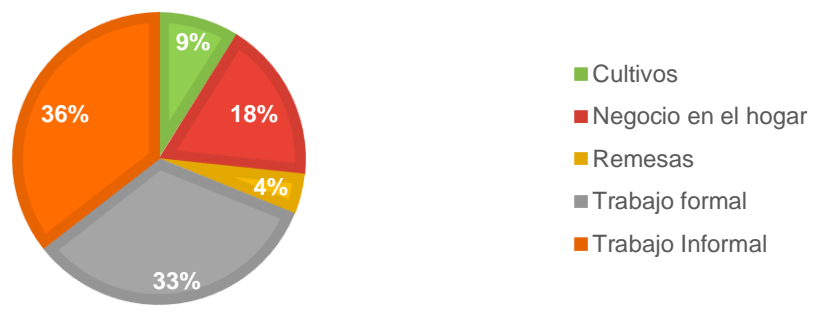


Ilustración 28, Género y edad de los encuestados Cantón Los Magueyes. Fuente Propia.

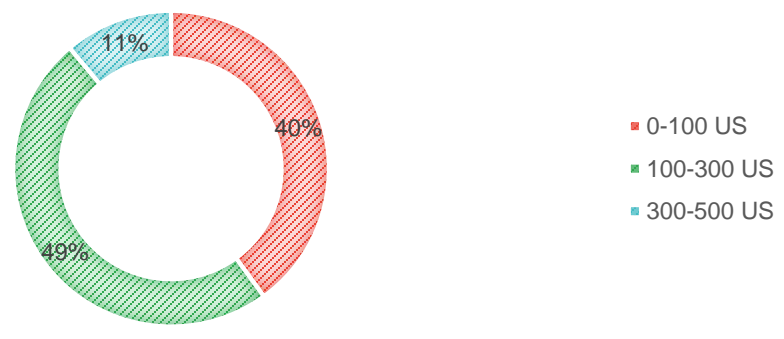
Tabla 7, Posibles líderes de proyectos cantón Los Magueyes

CASERÍO	POSIBLES LIDERES IDENTIFICADOS	NOMBRE	GÉNERO	EDAD (AÑOS)
El Álamo	0	-	-	-
El Carmen	1	Maria Luz	Femenino	78
Los Buenos	2	Maria Jimenez	Femenino	51
		Carlos Bueno	Masculino	19
Los Cocos	0	-	-	-
Santa Lucia	1	José Antonio Garcia	Masculino	28

CANTÓN LOS MAGUEYES PRINCIPALES FUENTES DE INGRESOS ECONÓMICOS DE LAS FAMILIAS



CANTÓN LOS MAGUEYES INGRESOS APROXIMADOS MENSUALES



SOLICITUDES DE USOS DIRECTOS CANTÓN LOS MAGUEYES

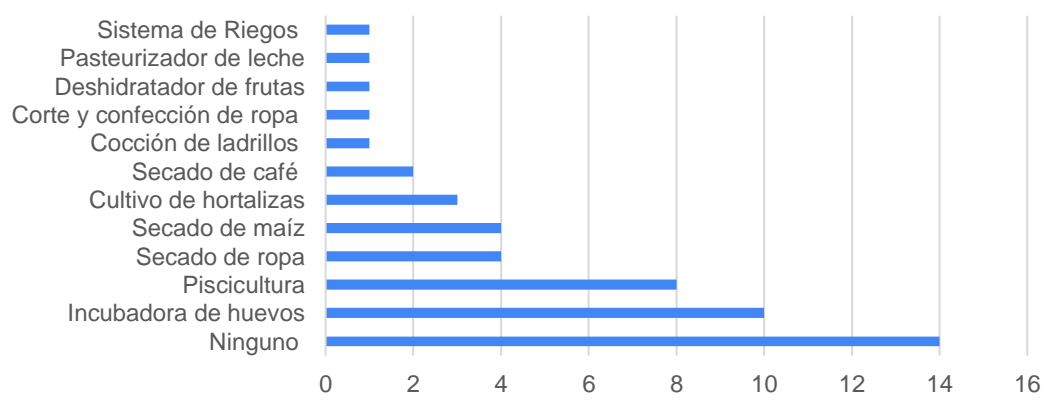


Ilustración 29, Resultados específicos cantón Los Magueyes.
Fuente propia

CANTÓN SANTA ROSA DE ACACALCO

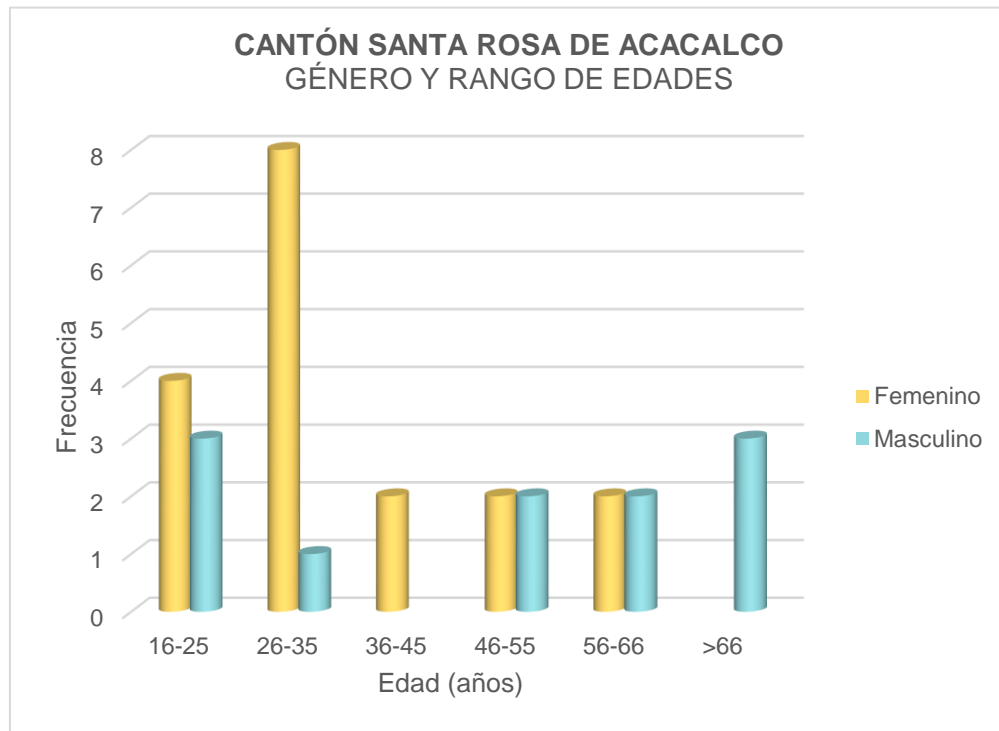
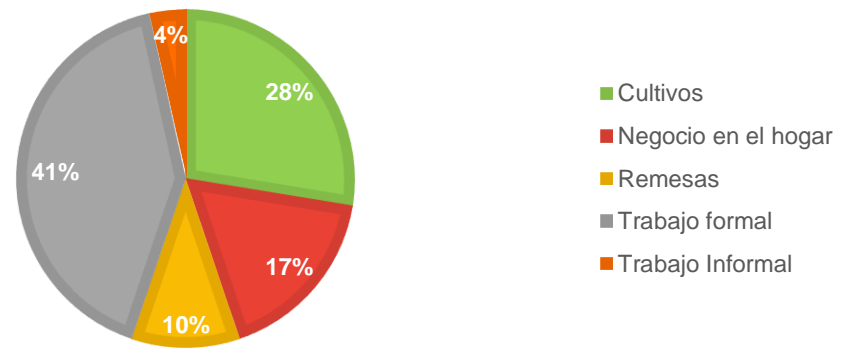


Ilustración 30, Género y edad de los encuestados Cantón Santa Rosa de Acacalco. Fuente propia

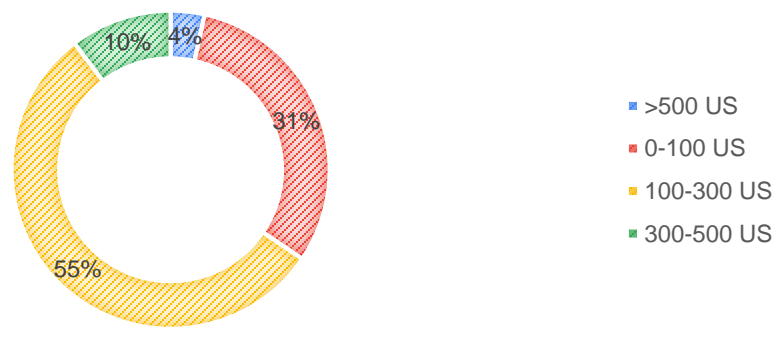
Tabla 8, Posibles líderes de proyectos cantón Santa Rosa de Acacalco

CASERÍO	POSIBLES LIDERES IDENTIFICADOS	NOMBRE	GÉNERO	EDAD (AÑOS)
Los Llanitos	7	Ana Ruiz	Femenino	31
		Angelica Orantes	Femenino	63
		Celema Cepeda	Femenino	26
		Jonathan	Masculino	28
		Jorge Alberto Cepeda	Masculino	70
		Silvia Jimenez	Femenino	32
		Silvia Reyes	Femenino	50
Pozo 10	2	José Antonio Cabrera	Masculino	49
		José Lopez	Masculino	59

CANTÓN SANTA ROSA DE ACACALCO PRINCIPALES FUENTES DE INGRESOS ECONÓMICOS DE LAS FAMILIAS



CANTÓN SANTA ROSA DE ACACALCO INGRESOS APROXIMADOS MENSUALES



SOLICITUDES DE USOS DIRECTOS CANTÓN SANTA ROSA DE ACACALCO

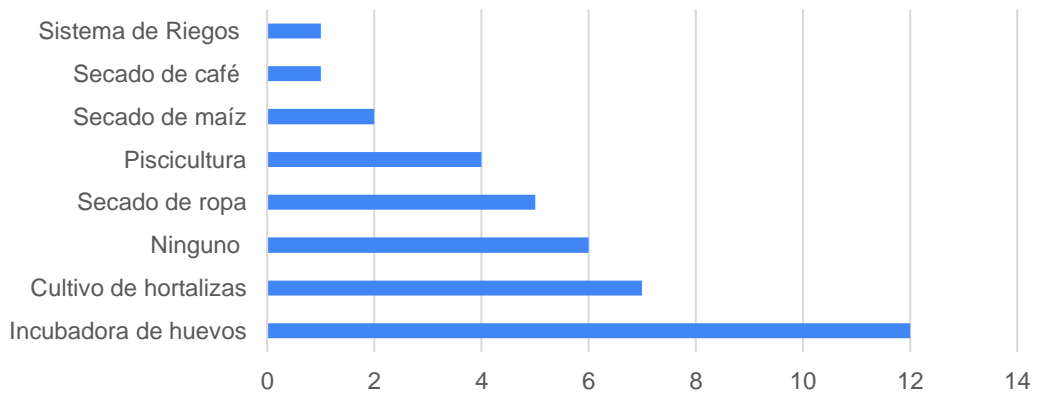


Ilustración 31, Resultados específicos cantón Santa Rosa de Acacalco.
Fuente Propia

CANTÓN SUNTECUMAT

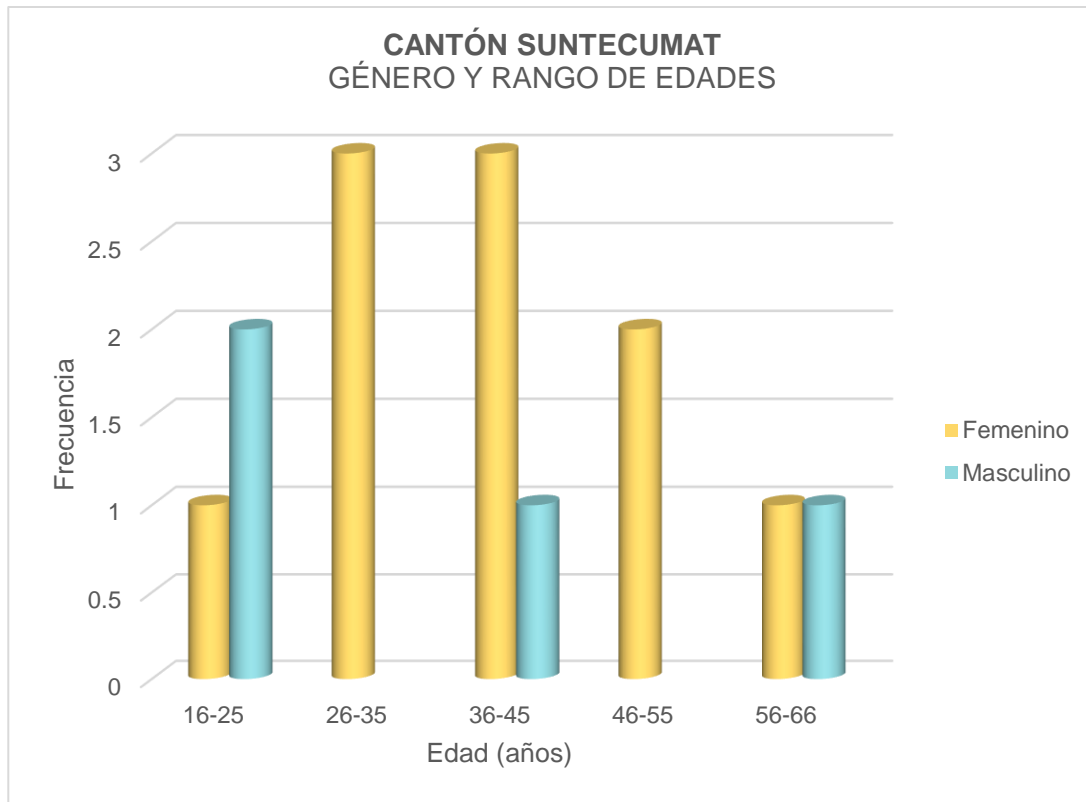
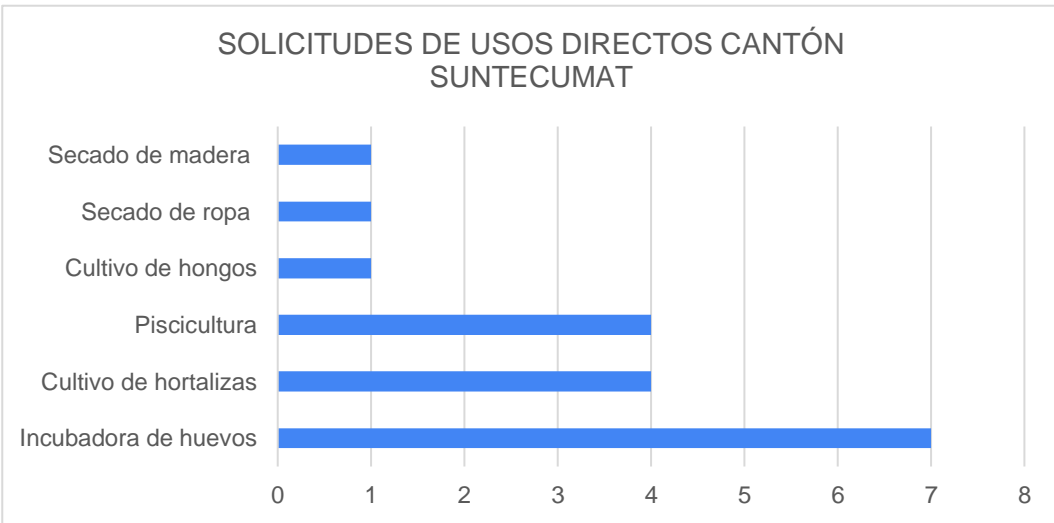
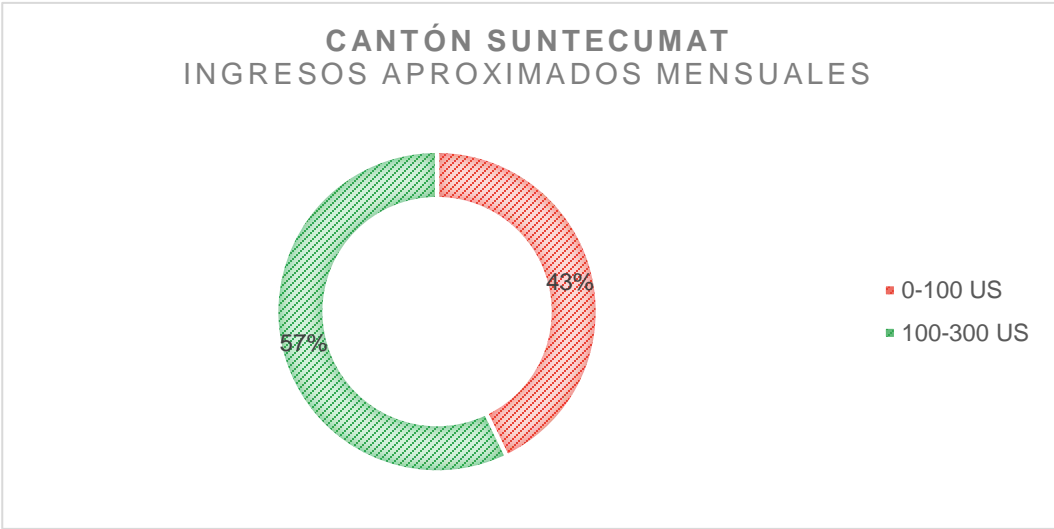
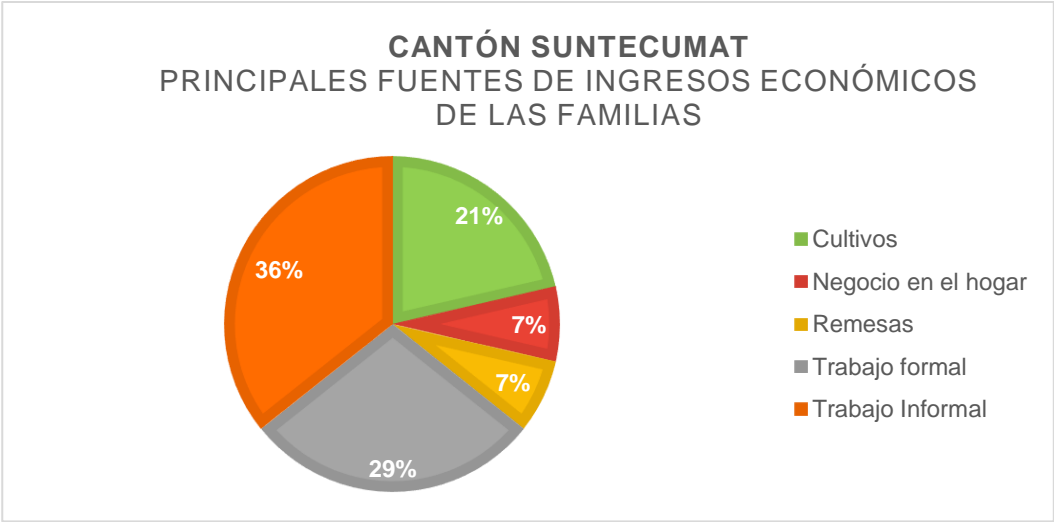


Ilustración 32, Género y edad de los encuestados Cantón Suntecumat.
Fuente propia

Tabla 9, , Posibles líderes de proyectos cantón Suntecumat

CASERÍO	POSIBLES LIDERES IDENTIFICADOS	NOMBRE	GÉNERO	EDAD (AÑOS)
Los Rodriguez	0	-	-	-



*Ilustración 33, Resultados específicos cantón Suntecumat
Fuente propia*

CANTÓN TACUBITA

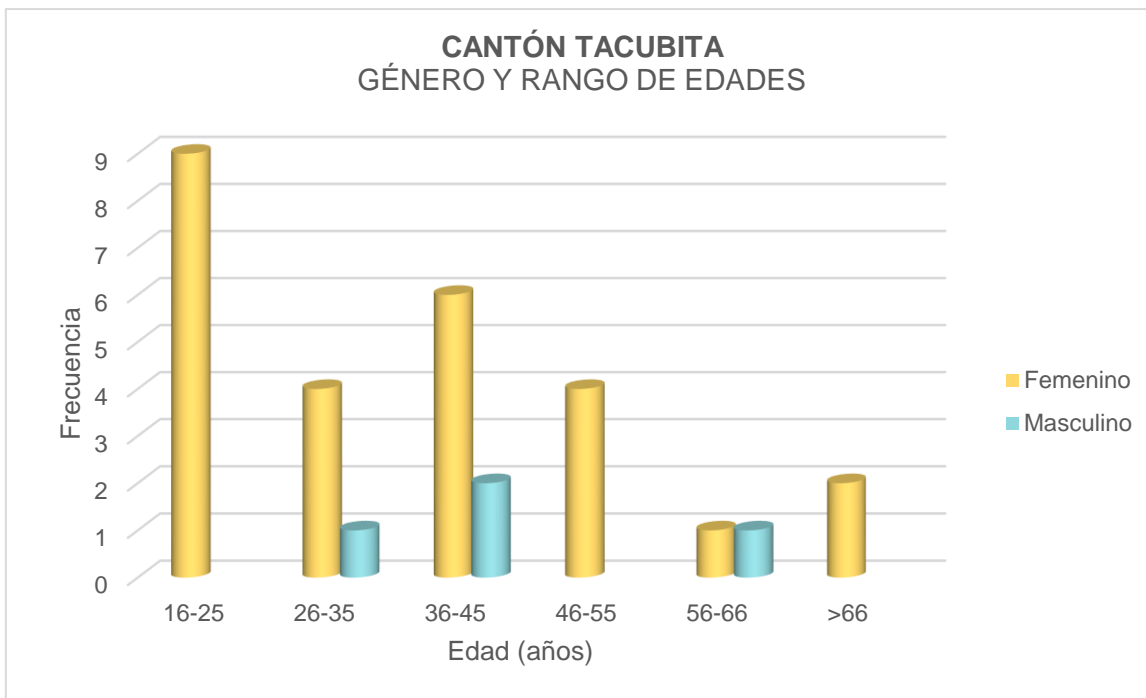
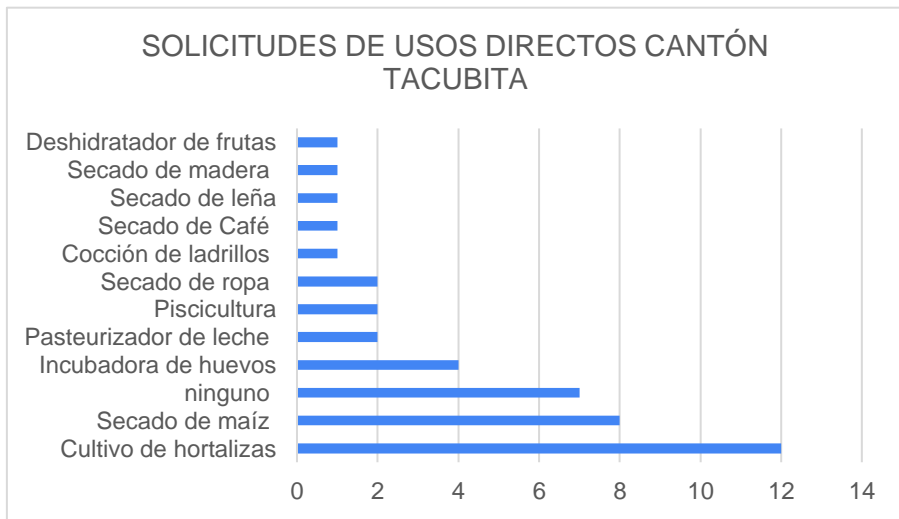
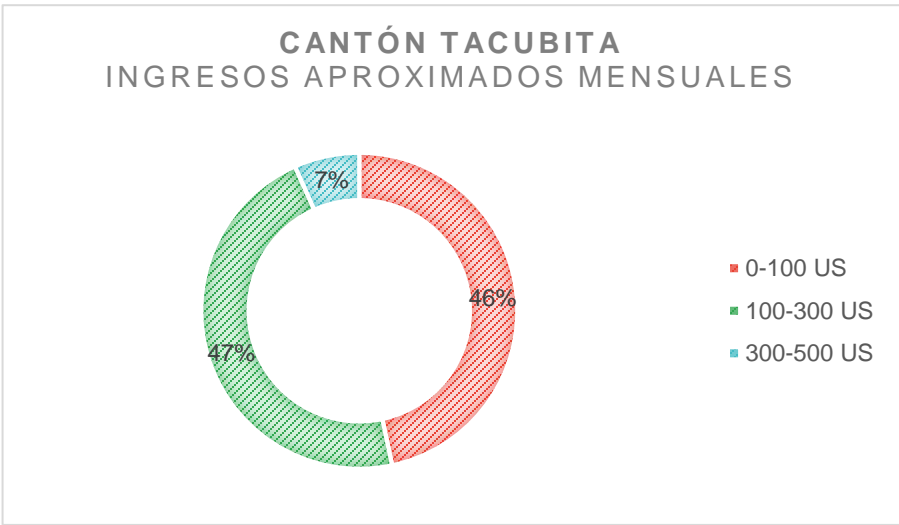
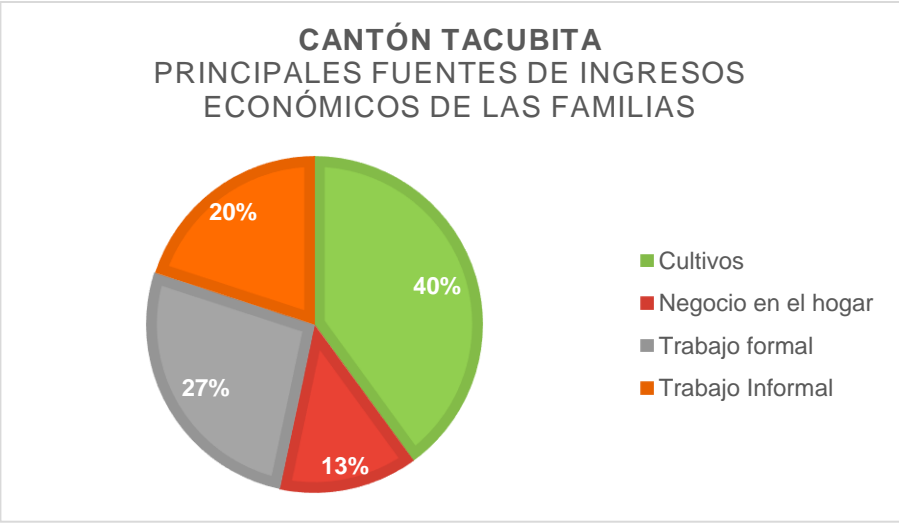


Ilustración 34, Género y edad de los encuestados Cantón Tacubita.
Fuente propia

Tabla 10, Posibles líderes de proyectos cantón Tacubita

CASERÍO	POSIBLES LIDERES IDENTIFICADOS	NOMBRE	GÉNERO	EDAD (AÑOS)
El Mango	1	Reina Clemente Cristobal	Femenino	43
El Refugio	0	-	-	-



*Ilustración 35, Resultados específicos cantón Tacubita.
Fuente propia*

8.3.3 Análisis de resultados

Determinar las necesidades en común de las comunidades objeto de estudio, requiere de unificar los datos cuantitativos, recogidos por medio de las encuestas, con los resultados cualitativos, recogidos por el grupo investigador por medio de conocimientos empíricos durante el trabajo de campo.

En la Tabla 11 se presenta el Top 3 de tecnologías de usos directos solicitadas por cada cantón.

Tabla 11, Tecnologías más solicitadas por Cantón

Cantón	Top 3 de usos directos			
	1	2	3	4
Chipilapa	Incubadora	Piscicultura	Secado de Ropa	
El Barro	Incubadora	ninguno	hortaliza	Piscicultura
Los magueyes	ninguno	incubadora	piscicultura	Secado de ropa
Santa Rosa de Acacalco	Incubadora	hortaliza	ninguno	Secado de ropa
Suntecumat	Incubadora	hortaliza	piscicultura	
Tacubita	hortaliza	secado de maíz	Ninguno	incubadora

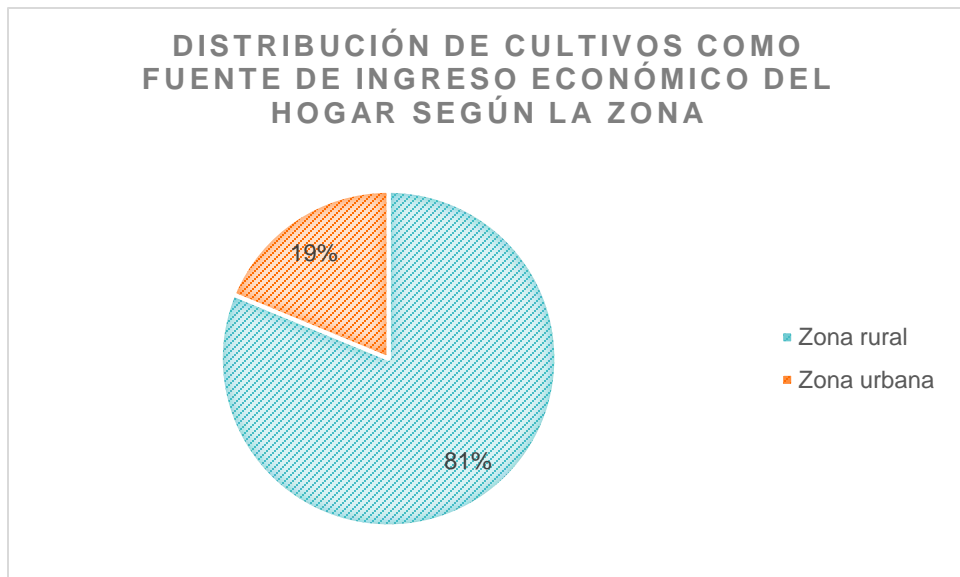
La primera característica importante de destacar radica en la diferencia de resultados en función de la zonificación; dado que, en zonas Urbanas como los cantones de El Barro y los Magueyes, predomina el desinterés de sus habitantes en la implementación de algún uso directo; mientras que en los cantones rurales (Chipilapa, Santa Rosa de Acacalco, Suntecumat y Tacubita) se presentan propuestas de implementación de usos directos de la geotermia que contribuirían a sus labores diarias. De igual manera en los cantones urbanos crece los ingresos aproximados mensuales con los que cuenta el hogar, todo lo contrario a la zona rural, donde en promedio el 44% de sus hogares manifiesta que se sostiene con un ingreso mensual de máximo 100 dólares.

Según el diagrama de Lindal (Ilustración 8) la implementación de usos directos de la geotermia contribuye mayormente a aquellas familias que practican alguna actividad en el campo. Si se toma en cuenta las principales fuentes de ingresos económicos en los hogares, la ejecución de un proyecto de uso directo del calor del suelo beneficiaría directamente a aquellas familias que posean cultivos, un negocio informal o un negocio en el hogar, ósea aproximadamente al 58% de los hogares⁶ (Ilustración 14)

Ideas como el secado de ropa por medio del calor remanente de una planta geotérmica, la cual fue principalmente solicitada por 3 de los 6 cantones, son proyectos validos que reflejan la creatividad de las comunidades cuando se empieza a comprender un poco sobre geotermia y sus usos directos. Sin embargo, para la realización de éste estudio es una propuesta que no entrará en consideración, ya que, aunque llevar la ropa limpia y seca representa una necesidad del ser humano, no hay evidencia en la zona de que sea un servicio que en el momento alguien éste prestando, por lo que debería entrar a realizarse un estudio de mercado detallado que responda: ¿es una propuesta con demanda para iniciar una nueva fuente de ingresos económicos?

⁶ Éste valor cuenta con una confiabilidad del 95%, ya que la muestra y toma de muestra cumple con parámetros estadísticos anteriormente planteados.

Por otra parte, las familias que poseen cultivos como principal fuente de ingreso económico se concentra mayormente en la zona rural (Ilustración 37) donde predominan los cultivos de maíz y frijol (Ilustración 15). El cultivo de frijol se caracteriza por no experimentar graves problemas durante su crecimiento y por necesitar de sombra después de ser cosechado, ya que el calor o la humedad los puede dañar, por lo cual se descarta que sea una actividad en



*Ilustración 37, Zonificación de cultivos.
Fuente propia*

que la geotermia pueda contribuir. Sin embargo, el maíz si requiere de calor para su secado ya que según (Deras, 2010) se recomienda una humedad máxima del 13.5% para su almacenamiento. Hogares poseedores de cultivos de maíz manifestaron el riesgo que corren de perder su cosecha por lluvias, además del largo tiempo que toma en secarse el grano para poder ser procesado (Ilustración 36). Por esta razón se considera dentro de esta investigación, el sacado de maíz por medio de geotermia, como un proyecto importante que contribuye directamente a las necesidades de un gran porcentaje de hogares.



*Ilustración 36, métodos de secado de maíz en la zona.
Fuente propia*

La incubación de huevos es un proyecto que despertó interés en todos los cantones objeto de estudio. La comunidad manifestó la existencia de una incubadora que utiliza corriente eléctrica perteneciente a la Asociación de Desarrollo Comunal Integral de Mujeres Emprendedoras (ADECIME) la cual está ubicada en un solo cantón y no da abasto para las familias.

Por otra parte, la posibilidad de tener lugares con un ambiente controlado para el cultivo de hortalizas ayudaría a no tener que desplazarse hasta el centro urbano para poder adquirirlas. Igualmente, la crianza de peces como tilapia, añadiría un producto más en la zona que puede utilizarse para consumo propio o negocio.

Finalmente, en la Tabla 12 se presentan los prototipos considerados para cada cantón. En el siguiente apartado se evaluará la factibilidad de cada uno de ellos

Tabla 12, Tecnologías de usos directos propuestos para cada cantón

Cantón	Proyecto			
	Incubadora	Piscicultura	Secado de maíz	Cultivo de Hortalizas
Chipilapa	Yellow	Blue	Orange	White
El Barro	Yellow	Blue	White	Green
Los magueyes	Yellow	Blue	White	White
Santa Rosa Acacalco	Yellow	White	Orange	Green
Suntecumat	Yellow	Blue	Orange	Green
Tacubita	Yellow	White	Orange	Green

8.4 Determinación de la factibilidad de las tecnologías propuestas de usos directos de la geotermia- Etapa 4

8.4.1 Tecnologías existentes o adaptables

En el numeral 6.1.1 se mencionaron algunas tecnologías existentes y aplicadas en el mundo que utilizan como fuente de energía el calor propio del suelo. Dentro de éstas tecnologías son de gran utilidad la técnica de acuicultura y de cultivo por medio de ambientes controlados (invernaderos). Sin ir muy lejos, en el numeral 6.3.2 se presentó tecnología existente en El Salvador la cual se encarga de calentar el aire por medio de usos directos en cascada; éste principio puede ser adaptable para el acondicionamiento de un ambiente adecuado para el secado del maíz y la incubación de huevos.

Por lo anterior se determina que si existe tecnología que se pueda emplear en la realización de los proyectos geotérmicos propuestos

8.4.2 Factibilidad económica

Para ésta investigación se les dará factibilidad económica a aquellos proyectos que para su funcionamiento requieran una temperatura mayor a la temperatura ambiente, ya que emplear temperaturas por debajo de ésta requiere de tecnologías costosas o inclusive su propia fuente de calor a través de una bomba de calor geotérmica.

En la Tabla 13 se presentan los rangos de temperatura que requiere cada proyecto para su funcionamiento, marcando con color roja aquellas tecnologías que para ésta investigación no poseen factibilidad económica y por ende quedan descartados como posibles proyectos.

Tabla 13, Factibilidad económica de los proyectos

TECNOLOGÍA	TEMPERATURA REQUERIDA (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE DE LA ZONA (°C)
Incubadora	37-40	24-28 (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2016)
Piscicultura (TILAPIA)	27- 30	
Secado de maíz	55-57	
Cultivo de Hortalizas	20	

8.4.3 Factibilidad técnica de las propuestas

8.4.3.1 FACTIBILIDAD DE REQUERIMIENTO TÉRMICO

El requerimiento térmico para cada proyecto dependerá de la temperatura que cada uno de estos requiera. Sin embargo, en todos los casos se debe realizar un balance de masa y energía para verificar que la temperatura extraída no afecte el sistema. Para ello se hará uso de la Ecuación 1 y del software EES como herramienta de cálculo.

$$W = \dot{m} * (h_2 - h_1) \quad (E 1)$$

Cada cálculo se realizará con la temperatura más baja de fuente de calor determinada en la Ilustración 7 ya que ésta corresponderá al caso más crítico.

Para ésta primera estimación se asumen como 0 las pérdidas de calor radiales y que el líquido de la tubería, fuente de calor, se encuentra en condiciones de saturación.

- **INCUBADORA**

Revisiones bibliográficas permiten concluir que en promedio son necesarios 0.1W para incubar 1 huevo, considerando como diseño básico una incubadora con capacidad para 1500 huevos se determina que se requiere una potencia de 1.5 KW. Tomando como datos de diseño una temperatura de fluido de 116°C y un flujo másico de líquido de 157.8kg/s se obtienen los resultados de la tabla 14

Tabla 14, Análisis incubadora

m	160	kg/s
W	1.5	KW
T1	116	°C
H1	486.7956772	KJ/Kg

H2	486.7863022	KJ/Kg
T2	115.88	°C

- SECADOR DE MAÍZ**

Revisiones bibliográficas permite concluir que en promedio son necesarios 38.39kW para el proceso de secado de 1000kg de maíz en un tiempo de 8 horas. Tomando como datos de diseño una temperatura de fluido de 116°C y un flujo másico de líquido de 157.8kg/s se obtienen los resultados de la Tabla 15.

Tabla 15 Análisis secador de maíz

m	160	kg/s
W	38.39	KW
T1	116	°C
H1	486.7956772	KJ/Kg
H2	486.5557397	KJ/Kg
T2	115.95	°C

- PISCICULTURA**

Revisiones bibliográficas permite concluir que en promedio son necesarios 33.46 kW por estanque de 200m² con una capacidad aproximada de 400 tilapias. Para éste diseño preliminar se establecen los criterios y resultados expuestos en la tabla 14

Tabla 16, Análisis piscicultura

m	160	kg/s
W	33.46	KW
T1	116	°C
H1	486.7956772	KJ/Kg
H2	486.5865522	KJ/Kg
T2	115.87	°C

8.4.3.2 FACTIBILIDAD DE TERRENO

Para la factibilidad de terreno se considera las condiciones de pendientes, donde las más aceptables serán aquellas superficies planas, hasta semi-inclinado (0%-5%), valores superiores de pendiente perderán calidad de selección paulatinamente y se discriminará el uso de superficies superiores a 30%. Este criterio se aplica por igual a todos los proyectos propuestos.

Se considera el criterio del uso industrial de la central geotérmica emplaza en la zona geotérmica estudiada, ya que, por razones de la actividad de generación eléctrica, espacio y de salud y seguridad ocupacional, no es viable emplazar un proyecto de uso directo de la geotermia en esta zona. Se considera viable las áreas definidas como “campo geotérmico” dentro del área de influencia.

8.4.3.3 FACTIBILIDAD DE VÍAS DE ACCESO

La movilización y emplazamiento de estructuras requerirá vías de acceso lo más cercanas al punto definido para el proyecto de uso directo, por lo que se considera viable los puntos con accesos a red vial a menos de 50 metros. Vías con distancias mayores al punto del proyecto pierden calidad de selección paulatinamente.

8.4.3.4 CERCANÍA CON FUENTES HÍDRICAS

La cercanía a fuentes hídricas representa una ventaja para la utilización del recurso en la crianza de las tilapias, es por ello que se le da mayor valor a aquellos terrenos que tienen cerca una fuente de agua. El caso contrario se toma para los proyectos de incubación de huevos y secado de maíz ya que su cercanía con a una fuente hídrica representa un riesgo en tiempo de crecida.

8.4.3.5 CERCANÍA CON ASENTAMIENTOS

La cercanía de los cantones a la posible área del proyecto da un alto valor agregado, ya que en la zona de estudio se determinó que gran cantidad de personas no poseen un medio de transporte en sus hogares.

8.4.4 FACTIBILIDAD LEGAL

Todos los proyectos propuestos consideran como fuente de calor instalaciones de una central geotérmica, los permisos de uso de su infraestructura para proyectos de este tipo deben contar con aval y respaldo de la empresa, ya que se llevarían a cabo dentro de su área de concesión.

8.4.5 CRITERIOS PARA LA CREACIÓN DE MAPAS DE FACTIBILIDAD

Para el emplazamiento de los proyectos de usos directos se empleó el método de análisis multicriterio, el cual consiste en superponer mapas de variables de interés y ponderar el porcentaje de relevancia de cada una de ellas, para calcular un mapa final con la mejor combinación de evaluación. Para el estudio, se consideraron 7 variables (Ilustración 38) a las cuales se les clasificó de acuerdo a sus características y se les dio un valor del 1 al 5, siendo el 5 el valor más favorable para emplazar el proyecto.

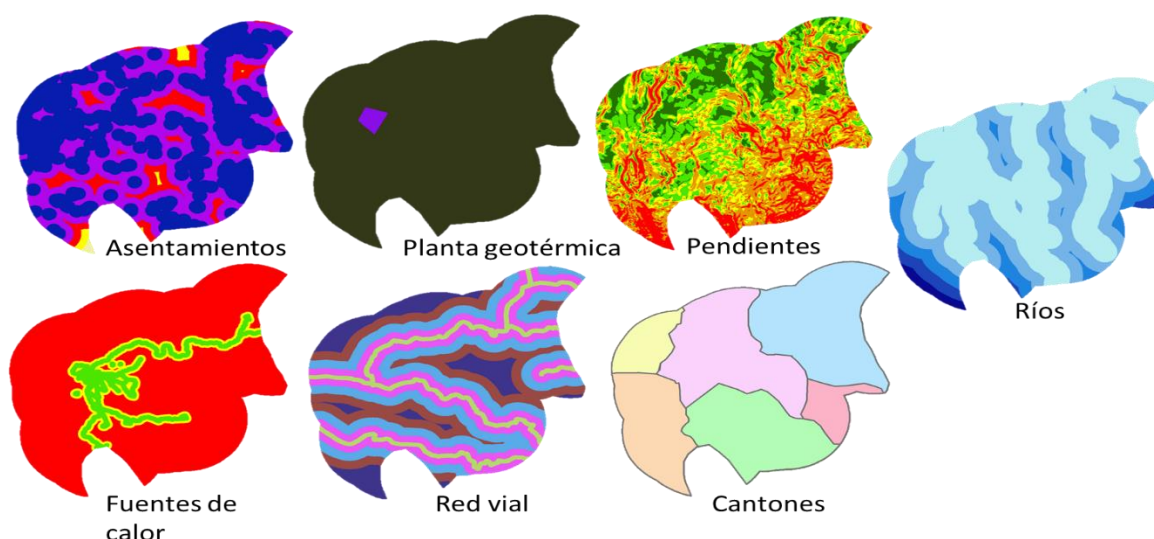


Ilustración 38 Variables consideradas para el emplazamiento de proyectos de Usos Directos.
Fuentes de calor

Las ponderaciones asignadas a cada variable dependen de las características de cada proyecto. Para esta investigación los valores fueron asignados a criterio del grupo investigador.

9. Presentación de resultados

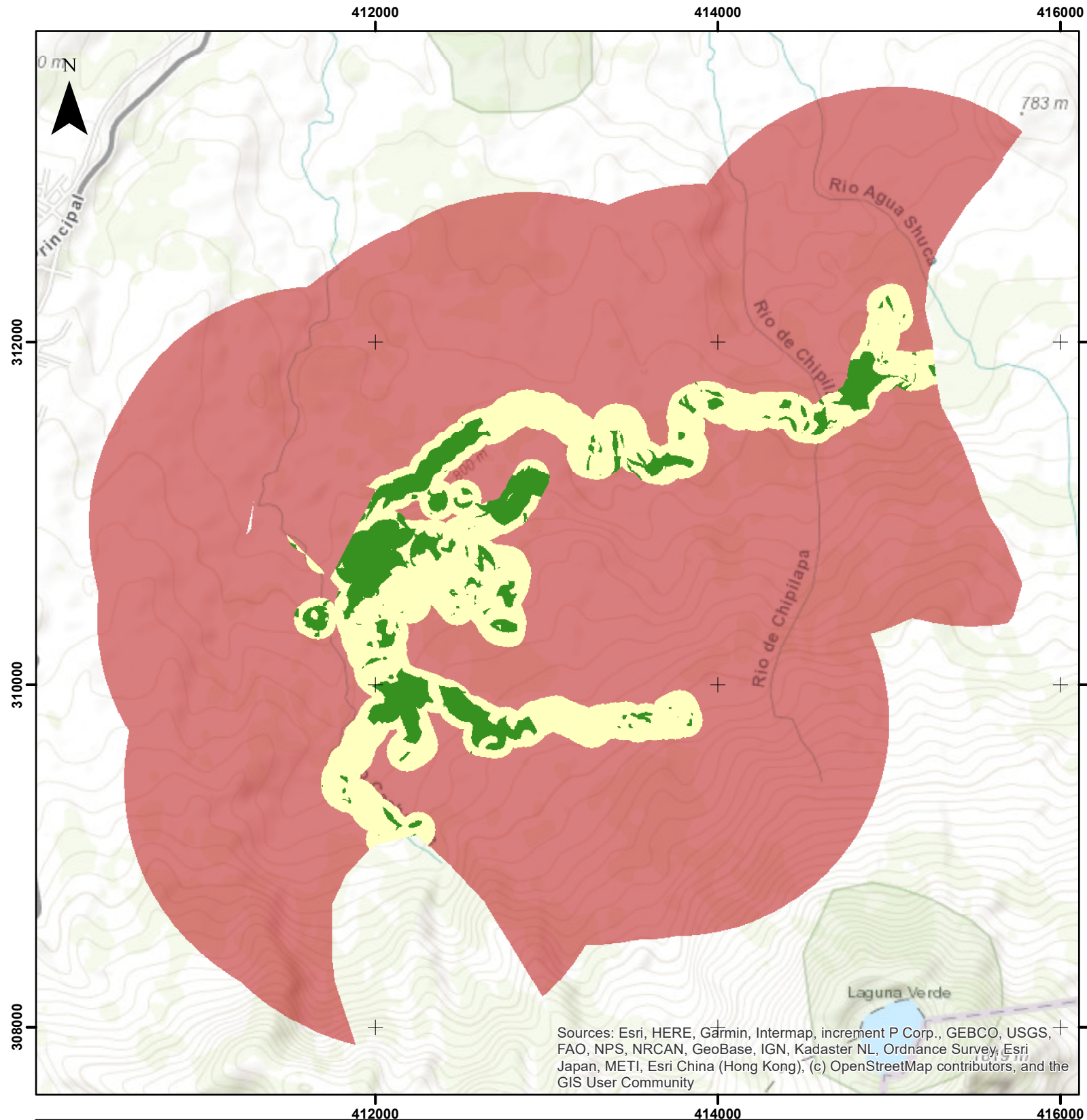
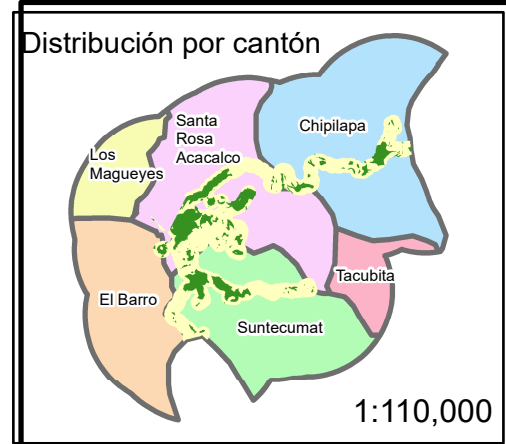


TABLA DE CRITERIOS DE SELECCIÓN

INCUBADORA DE HUEVOS			
Variable	Ponderación	Rangos	Valor
Cantón	15%	Chipilapa	5
		Barro (Urbano)	5
		Los magueyes (urbano)	4
		Santa Rosa Acacalco	5
		Sustecumat	5
Asentamiento	20%	Tacubita	5
		0-150	5
		150-300	4
		300-450	3
		450-600	2
Fuente de calor	25%	>600	1
		0-50	5
		50-100	4
		>100	Restringido
Pendiente	15%	0%-5%	5
		5%-10%	4
		10-15%	3
		15%-30%	2
Red vial	5%	>30%	Restringido
		0-50	5
		50-200	4
		200-400	3
		400-600	2
Ríos	5%	>600	1
		>1000	5
		750-1000	5
		500-750	4
		250-500	3
Planta	15%	0-250	3
		Planta	Restringido
		Campo geotérmico	5
TOTAL	100%		

Calificación	Valor
Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Baja	1
Inviabile	Restringido



CALIFICACIÓN PARA SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTO DE PROYECTO GEOTÉRMICO DE USO DIRECTO

- 0 - Restringido
- 4 - Muy Bueno
- 5 - Excelente

ESCALA

1:30,000

SISTEMA PROYECTADO DE COORDENADAS CÓNICA CONFORMAL DE LAMBERT, NAD27

DIPLOMADO EN GEOTERMIA PARA AMÉRICA LATINA 2019

SITIOS DE EMPLAZAMIENTO PARA PROYECTO GEOTERMICO DE USO DIRECTO "INCUBADORA DE HUEVOS"

FECHA

NOVIEMBRE 2019



PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ACEPTACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS DE USOS DIRECTOS EN COMUNIDADES DENTRO DE ZONAS DE INTERÉS GEOTÉRMICO EN EL SALVADOR

SITIOS DE EMPLAZAMIENTO PARA PROYECTO GEOTERMICO DE USO DIRECTO "INCUBADORA DE HUEVOS"

Asunción C. Pabón M.

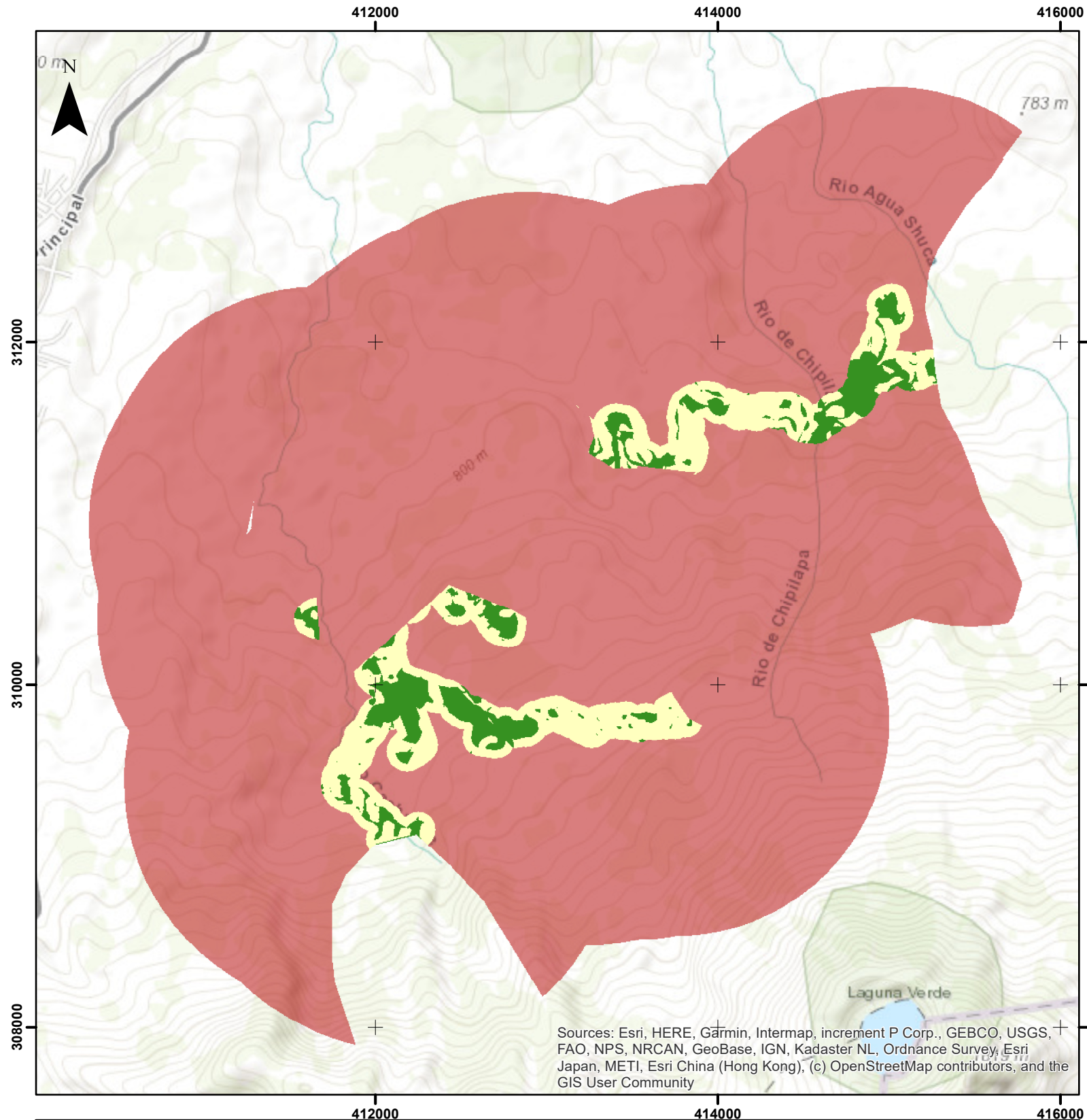
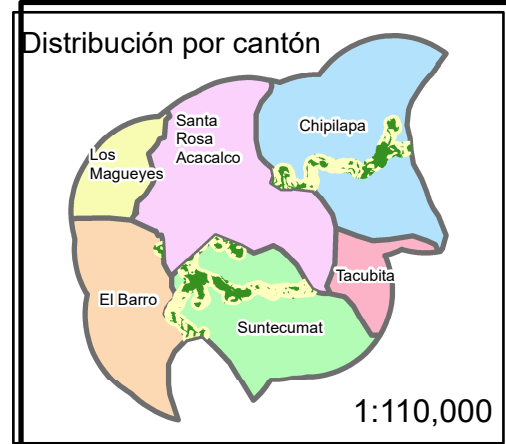


TABLA DE CRITERIOS DE SELECCIÓN

PISCICULTURA DE TILAPIA			
Variable	Ponderación	Rangos	Valor
Cantón	15%	Chipilapa	5
		Barro (Urbano)	5
		Los magueyes (urbano)	5
		Santa Rosa Acacalco	Restringido
		Sustecumat	5
Asentamiento	15%	Tacubita	Restringido
		0-150	5
		150-300	4
		300-450	3
		450-600	2
Fuente de calor	25%	>600	1
		0-50	5
		50-100	4
Pendiente	15%	>100	Restringido
		0%-5%	5
		5%-10%	4
		10-15%	3
		15%-30%	2
Red vial	5%	>30%	Restringido
		0-50	5
		50-200	4
		200-400	3
		400-600	2
Ríos	10%	>600	1
		>1000	1
		750-1000	2
		500-750	3
		250-500	4
Planta	15%	0-250	5
		Planta	Restringido
TOTAL	100%	Campo geotérmico	5

Calificación	Valor
Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Baja	1
Inviabile	Restringido



CALIFICACIÓN PARA SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTO DE PROYECTO GEOTÉRMICO DE USO DIRECTO

0 (Red)

4 (Yellow)

5 (Green)

ESCALA

1:30,000

SISTEMA PROYECTADO DE COORDENADAS CÓNICA CONFORMAL DE LAMBERT, NAD27

DIPLOMADO EN GEOTERMIA PARA AMÉRICA LATINA 2019

SITIOS DE EMPLAZAMIENTO PARA PROYECTO GEOTERMICO DE USO DIRECTO "PISCICULTURA DE TILAPIA"

FECHA

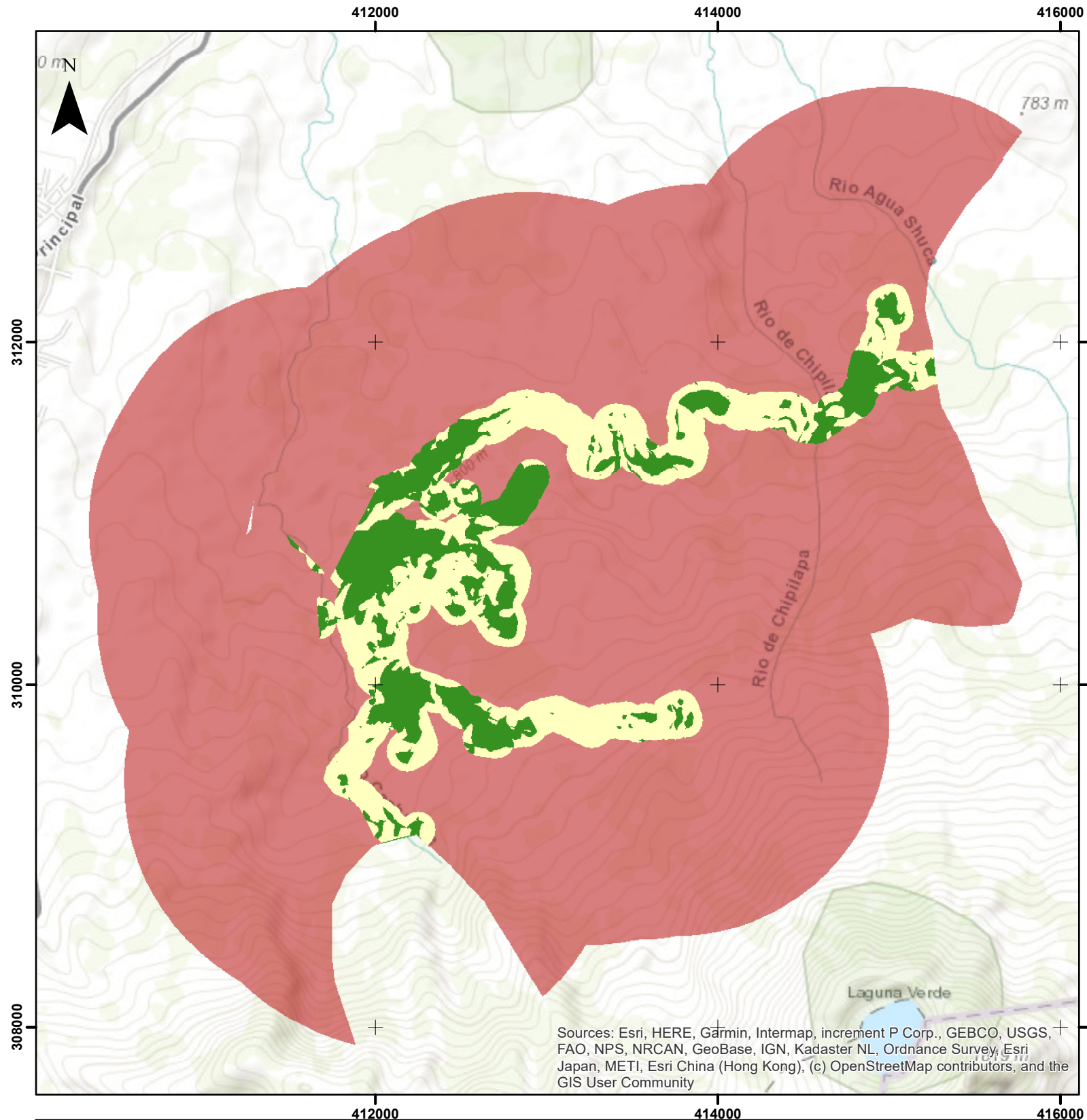
NOVIEMBRE 2019



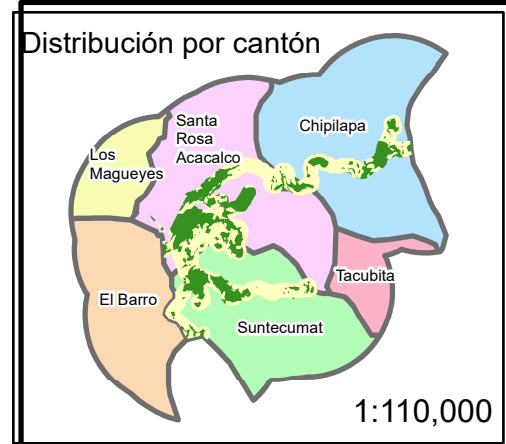
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ACEPTACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS DE USOS DIRECTOS EN COMUNIDADES DENTRO DE ZONAS DE INTERÉS GEOTÉRMICO EN EL SALVADOR

SITIOS DE EMPLAZAMIENTO PARA PROYECTO GEOTERMICO DE USO DIRECTO "PISCICULTURA DE TILAPIAS"

Asunción C. Pabón M.



Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



CALIFICACIÓN PARA SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTO DE PROYECTO GEOTÉRMICO DE USO DIRECTO

0 (Red)

4 (Yellow)

5 (Green)

ESCALA

1:30,000

SISTEMA PROYECTADO DE COORDENADAS CÓNICA CONFORMAL DE LAMBERT, NAD27

DIPLOMADO EN GEOTERMIA PARA AMÉRICA LATINA 2019

SITIOS DE EMPLAZAMIENTO PARA PROYECTO GEOTERMICO DE USO DIRECTO "SECADORA DE MAÍZ"

FECHA

NOVIEMBRE 2019

TABLA DE CRITERIOS DE SELECCIÓN

SECADORA DE MAÍZ			
Variable	Ponderación	Rangos	Valor
Cantón	15%	Chipilapa	5
		Barro (Urbano)	Restringido
		Los magueyes (urbano)	Restringido
		Santa Rosa Acacalco	5
		Sustecumat	5
Asentamiento	20%	Tacubita	5
		0-150	5
		150-300	4
		300-450	3
		450-600	2
Fuente de calor	25%	>600	1
		0-50	5
		50-100	4
Pendiente	15%	>100	Restringido
		0%-5%	5
		5%-10%	4
		10-15%	3
		15%-30%	2
Red vial	5%	>30%	Restringido
		0-50	5
		50-200	4
		200-400	3
		400-600	2
Ríos	5%	>600	1
		>1000	5
		750-1000	5
		500-750	4
		250-500	3
Planta	15%	0-250	3
		Planta	Restringido
TOTAL	100%	Campo geotérmico	5

Calificación	Valor
Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Baja	1
Inviabile	Restringido

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ACEPTACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS DE USOS DIRECTOS EN COMUNIDADES DENTRO DE ZONAS DE INTERÉS GEOTÉRMICO EN EL SALVADOR

SITIOS DE EMPLAZAMIENTO PARA PROYECTO GEOTERMICO DE USO DIRECTO "SECADORA DE MAÍZ"

Asunción C. Pabón M.

10. Conclusiones y recomendaciones

- Contar con una propuesta metodológica para la correcta implementación de proyectos de usos directos en función de las necesidades de las comunidades, aumenta la probabilidad de éxito de un proyecto, ya que garantiza que el proyecto planteado supla necesidades diarias de la comunidad haciendo que éstas se empoderen de su estabilidad a lo largo del tiempo.
- La propuesta metodológica presentada en este trabajo está sujeta a un proceso de calibración, por ende, se recomienda su utilización en la realización y planteamiento de otros proyectos en diferentes campos geotérmicos.
- Las propuestas presentadas por parte de la comunidad que no fueron contempladas en ésta investigación, también poseen gran potencial de desarrollo en la zona, por lo que se recomienda realizar un estudio adicional para contemplarlas.
- Se notó gran desinformación sobre temas relacionados con geotermia. Los conocimientos se fundamentan en gran mayoría con una empresa generadora de energía. Es por esto que se cree de gran importancia implementar charlas y capacitaciones sobre el tema y sus usos directos
- Se recomienda no implementar más de dos usos directos por línea de acarreo de agua, con el fin no modificar abruptamente su temperatura.
- Las propuestas tecnológicas de usos directos producto del desarrollo de la metodología planteada, no tienen en cuenta una factibilidad de diseño; los valores calculados en la factibilidad técnica son valores de literatura, por ésta razón se debe realizar un diseño para los prototipos seleccionados en el área sugerida
- Cada etapa del desarrollo de la metodología cuenta con sus respectivos análisis y resultados, ya que para la correcta implementación de ésta es necesario el cumplimiento de la etapa previa.

11. Agradecimientos

A Dios por la sabiduría y fortaleza que nos ha concedido para cumplir esta meta.

A nuestras familias, Asunción Alas y Pabón Chavez, por su amor, comprensión, sacrificio y apoyo hacia nosotros; la realización de este logro se debe principalmente a ellos.

A nuestro a asesores, Luis Franco y Caleb Nájera, por dedicar su valioso tiempo y por su apoyo, atención y buen consejo a lo largo de este diplomado.

A Luis Henríquez, por su disponibilidad y buen ánimo para apoyar la investigación.

A Roberto Menjívar y Gustavo Ángel, por el apoyo y acompañamiento en las mediciones en campo.

Al equipo de coordinación de FUNDAGEO en cabeza del Licenciado Edgardo Melendez y el apoyo de Salvador Zavaleta - Coordinador de proyectos, y Yaneth Ulloa - Analista de comunicaciones.

Al equipo de FUNDAGEO que nos apoyó grandemente en campo: Joaquín Pénate – Responsable de atención a comunidades, Víctor Campos – Ingeniero de proyectos, Maybel Henríquez – Responsable del eje de educación. Así como el equipo de investigadores: Sabrina, Erick, Mario, Vladimir, Claudia, Natalia.

A LaGeo, a la United Nations University – Geothermal Training Programme (UNU-GTP), a la Universidad de El Salvador, a la Asociación Geotérmica Colombiana (AGEOCOL), por la oportunidad y el apoyo para la participación en este diplomado.

12. Referencias

- ASOCIACIÓN COSTA RICA POR SIEMPRE. (2017). *Guía para la elaboración de propuestas metodológicas*. San José.
- Benjaarnahor, N., Nugroho, A., Hendrarsakti, J., & Darmanto, P. (s.f.). Study on Cascaded Direct Use Application Using Geothermal Fluids in Wayang Windu. *Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*. Stanford University, California.
- Chavarria, J. (Septiembre de 2019). Diplomado en Geotermia para América Latina 2019, edición IV. *Utilización de recursos de media y baja entalpía*. San Salvador.
- Con D'Ancona, Á. (2004). *MÉTODOS DE ENCUESTA TEORÍA Y PRÁCTICA, ERRORES Y MEJORA*. Madrid: Síntesis.
- Consejo Nacional de Energía El Salvador. (8 de Noviembre de 2019). Obtenido de CNE: <https://www.cne.gob.sv/tema/energias-renovables-2/energia-geotermica/>
- Franco, L. (Junio de 2019). Energía Geotérmica y su Impacto en el Medio Ambiente. *Diplomado en Geotermia para América Latina*. Santa Tecla, La Libertad, El Salvador.
- Henríquez, J. L. (2019).
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Instituto Geológico de España (IGME). (2008). *Manual de Geotermia*. Madrid: IDAE.
- La Geo. (6 de noviembre de 2019). *La Geo Grupo CEL*. Obtenido de <http://www.lageo.com.sv/?cat=1007>
- LLopis, G., & Rodrigo, V. (2008). *Guía de la Energía Geotérmica*. Madrid: Gráfica Arias Montano S.A.
- Lund, J., & Boyd, T. (s.f.). Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review. *Proceedings World Geothermal Congress 2015*. Melbourne.
- M, C., B, C., S, B., & A, S. (s.f.). Developing a geoheat strategy to increase geothermal direct use in New Zealand: Stakeholder consultation. *New Zealand Geothermal Workshop*. GNS science, Wairakei Research Centre & Environmental Management Services., Auckland.
- Mayandari, R., Rahman, F., Irawan, D., Perdana, F., Arisbaya, I., & Indrawan, B. (s.f.). Raising Public Acceptance of Geothermal Utilizaation Through Direct Application in Indonesia. *Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*. Stanford University, California, California.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (4 de marzo de 2016). Tipos de información climática . El Salvador .
- SIG El Salvador . (2000). San Salvador.
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M., & Bürer, J. (s.f.). Social Acceptance of Renewable Energy Innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy*. ELSEVIER.

13. Apéndices

Anexo A

Encuesta tipo

FECHA: ___ DE OCTUBRE DE 2019 ----- COMUNIDAD: _____

Por favor marque con una X la respuesta que identifica su hogar

¿CUÁNTAS PERSONAS DE 16 AÑOS O MAYORES VIVEN EN SU CASA INCLUYÉNDOLO A UD.? *

1a	<input type="checkbox"/>	2a	<input type="checkbox"/>
3a	<input type="checkbox"/>	4 o más	<input type="checkbox"/>

¿CUÁNTOS DE ELLOS SON VARONES? *

0a	<input type="checkbox"/>	1a	<input type="checkbox"/>
2a	<input type="checkbox"/>	3a	<input type="checkbox"/>
4 o más	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

VERSIÓN A UTILIZAR: _____

DIRECCIÓN: _____

NOMBRES DEL ENCUESTADO: _____

EDAD: _____ AÑOS ----- GÉNERO: --MASCULINO -- FEMENINO

¿CUÁNTAS PERSONAS MENORES DE 16 AÑOS VIVEN EN SU CASA? _____

¿CUÁNTAS PERSONAS POSEEN UN TRABAJO FORMAL EN SU CASA? _____

APROXIMADAMENTE ¿CUÁL ES EL INGRESO TOTAL MENSUAL EN SU HOGAR? *

0-100 US	<input type="checkbox"/>
100-300 US	<input type="checkbox"/>
300-500 US	<input type="checkbox"/>
>500 US	<input type="checkbox"/>

¿CUÁLES SON LAS FUENTES DE INGRESOS ECONÓMICOS EN SU HOGAR? *

¿CON QUÉ MEDIOS DE TRANSPORTE CUENTA EN SU HOGAR? *

Ninguno	<input type="checkbox"/>
Carro	<input type="checkbox"/>
Motocicleta	<input type="checkbox"/>
Carro y Motocicleta	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>

ENCUESTA

Usos directos de geotermia en comunidades de El Salvador.

BUENOS DÍAS/TARDES. LOS ESTUDIANTES DEL DIPLOMADO EN GEOTERMIA PARA AMÉRICA LATINA 2019 ESTÁN REALIZANDO UN ESTUDIO SOBRE OPORTUNIDADES DE EMPRENDIMIENTO DE FAMILIAS USANDO EL CALOR DEL SUELO. ESTA VIVIENDA HA SIDO SELECCIONADA ALEATORIAMENTE, POR ÉSTE MOTIVO SE LE SOLICITA SU COLABORACIÓN AGRADECIENDO ANTECIPADAMENTE POR SU TIEMPO.

SE GARANTIZA EL ABSOLUTO ANONIMATO Y SECRETO DE SUS RESPUESTAS.

PARA PROCEDER A LLENAR LA ENCUESTA POR FAVOR TENER EN CUENTA:

- LAS PREGUNTAS MARCADAS CON * SON PREGUNTAS DE RESPUESTA OBLIGATORIA.
- LOS CAMPOS SUBRAYADOS SON EXCLUSIVAMENTE PARA DATOS LLENADOS POR EL ENCUESTADO.
- PARA DILIGENCIAR ESTE CUESTIONARIO USTED CUENTA CON EL APOYO DEL ENCUESTADOR ASIGNADO.

¡HABLEMOS SOBRE GEOTERMIA!

EN ESTE APARTADO USTED CONTARÁ CON EL APOYO Y EXPLICACIONES POR PARTE DEL ENCUESTADOR.

¿QUÉ CONOCE USTED SOBRE LA GEOTERMIA? (Llenar con respuesta previa a la explicación)

¿CONOCE ALGÚN USO DIRECTO DE LA GEOTERMIA? ¿CUÁL? (Llenar con respuesta previa a la explicación)

¿QUÉ USOS DIRECTOS LE INTERESARÍA PARA SU BIENESTAR Y EL DE SU HOGAR? POR FAVOR ENLISTAR EN ORDEN PRIORITARIO.

OBSERVACIONES DEL ENCUESTADOR:

NOMBRE ENCUESTADOR: _____