



Financiado por
la Unión Europea
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



INFORME FINAL

Estudio de la vulnerabilidad de la recarga hídrica y su aprovechamiento, en tres municipios de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur : AMATITLÁN, MIXCO Y SANTA CATARINA PINULA

En el marco de la :

Consultoría sobre la evaluación de las vulnerabilidades de las zonas de recarga hídrica como insumos para la elaboración del Sistema de Información Cartográfica para la Gestión Integral de Riesgos de Desastres – SIC-GIRD.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



INFORME FINAL

Estudio de la vulnerabilidad de la recarga hídrica y su aprovechamiento, en tres municipios de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur : AMATITLÁN, MIXCO Y SANTA CATARINA PINULA

Ejecutado por :
COOPERAZIONE INTERNAZIONALE – COOPI –
MSc. Alan Humberto Herrera
Consultor – COOPI –

Guatemala, noviembre de 2017.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	5	VULNERABILIDAD DE LA RECARGA HÍDRICA	17
CONTEXTO	6	MUNICIPIO DE AMATITLÁN	17
OBJETIVOS.....	9	MUNICIPIO DE MIXCO.....	20
METODOLOGÍA	9	MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA.....	23
Eje 1. Sostenibilidad de manejo de la ZRH.....	11	VULNERACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL PROMEDIO (CANTIDAD).....	24
Recarga Hídrica Potencial (Zona de Recarga Hídrica –ZRH-).....	11	Análisis de escenarios	27
Análisis de la Vulnerabilidad de la Recarga Potencial del Suelo RPS, en las Zonas de Recarga Hídrica –ZRH-	12	Vulneración de la Recarga Hídrica Potencial Promedio (Calidad)	29
Eje 2. Exposición a Amenazas y fragilidades asociadas	12	Análisis de escenarios	31
Amenazas naturales en la Zona de Recarga Hídrica	12	EJE #2. EXPOSICIÓN A AMENAZAS Y FRAGILIDADES ASOCIADAS.....	36
Zona de Bombeo (ZBB).....	12	ZONA DE RECARGA HÍDRICA.....	36
Eje 1. Sostenibilidad de manejo de la ZAB.....	13	Análisis de escenarios	39
Oferta Hídrica Municipal	13	EJE #1. SOSTENIBILIDAD DE MANEJO DE LA ZAB	41
Eje 2. Exposición a amenazas y fragilidades asociadas	15	VULNERABILIDAD DE LA OFERTA HÍDRICA.....	41
Zona de Abastecimiento –ZAB-	15	ZONA DE BOMBEO MUNICIPIO DE AMATITLÁN	41
RESULTADOS	16	ZONA DE BOMBEO MUNICIPIO DE MIXCO.....	42
EJE #1: SOSTENIBILIDAD DE MANEJO de la ZRH	16	ZONA DE BOMBEO MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA.....	43

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación
y Protección Civil



COOPERAZIONE
INTERNAZIONALE



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Análisis de escenarios.....	43	MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA.....	71
DEMANDA HÍDRICA, VULNERACIÓN OFERTA/DEMANDA	46	Análisis de escenarios	72
Análisis de escenarios.....	52	EXPOSICIÓN A AMENAZAS Y FRAGILIDADES ASOCIADAS DEL	
OFERTA HÍDRICA / VULNERACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL		SISTEMA DE ABASTECIMIENTO MUNICIPAL –SAB-	76
SISTEMA DE BOMBEO MUNICIPAL	54	MUNICIPIO DE AMATITLAN	76
Análisis de escenarios.....	66	Análisis de escenarios	85
EJE#2. EXPOSICIÓN A AMENAZAS Y FRAGILIDADES ASOCIADAS	68	CONCLUSIONES	87
AMENAZAS NATURALES AL SISTEMA DE BOMBEO.....	68	ANEXO	91
MUNICIPIO DE AMATITLAN	68		
MUNICIPIO DE MIXCO	69		

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación Internacional
y Protección Civil



COOPERAZIONE
INTERNAZIONALE



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

INTRODUCCIÓN

Como parte del fortalecimiento de las capacidades del sistema CONRED, tomando en cuenta específicamente las capacidades técnicas y profesionales de las municipalidades para la gestión preventiva del territorio y gestión de crisis, COOPI ha generado un Sistema de Información Cartográfica sobre Recursos y Vulnerabilidades. El Sistema tiene el objetivo de sistematizar y analizar informaciones y crear una dinámica preventiva a partir de una base de datos geo-referenciada sobre datos poblacionales, factores de vulnerabilidad e importantes recursos para planificar la preparación y respuesta a desastres y orientar la toma de decisiones en el tema.

El Sistema de Información Cartográfica logra la identificación y caracterización de recursos de crisis con fines de sistematizar y dar a conocer las capacidades y medios municipales de preparación y respuesta, y los actores de suma importancia en periodo de emergencia. De igual manera en el marco de una gestión preventiva de riesgos, el Sistema de Información Cartográfica permite la consulta de informaciones sobre las vulnerabilidades de algunos recursos de crisis, tales como el funcionamiento de los establecimientos de salud, las condiciones de accesibilidad y el sistema de abastecimiento de agua. Ese análisis tiene el fin de priorizar los territorios y/o los recursos de mayor criticidad, y

orientar las acciones públicas de gestión de riesgos sobre los factores de fragilidad.

Al enfocarse específicamente sobre la evaluación de la sostenibilidad del manejo de los acuíferos subterráneos de los municipios de Amatitlán, Mixco y Santa Catarina Pinula, y de la (sobre o sub) explotación de aguas subterráneas y sus efectos en términos de riesgos para el funcionamiento del municipio ante y post desastre, se alerta sobre la consideración del tema de agua no como un tratamiento ingenieril sino más bien territorial. Las interdependencias entre redes, entre recursos de crisis y el sistema de agua, hacen resaltar la importancia del abordaje del sistema de abastecimiento de agua como recurso mayor que pueda interrumpir el funcionamiento del sistema de crisis a la hora de un desastre ; por lo cual el estudio de sus fragilidades encamina a determinar algunos componentes del sistema de abastecimiento de agua más prioritarios que otros, y su gestión específica participa en el aumento de la resiliencia del sistema de crisis.

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación Internacional
y Protección Civil



COOPERAZIONE
INTERNAZIONALE



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

CONTEXTO

El municipio de Amatitlán cuenta con un valor elevado de la proporción oferta hídrica / demanda hídrica municipal (1.19) (en parte por abundancia de áreas con potencial de recarga hídrica (181 millones de metros cúbicos anuales en promedio), y en parte por la baja demanda hídrica municipal (7.5 millones de metros cúbicos anuales) mientras que el municipio de Mixco mayormente poblado (mayor demanda hídrica, 24 millones de metros cúbicos anuales) y con mayor extensión del área gris y zonas impermeabilizadas, la proporción oferta hídrica / demanda hídrica es menor (1.06), lo cual puede ser el reflejo de una menor capacidad de captación hídrica para infiltración potencial (78 millones de metros cúbicos anuales en promedio). Santa Catarina Pinula tiene una situación similar al municipio de Amatitlán (relación oferta/demanda de 1.18), reflejado en poca demanda hídrica municipal (4.5 millones de metros cúbicos anuales) y alta capacidad de recarga hídrica potencial (120 millones de metros cúbicos anuales).

La extracción de agua del sistema de pozos municipales en el municipio de Amatitlán depende en gran parte de la disposición de 12 pozos municipales dentro de una sola micro cuenca hidrográfica, la mayoría de pozos cuenta con sistemas de bombeo insuficientes para abastecer correctamente al número de pobladores con abastecimiento público del municipio, y también del nacimiento de agua el Barretal que abastece a una pequeña porción de la población del municipio. Existe una actividad muy elevada de

industria, agro-industria e industria pecuaria, cuyo consumo de agua no está siendo estimado a nivel municipal, así como la generación de aguas residuales y su destinación.

El municipio de Mixco depende de 101 pozos municipales, ubicados dentro del área urbanizada correspondiente a por lo menos 3 micro cuencas hidrográficas y algunos pocos ubicados a cercanía de algunos nacimientos de agua en la Cordillera del Cerro Alux. La cantidad de agua que se bombea en este municipio es cerca de tres veces la suma de la demanda hídrica municipal de los otros 2 municipios. La presencia de colonias y sectores poblados con sistemas privados de abastecimiento de agua, conlleva un consumo de agua que no está siendo estimado a nivel municipal, así como la generación de aguas residuales y su destinación.

En el caso de Santa Catarina Pinula, depende mayoritariamente de la microcuenca del río Pinula para abastecer alrededor de 70% de la población del municipio, el resto de la población depende de la microcuenca Acatán y la Represa y tanque Las Minas. Cuenta con 18 pozos municipales. La presencia de colonias y sectores poblados con sistemas privados de abastecimiento de agua, conlleva un consumo de agua que no está siendo estimado a nivel municipal, así como la generación de aguas residuales y su destinación.

En base a contextos distintos en cuanto a la disponibilidad de agua en sus mantos acuíferos y aguas superficiales, ha parecido

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia para el Desarrollo
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

pertinente enfocarse particularmente sobre el deterioro de la calidad del agua y las condiciones que se generan cuando se substraen el agua para el abastecimiento público, en el caso de Amatitlán. Mientras que el estudio del balance oferta hídrica municipal / demanda hídrica municipal, y de los factores de vulnerabilidad que alteran el equilibrio de la zona de recarga hídrica parece ser más relevante en el contexto de Mixco y menor en el caso de Santa Catarina Pinula, pero es importante considerar que solo se ha tenido a la vista la información del consumo municipal, puede ser que el contexto cambie o se agudice, al sumar los entes privados que consumen agua subterránea y superficial y que generan aguas residuales, cuyos valores en calidad y cantidad no están siendo registrados por las autoridades municipales.

Se ha considerado previamente que el recurso hídrico a nivel municipal puede ser vulnerable, ya que existe gran incertidumbre sobre la transversalidad del sistema de recarga y abastecimiento hídrico.

El funcionamiento lineal y transversal del sistema de abastecimiento de agua pone la zona de recarga hídrica determinante para el buen funcionamiento del mismo sistema y de los recursos de crisis que dependen de este sistema. Fueron definidos los temas más relevantes, a los que se hizo referencia dentro del marco de los objetivos del estudio y sus resultados esperados, tales como: determinar las zonas de recarga hídrica, asociando las zonas de captación con la zona de bombeo en la relación de autonomía y dependencia, estimando mediante el número de personas que

cuentan con abastecimiento municipal, cuál es la proporción de la oferta hídrica contra la demanda.

El presente estudio es un análisis rápido de las vulnerabilidades relacionadas a la afectación de la cantidad y la calidad del agua que es recargada en las zonas definidas como potencial recarga hídrica del suelo. Se tomó en cuenta el riesgo de escasez y contaminación, presentados en forma de escenarios donde las variables fueron definidas en relación a dos enfoques, la sostenibilidad del manejo (Oferta/Demanda) y los impactos posibles por amenazas naturales.

El análisis de vulnerabilidad, con los dos enfoques se ha planteado sobre tres ubicaciones municipales, las zonas de recarga hídrica, consideradas así por tener la posibilidad de infiltración de agua, descartando las zonas urbanizadas y áreas grises. La zona de bombeo, integrada por la red de pozos municipales que prestan el servicio de abastecimiento de agua potable a una porción de la población a través de la zona de abastecimiento, constituida por la red de tuberías municipales de conducción de agua potable.

Para tener acceso a la información, se realizaron consultas municipales en departamentos como: Planificación, Aguas y Drenajes, Medio Ambiente, Servicios Públicos, Fontaneros, Técnicos municipales y Directivos de algunos departamentos antes mencionados. Otras fuentes de consulta fueron la base cartográfica nacional, disponible por medio del sistema nacional de información territorial SINIT-SEGEPLAN, entre otras fuentes.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

El producto del estudio, realizado de junio a octubre del año 2017, se presenta en el presente informe y sus anexos, lo cual se espera sea de utilidad para la planificación municipal, tomando en cuenta que se presentan capas geográficas definidas¹, dentro de sus atributos se puede retroalimentar y actualizar valores y criterios de las variables que definen la vulnerabilidad en términos de calidad y cantidad. Se puede considerar un aporte para la gestión integral de los recursos hídricos a nivel municipal, integrando las competencias inter-departamentales de cada municipalidad, para dar más cobertura y seguimiento a las consideraciones del presente estudio.

¹ Dicha información puede ser consultada en el Anexo y en el portal virtual geográfico disponible en: <https://guatemala.gnucoop.io/mapBuilder>

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación Internacional
y Protección Civil



COOPERAZIONE
INTERNAZIONALE



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002



OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar las vulnerabilidades de la zona de recarga hídrica tanto a través de su sostenibilidad de manejo como su susceptibilidad de afectación por impactos de amenazas, con el fin de fortalecer las capacidades municipales de gestión de las zonas de recarga hídrica en el marco de un enfoque preventivo y un contexto de crisis.

Objetivos específicos

- Realizar un informe de balance hídrico para conocer la relación entre potencial y uso de la zona de recarga hídrica
- Definir las áreas críticas y conflictos que afectan al uso adecuado de la zona de recarga hídrica, y determinar las potenciales consecuencias en términos de riesgo de desastre
- Proponer algunas recomendaciones para mejorar el uso de la zona de recarga hídrica con el propósito particularmente enfocado sobre la prevención de desastres.



METODOLOGÍA

El área de estudio fue definida en tres municipios: Amatitlán, Mixco y Santa Catarina Pinula. Cada municipio se dividió en tres zonas de estudio, siendo estas: Zona de Recarga Hídrica –ZRH-, Zona de

Bombeo –ZBB- y Zona de Abastecimiento –ZAB-. El análisis de vulnerabilidad de la recarga hídrica y su aprovechamiento se plantea desde 2 ejes y ciertos temas, siguiendo el esquema siguiente:

EJE#1 SOSTENIBILIDAD DE MANEJO

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

UBICACIÓN	TEMAS
Zona de Recarga Hídrica	Recarga hídrica potencial Vulneración de la cantidad de recarga potencial Vulneración de la calidad de la recarga potencial
Zona de Bombeo	Oferta Hídrica Municipal Demanda Hídrica Municipal Vulneración de la Oferta Hídrica Municipal
Zona de Abastecimiento	Vulneración al sistema de conducción de agua potable

Tabla 1. Conceptualización metodológica del eje #1

EJE#2 AMENAZAS NATURALES

UBICACIÓN	TEMAS
Zona de Recarga Hídrica	Pérdida de cobertura forestal
Zona de Bombeo	Daños estructurales al sistema
Zona de Abastecimiento	Daños estructurales al sistema

Tabla 2. Conceptualización metodológica del eje #2

La fase de recopilación de información estuvo integrada por actividades participativas, directivos (as), técnicos y fontaneros municipales, a quienes se les solicitó información por medio de un oficio municipal, y se contó con su acompañamiento en recorridos de campo (técnicos (as) y fontaneros), dentro de cada ubicación del estudio, en los tres municipios.

En dichos recorridos de reconocimiento, se visitaron pozos municipales, plantas de tratamientos de aguas residuales, tanques de almacenamiento y de captación hídrica superficial. Se realizaron

pruebas de infiltración y se tomaron muestras de agua, que fueron analizadas en laboratorios comerciales certificados con la norma ISO 17025 y autorizado para certificación de la norma COGUANOR 29001.

Toda la información recabada de campo fue sistematizada y se presenta en este informe, con el enfoque de prevención de desastres, mitigación de riesgos y análisis de vulnerabilidad.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Además del presente informe, las capas geográficas generadas para cada municipio se encuentran disponibles en el portal

<https://guatemala.gnucoop.io/mapBuilder>, y se presentan como Anexo Digital.

Eje 1. Sostenibilidad de manejo de la ZRH

Recarga Hídrica Potencial (Zona de Recarga Hídrica -ZRH-)

La oferta de agua en la zona de recarga hídrica está relacionada directamente con la capacidad del terreno de captar y transmitir el agua disponible en los alrededores de la cuenca hídrica, tomando en cuenta la pluviosidad como fuente mayoritaria, intermitente y estacional; y el suelo, como factor variable según su ocupación y uso actual. Ambos factores (lluvia y suelo) interactúan de manera que puede ser afectada la cantidad y la calidad del agua, luego de la interacción lluvia – suelo, cuyo resultado puede ser escorrentía y/o infiltración potencial.

También se ve influenciada por condiciones naturales del terreno, como lo es la geología y la pendiente del terreno. Estas variables influyen de forma directa en el tiempo de permanencia o retención de agua por el suelo. De manera que, en terrenos inclinados, el agua pluvial tendría menos permanencia que en terrenos planos y por ende, se consideran terrenos con menor capacidad de recarga potencial del suelo

Las zonas de recarga hídrica se definen en este estudio, como aquellas zonas que no están impermeabilizadas por la obra gris y la

cinta asfáltica o de concreto. Los factores que promueven la recarga hídrica del suelo y se tomaron en cuenta en el análisis, se resumen en el Anexo 1.

Se utilizó el modelo analítico para determinar la infiltración del suelo, basada en la lluvia mensual recomendada por G. Schosinsky y M. Losilla (Schosinsky & Losilla, Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual, 2001). Para ello fueron procesadas las series de lluvia registrada por estaciones automáticas del Instituto nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH, tomando en cuenta la serie de lluvias cada 10 minutos de los últimos 5 años, de las estaciones Lo de Coy (Mixco), San José Pinula y Amatitlán.

Los datos de precipitación promedio, máximo y mínimo que se presentan, corresponden a los valores promediados de cada mes, del año 2012 a la fecha. La precipitación anual se interpreta como la sumatoria de dichos valores.

Se realizaron pruebas de infiltración en campo, donde se recogieron muestras de suelo para determinar la textura. En campo se

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

reconoció la ocupación del terreno y se actualizó según las observaciones registradas en las capas SIG consultadas, las cuales se muestran en el Anexo 2.

Para generar capas de dentro del sistema de información geográfica SIG, que representen las zonas geográficas según su capacidad de oferta de agua (infiltración potencial), se utilizaron los recursos digitales del SIG de Guatemala que se muestran en el Anexo 3.

Análisis de la Vulnerabilidad de la Recarga Potencial del Suelo RPS, en las Zonas de Recarga Hídrica –ZRH-

La vulneración de la recarga se ha dividido en dos temas de igual importancia, y se ha valorado según la escala de valores desarrollada, siguiendo la caracterización de variables designadas en el Anexo 4 y 5.

1. *Vulneración de la Cantidad de agua que es aporte potencial a la recarga del acuífero superficial*
2. *Vulneración de la Calidad del agua, que es aporte potencial a la recarga del acuífero superficial*

Eje 2. Exposición a Amenazas y fragilidades asociadas

Amenazas naturales en la Zona de Recarga Hídrica

En la zona de recarga hídrica se tomaron en cuenta las amenazas naturales que pueden estar asociadas con pérdida de cobertura forestal como los deslizamientos, los sismos, que ocasionalmente pueden reducir o aumentar el acceso de agua subterránea, la

cercanía con zonas de fallas, ya que estas pueden estar asociadas con la presencia de algunos contaminantes metálicos en el agua, tales como el Arsénico, el Mercurio, Hierro, entre otros. Las capas SIG utilizadas se describen en el Anexo 6.

Zona de Bombeo (ZBB)

En la zona de bombeo se tomaron en cuenta las amenazas naturales que pueden estar asociadas con daños estructurales en las instalaciones de bombeo, daños en la calidad del agua por la cercanía con zonas de fallas geológicas, ya que estas pueden estar

asociadas con la presencia de algunos contaminantes metálicos en el agua, tales como el Arsénico, el Mercurio, Hierro, entre otros, los criterios para definir la valoración de la vulnerabilidad se detallan en el Anexo 9.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Las capas disponibles del sistema de información geográfico nacional SIG se detallan en el Anexo 10.

Eje 1. Sostenibilidad de manejo de la ZAB

Oferta Hídrica Municipal

La oferta hídrica municipal fue estimada con base en la capacidad de bombeo, el número de horas de bombeo y la cantidad de pozos y bombas municipales a disposición, calculando la producción neta anual, con tres variaciones, bombeo de 6, 12 y 24 horas. Para la generación de esta información se utilizó la capa geográfica de pozos municipales, la cual fue elaborada con el apoyo de cada municipalidad, conteniendo información detallada sobre el sistema de bombeo.

La demanda hídrica fue calculada por medio de la estimación del consumo per cápita asumiendo una cantidad de 200 litros diarios, tomando en cuenta la población que cuenta con cobertura municipal.

Una vez estimada la oferta y demanda hídrica, se presentan los datos en una tabla que permite comparar en cada municipio, el valor en millones de metros cúbicos anuales, de:

- Capacidad de recarga hídrica (infiltración pluvial potencial)
- Bombeo municipal (6, 12 y 24 horas de bombeo)

- Demanda poblacional (cobertura municipal)

Con esta información, y de forma general, se elaboraron mapas que detallan la información, según la zonificación establecida y se estableció la vulnerabilidad de la oferta hídrica, tomando como referencia el valor de la proporción entre la oferta y la demanda hídrica, siguiendo la matriz de valoración y clasificación que se detalla en el Anexo 7.

Las variables que fueron tomadas en cuenta para analizar la vulnerabilidad de contaminación del agua potencialmente infiltrable en un área que se ubica dentro del margen de 300 metros alrededor del pozo, fueron:

- Cercanía con sistemas fluviales contaminados
- Cercanía con industrias (gasolineras)
- Cercanía a fallas geológicas
- Cercanía con carreteras altamente transitadas

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

- Modelo DRASTIC² (municipio de Mixco)
- Temperatura y conductividad eléctrica³ del agua del pozo (municipio de Amatitlán)

Para establecer la valoración de la vulnerabilidad de la calidad de agua, en las Zonas de Bombeo Municipal ZBB, se tomó como referencia la matriz de valoración y clasificación detallada en el Anexo 8.

² DRASTIC: considera y valora siete parámetros: profundidad del agua (D), recarga (R), litología del acuífero (A), naturaleza del suelo (S), pendiente del terreno (T), zona no saturada (I) y permeabilidad del acuífero (C). Se presenta una aplicación para el caso de una obra lineal (Martínez, Delgado, & FABREGAT, 1998).

³ Las variables; Temperatura (°C) y Conductividad Eléctrica (µS/cm²) también se han considerado en el presente estudio como indicador de termalismo volcánico

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Eje 2. Exposición a amenazas y fragilidades asociadas

Zona de Abastecimiento –ZAB-

La vulnerabilidad de la zona de abastecimiento que consta del sistema de tuberías (en algunos casos el material puede variar entre PVC y hierro) puede ser vulnerable por la presencia de algunos factores que se enumeran a continuación, y que han sido categorizados y valorados según la matriz que se presenta en el Anexo 11.

- Cercanía con sistemas fluviales contaminados
- Cercanía con industrias (gasolineras)
- Cercanía a fallas geológicas
- Cercanía con carreteras altamente transitadas
- Cercanía con zonas amenazadas por inundación y deslizamiento

- Interacción del material de la tubería con el agua (calidad)
 - o Esta variable se analizó en el municipio de Amatitlán, ya que se contaba con la información suficiente que permite evaluar, de forma gráfica, los tramos de tubería que están vulnerables debido a causas estructurales (materiales de la tubería) combinados con causas intrínsecas (calidad del agua que transportan), las cuales originan problemas físicos asociados al desgaste y reducción del tiempo de vida de la tubería, debido a la corrosión.

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

RESULTADOS

EJE #1: SOSTENIBILIDAD DE MANEJO de la ZRH

Valores anuales	Promedio	Máximo	Mínimo
Precipitación Pluvial	Milímetros/año		
Amatitlán	1,903	4,683.6	563.7
Mixco	984.14	1,302.6	537.4
Santa Catarina Pinula	2,304.32	5,710.6	579.1
Precipitación potencial que infiltra	Millones de metros cúbicos/año		
Amatitlán	181	446	54
Mixco	78	177	13
Santa Catarina Pinula	120	298	30
Demanda Hídrica⁴	Millones de metros cúbicos/año		
Amatitlán	6.3 – 7.5		
Mixco	24	-	-
Santa Catarina Pinula	4.51		
Oferta Hídrica⁵	Millones de metros cúbicos/año		
Tiempo de bombeo	24 horas	12 horas	6 horas
Amatitlán	7.485	3.743	1.871
Mixco	25.35	12.67	6.39
Santa Catarina Pinula	7.48	3.71	1.81
Balance Oferta/Demanda	Adimensional		
Amatitlán	1.19	0.59	0.29
Mixco	1.06	0.53	0.27
Santa Catarina Pinula	1.18	0.59	0.29

Fuente: Elaboración propia, basado en información municipal.

⁴ Demanda hídrica: basada en la demanda hídrica estimada, según la población que tiene cobertura de agua municipal, para suplir las necesidades de consumo y saneamiento.

⁵ Oferta hídrica: basada en la capacidad de bombeo municipal

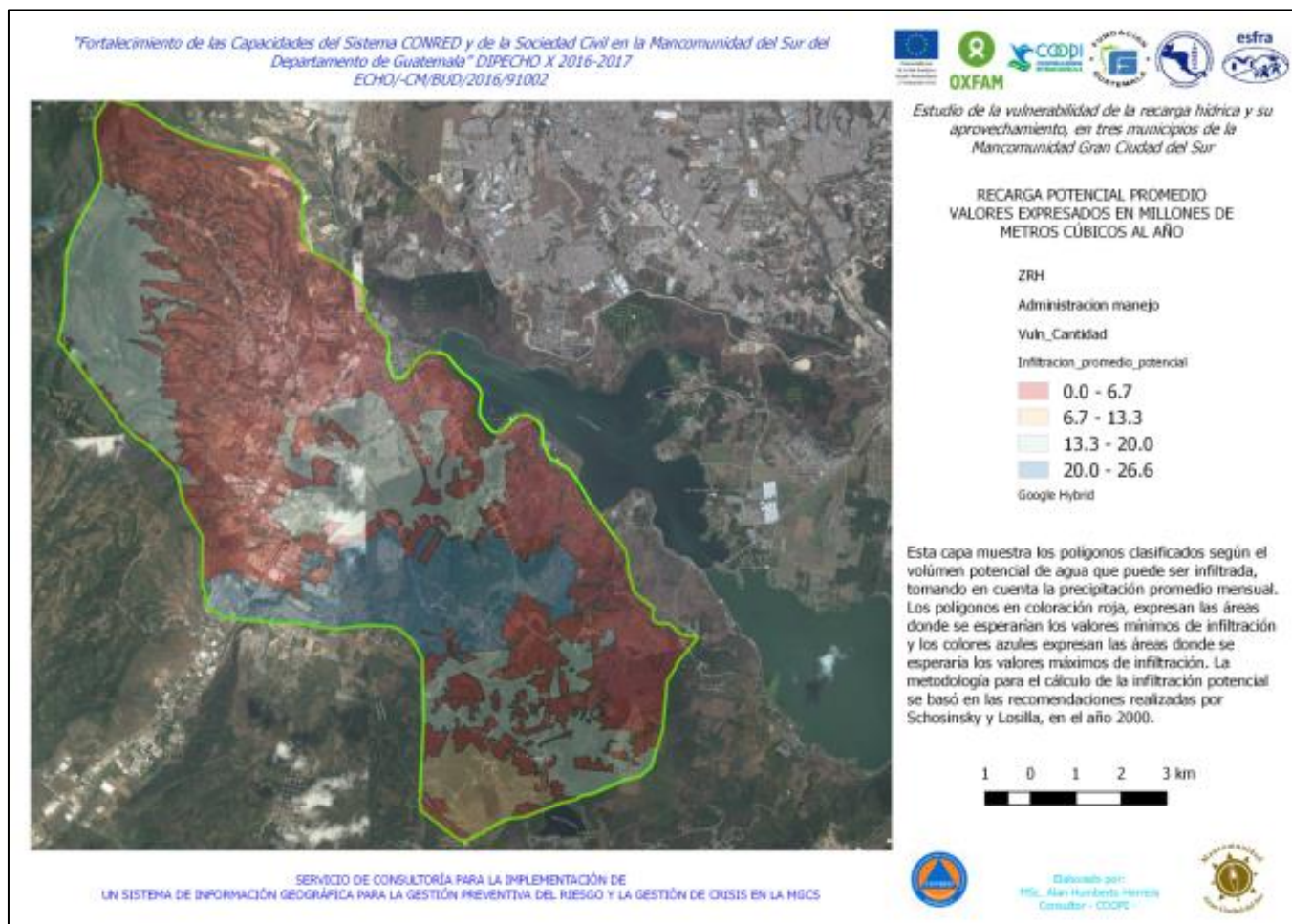
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

VULNERABILIDAD DE LA RECARGA HÍDRICA



MUNICIPIO DE AMATITLÁN

El mapa 1 muestra que la recarga potencial de agua en el suelo, basados en la precipitación promedio, es superior a la demanda hídrica en términos de volumen de bombeo hídrico municipal anual. Las zonas donde se observa menos infiltración potencial corresponden a áreas grises y zonas agrícolas, lotificaciones e industrias que contribuyen al cambio de uso del suelo, de forestal a baldío y posteriormente a área gris, reduciendo así las condiciones apropiadas para la recarga hídrica.

Mapa 1. Recarga potencial del suelo, basados en la precipitación pluvial promedio, en el municipio de Amatitlán.

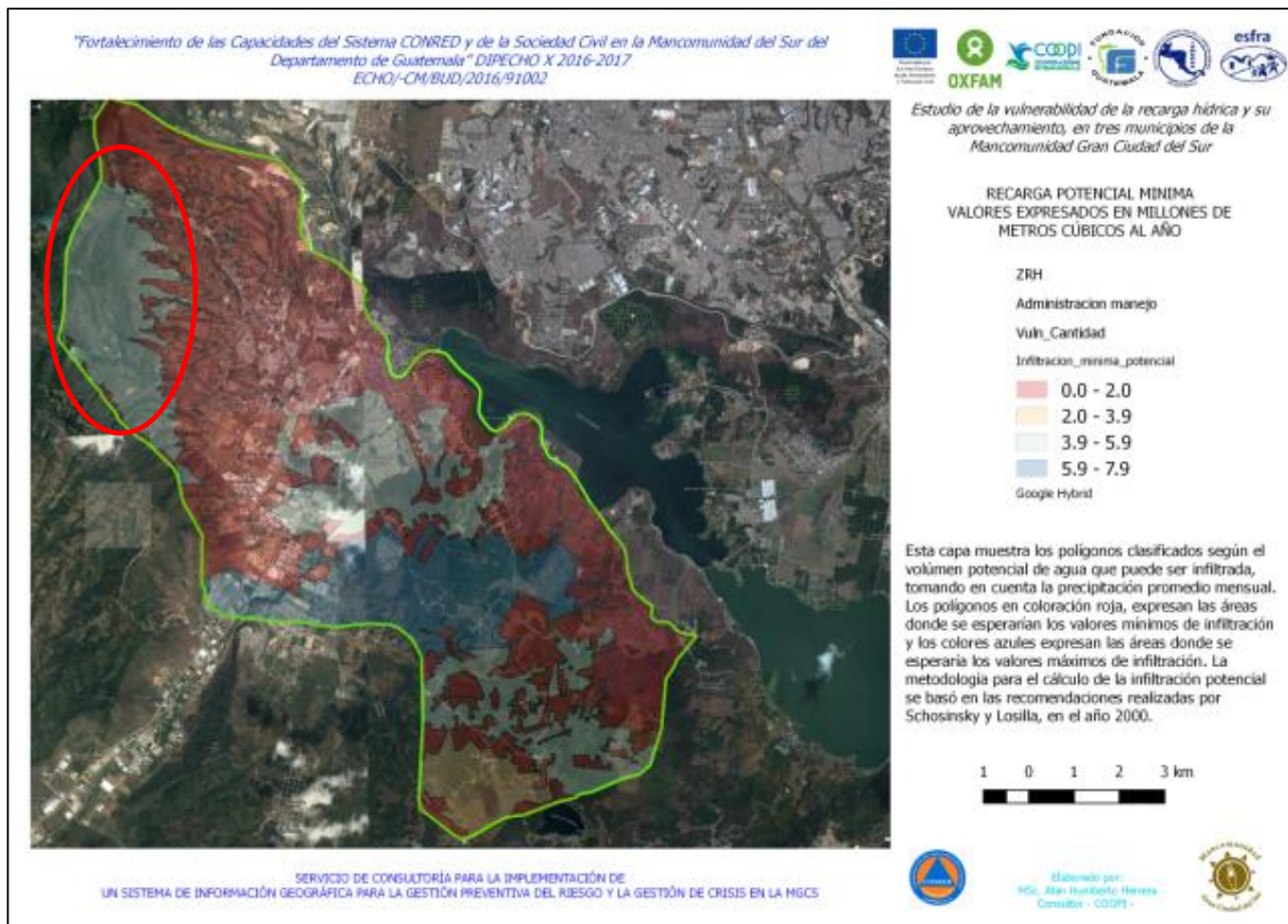




Financiado por la Unión Europea Ayuda Humanitaria y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



El mapa 2 muestra la recarga potencial de agua en el suelo basado en la precipitación mínima. El polígono (señalado con un círculo rojo) con infiltración potencial de 5.58 millones de metros cúbicos al año, cuya dirección de flujo hídrico subterráneo es más cercano y hacia la zona de bombeo, es inferior a la demanda hídrica en términos de volumen de bombeo hídrico municipal anual.

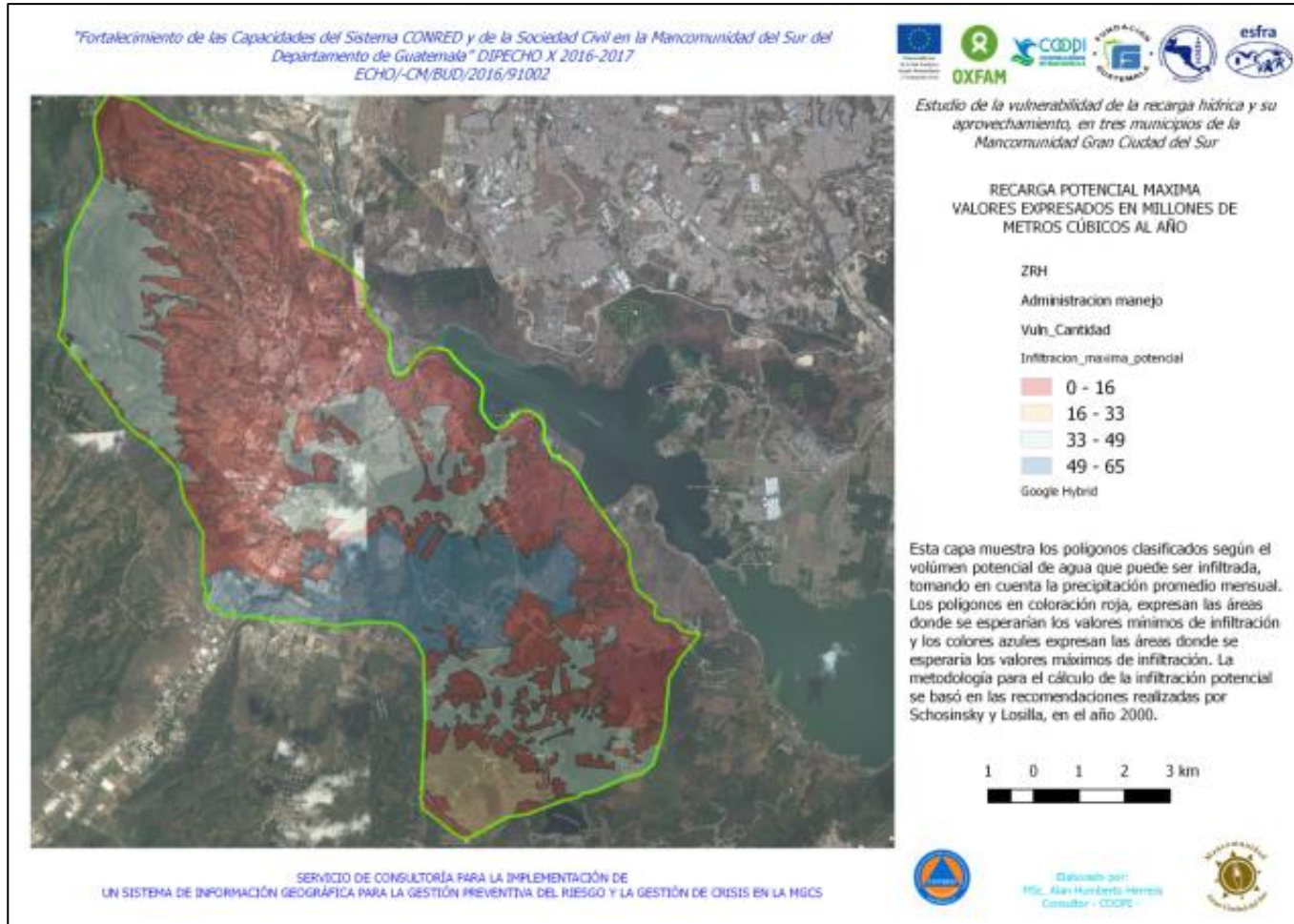
Mapa 2. Recarga potencial del suelo, basados en la precipitación pluvial mínima, en el municipio de Amatitlán.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



En el caso de la máxima precipitación pluvial, el mapa 3 muestra que todas las zonas identificadas como potencial recarga hídrica, en color azul, son superiores a la demanda hídrica bombeada actualmente por el sistema municipal.

Mapa 3. Recarga potencial del suelo, basados en la precipitación pluvial máxima, en el municipio de Amatitlán.

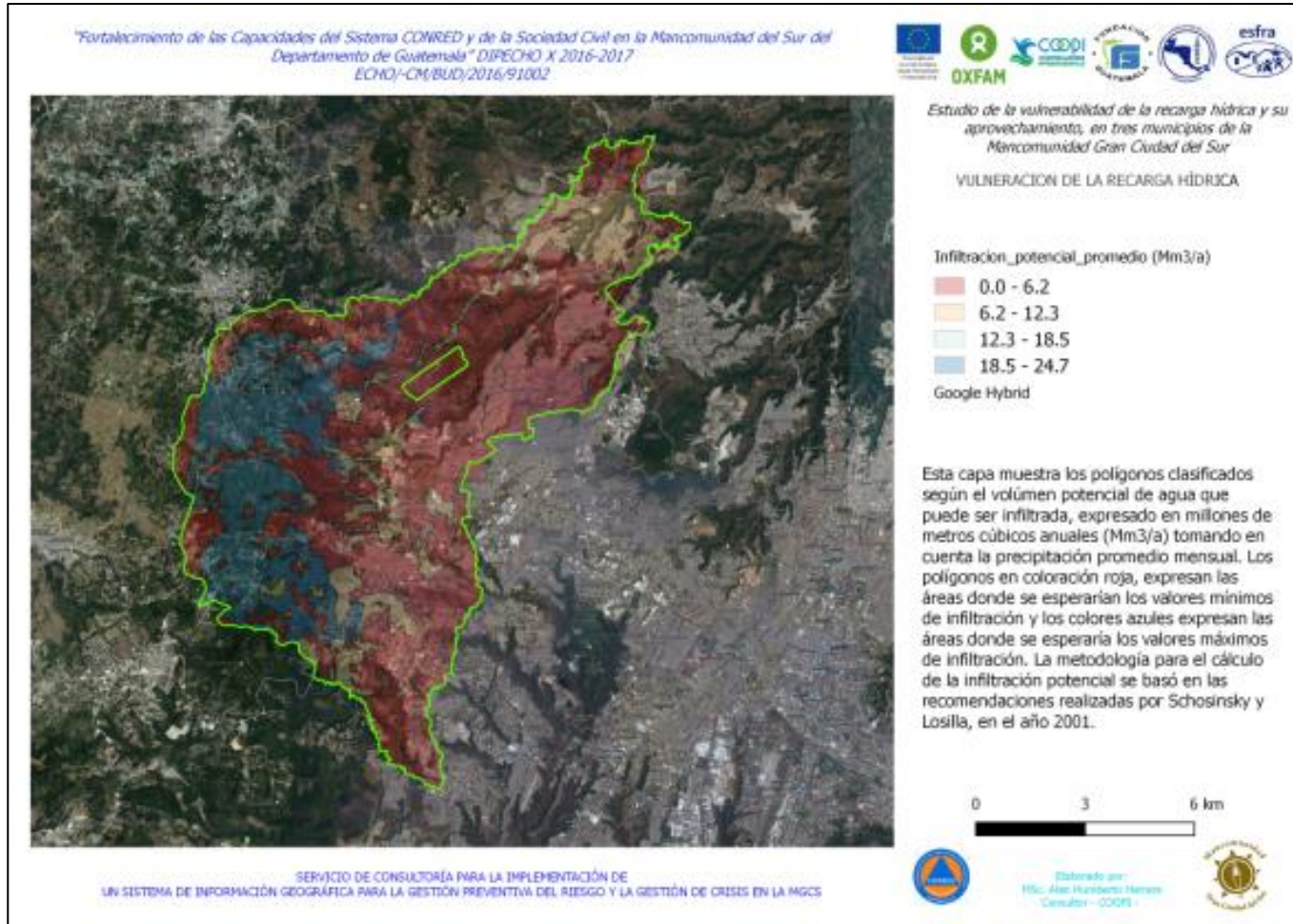
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

MUNICIPIO DE MIXCO



El mapa 4 muestra que la recarga potencial de agua en el suelo, basados en la precipitación promedio, es superior a la demanda hídrica en términos de volumen de bombeo hídrico municipal anual. Las zonas donde se observa menos infiltración potencial corresponden a áreas grises y zonas agrícolas, lotificaciones e industrias que contribuyen al cambio de uso del suelo, de forestal a baldío y posteriormente a área gris, reduciendo así las condiciones apropiadas para la recarga hídrica.

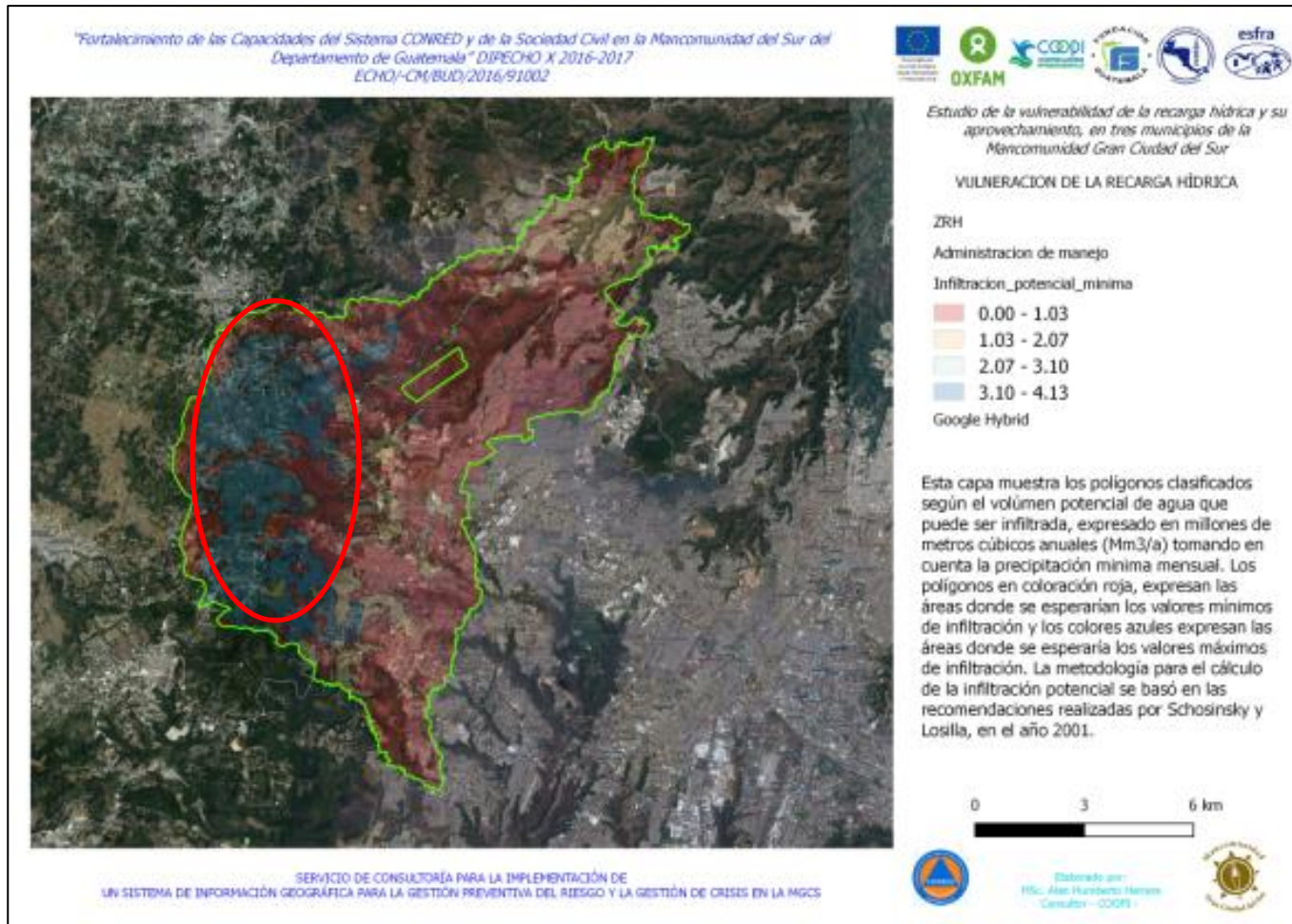
Mapa 4. Recarga potencial del suelo, basados en la precipitación pluvial promedio, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



El mapa 5 muestra la recarga potencial de agua en el suelo basado en la precipitación mínima. El polígono (señalado con un círculo rojo) con infiltración potencial de 4 millones de metros cúbicos al año, cuya dirección de flujo hídrico subterráneo es más cercano y hacia la zona de bombeo, es inferior a la demanda hídrica en términos de volumen de bombeo hídrico municipal anual.

Mapa 5. Recarga potencial del suelo, basados en la precipitación pluvial mínima, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:

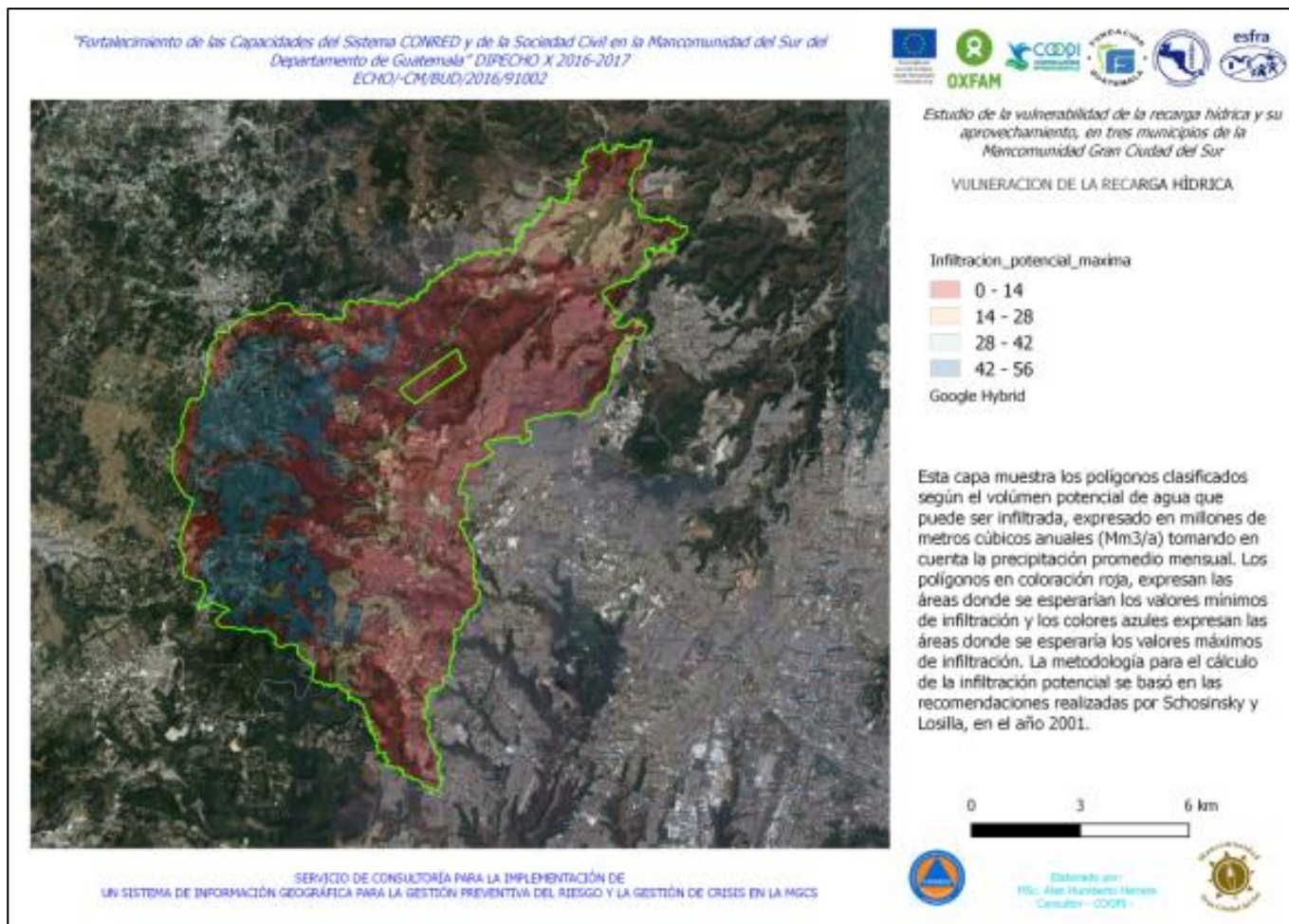




Financiado por la Unión Europea Ayuda Humanitaria y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



En el caso de la máxima precipitación pluvial, el mapa 6 muestra que todas las zonas identificadas como potencial recarga hídrica, en color azul, son superiores a la demanda hídrica bombeada actualmente por el sistema municipal.

Mapa 6. Recarga potencial del suelo, basados en la precipitación pluvial máxima, en el municipio de Mixco.

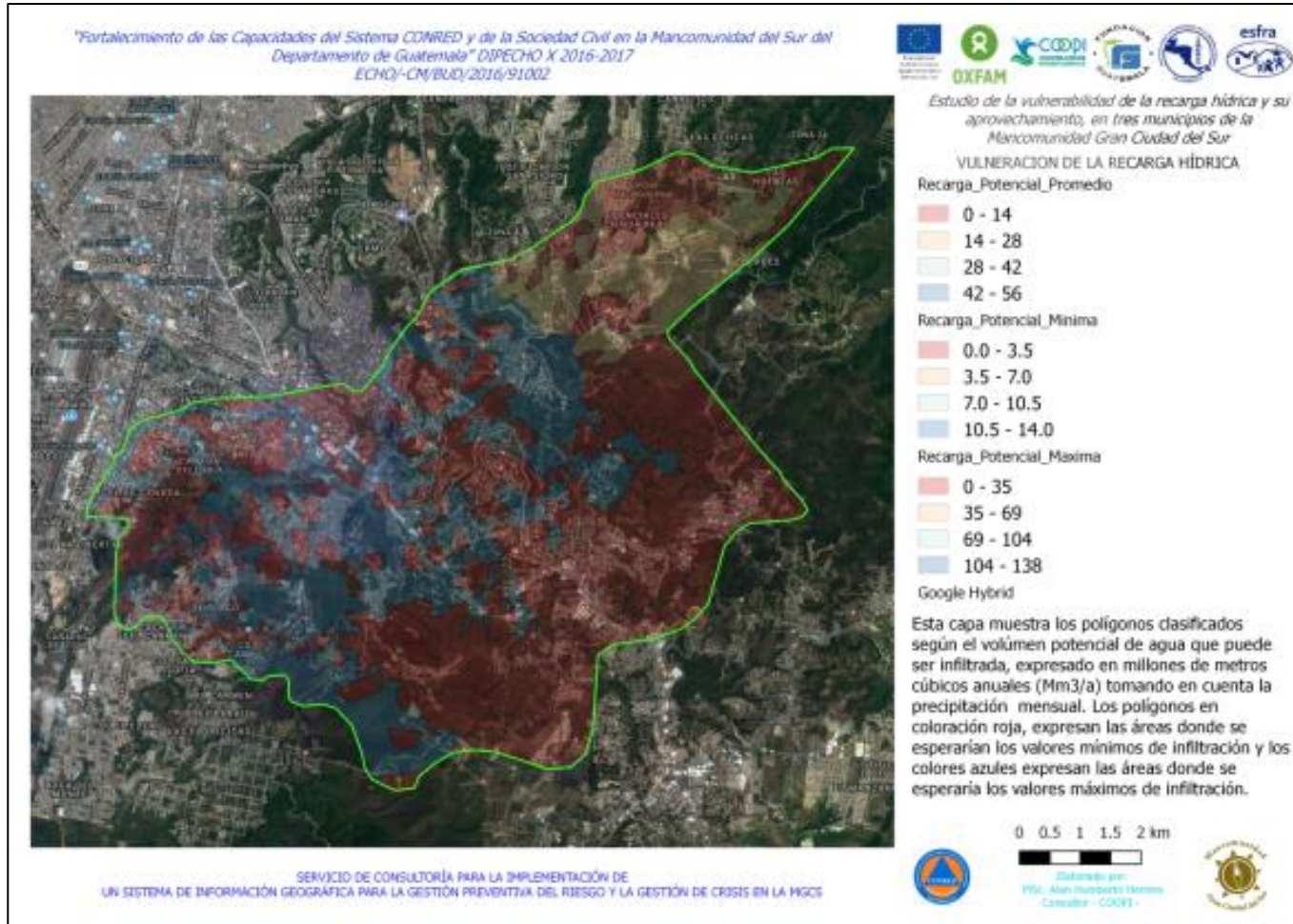
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA



Según el mapa 7, los valores de recarga potencial mínima, no son suficientes para satisfacer la demanda hídrica del sistema de bombeo municipal. La recarga potencial promedio, basada en las lluvias promedio anuales, satisfacen la demanda hídrica municipal de bombeo, sin embargo los valores son muy similares, por lo que se considera que bajo dichas condiciones la vulneración al riesgo de escasez hídrica es alta.

Mapa 7. Recarga potencial del suelo, basados en la precipitación pluvial promedio, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

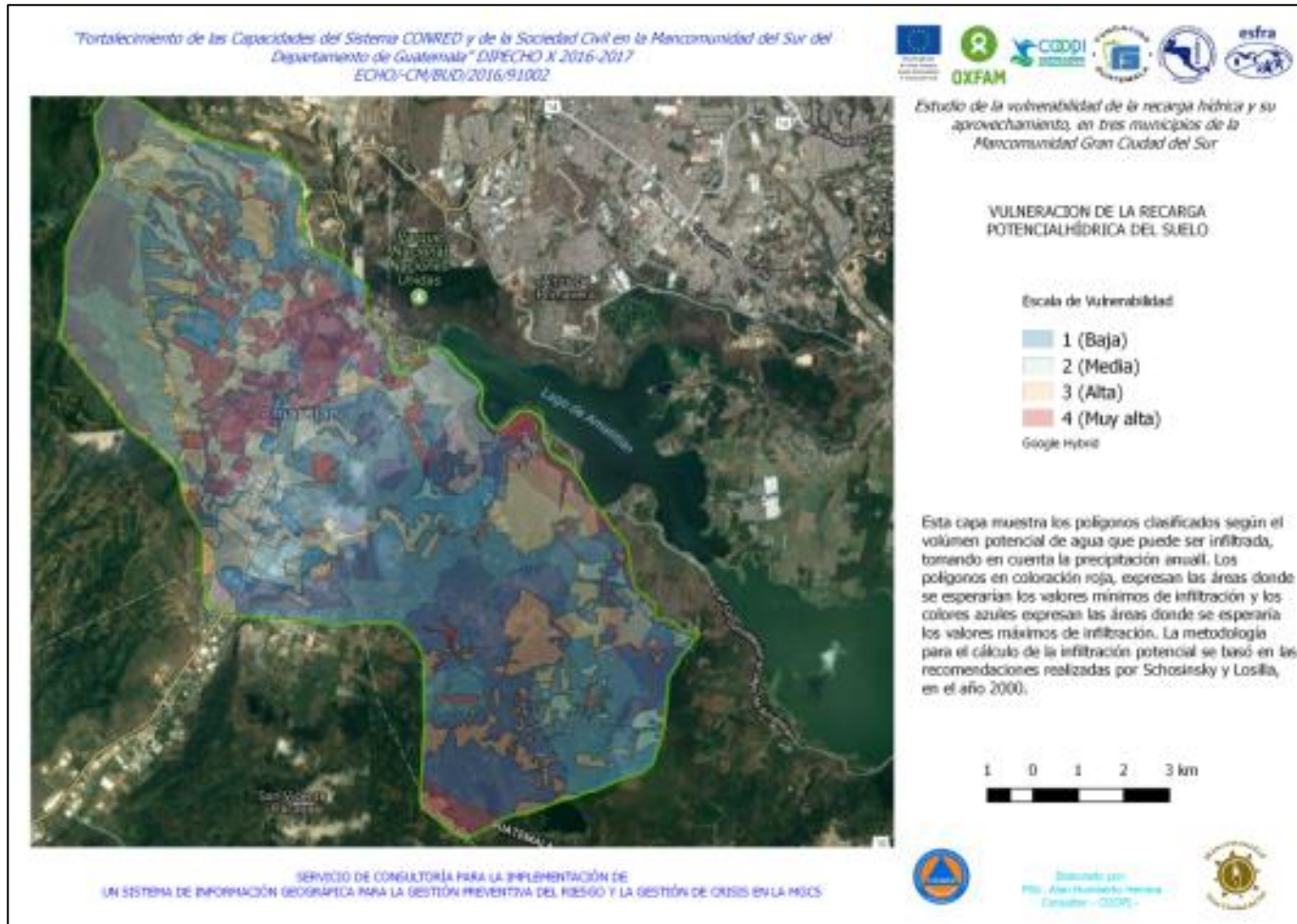
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

VULNERACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL PROMEDIO (CANTIDAD)



El mapa 8 muestra que el municipio de Amatitlán presenta pocas zonas de muy alta vulneración de la recarga hídrica potencial, se observa que las zonas más vulnerables coinciden con las áreas grises, de la zona urbana y de la expansión de la misma, así como de la zona franca – industrial en expansión. La mayor carga de este tipo de ocupación del terreno se ubica en una sola zona que coincide con la microcuenca actualmente explotada. El municipio presenta extensas áreas con baja vulnerabilidad, que coinciden con zonas de cobertura forestal y baja pendiente, que deberían ser protegidas como zonas de recarga hídrica.

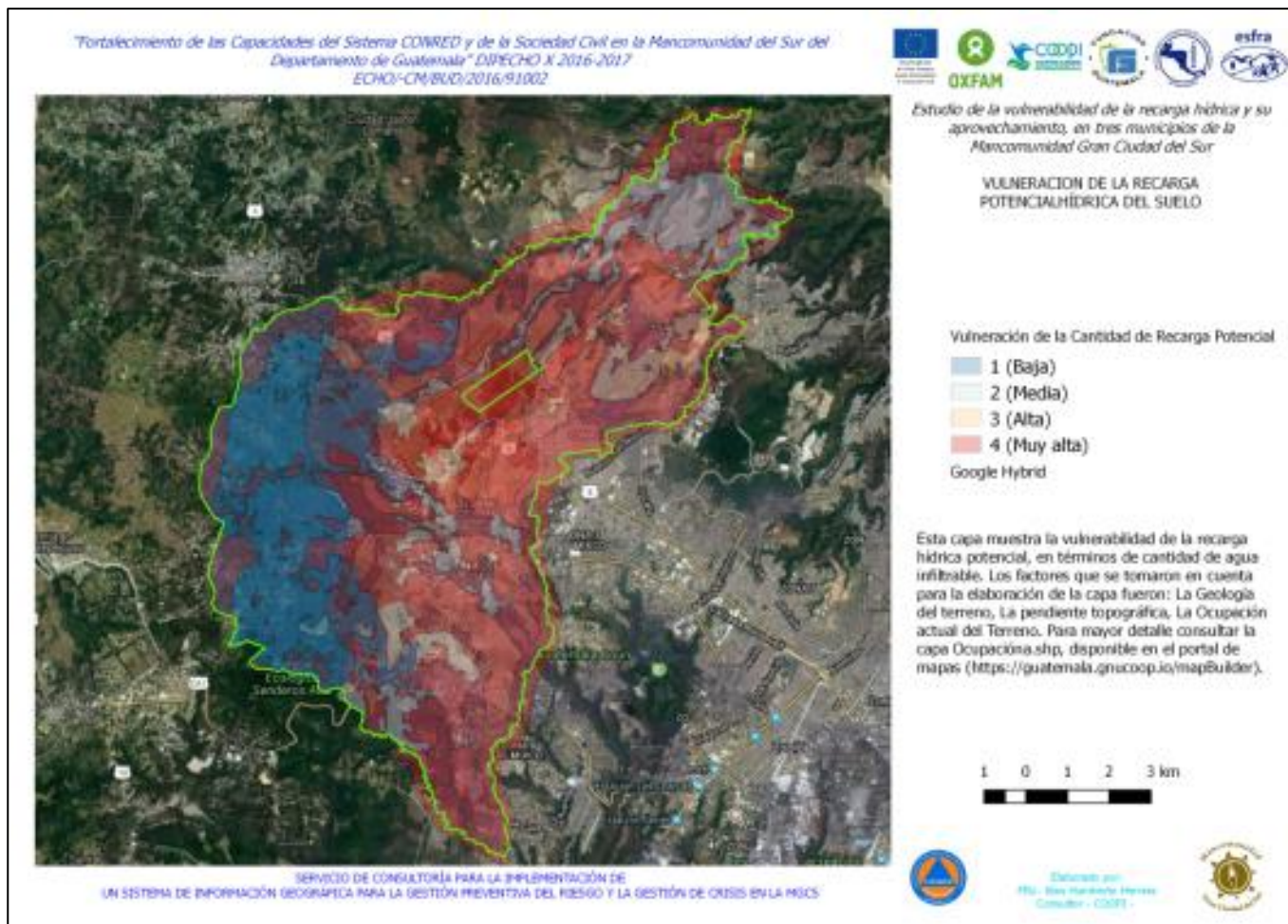
Mapa 8. Vulneración de la cantidad del agua que potencialmente se recarga en el suelo, en el municipio de Amatitlán.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



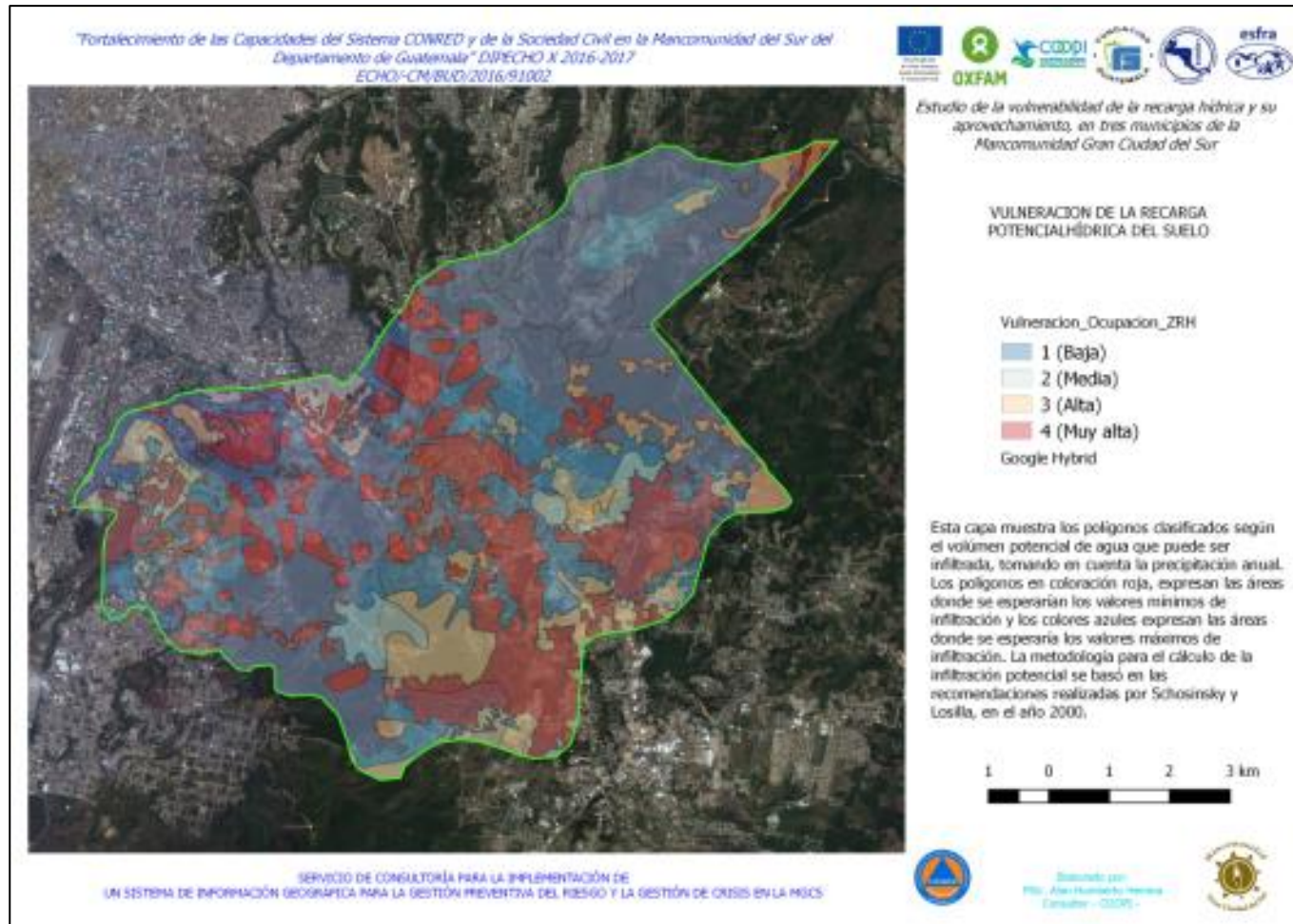
El mapa 9 muestra que el municipio de Mixco presenta pocas zonas de baja vulneración de la recarga hídrica potencial, se observa que las zonas más vulnerables coinciden con las áreas grises, de la zona urbana y de la expansión de la misma, El municipio presenta escasas áreas con baja vulnerabilidad, que coinciden con zonas de cobertura forestal y baja pendiente, que deberían ser protegidas como zonas de recarga hídrica.

Mapa 9. Vulneración de la cantidad del agua que potencialmente se recarga en el suelo, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



El municipio de Santa Catarina Pinula presenta áreas con cobertura forestal que se ubica principalmente en zonas de pendiente topográfica moderada y fuerte, generando alta escorrentía y vulnerabilidad por deslizamientos. La expansión de lotificaciones y la pérdida de cobertura forestal asociada al cambio de uso del suelo, se observa como vulneración media y alta, y las áreas grises, principalmente zonas altamente urbanizadas y con cobertura municipal de agua y saneamiento, representa áreas de poca infiltración, pero alta escorrentía superficial en eventos pluviales máximos.

Mapa 10. Vulneración de la cantidad del agua que potencialmente se recarga en el suelo, en el municipio de Santa Catarina Pinula.



Financiado por
la Unión Europea
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Análisis de escenarios

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Planificación Municipal
Ocupación del terreno, Pérdida de la cobertura forestal, Impermeabilización y reducción de zonas de infiltración, Pérdida de suelo o erosión	Zonas susceptibles a deslizamientos cuando son sometidas a lluvias máximas	Saturación hídrica del terreno erosionado y alto nivel de escorrentía, genera riesgo de inundación en cuenca baja	Reforestación, programas de incentivos forestales (INAB ⁶), Implementar conductores pluviales (cunetas) en áreas deforestadas de cuenca alta	Desactivar sistemas antiguos de colectores de aguas residuales y pluviales, como los pozos de sedimentación, en zonas de alta pendiente y cercanos a barrancos y hondonadas	Establecer zonas de protección a la recarga hídrica y la erosión, en áreas ubicadas en cuenca media y baja, promoviendo áreas protegidas públicas y privadas ante la autoridad competente (CONAP ⁷)

⁶ INAB: Instituto Nacional de Bosques

⁷ CONAP: Consejo Nacional de Áreas Protegidas

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Planificación Municipal
Geología estructural	Zona de fallas geológicas y actividad sísmica	Industrias que almacenan productos químicos en estado líquido y no cuentan con protocolos para mitigar eventuales derrames	Materiales y diseños adecuados, Controles y monitoreo constante, Planes de acción ante derrames y accidentes	Contratos y seguros ambientales preestablecidos con las industrias, para la remediación de cualquier derrame	Ubicación de industrias fuera de la zona de influencia al agua de consumo
Topografía	Deslizamiento	Lluvias máximas, Cambio de uso del terreno, Elevada pendiente	Reforestación, conducción adecuada de aguas de escorrentía	Reforestación	Monitoreo constante de las zonas de cobertura forestal en áreas de alto riesgo
Lluvias mínimas	Escasez	Zonas de recarga hídrica alejadas de las zonas de bombeo que reducen su caudal	Reforestación de barrancos, parques, áreas verdes dentro del casco urbano	Acceso a fuentes hídricas como manantiales y ríos prístinos en cuenca alta,	Descentralización de la zona de bombeo, ubicando pozos en zonas forestales y promoviendo la captación y aprovechamiento de manantiales y ríos prístinos

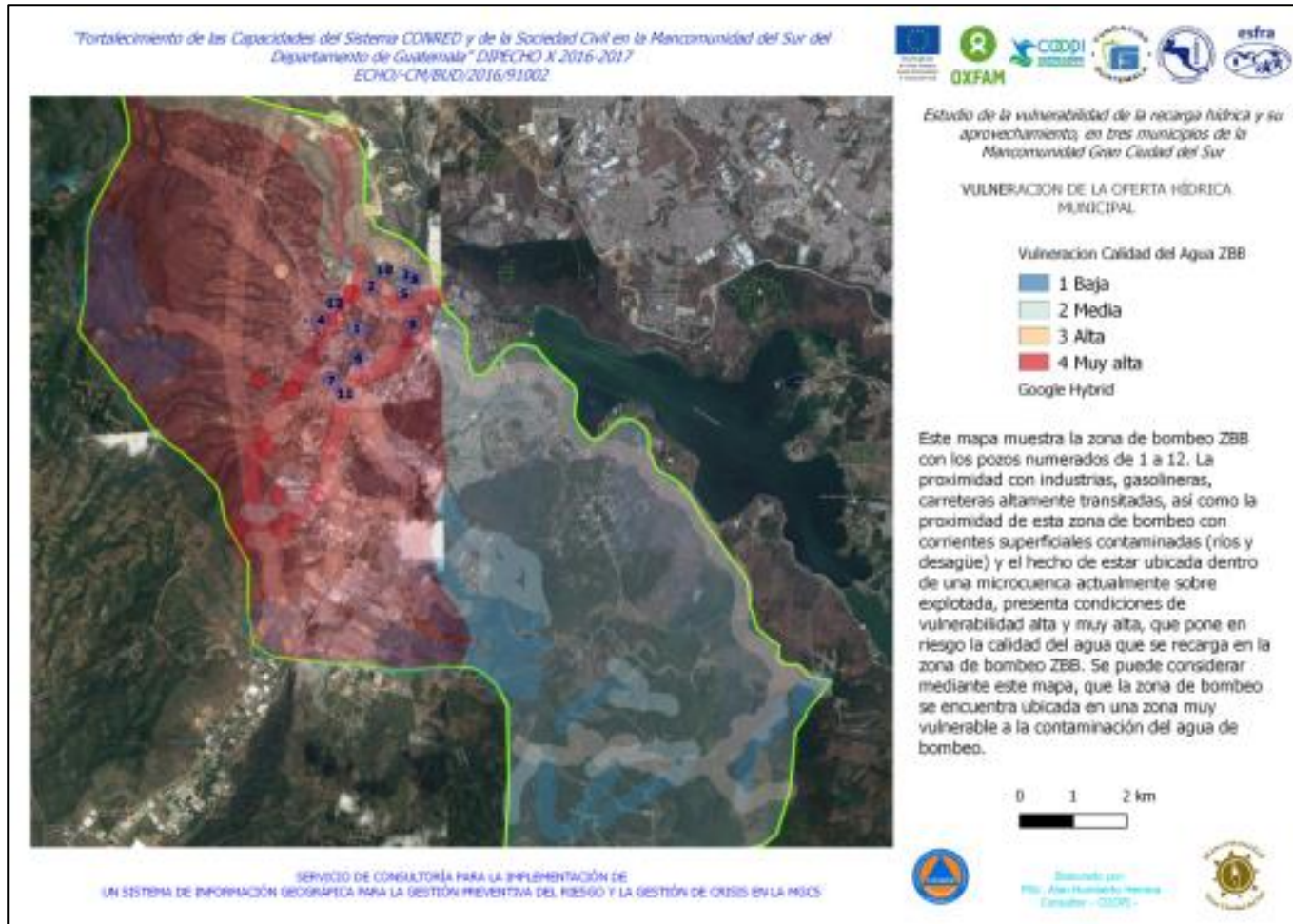
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Vulneración de la Recarga Hídrica Potencial Promedio (Calidad)



El mapa 11 expresa una de las microcuencas del municipio (río Mico y Michatoya) que presentan alta vulnerabilidad a generar contaminación en la recarga potencial del suelo. Coincide con la ubicación del sistema municipal de bombeo, además con la zona urbana y el centro del municipio. Resalta geográficamente, casi la mitad del municipio, actualmente ocupado por cobertura forestal, agrícola y áreas urbanizadas en expansión. Conviene ordenar el uso del terreno con visión de cuenca y gestión integral del agua segura, con base en análisis más profundos, sobre la presencia de termalismo en fuentes subterráneas de agua.

Mapa 11. Vulneración de la calidad del agua que potencialmente se recarga en el suelo, en el municipio de Amatitlán

En coordinación con:

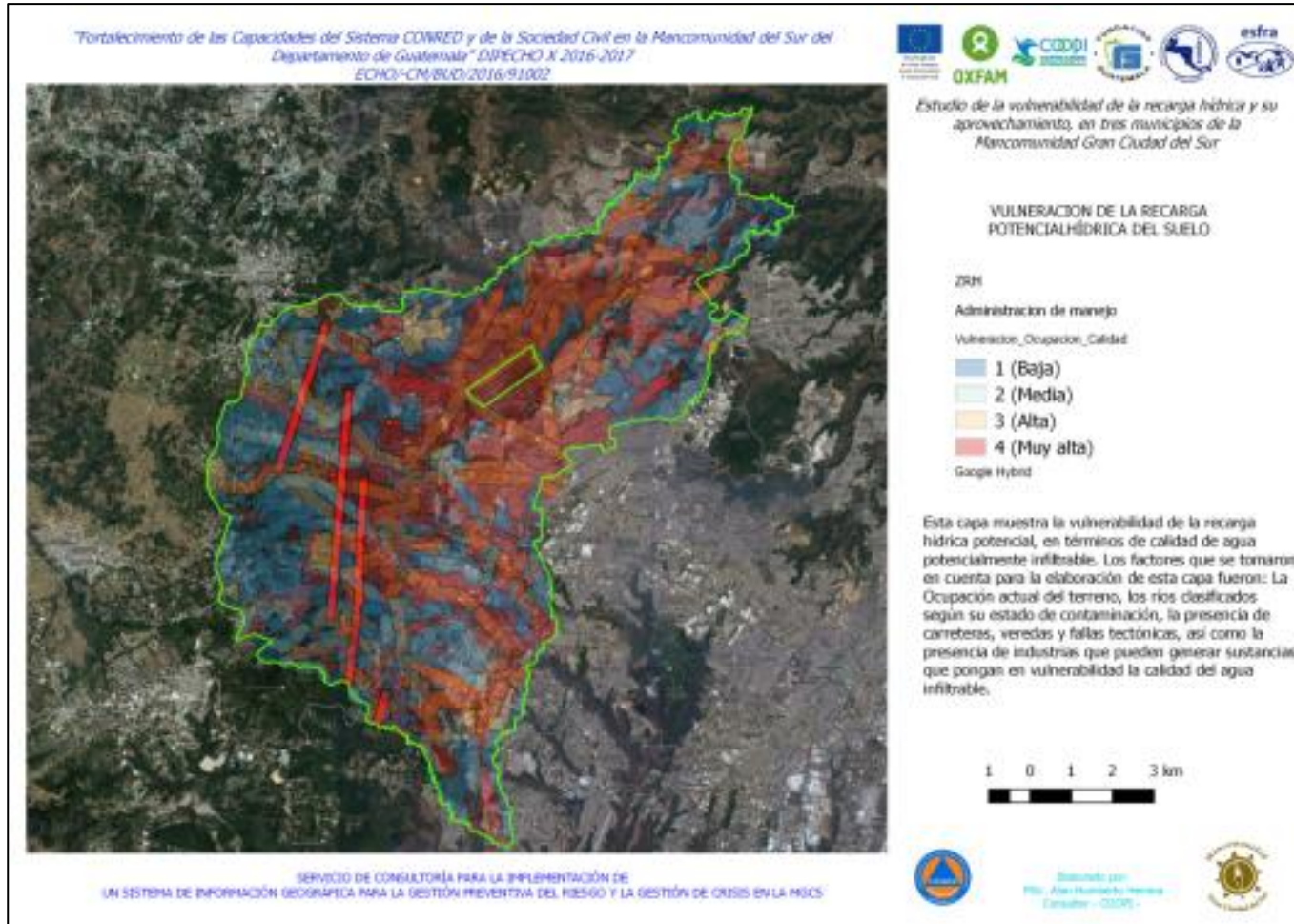




“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002



El mapa 12 presenta los sitios más vulnerables que comienzan desde la cuenca alta del municipio de Mixco, con tres fallas geológicas y el trasvase superficial de aguas de municipios vecinos, cargadas con aguas residuales ordinarias y algunas industrias agrícolas y químicas (detergentes), lo cual repercute negativamente en la calidad del agua potencialmente recargable en el suelo. Son pocas las áreas con una baja vulnerabilidad, en parte, por la sobre población y su consecuente expansión urbana, y en parte por la población sin cobertura de saneamiento municipal combinada con un bajo nivel piezométrico, en cuenca alta.

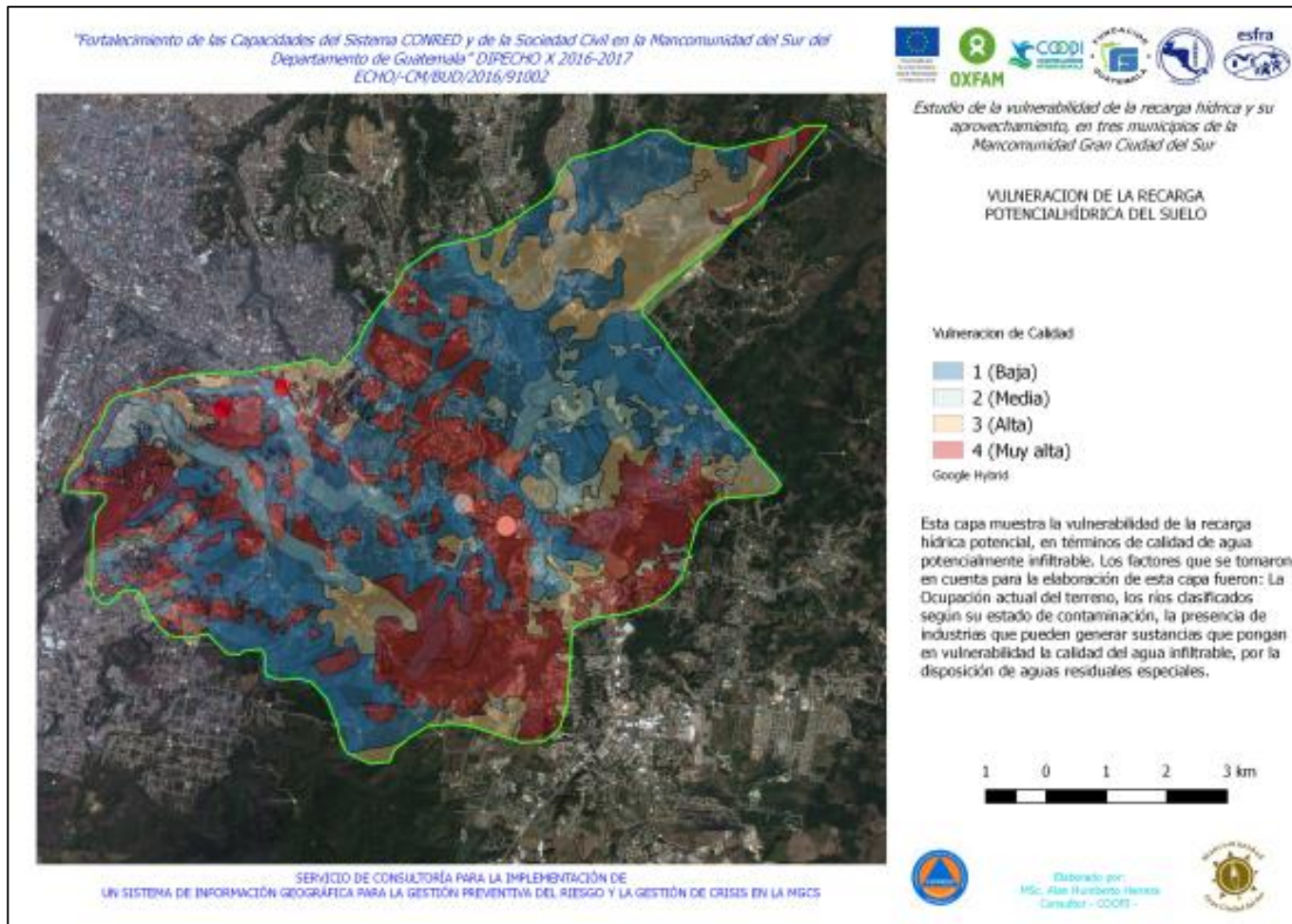
Mapa 12. Vulneración de la calidad del agua que potencialmente se recarga en el suelo, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



El mapa 13 muestra el municipio de Santa Catarina Pinula, con un crecimiento urbanístico elevado, constituyéndose en el uso del suelo proyectos de lotificaciones, carreteras principales (nacionales) e industrias en la periferia, sumadas a las actividades agrícolas y pecuarias. Las áreas con menor vulneración a la calidad del agua potencialmente recargable en el suelo, se van disolviendo conforme la expansión urbanística lo determina. La expansión urbana, amenaza seriamente la conservación de espacios con atributos integrales, para la recarga hídrica, en cuenca alta.

Mapa 13. Vulneración de la calidad del agua que potencialmente se recarga en el suelo, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

Análisis de escenarios

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Para desarrollar las variables que se presentan en el análisis de escenarios, a continuación, se ha utilizado la información contenida en el Anexo 12, correspondiente a la información recabada de campo, en las visitas realizadas a los puntos de observación y muestreo, de la zona de recarga hídrica, la zona de bombeo y la zona de abastecimiento de cada municipio.

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Planificación Municipal
Ocupación del terreno, Impermeabilización y reducción de zonas de infiltración	Sistemas de conducción de aguas residuales colapsadas, contribuyen a la infiltración de agua contaminada	Falta de mantenimiento, monitoreo, Ausencia de tratamiento de aguas residuales, Zonas con amenaza sísmica latente	Gestión del sistema de desagües de aguas residuales municipales, Mantenimiento constante en el tema de residuos, fugas y obstrucciones	Monitoreo y reparaciones constantes y control sobre aguas residuales especiales que puedan ingresar al sistema municipal	Establecer compromisos desde las licencias de construcción con industrias, para manejar integralmente las aguas residuales, Reingeniería del sistema municipal de conducción de aguas residuales municipales dirigidos hacia sistemas de tratamiento

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



COOPERAZIONE
INTERNAZIONALE



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Recomendaciones puntuales a decisiones mayores
Presencia de ríos contaminados	Conducción de contaminantes	Agua contaminada se infiltra continuamente en zonas aluviales y eventualmente puede alcanzar la zona de bombeo y de abastecimiento	Evitar la propagación de corrientes naturales contaminadas con desechos	Manejo y tratamiento de aguas residuales ordinarias y especiales, Ordenamiento de la conducción de aguas residuales municipales	Canalización y re-ingeniería de conducción de ríos contaminados, dentro de zonas urbanas municipales, Reingeniería de los sistemas de conducción de aguas residuales
Carreteras y Veredas	Derrames de materiales tóxicos	Transporte de materiales riesgosos, por el sistema vial principal que atraviesa el municipio	Señalización vial, seguimiento y monitoreo al tránsito pesado y sus medidas de seguridad	Empresas de transporte de materiales riesgosos con monitoreo constante y adoptando protocolos de seguridad	Establecimiento de compromisos de las empresas de transporte de materiales riesgosos, dentro de los límites municipales, para mitigar cualquier daño ocasionado por un accidente en la red vial
Fallas geológicas	Actividad sísmica y termo-geológica	El acuífero superior puede estar en contacto con aguas termales, con riesgo de contaminación por metales pesados,	Monitoreo de manantiales y ríos termales, para zonificar las áreas con aguas posiblemente contaminadas de	Establecimiento de zonas de recarga hídrica tomando en cuenta la geología estructural de la	Establecimiento de regulaciones a industrias que tienen depósitos con materiales riesgosos, almacenadas en depósitos

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación Internacional
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

		La industria (Agroquímicos, Farmacéuticos, Agropecuario) y sus depósitos de sustancias riesgosas se encuentran vulnerables a la actividad sísmica, y en constante amenaza de derrames incidentales	forma natural Zona industrial fuera de la zona de alto riesgo sísmico para evitar derrames Depósitos (gasolineras) industriales fuera del margen de influencia de pozos de agua municipales y privados, para evitar el riesgo a la contaminación	cuenca, aprovechando los sitios con fallas, como hondonadas y barrancos para mantener la cobertura forestal, protección de incendios, evitar la expansión urbano-rural, en áreas propensas a deslizamientos y fallas geológicas	superficiales y subterráneos, estableciendo monitoreo constante y el inmediato acceso a medidas de remediación en el caso de accidentes
--	--	--	--	---	---

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación Internacional
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Recomendaciones puntuales a decisiones mayores
Industrias	Derrames accidentales y disposición de aguas residuales especiales	No se cuenta con monitoreo de la producción, manejo y tratamiento de aguas residuales y protocolos de seguridad	Establecimiento de convenios y compromisos entre la municipalidad y las industrias	Basado en los protocolos y estándares establecidos con base y criterio científico	Establecimiento de acuerdos municipales que sistematicen la información histórica y actualizada sobre conducción y almacenamiento de materiales riesgosos y aguas residuales especiales

En coordinación con:

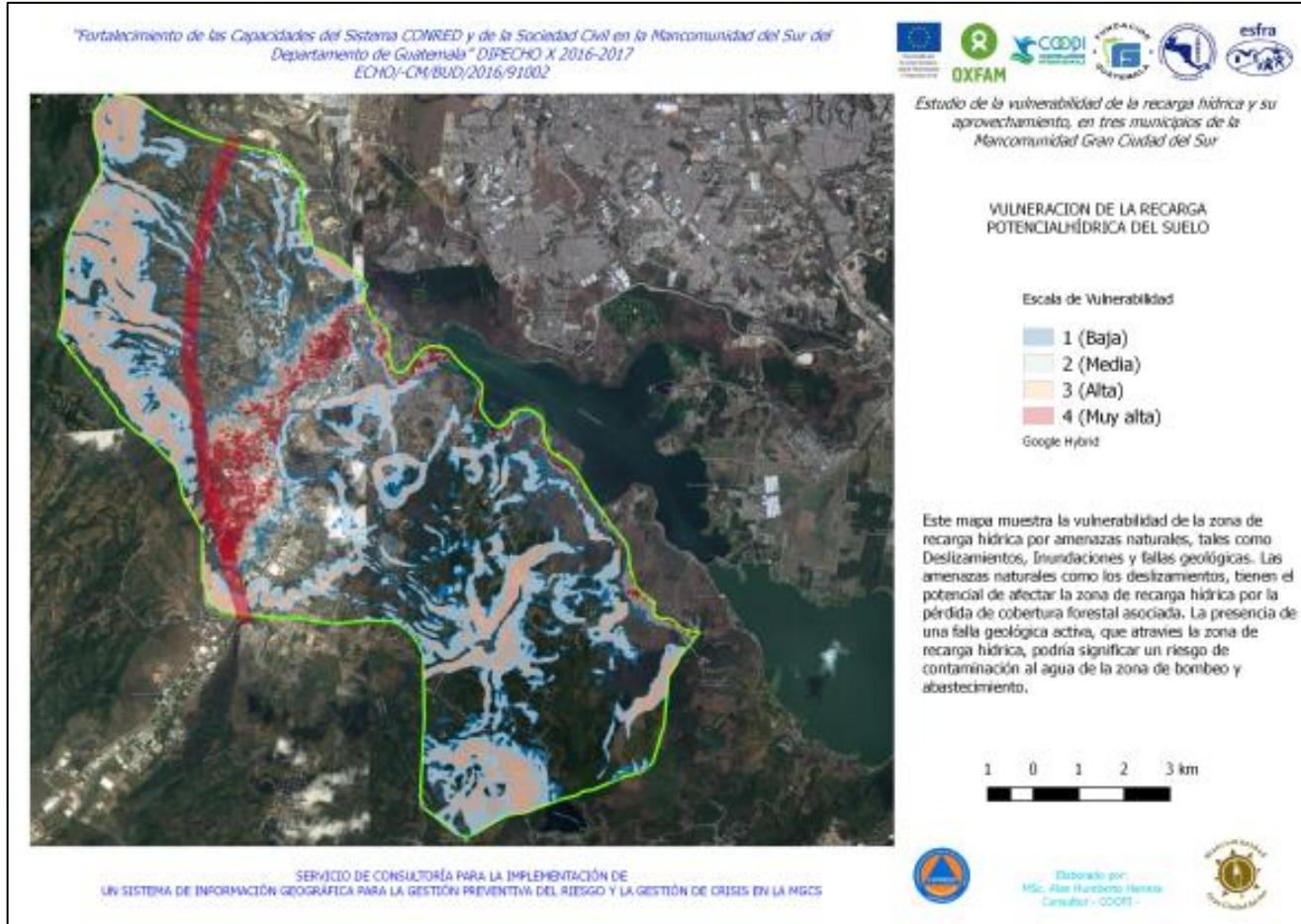




“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

EJE #2. EXPOSICIÓN A AMENAZAS Y FRAGILIDADES ASOCIADAS

ZONA DE RECARGA HÍDRICA



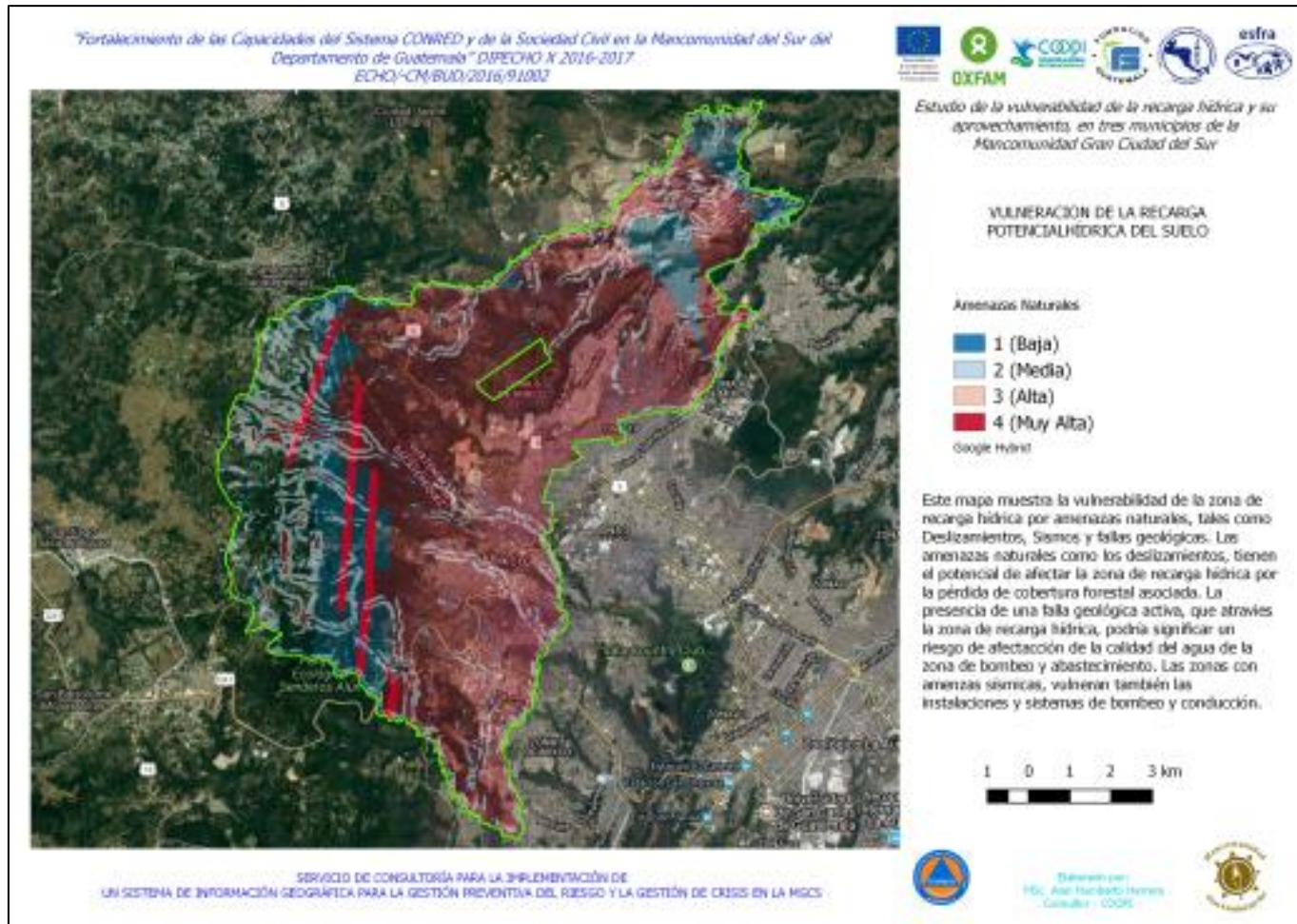
Las vulnerabilidades más importantes, que afectan actualmente al sistema de administración municipal de agua potable al municipio, se pueden priorizar en dos temas: El termalismo volcánico producto de la actividad geológica, y la contaminación que es transportada por el río Michatoya, proveniente del lago de Amatitlán, tributario perenne, superficial e hidrogeológico. En menor ponderación se observan los sitios con riesgo de deslizamiento, en parte, por la cobertura forestal actual, que es un factor que adquiere importancia para su prevención.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



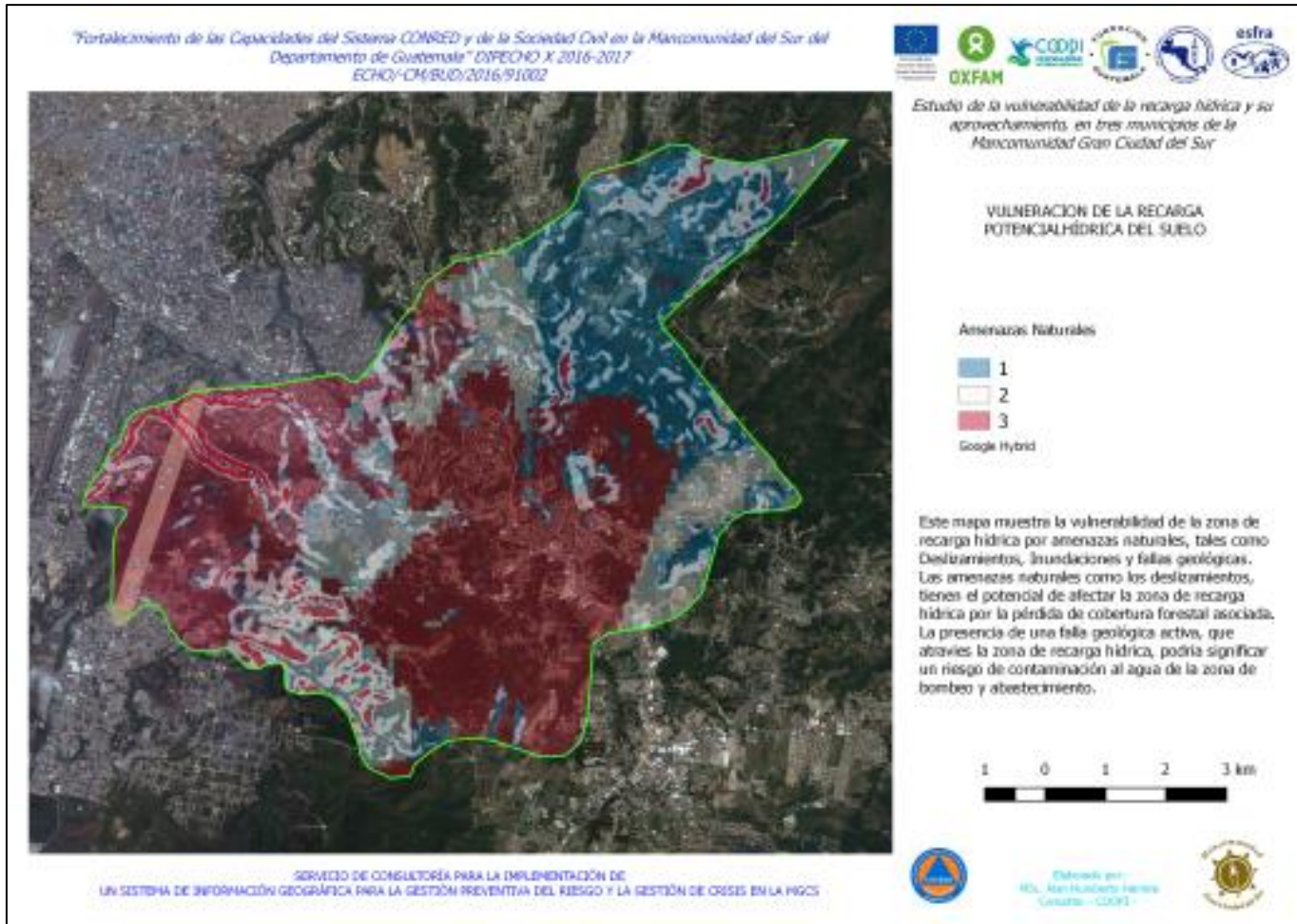
Mapa 15. Exposición a amenazas y fragilidades asociadas, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 16. Exposición a amenazas y fragilidades asociadas, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Análisis de escenarios

Para desarrollar las variables que se presentan en el análisis de escenarios, a continuación, se ha utilizado la información contenida en el Anexo 12, correspondiente a la información recabada de campo, en las visitas realizadas a los puntos de observación y muestreo, de la zona de recarga hídrica, la zona de bombeo y la zona de abastecimiento de cada municipio.

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Recomendaciones puntuales a decisiones mayores
Deslizamiento	Precipitación pluvial y cambio de uso del suelo	Lluvias máximas y pérdida de cobertura forestal en zonas con alta pendiente	Monitoreo constante de la cobertura forestal, mitigación de incendios y tala	Recuperación de las zonas deslizadas y plantación de árboles adecuados	Establecimiento de zonas de captación hídrica y protección forestal municipales y privados
Falla geológica	Actividad sísmica constante	Agua subterránea en contacto con zonas de actividad geológica intensa, asociadas a termalismo	Zonificación hidrogeológica del acuífero superficial Monitoreo constante de la calidad del agua subterránea	Estimación del área de influencia de aguas termales subterráneas	Realizar un estudio hidrogeológico profundo para la zonificación de aguas subterráneas disponibles, sin propiedades termales
Inundación	Precipitación pluvial máxima, elevación de nivel del lago de Amatitlán	Los cuerpos de agua inundables pueden contener contaminantes que se disponen de	Sistemas de alerta temprana basados en la intensidad de las lluvias y el	Rediseño de los sistemas de conducción pluvial Manejo y	Implementación de sistemas de conducción pluvial actuales, incorporando

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

		forma repentina y un tiempo determinado, en áreas geológicas de alta infiltración como lo son las zonas aluviales que comprenden el margen del río y su ocupación	acumulado de las mismas.	administración de las compuertas de la empresa privada de energía eléctrica con enfoque de riesgo,	sistemas de captación de agua y re-dirigiéndola hacia zonas periféricas, e incluso fuera de la cuenca
--	--	---	--------------------------	--	---

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

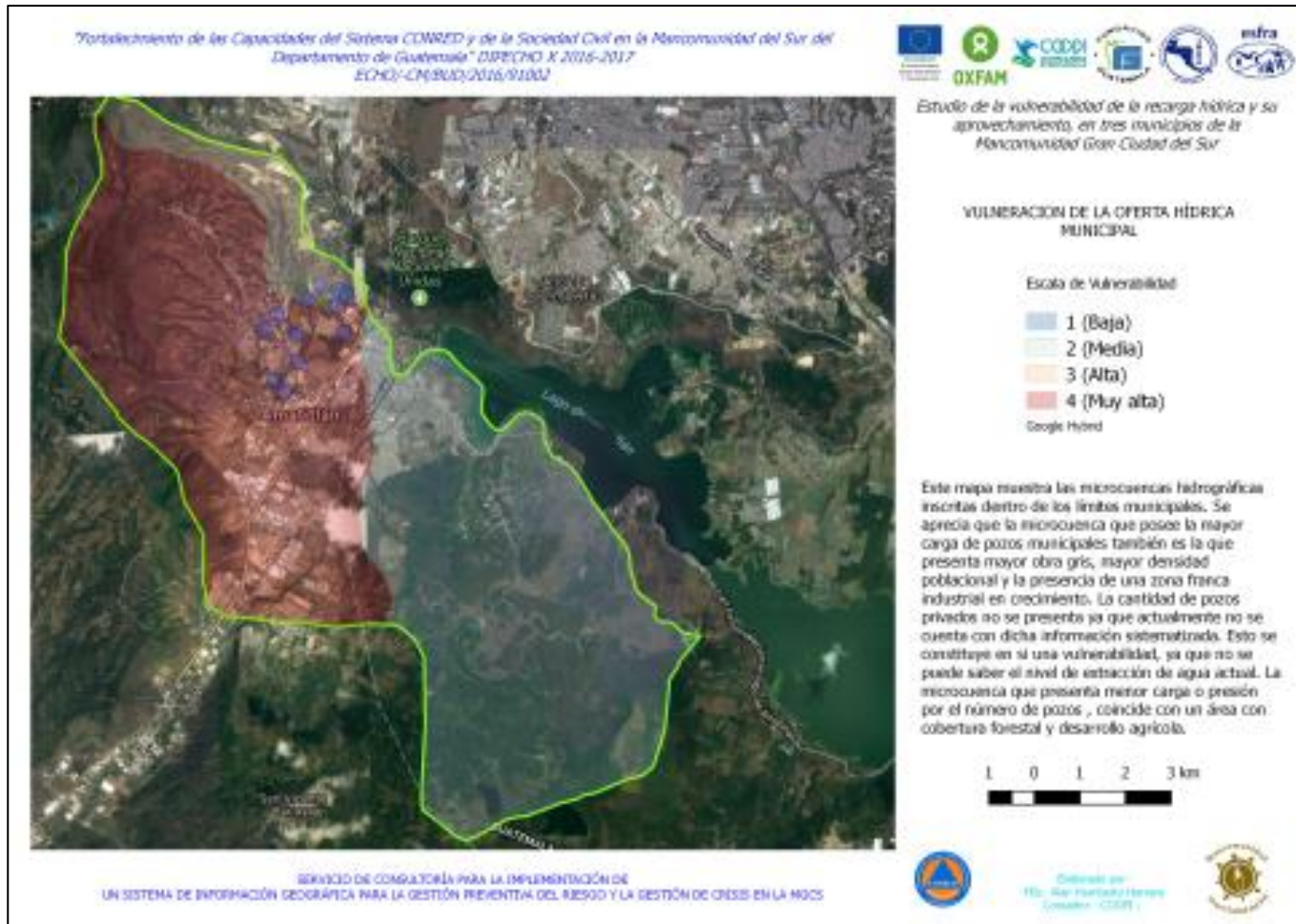
DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

EJE #1. SOSTENIBILIDAD DE MANEJO DE LA ZAB

VULNERABILIDAD DE LA OFERTA HÍDRICA

ZONA DE BOMBEO MUNICIPIO DE AMATITLÁN



Mapa 17. Microcuencas vulneradas por bombeo municipal, en el municipio de Amatitlán.

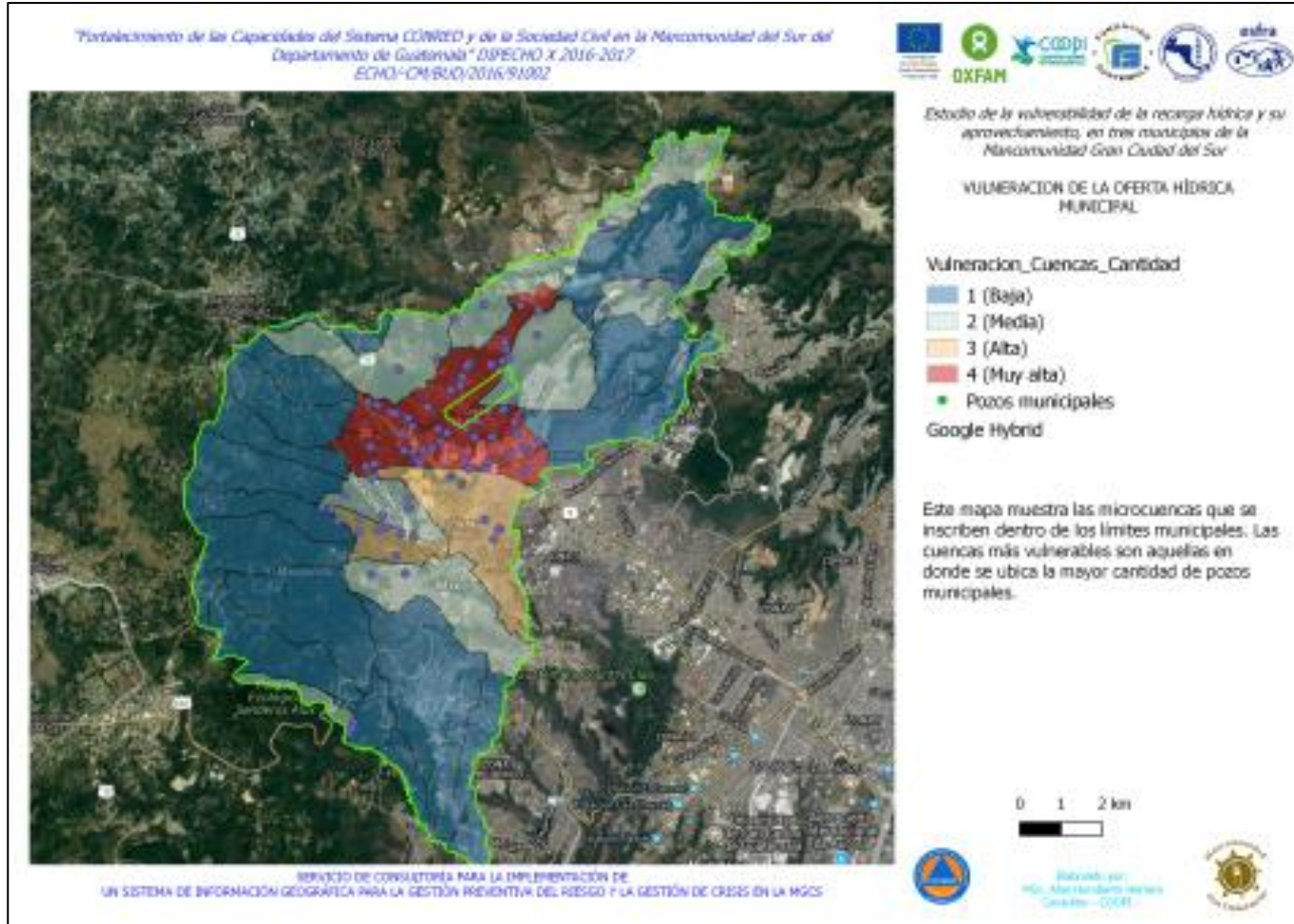
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

ZONA DE BOMBEO MUNICIPIO DE MIXCO



Mapa 18. Microcuencas vulneradas por bombeo municipal, en el municipio de Mixco.

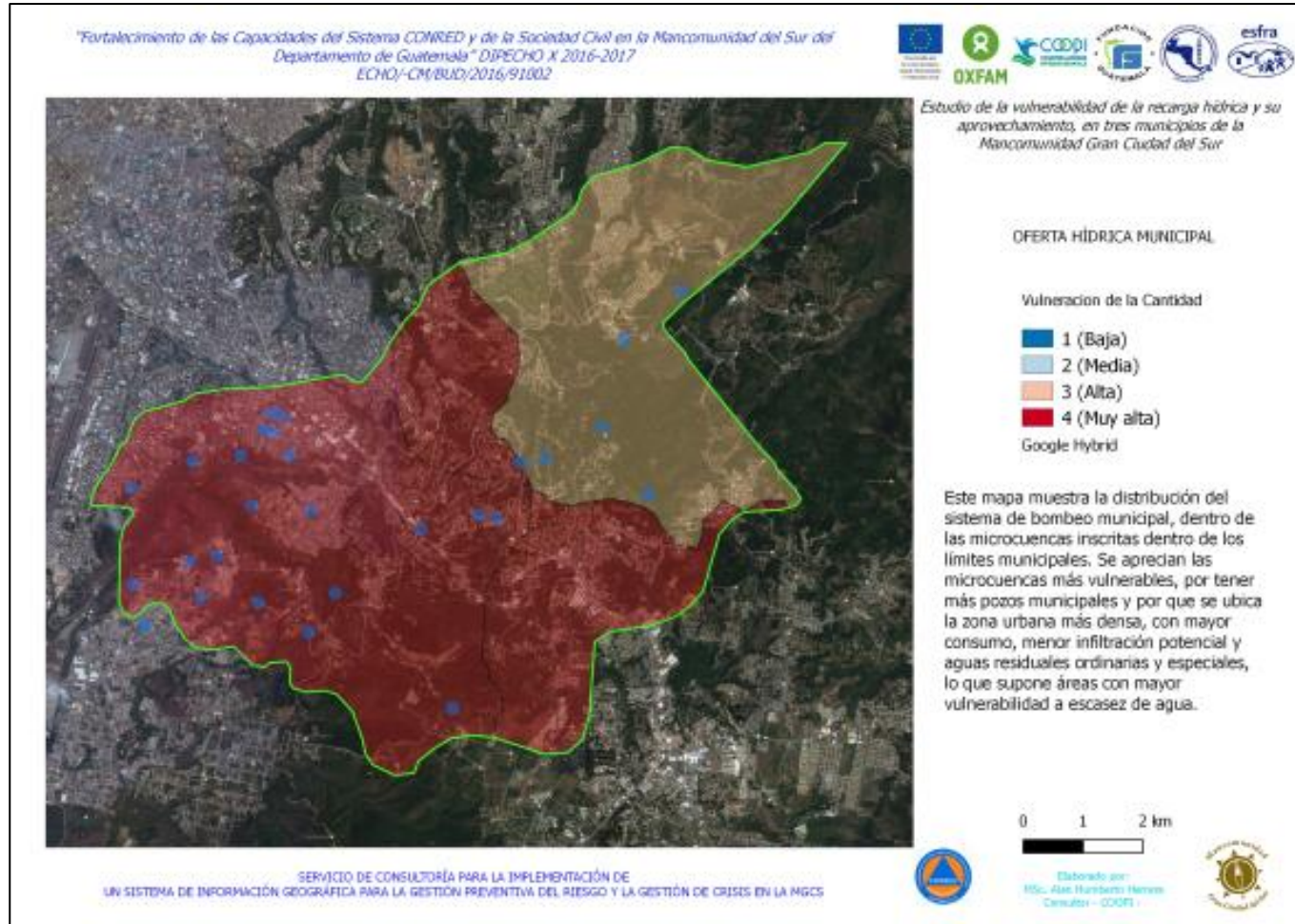
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

ZONA DE BOMBEO MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA



Mapa 19. Microcuencas vulneradas por bombeo municipal, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

Análisis de escenarios

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Para desarrollar las variables que se presentan en el análisis de escenarios, a continuación, se ha utilizado la información contenida en el Anexo 12, correspondiente a la información recabada de campo, en las visitas realizadas a los puntos de observación y muestreo, de la zona de recarga hídrica, la zona de bombeo y la zona de abastecimiento de cada municipio.

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Recomendaciones puntuales a decisiones mayores
Crecimiento urbanístico Precipitación pluvial máxima	Impermeabilización de áreas de infiltración potencial	Escasez	Planificación de la construcción	Investigación de nuevas zonas de captación hídrica	Con base en un balance hídrico con enfoque de cuenca, seleccionar e implementar otras zonas de captación, fuera de la cuenca actual
		Irrigación	Cauces superficiales	Diseño de actualización de la Captación y dirección de aguas pluviales	Implementación de nuevos sistemas de conducción de aguas pluviales fuera de la zona de amenaza de inundación, implementando lagunas de infiltración o humedales artificiales en cuenca baja
		Contaminación	Plantas de tratamiento de aguas residuales	Monitoreo y convenios entre las autoridades	Implementación del Acuerdo Gubernativo 236-

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

				municipales y las industrias	2006 entre la Municipalidad, entes generadores públicos y privados y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
--	--	--	--	------------------------------	---

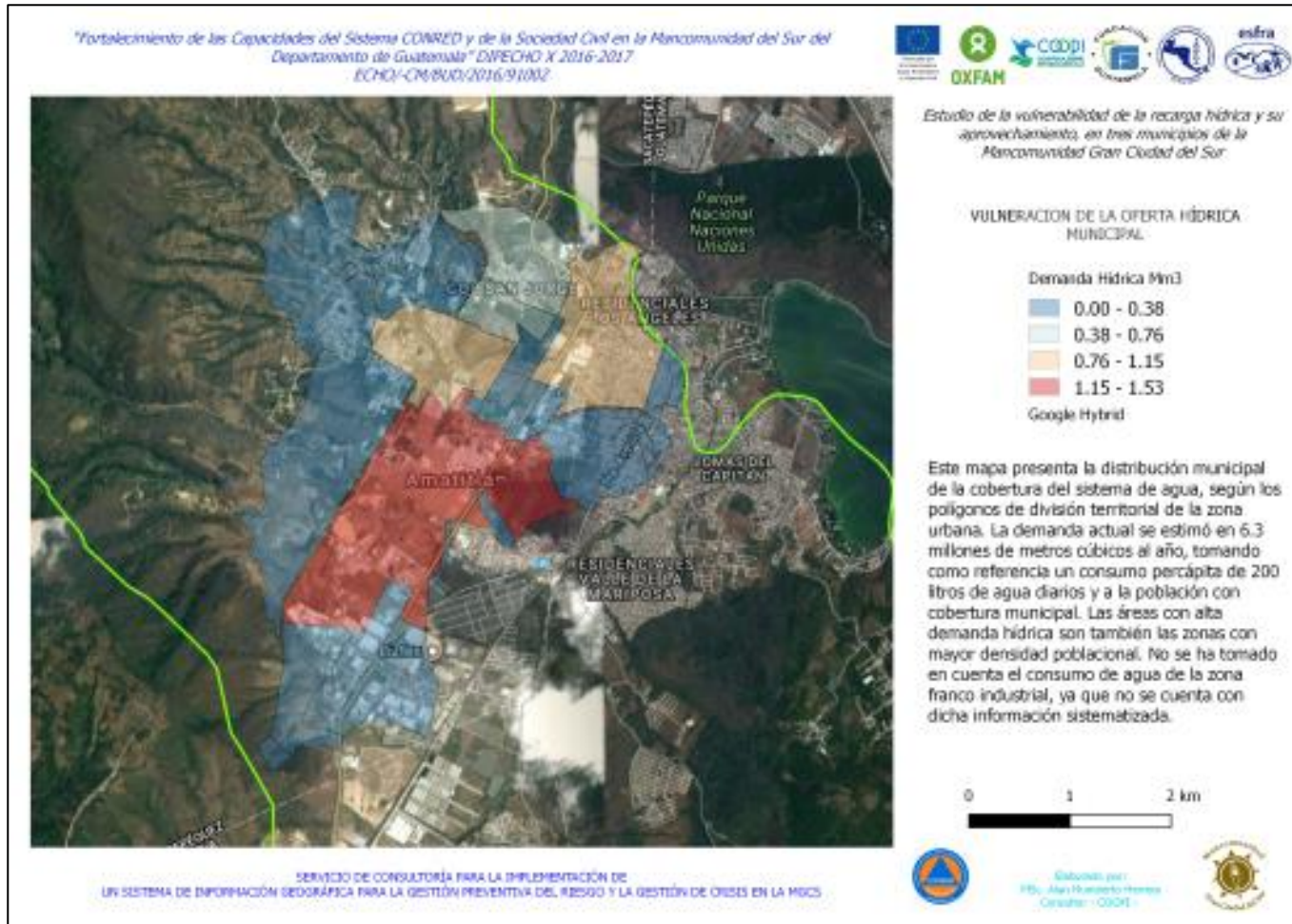
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

DEMANDA HÍDRICA, VULNERACIÓN OFERTA/DEMANDA



Mapa 20. Demanda hídrica municipal, en el municipio de Amatitlán.

En coordinación con:



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

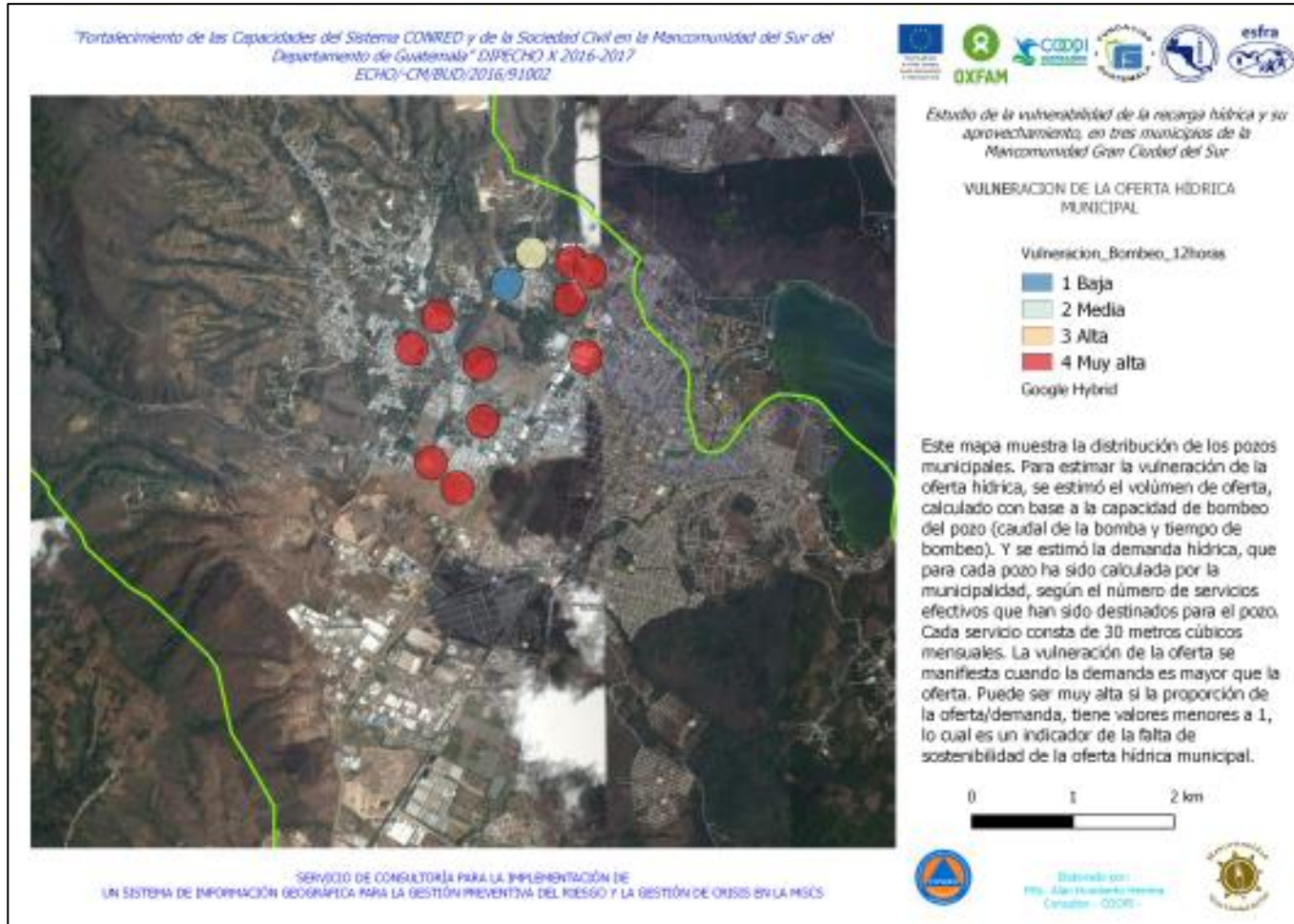


Mapa 20. Proporción Oferta (24 horas de bombeo)/Demanda hídrica, municipio de Amatitlán.

Mapa 21. Proporción oferta (24 horas de bombeo) y demanda hídrica, en el municipio de Amatitlán.

En coordinación con:

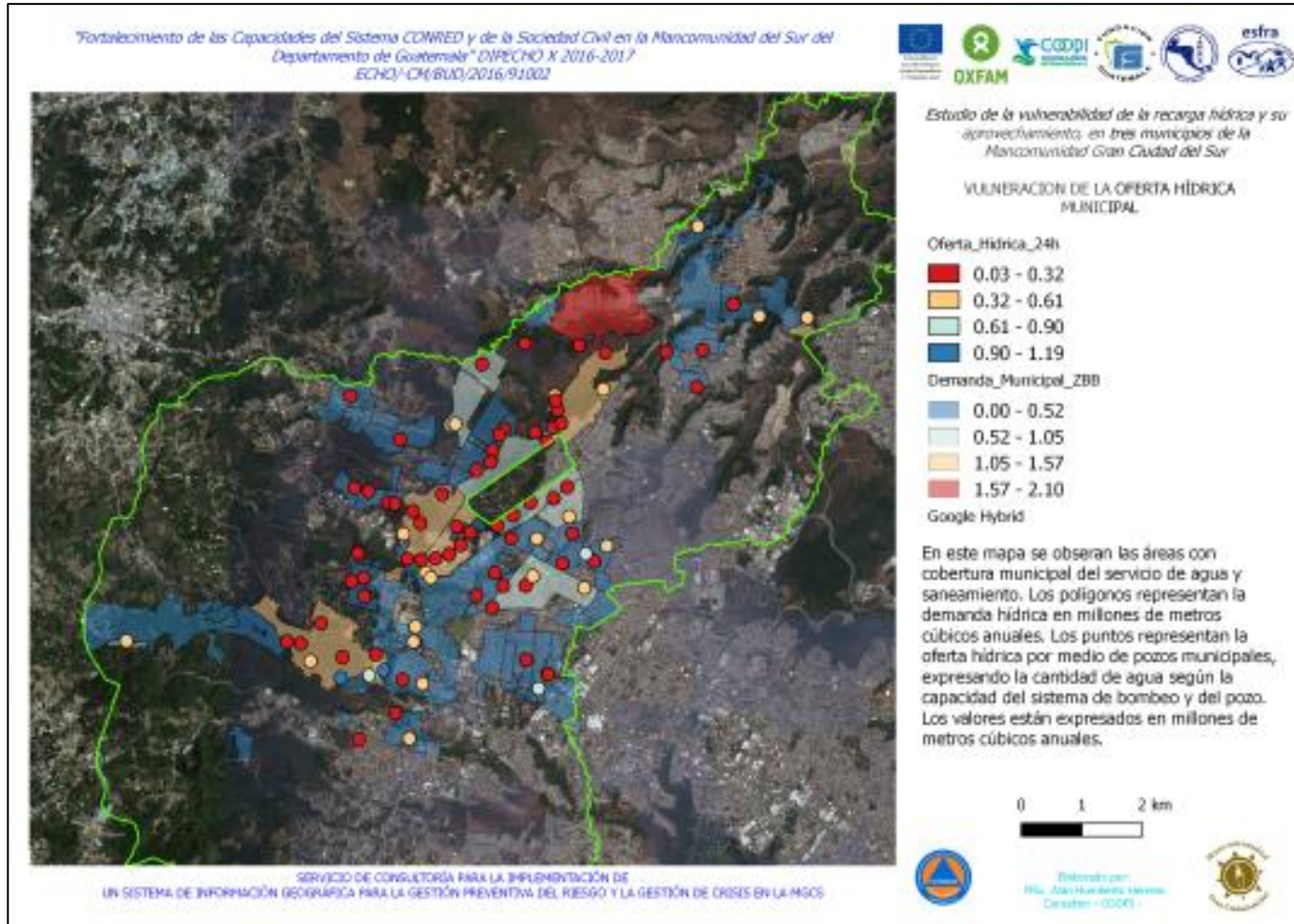
“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 22. Proporción oferta (12 horas de bombeo) y demanda hídrica, en el municipio de Amatitlán.



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

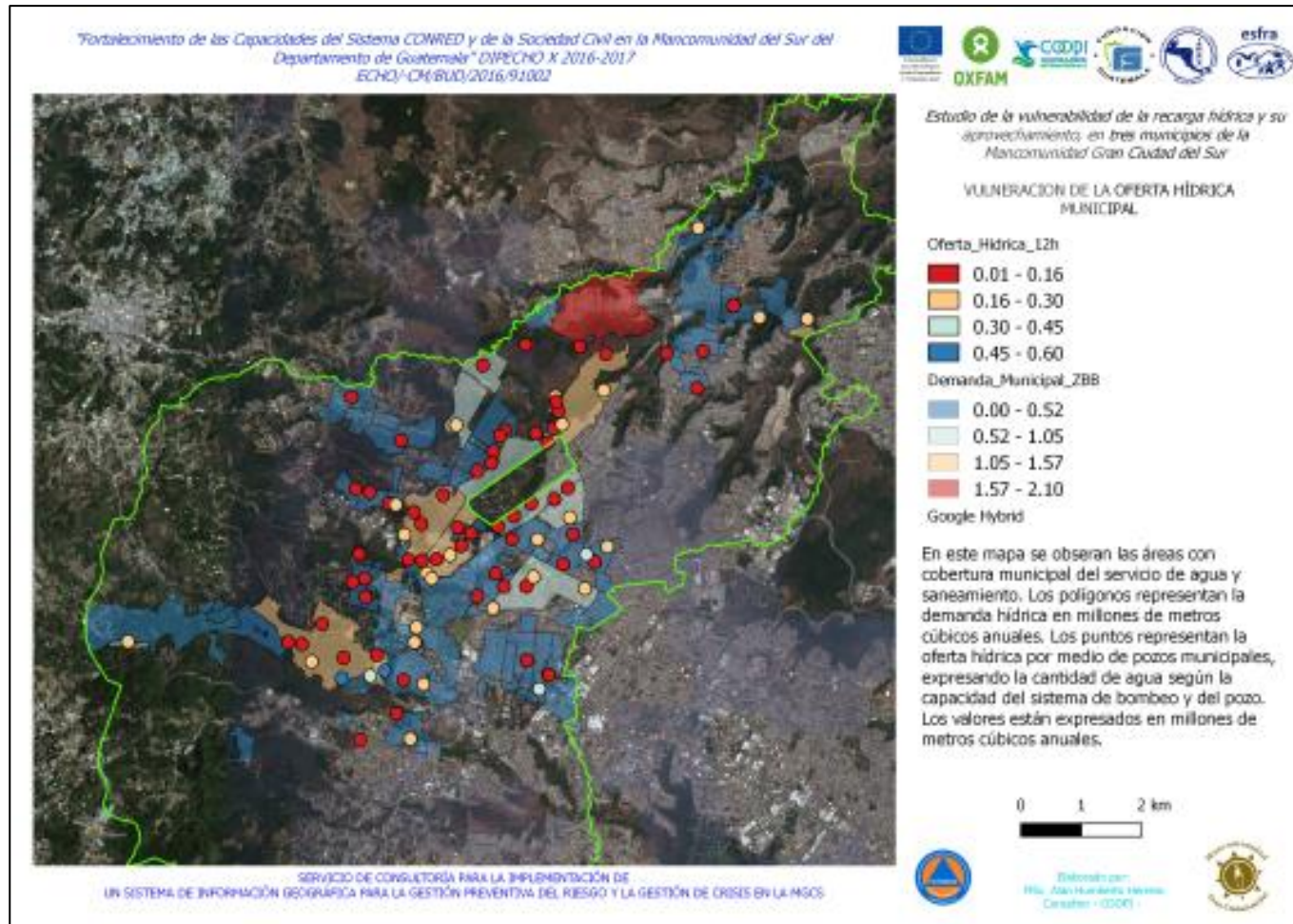


Mapa 23. Proporción oferta (24 horas de bombeo) y demanda hídrica, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



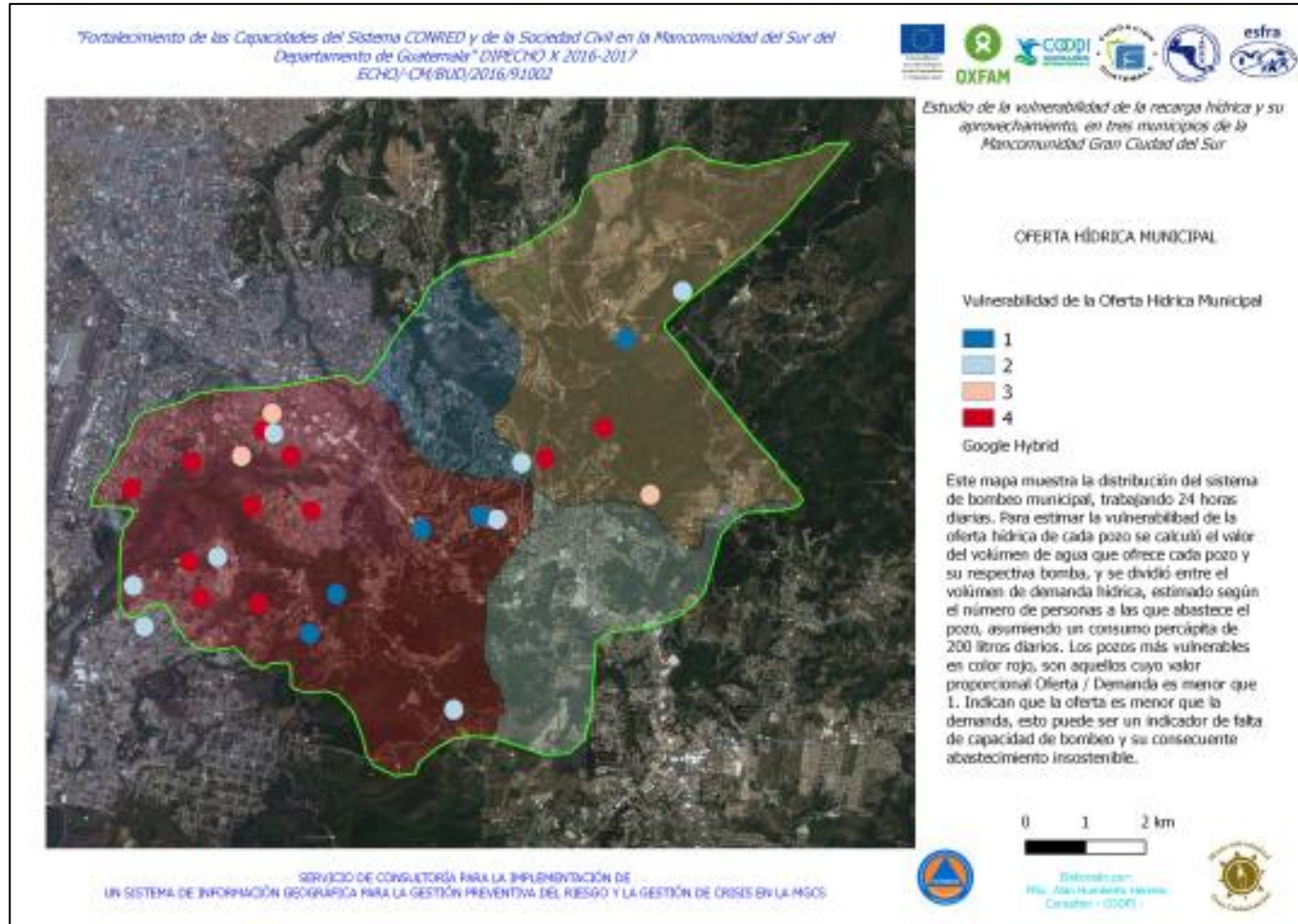
Mapa 24. Proporción oferta (12 horas de bombeo) y demanda hídrica, en el municipio de Mixco.



Financiado por la Unión Europea Ayuda Humanitaria y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



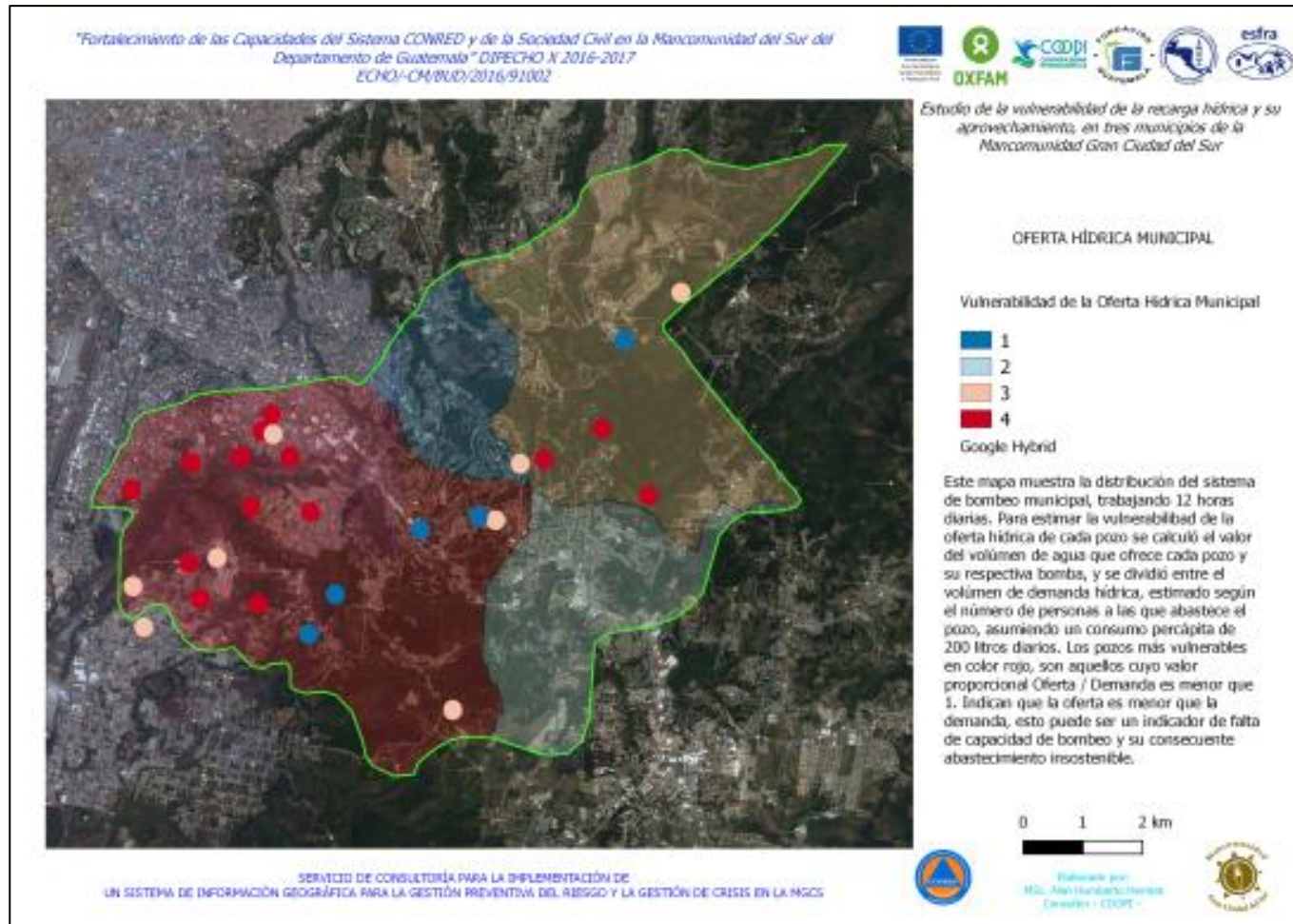
Mapa 24. Oferta (24 horas de bombeo)/Demanda hídrica municipal, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

Mapa 25. Proporción oferta (24 horas de bombeo) y demanda hídrica, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

En coordinación con:



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 26. Proporción oferta (12 horas de bombeo) y demanda hídrica, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

Análisis de escenarios

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Humanitaria
y Protección Civil



COOPERAZIONE
INTERNAZIONALE



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Para desarrollar las variables que se presentan en el análisis de escenarios, a continuación, se ha utilizado la información contenida en el Anexo 12, correspondiente a la información recabada de campo, en las visitas realizadas a los puntos de observación y muestreo, de la zona de recarga hídrica, la zona de bombeo y la zona de abastecimiento de cada municipio.

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Recomendaciones puntuales a decisiones mayores
Sistemas de bombeo conectados a las líneas de conducción comerciales de la empresa eléctrica nacional, sin contar con fuentes de energía auxiliar que sustituyan la principal	Problema de desabastecimiento de energía ocasionado por efectos de amenazas como descargas eléctricas y sismos	Intensas tormentas eléctricas que afectan la zona de bombeo Actividad sísmica de altas magnitudes, causando daños estructurales	Implementación de sistemas de protección ante descargas eléctricas (Cable a tierra) en todos los sistemas de bombeo municipal	Acceso a plantas eléctricas móviles (al menos 6) con capacidad de levantar los sistemas de bombeo municipales	Implementación de sistemas de tanques de almacenamiento de agua, de mayor volumen y tiempo de permanencia Establecer contratos autónomos de energía municipal, separados de las líneas de conducción comerciales
Crecimiento poblacional	Administración municipal del agua sin cambios	La capacidad de bombeo se reduce cada año, la vulnerabilidad de escasez se hace más alta	Establecimiento de nuevas zonas de captación hídrica municipal	Plan de manejo de las cuencas hídricas que alimentan los acuíferos más accesibles	Plan de ordenamiento territorial con enfoque de cuenca hídrica, asumiendo la investigación, actualización e implementación de medidas sustentables a largo plazo

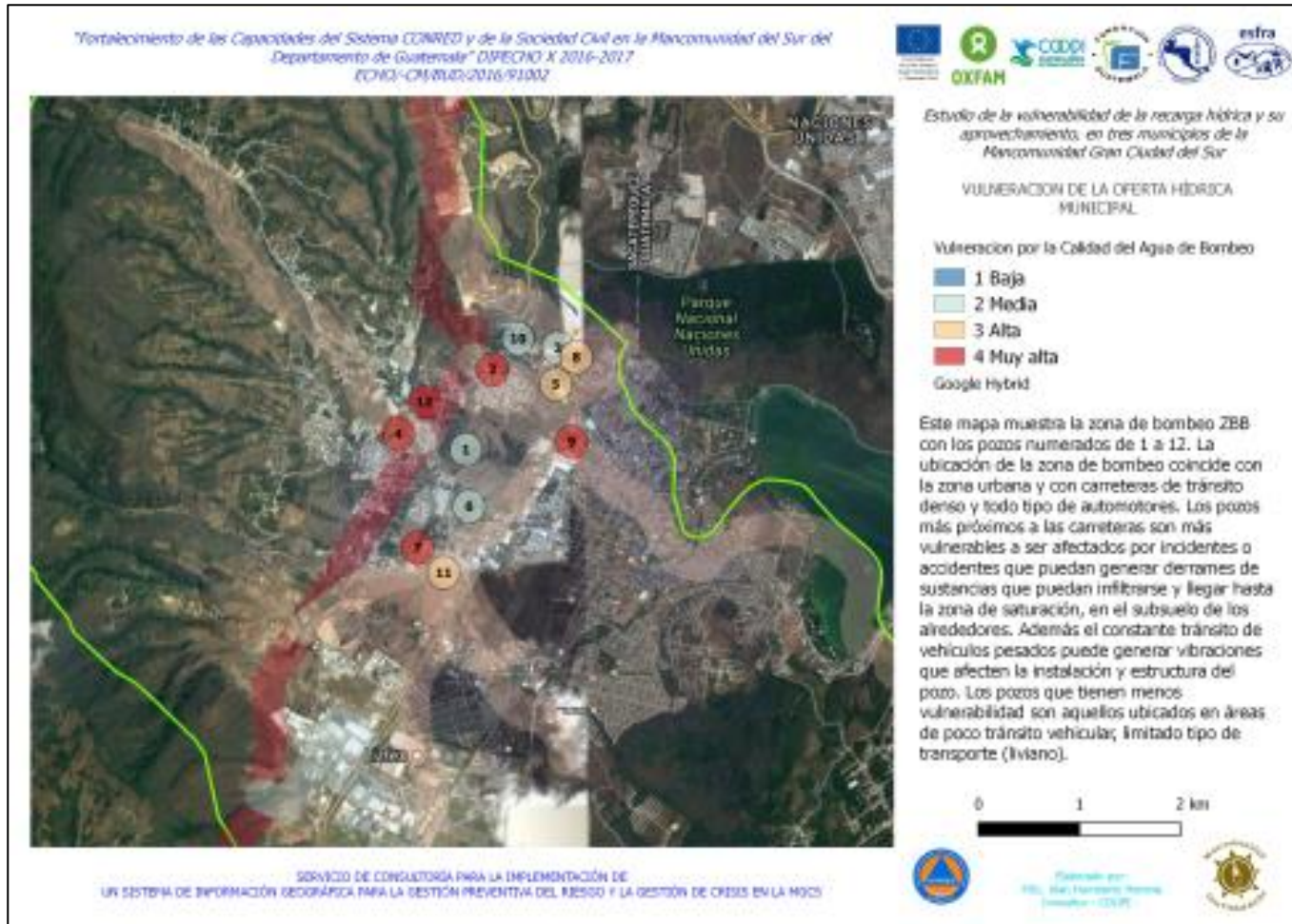
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

OFERTA HÍDRICA / VULNERACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA DE BOMBEO MUNICIPAL

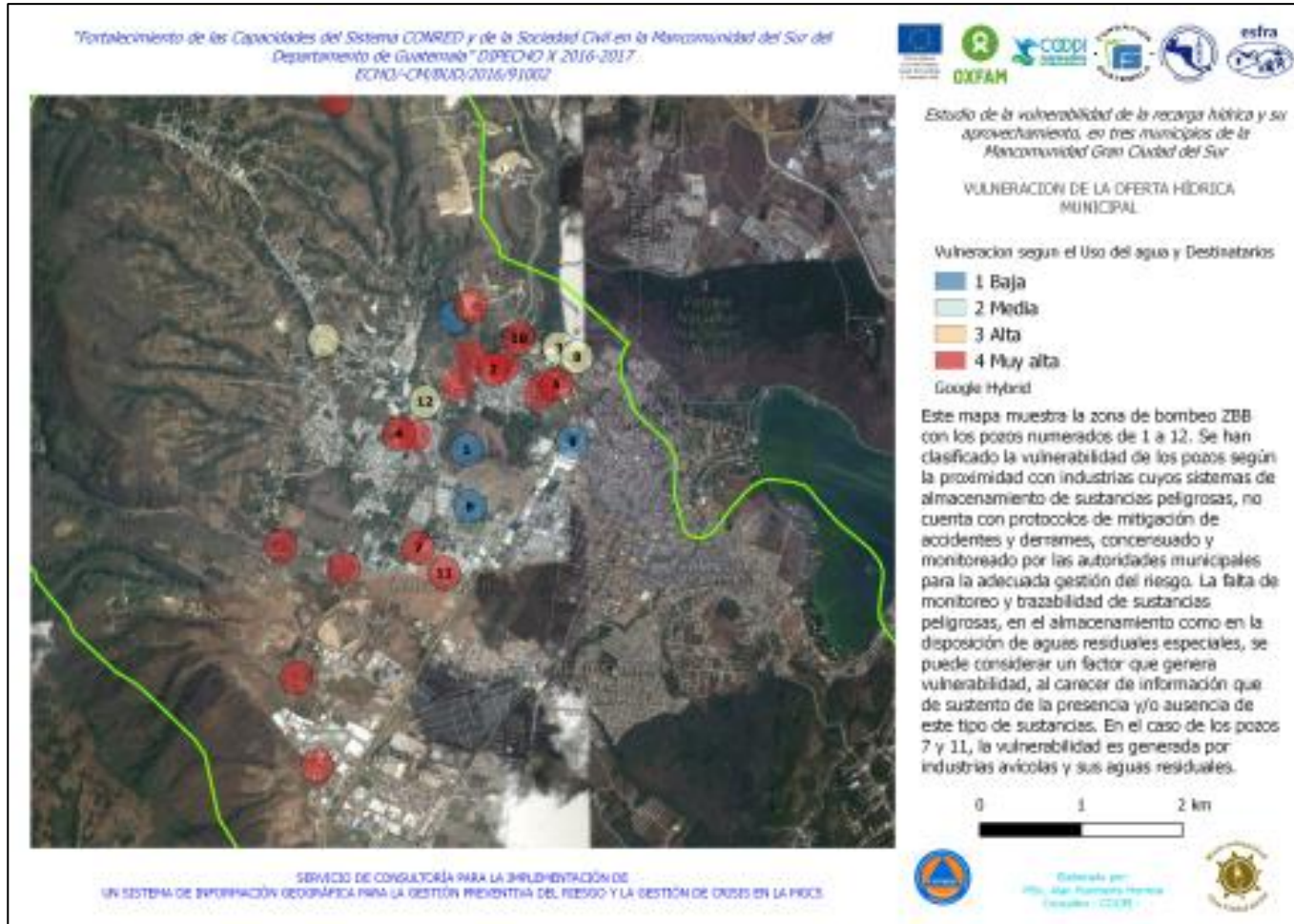


Mapa 27. Vulnerabilidad por la cercanía de carreteras fuertemente transitadas en la ZBB, en el municipio de Amatitlán.

En coordinación con:



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

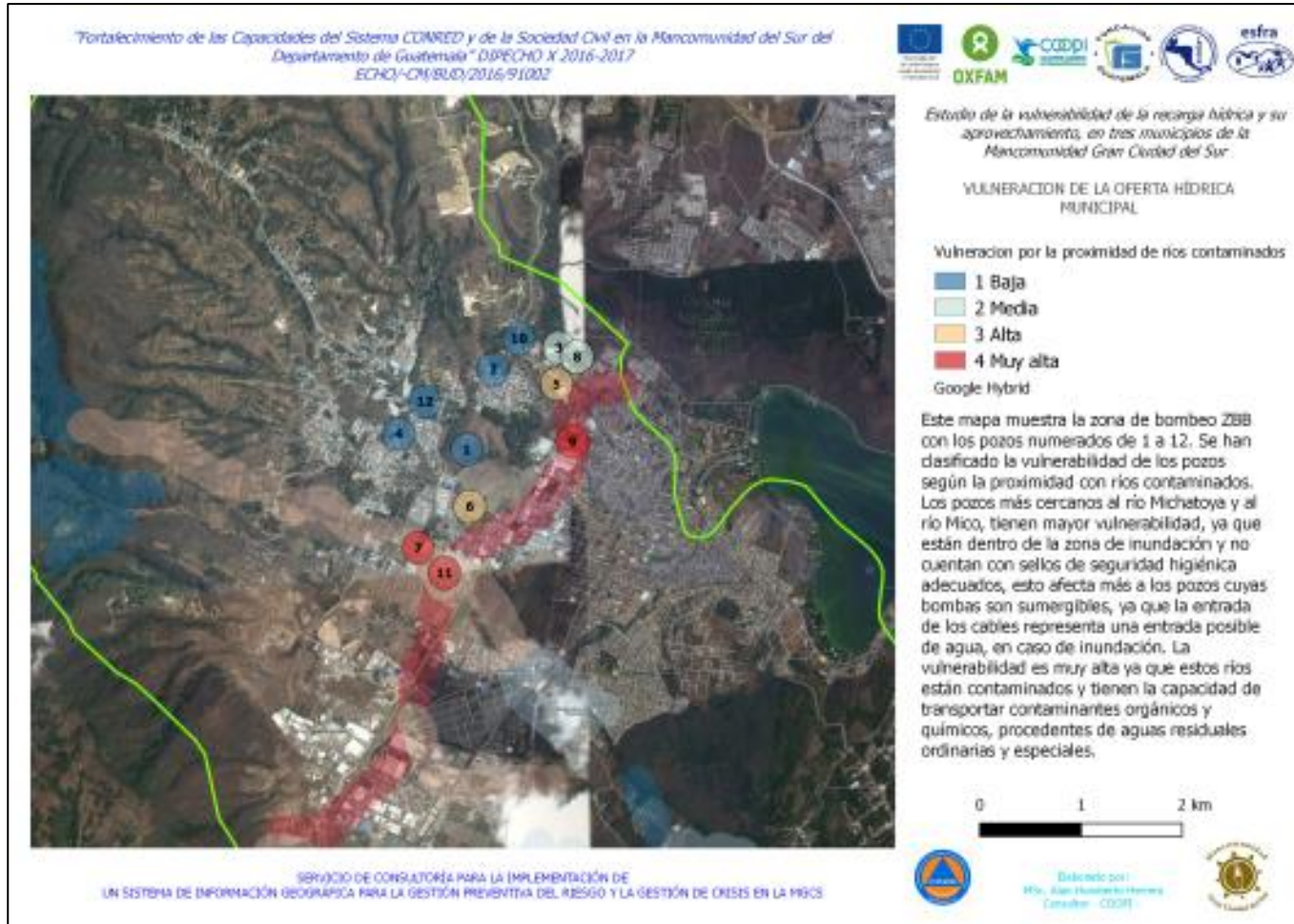


Mapa 28. Vulnerabilidad por la cercanía de industrias y gasolineras en la ZBB, en el municipio de Amatitlán.

En coordinación con:

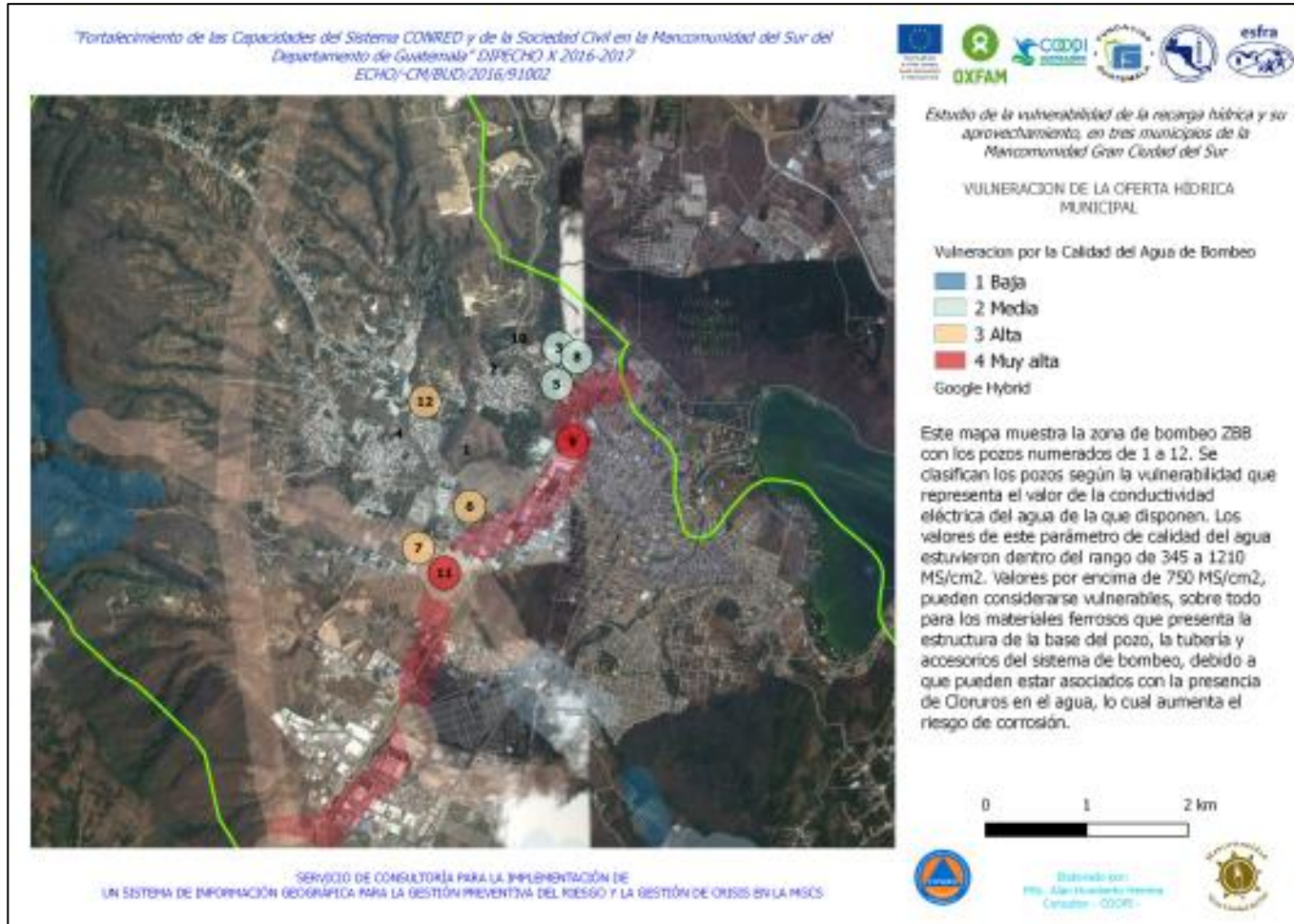


“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 29. Vulnerabilidad por la cercanía de ríos contaminados en la ZBB, en el municipio de Amatitlán.

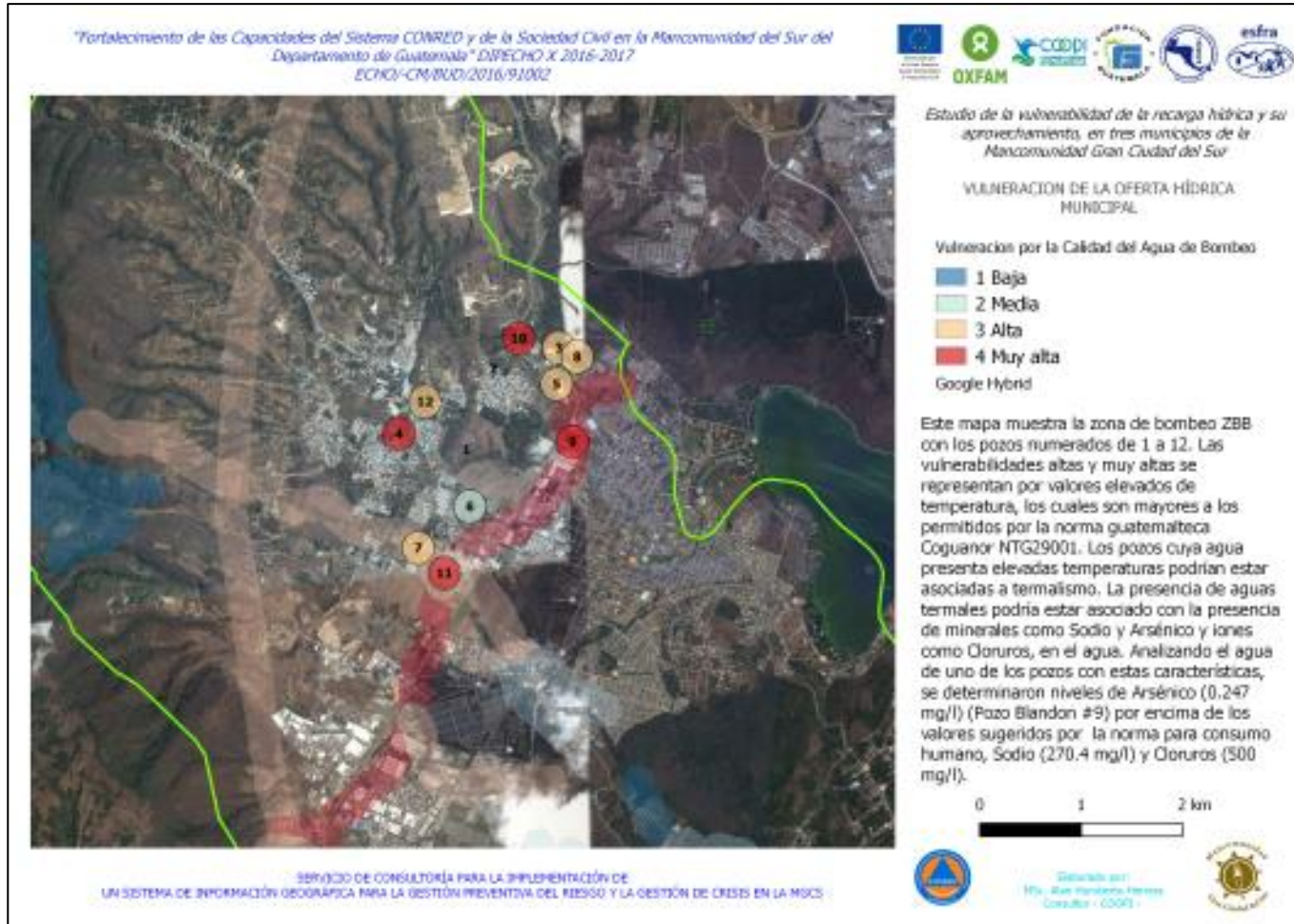
“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 30. Vulnerabilidad por la conductividad eléctrica de agua en la ZBB, en el municipio de Amatitlán.



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 31. Vulnerabilidad por la temperatura de agua en la ZBB, en el municipio de Amatitlán.

En coordinación con:

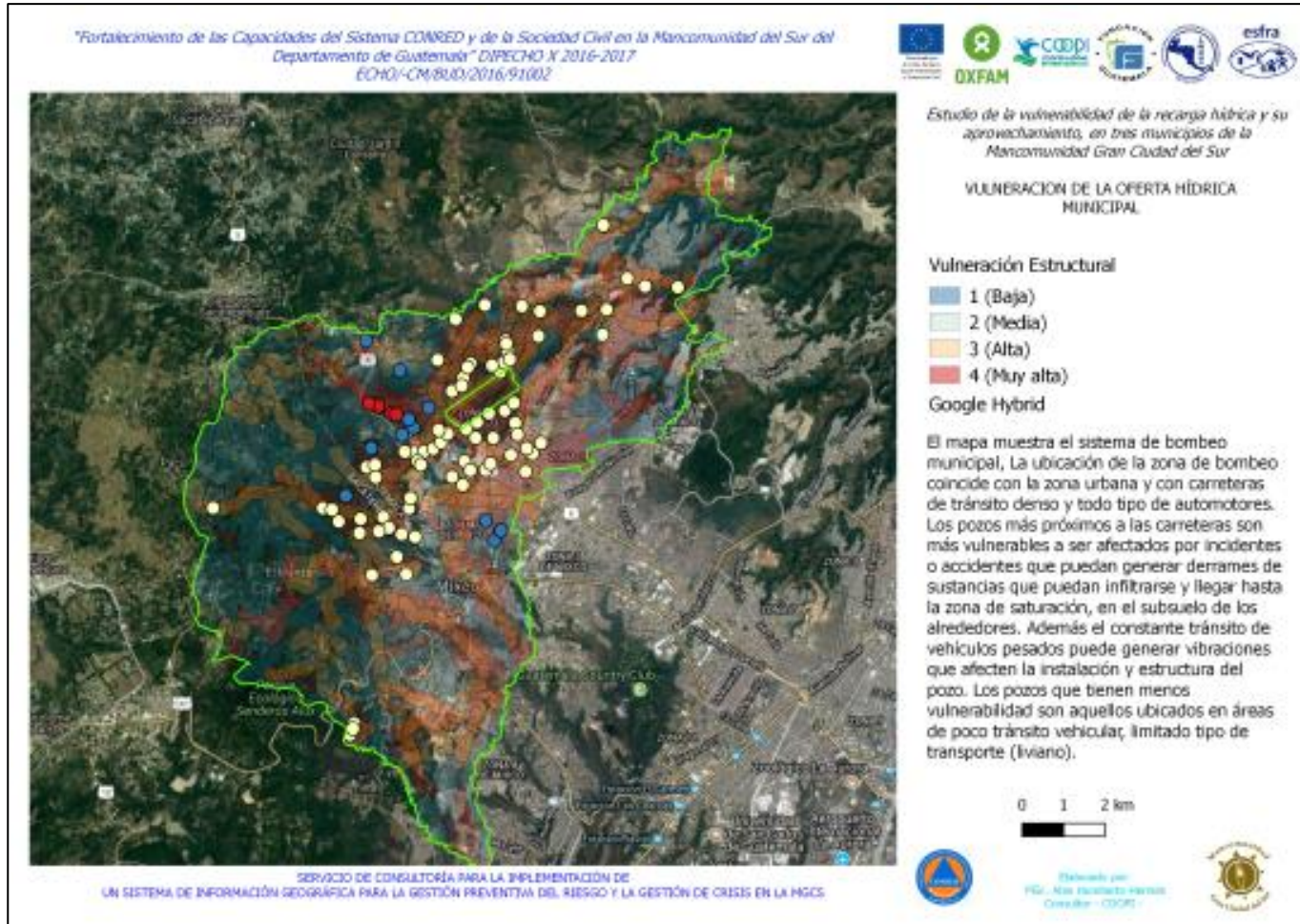




Financiado por la Unión Europea Ayuda Humanitaria y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 32. Vulnerabilidad por la cercanía de carreteras fuertemente transitadas en la ZBB, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:

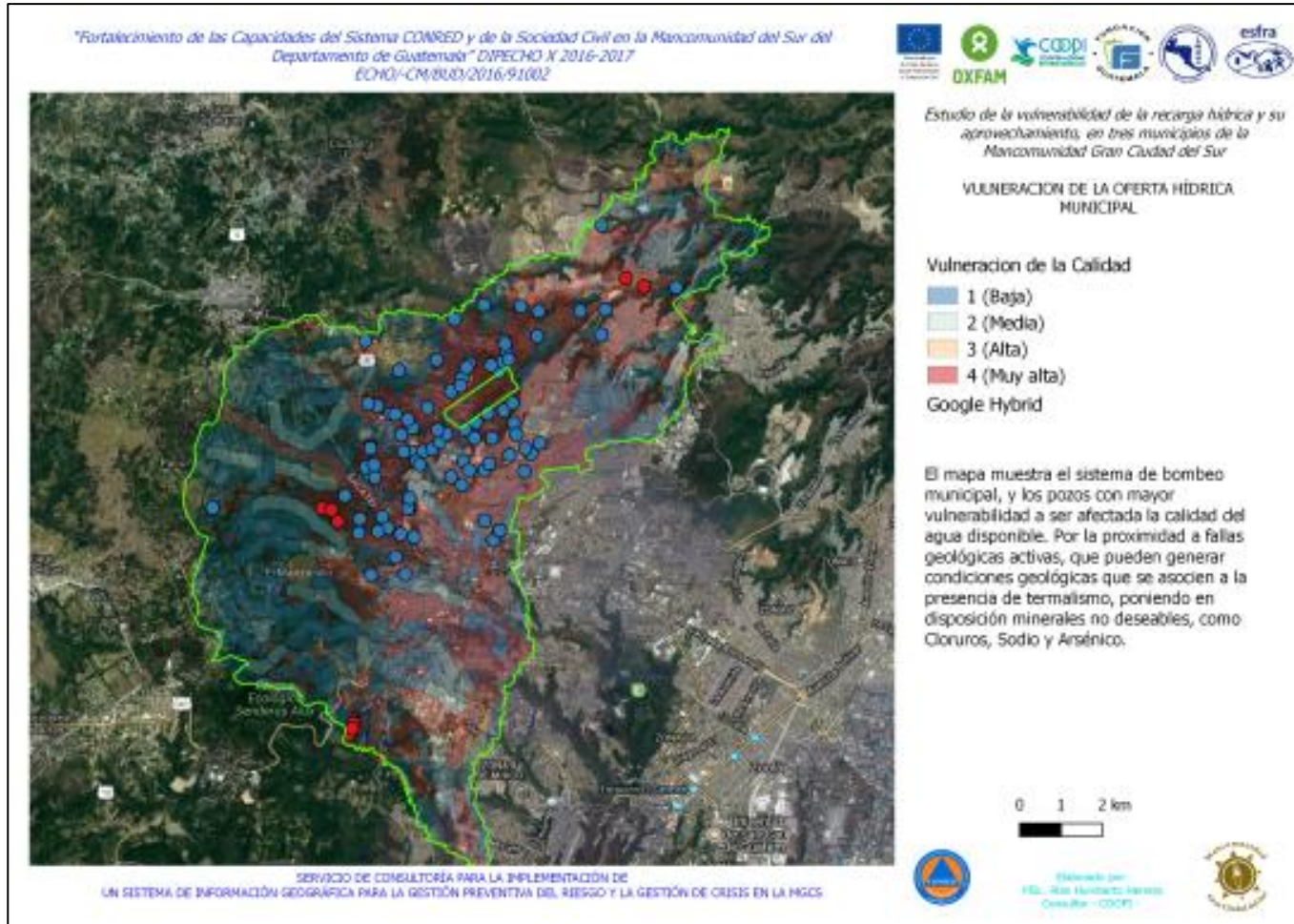




Financiado por la Unión Europea Ayuda Humanitaria y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



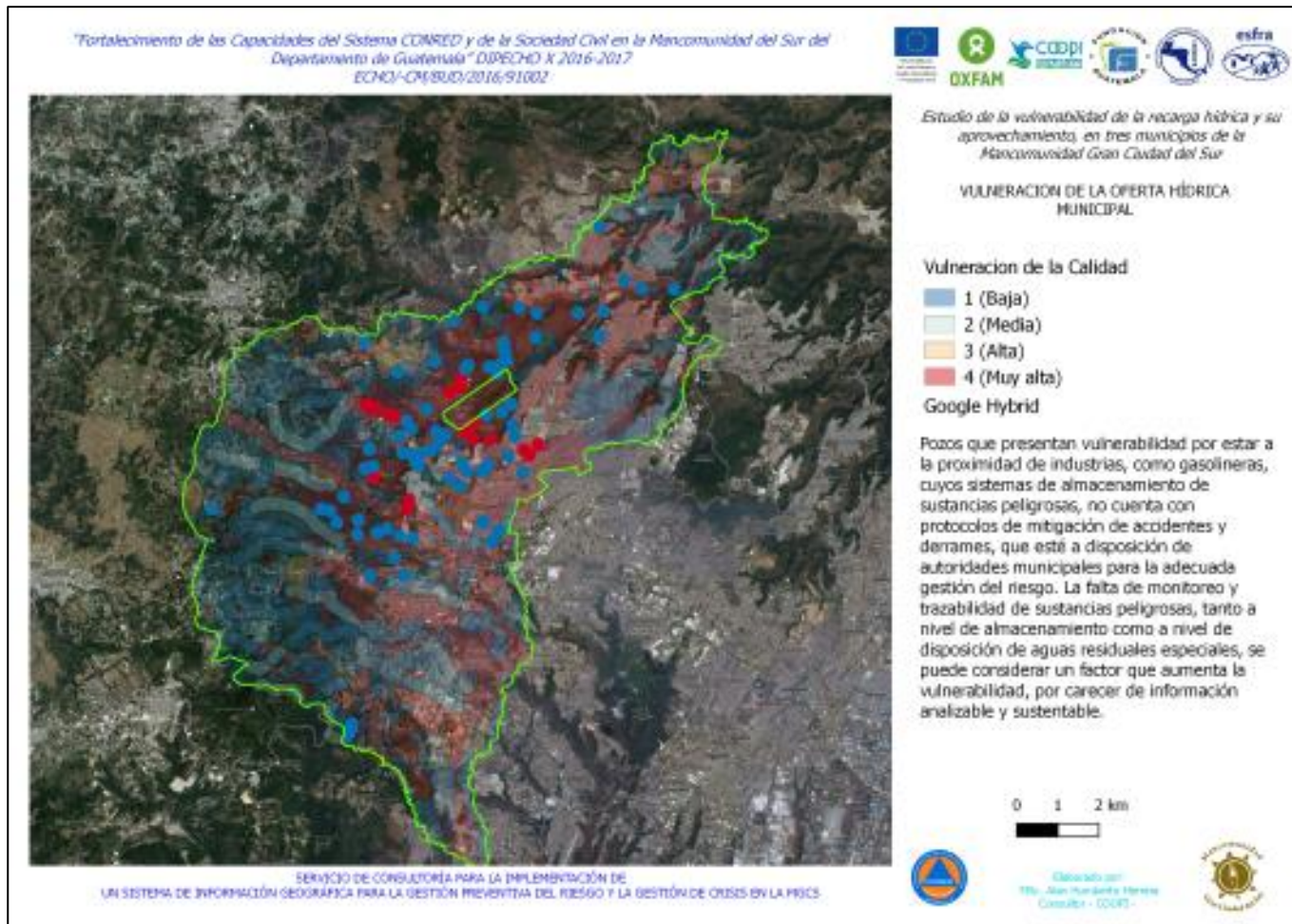
Mapa 33. Vulnerabilidad por la cercanía de fallas geológicas en la ZBB, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



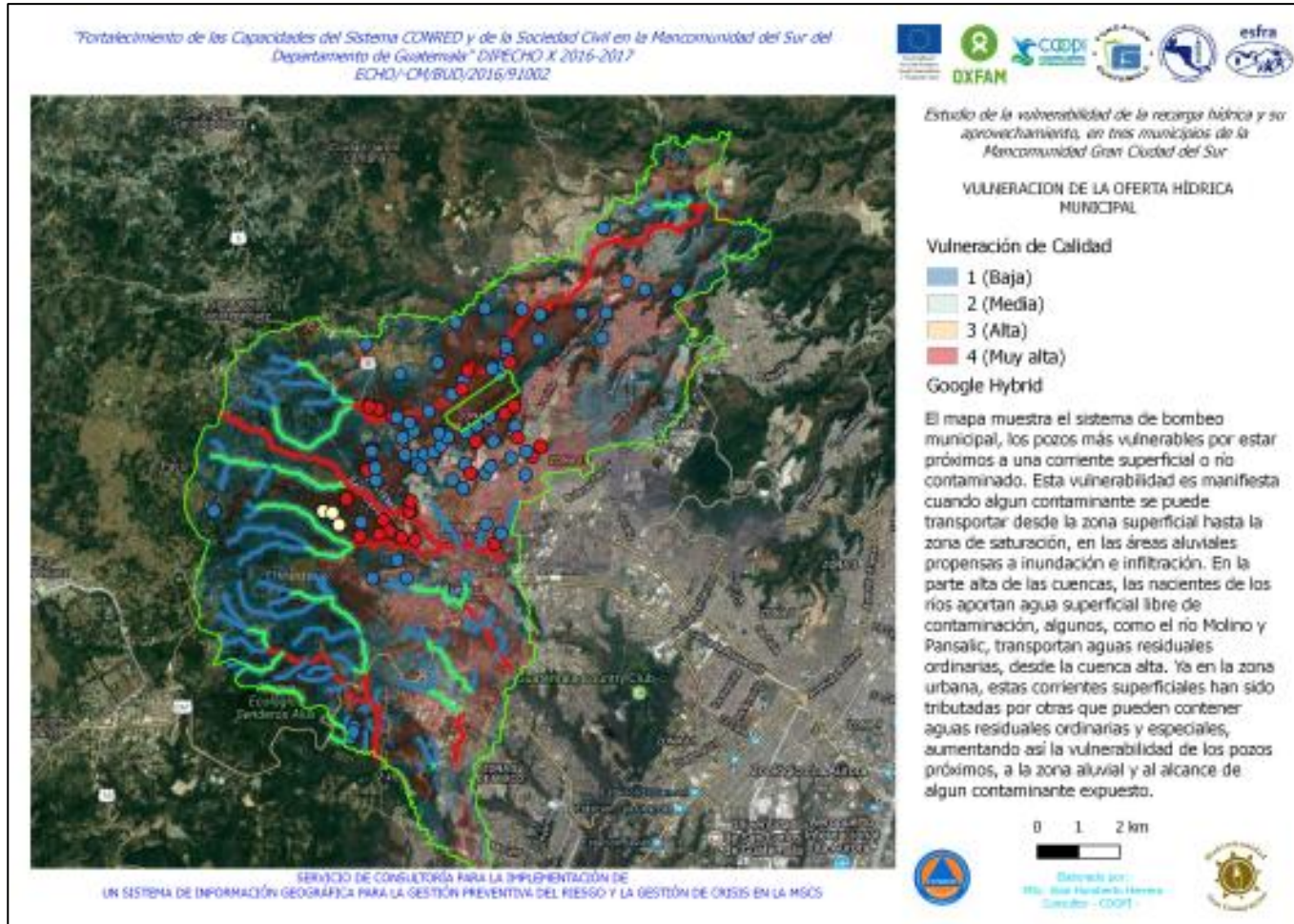
Mapa 34. Vulnerabilidad por la cercanía de industrias y gasolineras en la ZBB, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



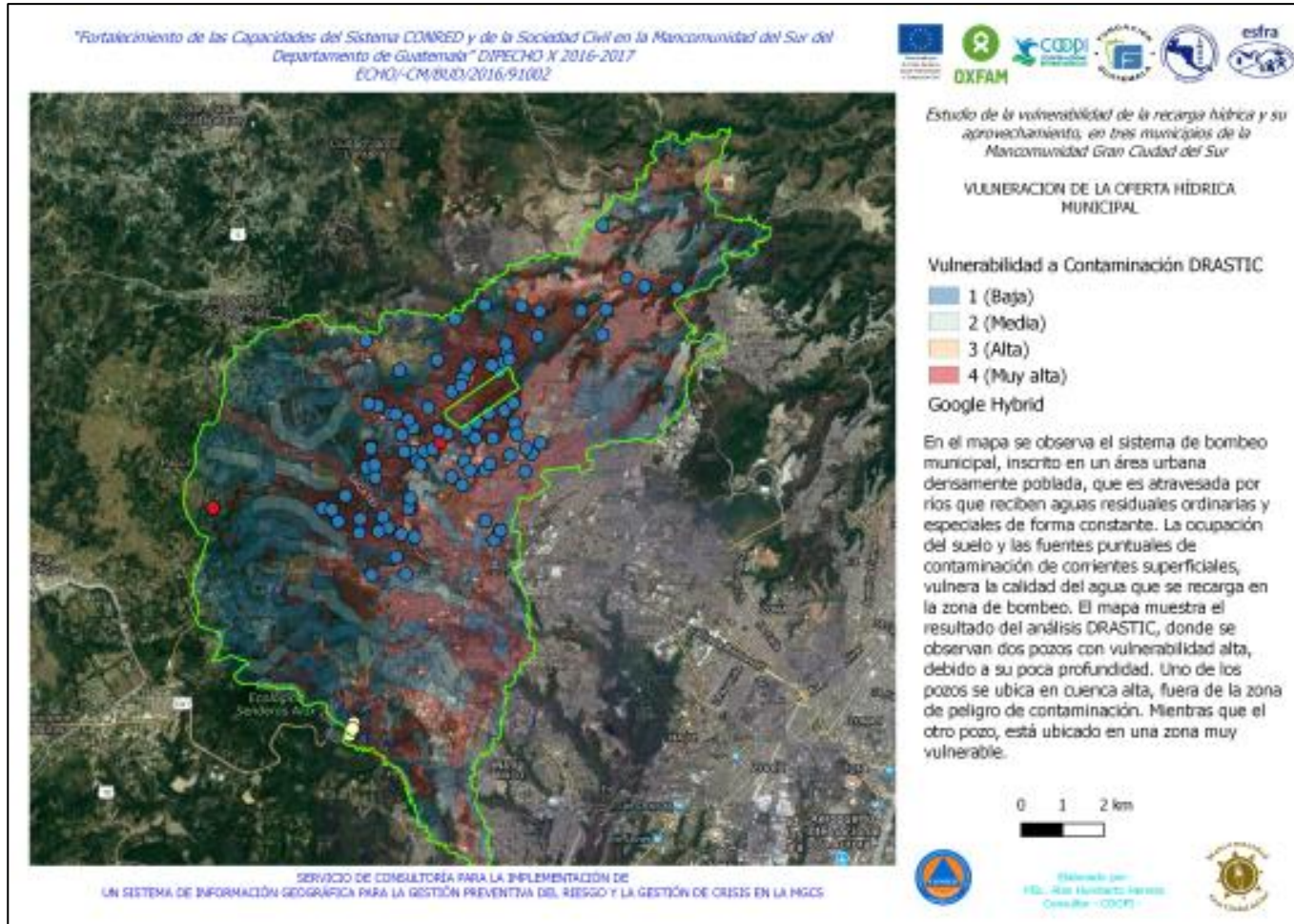
Mapa 35. Vulnerabilidad por la cercanía de ríos contaminados en la ZBB, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



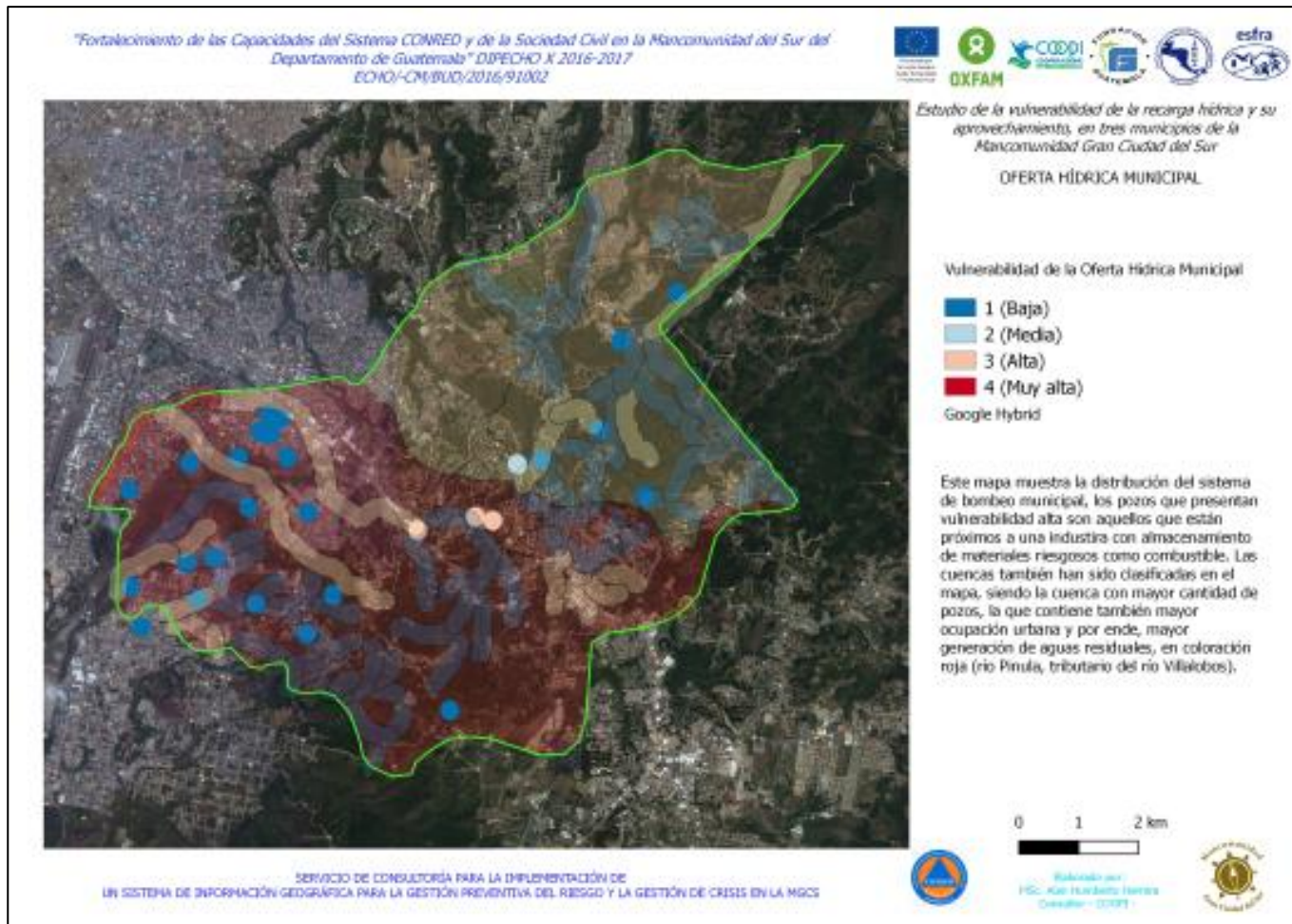
Mapa 36. Vulnerabilidad de la calidad de agua en la ZBB, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

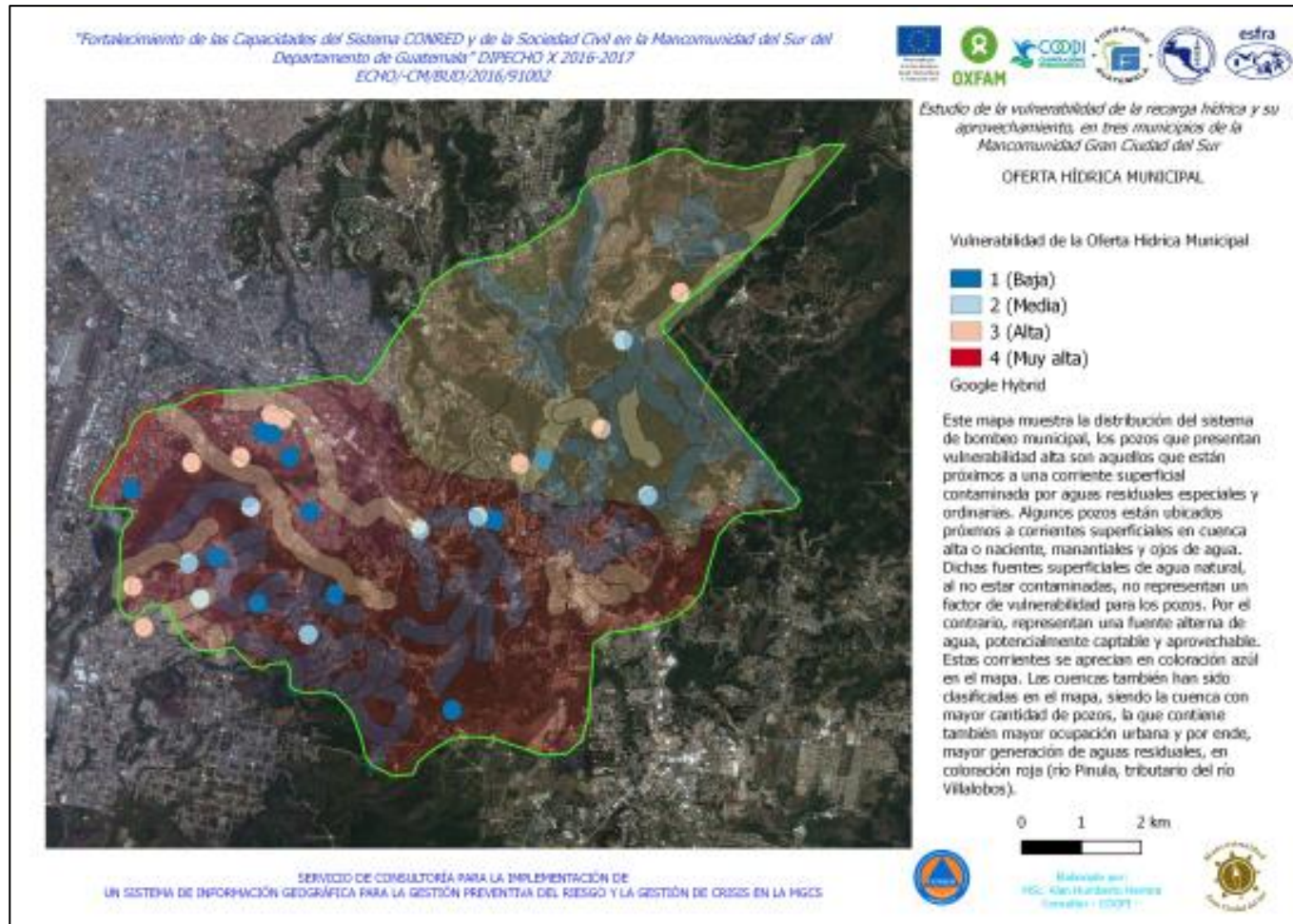


Mapa 37. Vulnerabilidad por la cercanía de industrias y gasolineras en la ZBB, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

En coordinación con:



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 38. Vulnerabilidad por la cercanía de ríos contaminados en la ZBB, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Análisis de escenarios

Para desarrollar las variables que se presentan en el análisis de escenarios, a continuación, se ha utilizado la información contenida en el Anexo 12, correspondiente a la información recabada de campo, en las visitas realizadas a los puntos de observación y muestreo, de la zona de recarga hídrica, la zona de bombeo y la zona de abastecimiento de cada municipio.

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Recomendaciones puntuales a decisiones mayores
Ríos contaminados	Transporte de contaminantes	Arrastre de contaminantes persistentes hacia zonas de alta infiltración	Reducción de la carga de contaminantes de manera integral en la cuenca	Reforestación y humedales artificiales en las zonas litorales de los ríos contaminados	Canalización y tratamiento por etapas al agua del río Michatoya, en el tramo de la zona urbana del municipio
Industrias	Disposición de contaminantes volátiles y persistentes	Derrames accidentales en sus tanques de almacenamiento	Protocolos y diseños adecuados con el manejo de sustancias peligrosas	Siguiendo los protocolos y acciones recomendadas por sistemas de remediación certificados	Cláusulas en términos de referencia de contratos de construcción que establezcan los protocolos a seguir en caso de derrame
Cuencas sobre explotadas	Infiltración de agua contaminada	Alcance de contaminantes al sistema de bombeo	Distribución sustentable de las zonas urbanas e industriales con enfoque de cuenca hídrica	Planificación e investigación hidrogeológica, para determinar zonas alternativas	Implementación de sistemas de captación pluvial, ríos prístinos, bombeo, en cuencas alternas

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



COOPERAZIONE
INTERNAZIONALE



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Desabastecimiento; Pozos Más vulnerables por abastecer sistemas de salud pública	Pérdida de capacidad de bombeo equivalente a 12 horas de bombeo diarias	Problema que afecta el sistema de bombeo y deja sin funcionar más de 12 horas	Bombas auxiliares en bodega municipal Sistemas alternativos de fuente de energía eléctrica	Conducción de agua por gravedad desde tanques de captación	Establecer sistemas de bombeo propios de los sistemas de salud pública a nivel municipal y utilizar los actuales, como mecanismo de emergencia
Proximidad con industrias que almacenan sustancias peligrosas en el subsuelo	Agrietamiento y eventual rompimiento de las paredes de las bodegas, que ocasione infiltración en el suelo de la sustancia	El agrietamiento se provoca por la actividad sísmica y se agudiza mediante la proximidad a zonas de fallas, liberando sustancias contaminantes en la zona de infiltración	Materiales, diseño y ubicación de las industrias y sus bodegas subterráneas, a prueba de sismos o fuera del área de mayor influencia	Aplicación de protocolos y medidas de mitigación inmediatos y de largo plazo hasta mitigar sustancialmente el problema con evidencia científica	Establecimiento de contratos o cláusulas en los términos de referencia de los contratos, para asegurarse de que las empresas cuenten con las capacidades requeridas
Naturaleza geológica del acuífero, en contacto con aguas termales y fallas activas	Alteración de los parámetros de calidad del agua del acuífero o de una zona de él	El sistema de bombeo se ubica en una zona donde la naturaleza geológica altera los parámetros, generando peligro para la salud humana en caso de consumo, y daños como corrosión en tuberías ferrosas	Zonificación hidrogeológica, determinando las zonas con termalismo en aguas del acuífero superior	Cancelación de la distribución domiciliar del agua que presenta características de termalismo, es recomendable cambiar el uso del agua y suspender su bombeo con fines de abastecimiento municipal para	Re ubicación de pozos que actualmente presentan alteraciones en parámetros de calidad del agua, cuyos valores actuales pongan en riesgo la salud humana

En coordinación con:





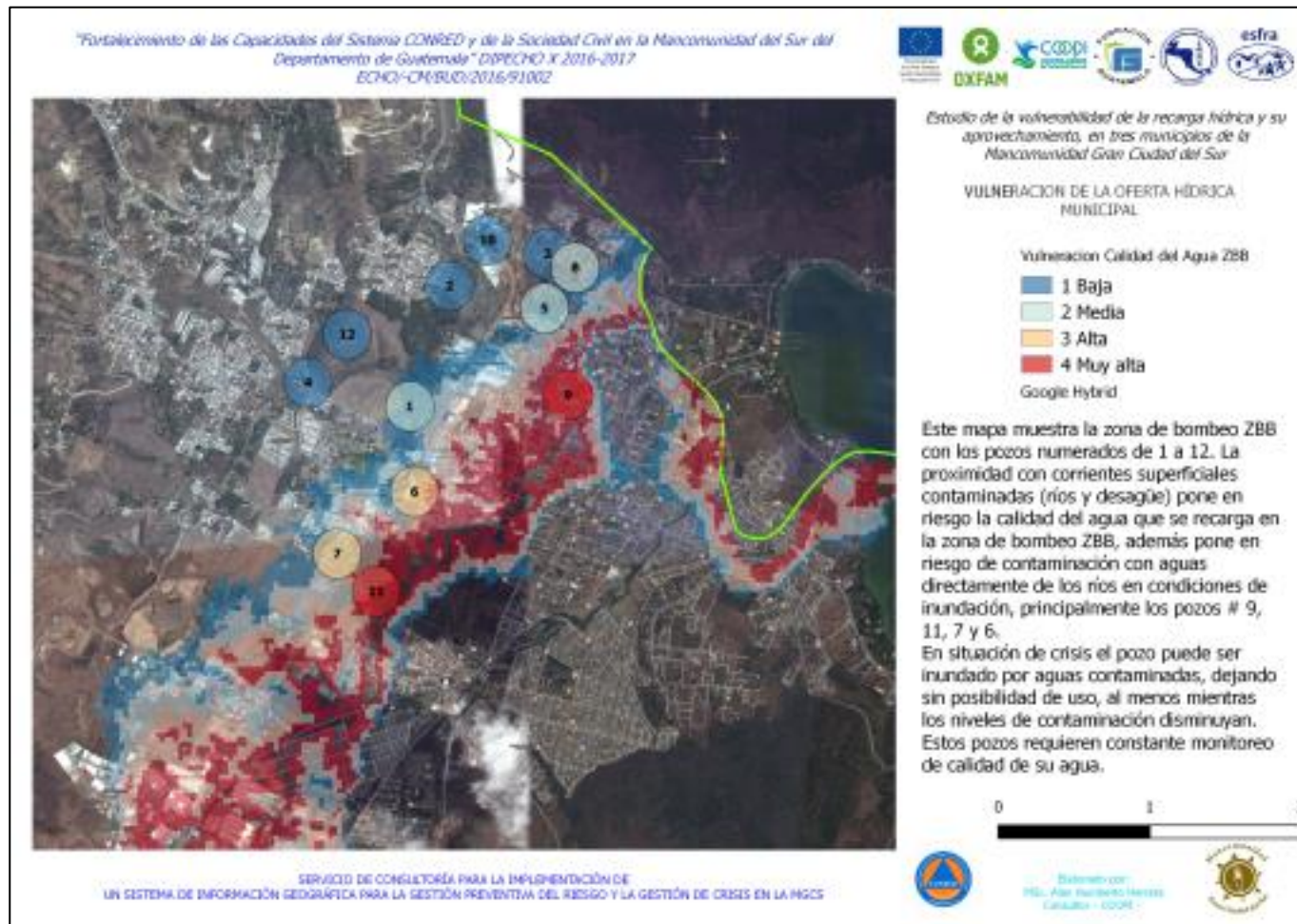
“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

				uso doméstico	
--	--	--	--	---------------	--

EJE#2. EXPOSICIÓN A AMENAZAS Y FRAGILIDADES ASOCIADAS

AMENAZAS NATURALES AL SISTEMA DE BOMBEO

MUNICIPIO DE AMATITLÁN



Mapa 39. Vulnerabilidad por la cercanía a áreas expuestas a inundación en la ZBB, en el municipio de Amatitlán.

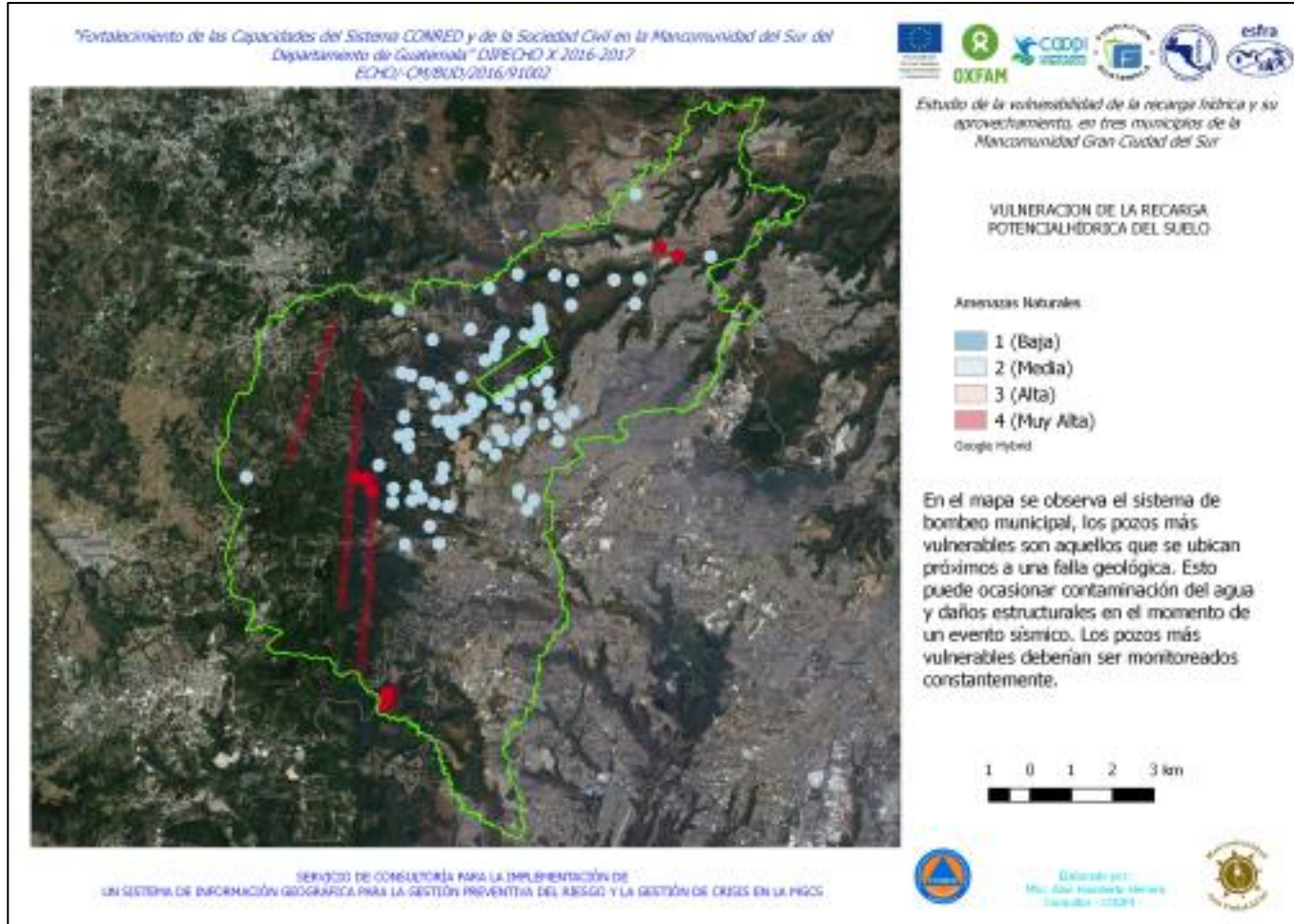
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

MUNICIPIO DE MIXCO



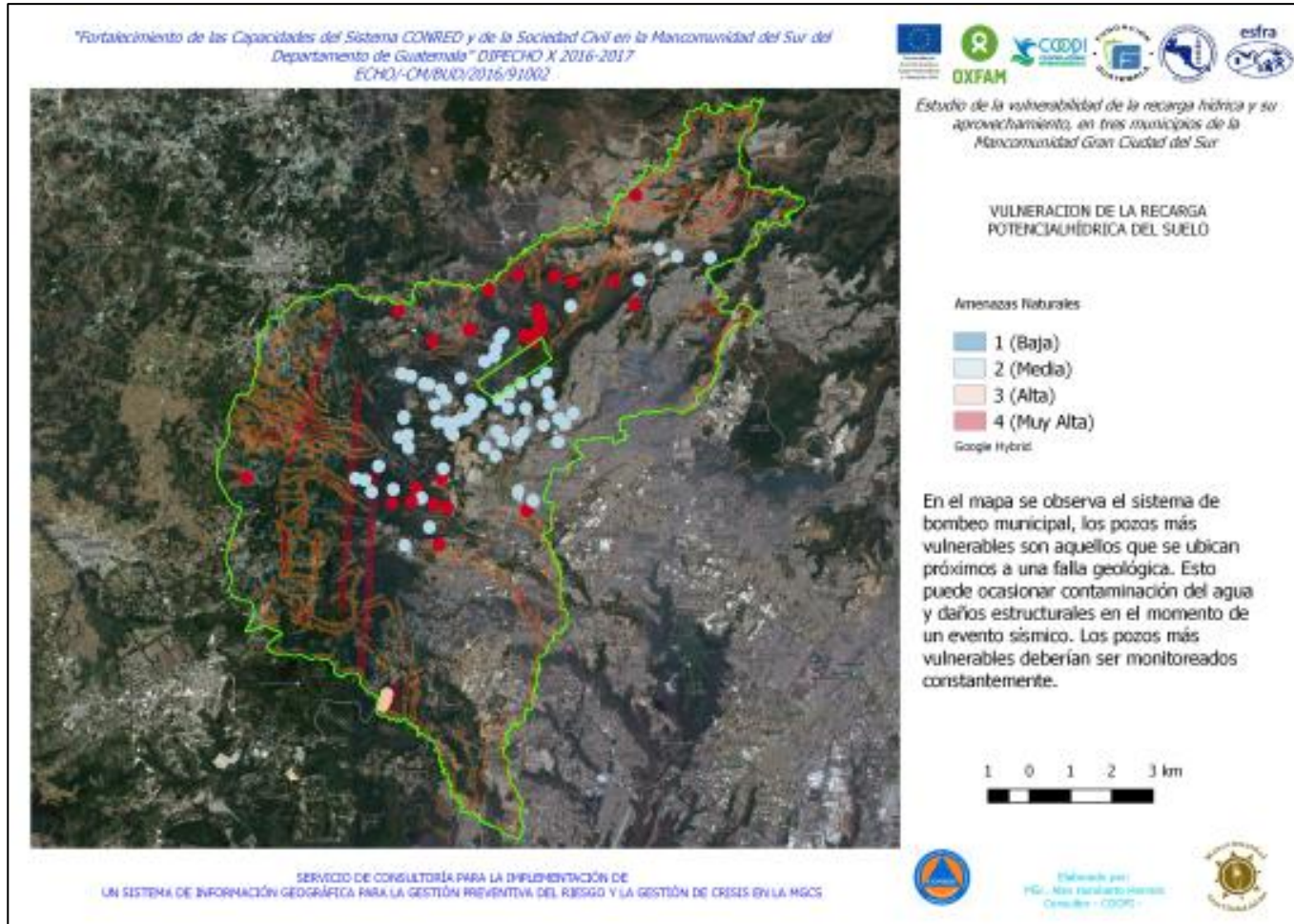
Mapa 40. Vulnerabilidad por la cercanía a fallas geológicas en la ZBB, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 41. Vulnerabilidad por la cercanía a áreas susceptibles de deslizamientos en la ZBB, en el municipio de Mixco.

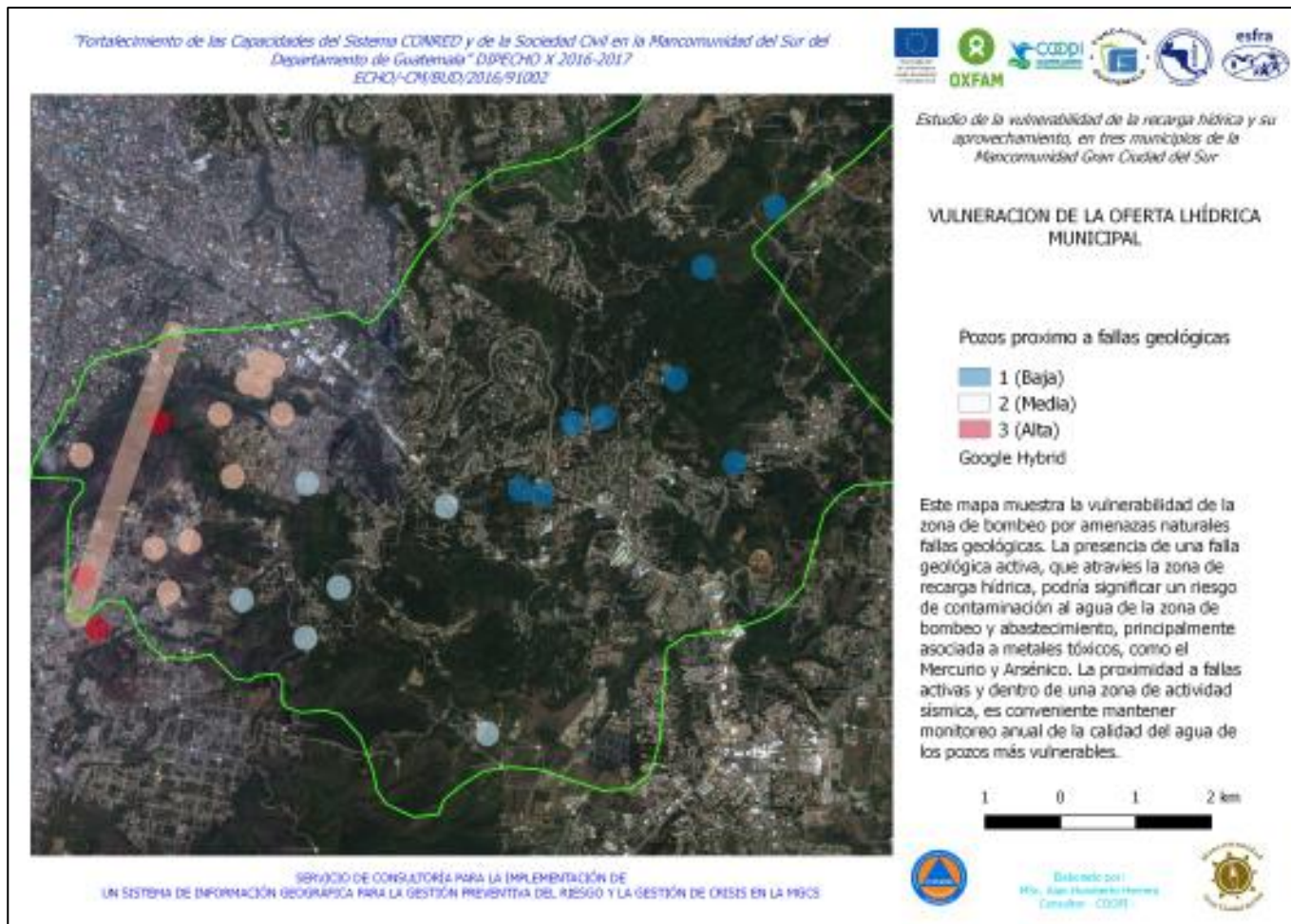
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA



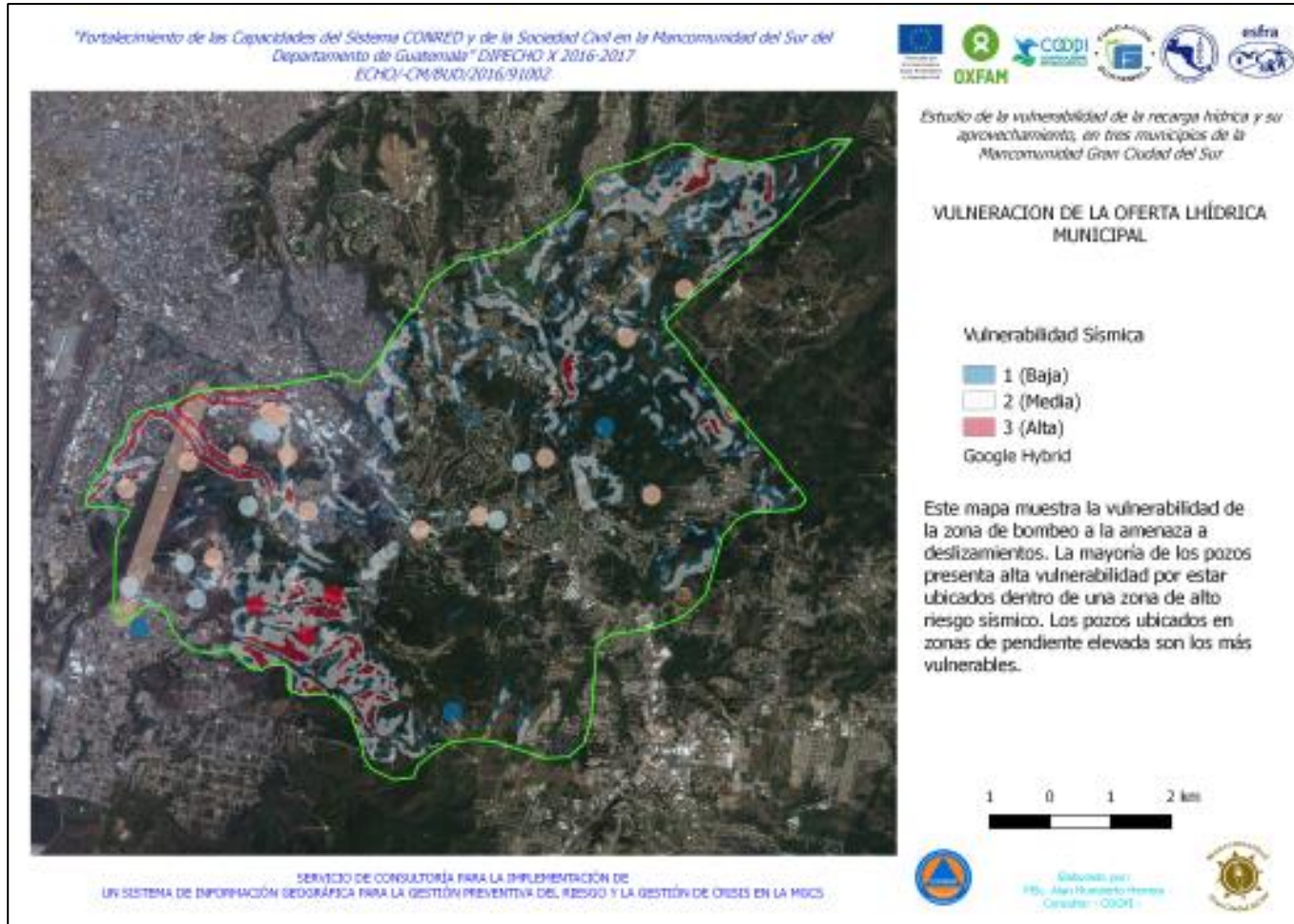
Mapa 42. Vulnerabilidad por la cercanía a áreas con fallas geológicas en la ZBB, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 43. Vulnerabilidad por la cercanía a áreas susceptibles de deslizamiento en la ZBB, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

Análisis de escenarios

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación Internacional
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Recomendaciones puntuales a decisiones mayores
Pozos cercanos a zonas susceptibles a deslizamiento	Deslizamiento del terreno donde se ubica el (los) pozo (s)	Pozo (s) municipal a una proximidad menor de 150 metros de un área con amenaza de deslizamiento, cercano (s) al sistema de colectores y/o sedimentadores (pozos de absorción), bajo condiciones de máxima pluviosidad mensual y en un área con amenaza sísmica	En la planificación municipal, dentro del tema de la ampliación de las capacidades de oferta hídrica, especificar en los términos de referencia establecidos con la empresa perforadora, avalar la construcción en un área que fuera de amenaza de deslizamiento, basándose en las recomendaciones de las autoridades competentes y el sistema CONRED	Ubicación de uno o más pozos sustitutos, fuera del área de amenaza, para abastecimiento temporal de agua a la población afectada Deshabilitar los pozos que se ubican en un área amenazada, por el riesgo de deslizamiento de tierra, sobre todo, si es un área con amenaza sísmica	Gestionar dentro del presupuesto municipal los recursos (humanos y financieros) para la sustitución de los pozos actuales en condiciones amenazadas, reemplazándolos por otros pozos de igual o mayor capacidad de bombeo y recarga potencial equivalente
Pozos cercanos a zonas con amenaza sísmica y fallas geológicas	Sismos frecuentes	Pozo (s) municipal a una proximidad menor de 150 metros de un área con amenaza de deslizamiento, cercano (s) al sistema de	Monitoreo constante (3 veces al año) de la calidad del agua del pozo, principalmente en los siguientes parámetros: - Temperatura	En el caso de que uno o más pozos presente (n) parámetros fuera de la norma nacional COGUANOR 29001 de agua para	En el caso de encontrar dentro del sistema de bombeo municipal, uno o más pozos que presenten características no aptas para el consumo humano, y

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación Internacional
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

		colectores y/o sedimentadores (pozos de absorción) y a menos de 300 metros de una falla geológica	<ul style="list-style-type: none"> - Salinidad - Conductividad Eléctrica - Contenido de Iones mayoritarios - Contenido de Arsénico disuelto - Contenido de Mercurio disuelto - Contenido de Hierro disuelto 	consumo humano, principalmente respecto a los parámetros de calidad del agua antes mencionados; es importante deshabilitar el pozo de forma inmediata, y designar un pozo sustituto temporal, mientras se sustituye permanentemente	estas estén relacionadas con la temperatura del agua, el contenido de metales y sales, podría considerarse como un indicador de termalismo volcánico, por la naturaleza geológica de la cuenca (municipal), y en ese caso es necesario un estudio hidrogeológico para zonificar el área de influencia
Pozos cercanos a zonas con amenaza a inundación	Inundación de un cuerpo de agua contaminado	Uno o más pozos municipales ubicados en un área menor de 300 metros de proximidad con un cuerpo de agua contaminado, que carezcan de sello sanitario ⁸ bajo condiciones de máxima pluviosidad mensual, con	<p>Monitoreo constante de la calidad del agua del pozo (4 veces al año), principalmente en los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contenido de Bacterias totales - Contenido de <i>E. coli</i> - Contenido de Nitratos 	En el caso de que uno o más pozos presente (n) parámetros fuera de la norma nacional COGUANOR 29001 de agua para consumo humano, principalmente respecto a los parámetros de calidad del agua antes mencionados; es	Los pozos ubicados dentro una zona aluvial que conduzca aguas superficiales contaminadas, deben ser sustituidos por otros pozos que se ubiquen fuera de la zona de influencia o de abatimiento del pozo, dentro de los términos de referencia con las empresas perforadoras de

⁸ Sello sanitario de un pozo: Fundición de concreto, que tiene el objetivo de proteger el perímetro del pozo de la infiltración de aguas superficiales y de anclaje.

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

		niveles elevados de cuerpos de agua cercanos (ríos/lago), cuya calidad del agua sea deficiente	<ul style="list-style-type: none"> - Contenido de metales pesados - Contenido de contaminantes orgánicos 	importante deshabilitar el pozo de forma inmediata, y designar un pozo sustituto temporal, mientras se sustituye permanentemente	pozos municipales, se debería considerar un estudio superficial de calidad de agua, en la zona de influencia del pozo
--	--	--	--	--	---

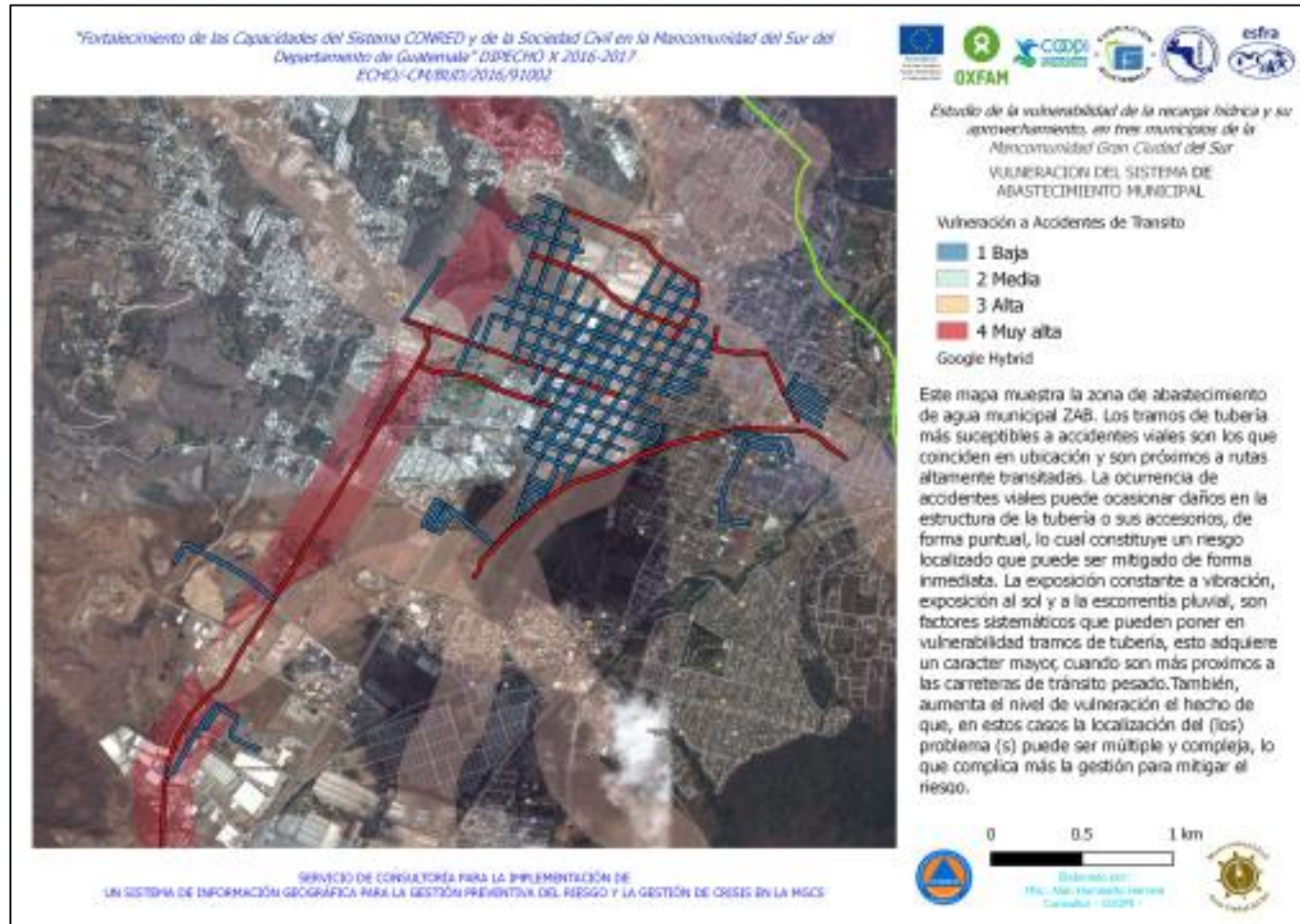
En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

**EXPOSICIÓN A AMENAZAS Y FRAGILIDADES ASOCIADAS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO MUNICIPAL –SAB-
 MUNICIPIO DE AMATITLAN**

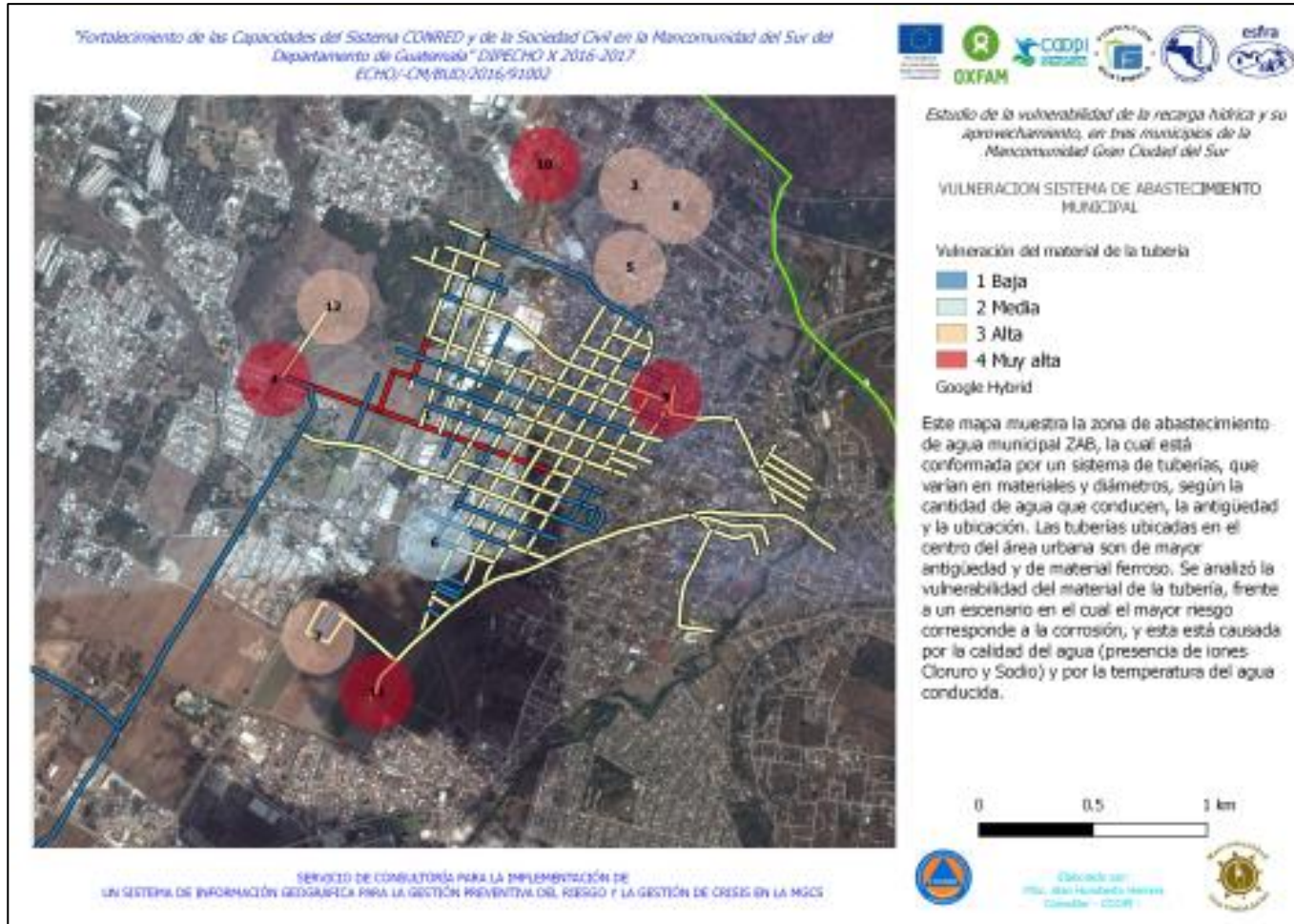


Mapa 44. Vulnerabilidad por la cercanía a carreteras de tránsito pesado en la ZAB, en el municipio de Amatitlán.

En coordinación con:



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



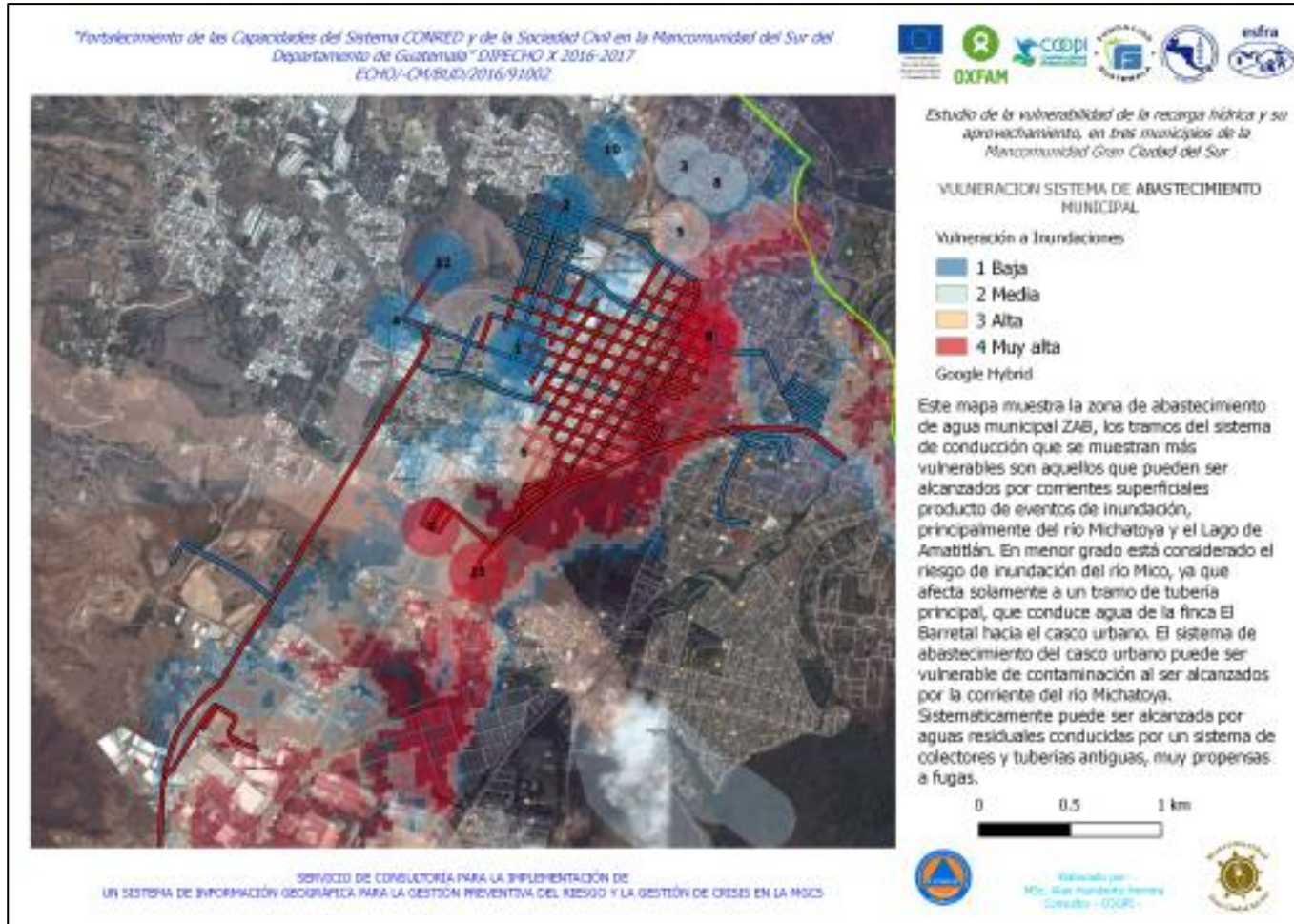
Mapa 45. Vulnerabilidad del material de la tubería de la ZAB, en el municipio de Amatitlán.



Financiado por la Unión Europea Ayuda Humanitaria y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



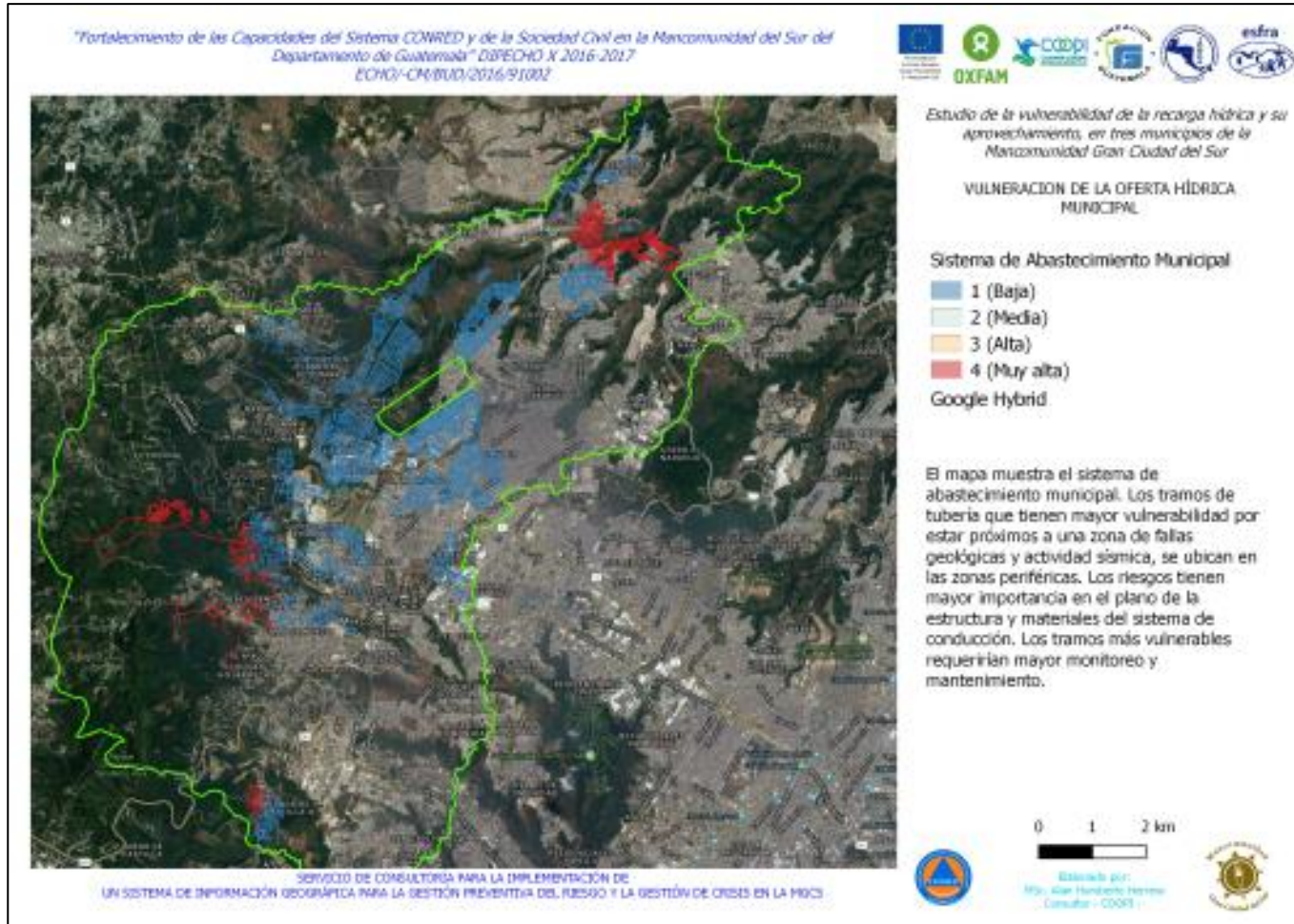
Mapa 46. Vulnerabilidad por la cercanía a una zona expuesta a inundación en la ZAB, en el municipio de Amatitlán.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



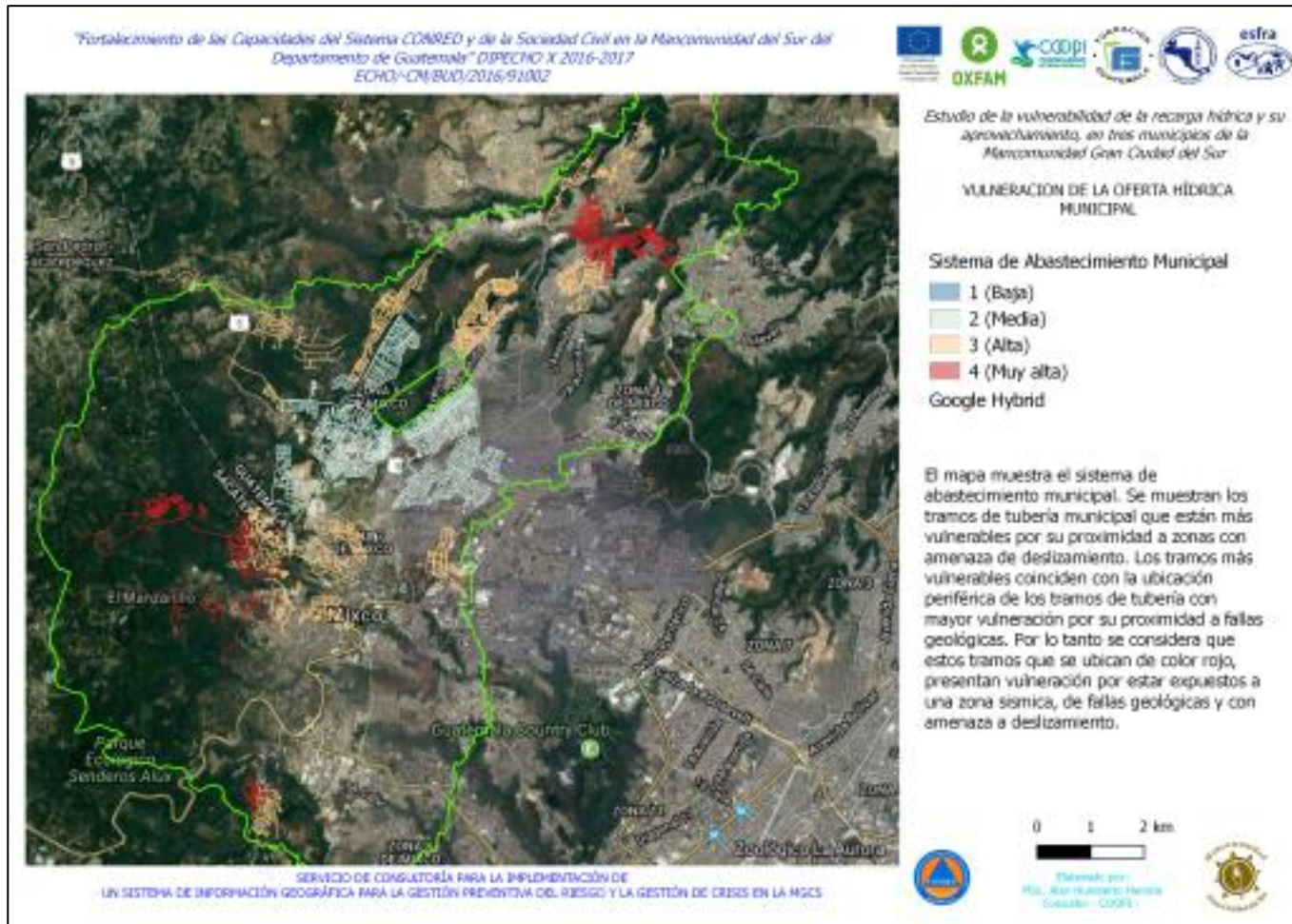
Mapa 47. Vulnerabilidad por la cercanía a una zona con fallas geológicas en la ZAB, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



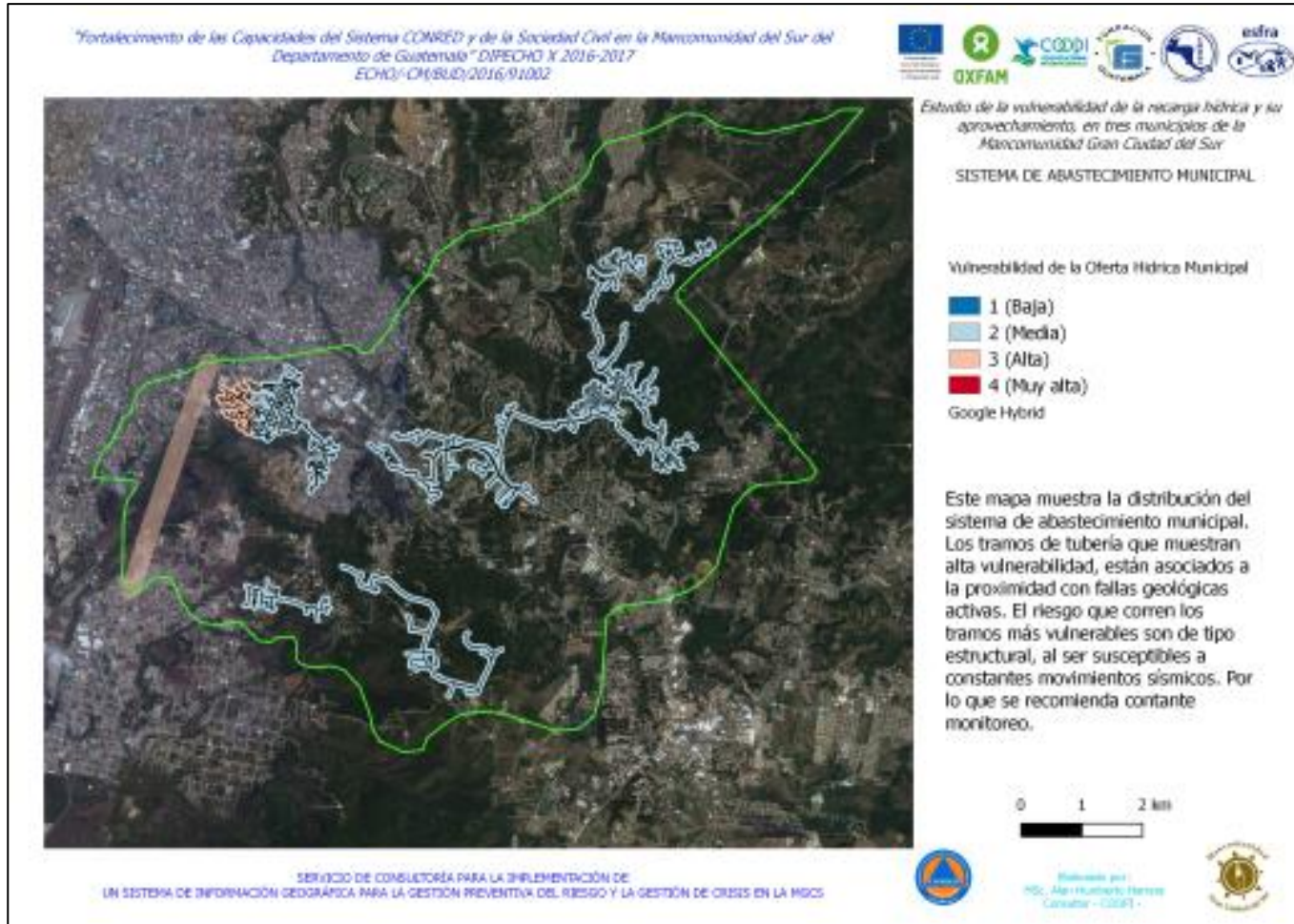
Mapa 48. Vulnerabilidad por la cercanía a una zona susceptible a deslizamientos en la ZAB, en el municipio de Mixco.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



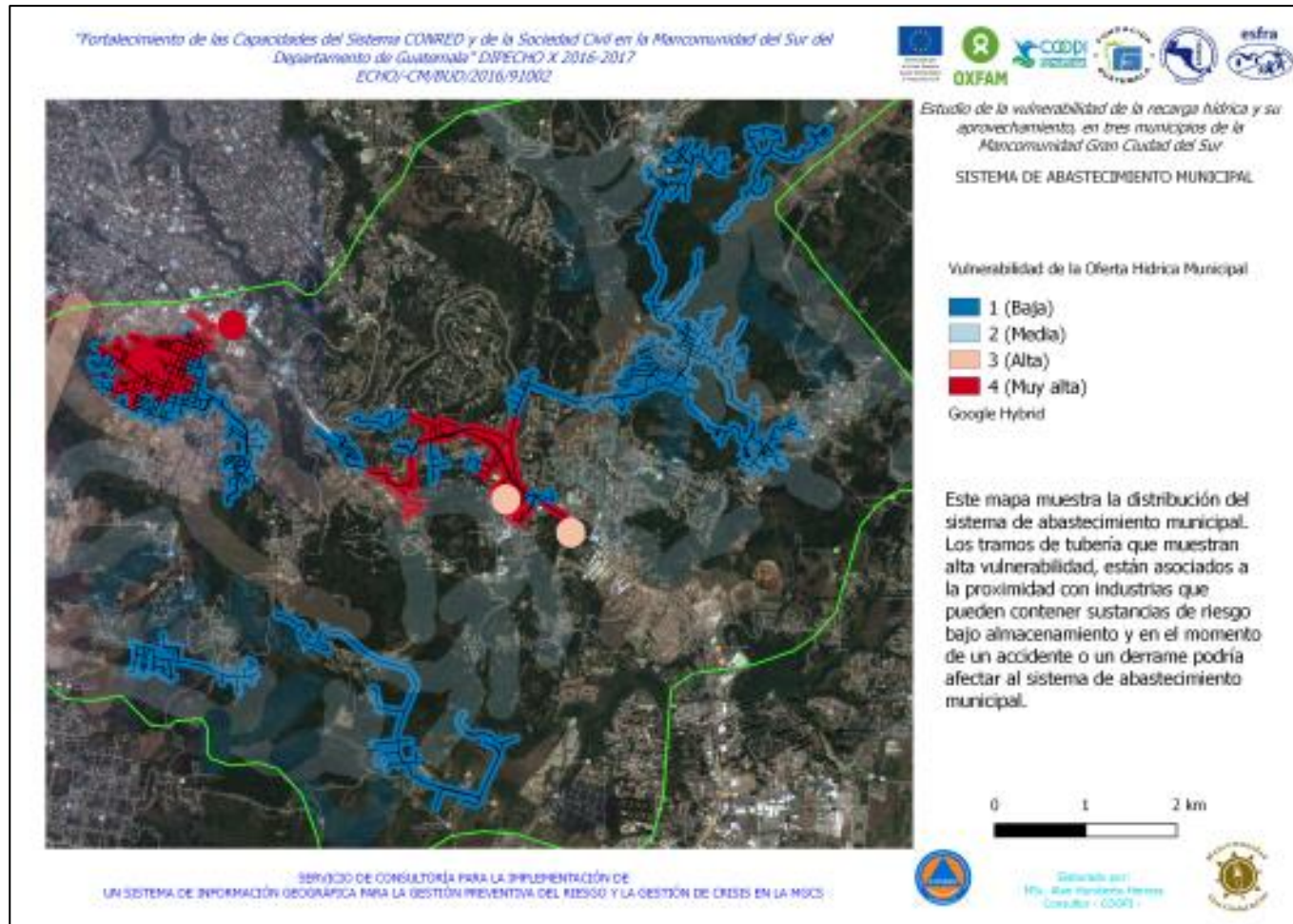
Mapa 49. Vulnerabilidad por la cercanía a una zona susceptible a deslizamientos en la ZAB, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



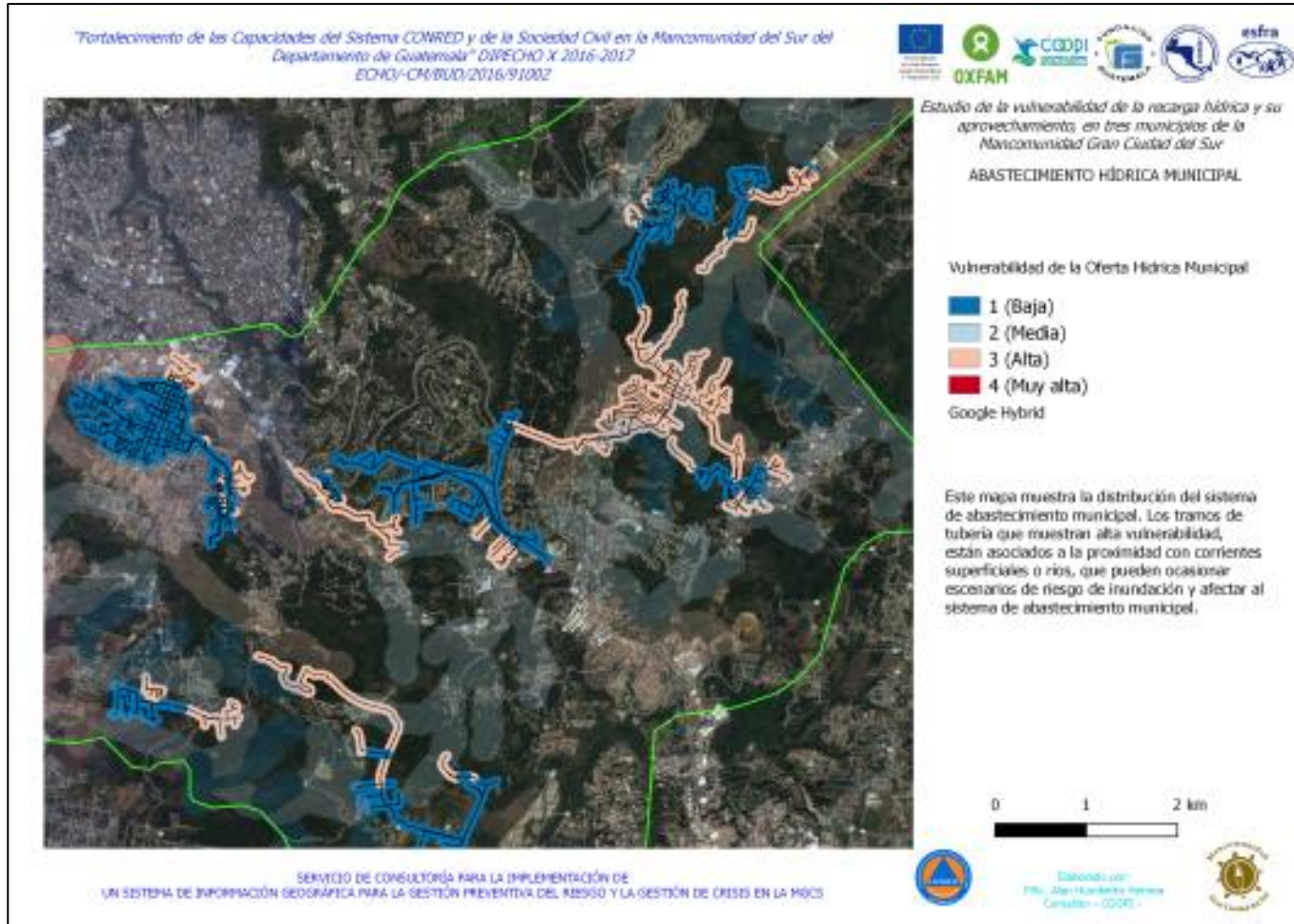
Mapa 50. Vulnerabilidad por la cercanía a industrias con almacenamiento de productos peligrosos en la ZAB, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



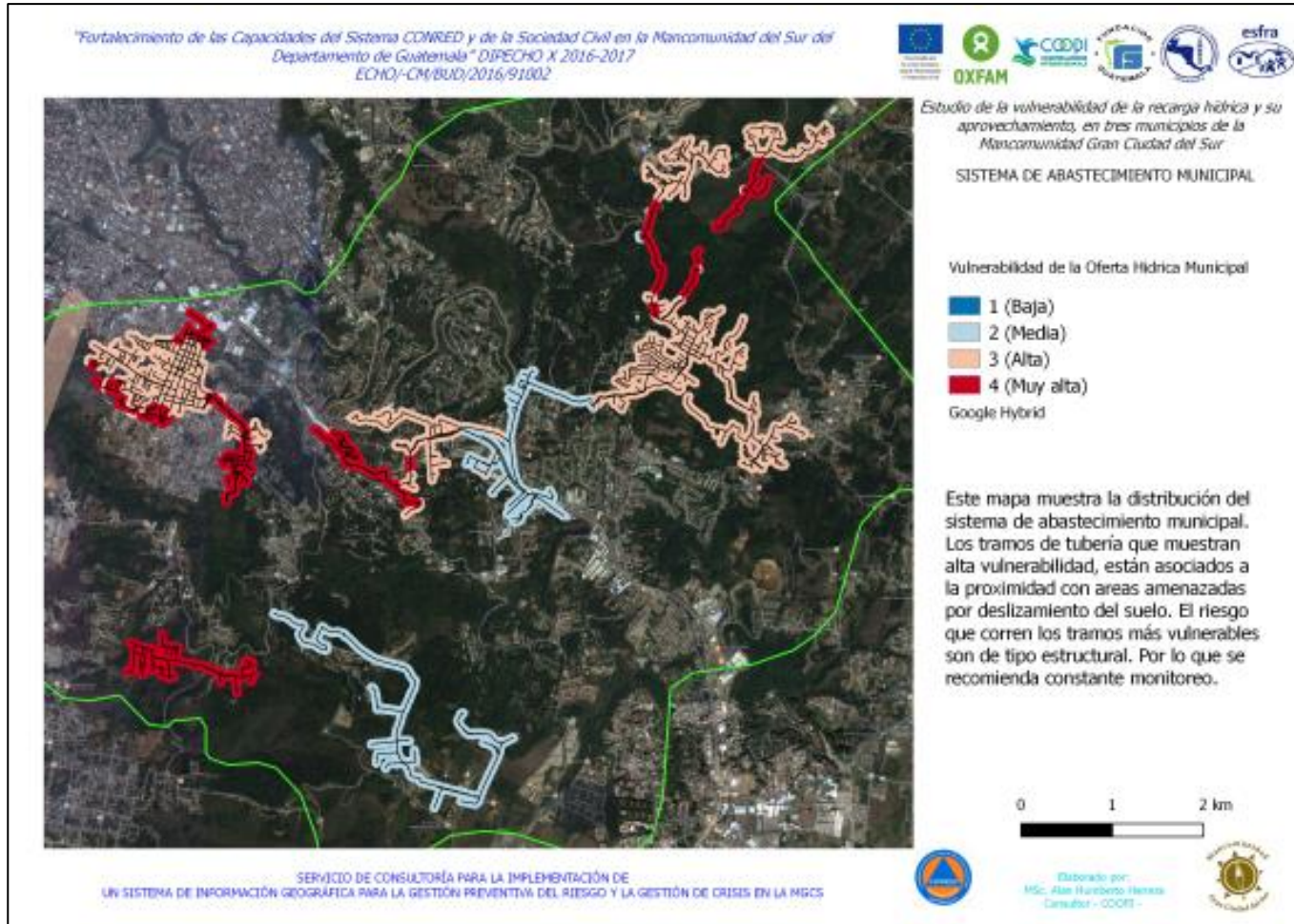
Mapa 50. Vulnerabilidad por la cercanía a ríos contaminados en la ZAB, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002



Mapa 51. Vulnerabilidad por la cercanía a zonas susceptibles a deslizamientos en la ZAB, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”
DIPECHO X 2016-2017
ECHO/-CM/BUD/2016/91002

Análisis de escenarios

Para desarrollar las variables que se presentan en el análisis de escenarios, a continuación, se ha utilizado la información contenida en el Anexo 12, correspondiente a la información recabada de campo, en las visitas realizadas a los puntos de observación y muestreo, de la zona de recarga hídrica, la zona de bombeo y la zona de abastecimiento de cada municipio.

Variables y factores de riesgo	Amenaza	Escenario Riesgo	Prevención del riesgo	Mitigación del desastre	Recomendaciones puntuales a decisiones mayores
Material de la tubería con posibilidad de corroerse por la formación de óxido ferroso	Transporte de agua con alto contenido de iones como Cloruro y Sodio	Los tramos de tubería expuestos, pueden presentar afectaciones que disminuyen su funcionamiento y su vida útil	Sustitución de tramos dañados con materiales anti corrosivos	Desestimación de agua corrosiva, que se conecte a sistemas de conducción ferrosos	Evaluación integral de todo el sistema actual de tuberías, en términos de material, ubicación, riesgos, mejorando y sustituyendo lo que sea necesario
Carreteras y Veredas	Derrames de materiales tóxicos	Transporte de materiales riesgosos, por el sistema vial principal que atraviesa el municipio	Señalización vial, seguimiento y monitoreo al tránsito pesado y sus medidas de seguridad	Empresas de transporte de materiales riesgosos con monitoreo constante y adoptando protocolos de seguridad	Establecimiento de compromisos de las empresas de transporte de materiales riesgosos, dentro de los límites municipales, para mitigar cualquier daño ocasionado por un accidente en la red vial
Proximidad de las tuberías de abastecimiento hídrico municipal	Inundación, elevación del nivel del río Michatoya y del	En un año hídrico de precipitaciones máximas, los niveles de los	Administración de las compuertas de salida del río	Deshabilitación temporal del pozo que ha sido	Reubicación de los pozos con mayor vulnerabilidad, tanto por el tema de la alteración

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación Internacional
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

a zonas de inundación Proximidad de pozos (Amatitlán, #5, #6, #7, #9 y #11) sin sello de seguridad	Lago de Amatitlán	cuerpos de agua loticos y lenticos de la cuenca pueden transportar volúmenes considerables de agua contaminada	Michatoya con enfoque de cuencas hídricas, Construcción de sellos de seguridad a pozos altamente vulnerables	contaminado con aguas inundadas de ríos cercanos	de la calidad del agua por su proximidad a un río contaminado, como por el riesgo de contaminación por la crecida del mismo río
--	-------------------	--	--	--	---

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación Internacional
y Protección Civil



COOPERAZIONE
INTERNAZIONALE



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002



CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

- Condiciones de lluvias mínimas mensuales, vulneran la sostenibilidad del manejo de la cantidad del agua, en parte por la pérdida de cobertura forestal y áreas verdes. Ya que la recarga potencial bajo estas condiciones no garantiza un volumen hídrico que compense, a largo plazo, la extracción por bombeo según la población con cobertura municipal de agua en los tres municipios analizados, si se tomara en consideración además, la población que se abastece por medios privados, la industria y las actividades agropecuarias, el escenario puede ser menos sostenible.
- En el municipio de Amatitlán, se estimó la capacidad de bombeo municipal con un volúmen de 7.85 millones de metros cúbicos anuales, similar al municipio de Santa Catarina Pinula. De los tres analizados, Mixco es el municipio con mayor capacidad de bombeo municipal (24 millones de metros cúbicos anuales) y en consecuencia mayor demanda hídrica municipal. Según la estimación de la población con servicio municipal de agua potable, y el estándar de 200 litros diarios per cápita (1/2 paja de agua por domicilio con 5 habitantes). Todo lo anterior, tomando en cuenta

un bombeo diario de 24 horas en cada pozo municipal, de los tres municipios mencionados.

- La proporción oferta hídrica municipal / demanda hídrica municipal, es menor en el municipio de Mixco (1.06) lo que se podría interpretar como capacidad limitada y con poca proyección a futuro, considerando nuevos usuarios. Similares valores se encontraron en los municipios de Amatitlán (1.19) y en Santa Catarina pínula (1.18). Si el tiempo de bombeo en los tres municipios, es menor de 24 horas diarias, los valores de la proporción oferta/demanda, en los tres municipios, se vuelve menor que 1, asumiendo que a partir de ese momento existe desabastecimiento, y por ende se generan condiciones de riesgo.

- De los tres municipios analizados, todos presentaron zonas forestales de cobertura y diversidad apropiadas, para considerar a medio plazo, proponer áreas de reservas y zonas protegidas con visión de cuenca y gestión hídrica. Amatitlán cuenta con servicios hídricos de captación y conducción, desde una finca privada (El Barretal, protegida y utilizada para eco-turismo) ubicada fuera de

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

los límites municipales, los derechos de captación fueron adquiridos hace decenas de años, lo cual se constituye uno de los alcances más altos de la gestión hídrica municipal hasta el momento, , así también los tanques de captación El Capri, del mismo municipio, solo por el hecho de colectar agua proveniente de pozos con posible termalismo, se deben realizar análisis específicos de calidad del agua y la tasa de recambio de los tanques.

- El municipio de Mixco cuenta con un área protegida administrada por el CONAP (Cerro Alux), sin embargo en este municipio la expansión urbana, ha disminuido y limitado la zona de cobertura forestal hasta los límites de ésta área protegida y algunos barrancos, zonas de alta pendiente y riesgo de deslizamientos. Amatitlán cuenta con una parte de un área protegida administrada por CONAP (Volcán de Pacaya).

-Santa Catarina Pinula, es el municipio más limitado en cuanto a zonas de recarga hídrica con cobertura forestal por la expansión de lotificaciones y zonas urbanizadas y la falta de áreas protegidas privadas y públicas, cuenta con sistemas municipales de captación históricos ubicados en zonas montañosas lotificadas y algunas zonas forestales privadas. Tuberías de abastecimiento municipal atraviesan zonas de alto riesgo de deslizamiento, incluso se han registrado tramos recientemente instalados que tienen muy alta vulnerabilidad por estar en esta zona. El caso de Mixco es similar, ya que uno de sus sistemas de captación de cuenca alta, está

actualmente amenazado por la falta de tenencia del terreno actual de captación y distribución hídrica municipal (El Manzanillo, pozo “la Ciénaga”), la presencia de cobertura agro-industrial, la falta de tecnificación en el sistema de captación ubicada en una finca privada, son ejemplos de los retos actuales por resolver, para la gestión municipal del agua, que debe considerar la compra de terrenos, como parte de los planes operativos y el presupuesto municipal, promover la creación de áreas protegidas para la recarga hídrica, generando esfuerzos y coordinaciones entre los propietarios privados, las autoridades municipales y las autoridades pertinentes en materia de gestión de áreas protegidas y medio ambiente. Es recomendable fomentar desde los espacios de gobierno municipal, la posibilidad de generar propuestas legislativas de ordenamiento para la protección de zonas de recarga hídrica, basado en estudios hídricos con visión de cuenca, así como estudios hidrogeológicos que permitan la ubicación adecuada de los pozos, sin riesgos a contaminación asociada al origen volcánico de los acuíferos.

-Se pudo observar en los tres municipios analizados, que la falta de trazabilidad de las aguas residuales y ordinarias que son generadas dentro de los límites municipales, así como la ausencia de plantas de tratamiento dentro de los mismos, o la presencia de plantas de tratamiento de aguas residuales ordinarias (privadas) y especiales sin el monitoreo y evaluación pertinente (Ministerio de ambiente y recursos naturales, Municipalidades, Ministerio de salud pública y asistencia social), hace que este sea un factor determinante en la

En coordinación con:





“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

vulnerabilidad de la recarga potencial del agua que se irriga dentro del municipio y puede, en determinado momento, tener contacto directo o indirecto con dichas aguas, transportando hacia la zona de saturación (subsuelo), elementos y compuestos que generan peligro para la salud humana y que pueden ser transportados, bajo condiciones especiales, hasta las zonas de bombeo, afectando así la calidad del agua accesible para el uso humano.

- En los tres municipios, la ubicación de la zona de bombeo, coincidente con el área urbana, sistema de colectores de aguas residuales ordinarias y especiales, zonas pobladas sin cobertura municipal o privada de saneamiento (uso de letrinas y pozos ciegos), así como zonas francas e industriales, se considera un factor de vulnerabilidad que afecta la cantidad de agua potencial de recarga directa para el pozo y afecta también la calidad, por estar al margen de las actividades humanas que se desarrollan en la zona urbana. El municipio que presentó mayor capacidad agro-industrial, así como franco-industrias, es Amatitlán. Lo cual conlleva asumir un consumo constante y creciente de agua, por medio de pozos privados cuya profundidad y condiciones litológicas no se conoce, así como la generación de aguas residuales especiales y sus cargas de contaminantes. A diferencia de lo anterior, los municipios de Mixco y Santa Catarina Pinula, presentan mayor expansión urbana que agrícola o franco industrial
- Existen vacíos de información, que van desde el volumen de consumo hídrico total municipal, tomando en cuenta servicios privados de agua potable y agua de uso industrial y agropecuario,

así como la cobertura municipal. Falta información hidrogeológica, que permita la toma de decisiones municipales para nuevos proyectos de perforación, para la expansión y sustitución del sistema actual, se desconocen los criterios municipales y privados para la ubicación y perforación de pozos para fines de extracción de agua para consumo humano en los tres municipios analizados.

- Se analizó el agua de 6 pozos, dos de cada uno de los tres municipios en estudio. Un pozo, ubicado en el municipio de Amatitlán (Pozo Blandón de Cerezo #9), presentó agua no apta para el consumo humano, basados en las normas guatemaltecas COGUANOR 29001, ya que la concentración de Arsénico diluida en el agua del pozo (0.247 mg/l), es más elevada que el valor guía (0.01 mg/l). Es recomendable deshabilitar este pozo como fuente de agua para consumo humano, de manera inmediata.
- La temperatura del agua del pozo Blandón de Cerezo (más de 65 grados centígrados), así como la concentración de minerales como Sodio (270.4 mg/l) y Arsénico, y iones como Cloruros (500 mg/l), hace pensar que el agua ha tenido influencia termal. La naturaleza geológica de la cuenca (Caldera del Lago de Amatitlán), coincide con esta manifestación de calidad del agua. Existen otros pozos del sistema de bombeo del municipio de Amatitlán, cuya aguadebería ser analizada profundamente, para descartar posible contaminación con Arsénico y otros metales tóxicos. Dichos pozos son: Cementerio #4, Jireh #10, Mercado Sur #11.

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Agencia Española de
Cooperación Internacional
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

-La concentración en agua de Nitrógeno total y Sodio, en el agua de 2 pozos de cada uno de los tres municipios analizados en el presente estudio (Anexo 13⁹), podría estar asociado a la localización de aguas residuales en un margen o radio cercano al pozo. Los valores reportados no sobrepasan los límites permisibles, pero están sobre los valores presumiblemente representativos de aguas naturales sin alteración asociada a causas antropológicas, como la eutrofización.

-En los tres municipios analizados, no se tuvo evidencia de una agenda municipal del agua, que pueda influir en los planes municipales a largo plazo. Se apreció actividad administrativa en el tema de las licencias y servicios, así como la asistencia técnica de los pozos y su funcionamiento. Pero no existe una agenda común entre los departamentos administrativos, de cada municipalidad, para atender las exigencias técnicas consensuadas para la gestión hídrica sostenible.

⁹ En el Anexo 13, se presentan los análisis y escenario de riesgo para los sitios visitados y de las tomas de muestras de agua, para la evaluación de su calidad. Los resultados están integrados en cuatro informes técnicos, cuyos análisis fueron realizados igualmente por los laboratorios comerciales ECOQUIMSA.

En coordinación con:





Financiado por
la Unión Europea
Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



“Fortalecimiento de las Capacidades del Sistema CONRED y de la Sociedad Civil en la Mancomunidad del Sur del Departamento de Guatemala”

DIPECHO X 2016-2017

ECHO/-CM/BUD/2016/91002

 **ANEXO**

En coordinación con:

