

Zonificación Ambiental y Usos de Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador (SRMSS)

Soyapango



Atlas Municipal



Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

ACUERDO N° 124

San Salvador, ocho de octubre del año dos mil trece.- EL ORGANO EJECUTIVO EN EL RAMO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.

CONSIDERANDO:

I. Que de conformidad al Artículo 117 de la Constitución de la República de El Salvador, es deber del Estado, proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible; declarando de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales;

II. Que mediante Decreto Legislativo No. 233, de fecha 2 de marzo de 1998, publicado en Diario Oficial No. 79, Tomo No. 339, del 4 de mayo del mismo año, se promulgó la Ley del Medio Ambiente, estableciendo que es responsabilidad del Estado, la aplicación de la citada Ley en lo que respecta asegurar que la dimensión ambiental sea incorporada en todas las políticas, planes y programas nacionales, regionales y locales de desarrollo y ordenamiento del territorio;

III. Que de conformidad al artículo 45-A del Reglamento Interno del Órgano Ejecutivo, al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales le compete formular, planificar y ejecutar las políticas de medio ambiente y recursos naturales, ejercer la dirección, control, fiscalización, promoción y desarrollo en materia de medio ambiente y recursos naturales; así como establecer los lineamientos en materia de prevención y reducción del riesgo, existente y futuro, a fin que se incorporen en los planes, programas y proyectos de desarrollo, así como en su aplicación a escala nacional, regional sectorial y local;

IV. Que de conformidad al artículo 50 de la Ley del Medio Ambiente inciso a) el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, elaborará las directrices para la zonificación ambiental y los usos de suelo. El Gobierno Central y los Municipios en la formulación de los planes y programas de desarrollo y ordenamiento territorial estarán obligados a cumplir las directrices de zonificación al emitir los permisos y regulaciones para el establecimiento de industrias, comercios, vivienda y servicios, que impliquen riesgos a la salud, el bienestar humano o al medio ambiente;

V. Que de conformidad al artículo 71 del Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente, establece que para la zonificación ambiental del territorio, se debe considerar las siguientes directrices: la naturaleza y las características de los ecosistemas; la vocación de cada zona o región en función de los recursos naturales, distribución de la población y actividades económicas predominantes; el equilibrio entre los asentamientos humanos y sus condiciones ambientales; y el impacto ambiental de las actividades humanas y de los fenómenos naturales;

VI. Que con fecha 30 de mayo de 2012 se aprobó por el Consejo de Ministros la Política Nacional del Medio Ambiente, como respuesta a un contexto de riesgo ambiental generalizado, la cual retoma las preocupaciones fundamentales sobre la problemática ambiental del país, siendo su objetivo global revertir la degradación ambiental y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático; la cual establece como línea prioritaria de acción, la incorporación de la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial y como una

de las tareas esenciales las Directrices ambientales y zonificación ambiental para el ordenamiento y desarrollo del territorio; pues la desordenada ocupación del territorio, profundizó la degradación ambiental, hasta alcanzar un punto que obliga a emprender acciones significativas de restauración para reducir los riesgos, sostener las actividades productivas y asegurar el bienestar de la población.

POR TANTO: En uso de sus facultades legales y de conformidad a los Artículos 117 de la Constitución de la República de El Salvador, así como de los artículos 1, 2, 3 y 50 de la Ley del Medio Ambiente y artículo 71 del Reglamento General de dicha Ley, con base en los considerandos que anteceden y en la competencia del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

ACUERDA:

A) Emitir las **DIRECTRICES DE ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y USOS DE SUELO PARA LOS MUNICIPIOS QUE INTEGRAN LA SUBREGION METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (Antiguo Cuscatlán, Apopa, Ayutuxtepeque, Ciudad Delgado, Comasagua, Cuscatancingo, Guazapa, Huizucar, Ilopango, Mejicanos, Nejapa, Nuevo Cuscatlán, Oratorio de Concepción, Panchimalco, Rosario de Mora, San Bartolomé Perulapía, San José Guayabal, San José Villanueva, San Marcos, San Martín, San Pedro Perulapán, San Salvador, Santa Tecla, Santiago Texacuangos, Santo Tomás, Soyapango, Tonacatepeque, Zaragoza);** las cuales se encuentran contenidas individualmente en cada Atlas de zonificación y usos de suelo Municipal.

B) El presente Acuerdo entrará en vigencia a partir del mes de diciembre de dos mil trece

COMUNÍQUESE. EL MINISTRO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, (f) HERMAN HUMBERTO ROSA CHAVEZ.-----





CONTENIDO

Antecedentes

1. Generalidades de la Subregión Metropolitana de San Salvador
2. Caracterización del Municipio de Soyapango
3. Zonificación Ambiental y Usos de Suelo
4. Directrices de Zonificación Ambiental
5. Bibliografía





Mapas

- Mapa N° 1 Municipios que conforman la SRMSS.
- Mapa N° 2 Mapa de tendencia del crecimiento urbano de la SRMSS.
- Mapa N° 3 Zonificación Ambiental de la SRMSS.
- Mapa N° 4 Ubicación del Municipio de Soyapango
- Mapa N° 5 Usos de suelo
- Mapa N° 6 Agrológico
- Mapa N° 7 Unidades hidrogeológicas
- Mapa N° 8 Recarga hídrica potencial
- Mapa N° 9 Riesgo a la contaminación hídrica.
- Mapa N° 10 Subcuencas.
- Mapa N° 11 Geomorfológico
- Mapa N° 12 Pendientes
- Mapa N° 13 Susceptibilidad a la erosión
- Mapa N° 14 Susceptibilidad a deslizamientos
- Mapa N° 15 Susceptibilidad a flujos de escombros
- Mapa N° 16 Zonas de susceptibilidad a inundación
- Mapa N° 17 Categorías de la Zonificación Ambiental
- Mapa N° 18 Sub categorías de la Zonificación Ambiental

Fotografías

- Fotografía N° 1 Cordillera de El Bálsamo con un ecosistema predominante de bosques de café.
- Fotografía N° 2 Cerro San Jacinto, fotografía tomada desde calle a Los Planes de Renderos.
- Fotografía N° 3 Calle Franklin Delano Roosevelt.
- Fotografía N° 4 Parque de la Colonia Guadalupe.
- Fotografía N° 5 Vista de 4ª avenida sur.
- Fotografía N° 6 Cultivos de maíz en ladera, cantón El Limón.
- Fotografía N° 7 Vista de Finca Santa Elisa.
- Fotografía N° 8 Finca Venecia.
- Fotografía N° 9 Actividades antrópicas consideradas como posible fuente de contaminación hídrica subterránea.
- Fotografía N° 10 Cuenca del río Las Cañas.

Fotografía N° 11 Sector de Badlands. Colonia El Reparto 3 y comunidad 3 de enero

Gráficos

- Gráfica N° 1 Cantidad de empleos generados en el sector agropecuario.
- Gráfica N° 2 Uso de suelo actual
- Gráfica N° 3 Distribución del clases de suelo agrológico
- Gráfica N° 4 Distribución del unidades hidrogeológicas
- Gráfica N° 5 Porcentaje del territorio del municipio con riesgo a la contaminación hídrica

Tablas

- Tabla N° 1 Estandarización de clasificaciones climáticas por Koppen – Sapper y Lauer con Holdridge.
- Tabla N° 2 Descripción de las categorías de uso de suelo 2011.
- Tabla N° 3 Distribución del uso de suelo actual
- Tabla N° 4 Distribución de clases de suelo agrológico.
- Tabla N° 5 Distribución de la recarga hídrica potencial (mm/año)
- Tabla N° 6 Distribución de sectores con riesgo a la contaminación hídrica subterránea
- Tabla N° 7 Distribución del territorio del municipio en subcuencas de la SRMSS
- Tabla N° 8 Unidades geomorfológicas.
- Tabla N° 9 Matriz de Zonificación Ambiental y usos de suelo





Imágenes

- Imagen N° 1 Proceso de construcción de los mapas de susceptibilidad a movimientos de laderas.
- Imagen N° 2 Ríos digitalizados sobre curvas de nivel y mapa de sombra productos del procesamiento de la imagen satelital WorldView 2011-2012
- Imagen N° 3 Ubicación de secciones transversales sobre el cauce, para la extracción de información topográfica del modelo de elevación digital (mde), que sirvió para la modelación hidráulica en los ríos y quebradas.

Esquemas

- Esquema N° 1 Análisis hidráulico para cauces de la Subregión Metropolitana de San Salvador
- Esquema No 2 Metodología para la construcción de la propuesta de Zonificación Ambiental

Siglas

ANDA:	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
COSUDE:	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
DIGESTYC:	Dirección General de Estadísticas y Censos
FIAS:	Fortalecimiento Institucional de ANDA para la Investigación de Aguas Subterráneas
GIS:	Geographic Information System
IAH:	Asociación Internacional de Hidrogeólogos
LANP:	Ley de Áreas Naturales Protegidas
LMA:	Ley del Medio Ambiente
MARN:	Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales
OPAMSS:	Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador
SIT:	Sistema de Información Territorial
SNET:	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
SRMSS:	Subregión Metropolitana de San Salvador





Antecedentes

El atlas municipal es una compilación sistemática de información que tiene como objetivo principal mostrar cartográficamente las características biofísicas del territorio, potencialidades, condicionantes y la articulación con municipios colindantes, para poder establecer un marco de actuación en función de la restauración de ecosistemas y paisajes, saneamiento ambiental, gestión de los recursos hídricos, incorporación de la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial y la adaptación al cambio climático y reducción de riesgos.

Este producto se enmarca dentro de un proceso de trabajo denominado **elaboración de las directrices de la Zonificación Ambiental y los Usos de Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador**, conformada por 28 municipios que concentran actividades urbanísticas, socioeconómicas y fuertes zonas con susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones. Lo cual requiere de un análisis integral que permita el desarrollo de criterios de uso y manejo del suelo en la planificación del territorio, a través de lineamientos y directrices en función de la protección y conservación del territorio.

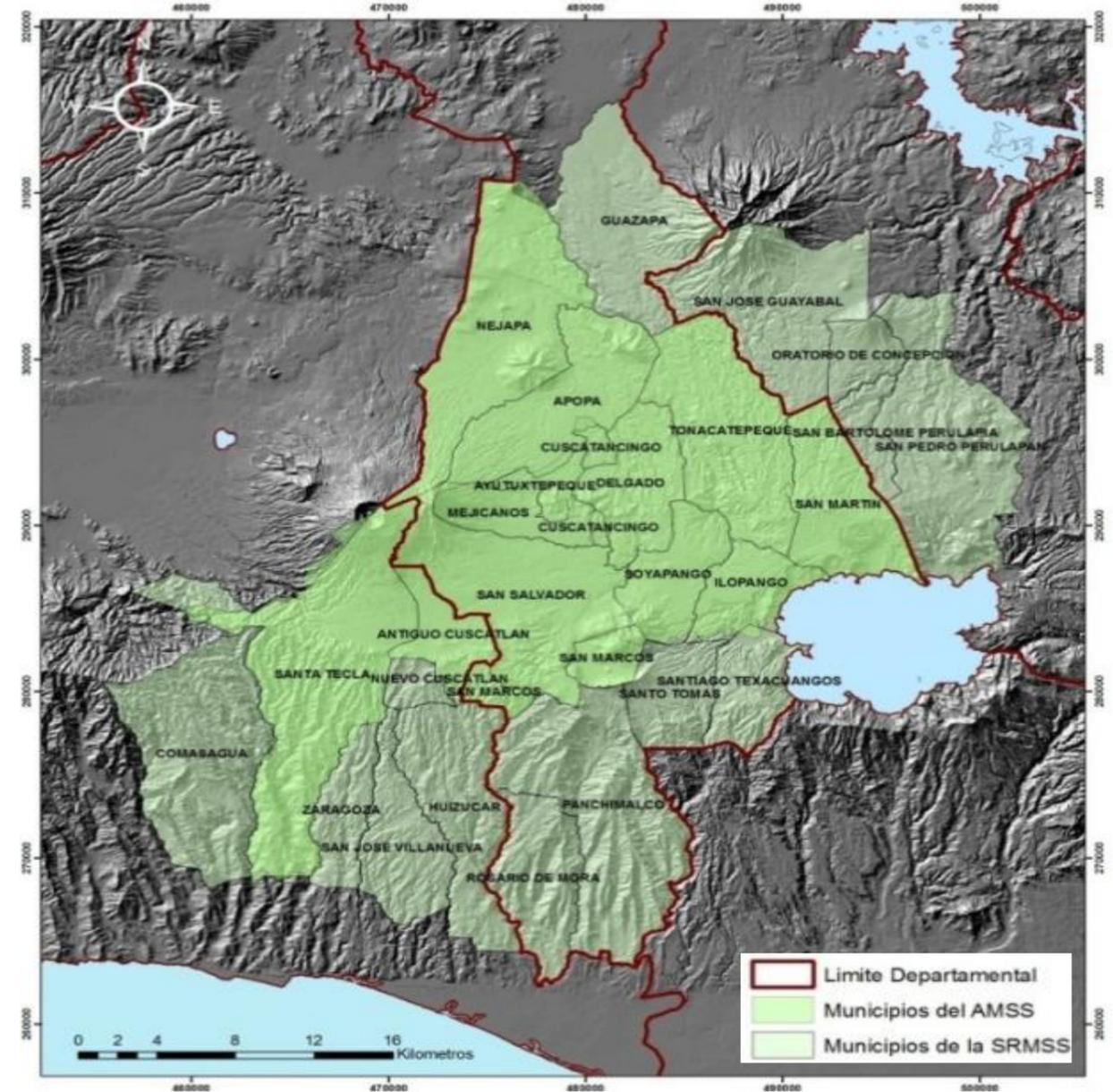
El marco de actuación anteriormente mencionado tiene su sustento en la legislación ambiental del país, específicamente en el artículo 50 de la Ley del Medio Ambiente, donde se determina que el Ministerio elaborará Directrices para la Zonificación Ambiental y los Usos del Suelo para ser incorporadas en la formulación de planes y programas de desarrollo y ordenamiento territorial. En estos planes deberán incluir dichas directrices al emitirse los permisos y regulaciones para la ejecución de todo proyecto o intervención en el territorio. Las directrices son de cumplimiento obligatorio y tendrán como propósito alcanzar un mejor funcionamiento ambiental y el equilibrio ecosistémico.

1. Generalidades de la Subregión Metropolitana de San Salvador

En términos geográficos y territoriales, la subregión se localiza en la franja central del país, conformada por 28 municipios (Mapa N° 1), de los departamentos de La Libertad, San Salvador y Cuscatlán. La Subregión cuenta con una superficie de aproximadamente 1,217 Km², equivalente a cerca del 6% del territorio nacional, alberga al 32% de la población nacional (aproximadamente 1.8 millones de habitantes), y presenta una densidad poblacional de 1,496 Hab/Km² (muy por encima del promedio nacional de 243 Hab/Km²)¹.

¹ Los datos de población y densidad tiene como fuente el VI Censo de Población y V de Vivienda, 2007.

Por San Salvador los municipios son: Panchimalco, Rosario de Mora, Santo Tomas, Santiago Texacuangos, San Marcos, San Salvador, Soyapango, Ilopango, San Martín, Tonacatepeque, Delgado, Mejicanos, Cuscatancingo, Ayutuxtepeque, Apopa, Nejapa y Guazapa. En La Libertad: Antiguo Cuscatlán, Santa Tecla, Comasagua, Zaragoza, San José Villanueva, Nuevo Cuscatlán y Huizúcar. Por Cuscatlán: San Pedro Perulapán, San Bartolomé Perulapía, Oratorio de Concepción y San José Guayabal.

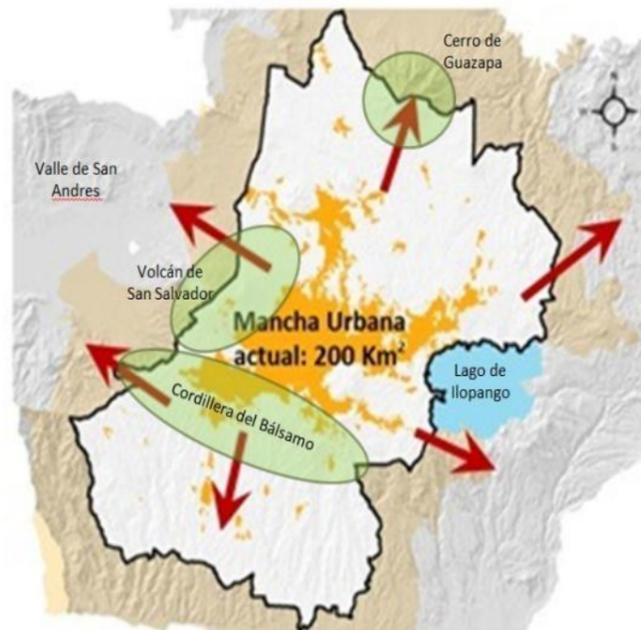


Mapa N° 1. Municipios que conforma la SRMSS.





La tendencia actual del crecimiento de la mancha urbana consume y absorbe el suelo y se expande hacia zonas ambientalmente valiosas como: el Volcán de San Salvador, la Cordillera del Bálsamo, el Cerro de San Jacinto y áreas de ribera de ríos y quebradas, igualmente en zonas sensibles o susceptibles a amenazas o donde las condiciones topográficas lo permitan. En los últimos años, el crecimiento y expansión de áreas habitacionales periféricas a los municipios centrales de la Subregión, ha provocado pérdida de suelos eminentemente rurales y afectación de áreas naturales y de zonas con potencial para el desarrollo de actividades agropecuarias.



Mapa N° 2. Mapa de tendencia del crecimiento urbano de la SRMSS.

A pesar de la expansión urbana, actualmente, de los 1,217 Km², se encuentran urbanizados alrededor de 200 Km², equivalente al 16% del territorio de la subregión.

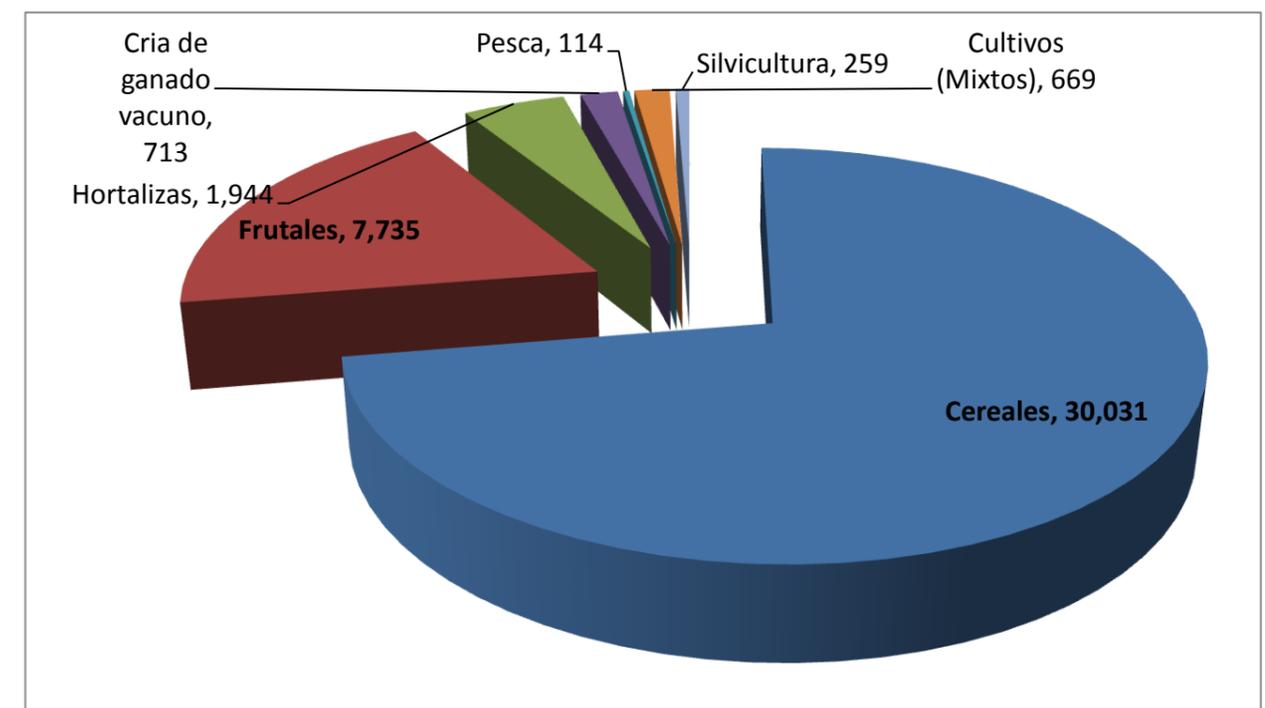
La subregión presenta una consolidación del sector económico comercio, el cual aglutina la mayor cantidad de empresas, seguido por el de servicios y en tercer lugar se encuentra el industrial. Comercio y servicios predominan en la mancha urbana del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) principalmente en los municipios de San Salvador, Santa Tecla, Antiguo Cuscatlán y Soyapango. La industria se localiza, en su mayoría, en Soyapango, Ilopango, Nejapa y Santa Tecla. Muchas zonas están perdiendo su carácter agropecuario para convertirse en áreas comerciales, industriales o de servicio. Por lo que ahora existe una cantidad considerable de personas de áreas rurales ocupadas en actividades industriales o de servicios.

En términos de actividades económicas y productivas, la Subregión presenta un fortalecimiento de los sectores comercio y servicios con 62,653 establecimientos que representan el 84% del total de la SRMSS. Estas actividades generan 296,018 empleos y se ubican mayoritariamente en la mancha urbana del AMSS con énfasis en los municipios de San Salvador, Santa Tecla, Antiguo Cuscatlán y Soyapango. De forma complementaria se encuentran actividades del sector industrial, con 9,063 establecimientos de trabajo que

representan el 12% del total de la SRMSS, generan 125,167 empleos y se ubican en su mayoría en los municipios de Soyapango, Ilopango, Nejapa y Santa Tecla. Finalmente, el sector agropecuario aporta a la SRMSS 43,011 fuentes de empleo identificadas, en su mayoría, en el sector norte y sur de la subregión, principalmente en los municipios de: Nejapa, Guazapa, San José Guayabal, San Pedro Perulapan, Oratorio de Concepción, Panchimalco y Rosario de Mora.

Respecto al sector agrícola, el mayor porcentaje de empleo generado por éste, es el relativo al cultivo de cereales, seguido de plantaciones de frutales.

Con esta caracterización económica, la subregión debe apostar a una reactivación de las actividades agrícolas debido a la existencia de diversos factores que lo posibilitan (prácticas agrícolas, tipología de suelos, condiciones biofísicas, entre otros). Es innegable que la subregión, presenta características muy particulares en torno a la producción de ciertos bienes, ejemplo de ello es la existencia de escenarios óptimos para cultivos que requieren de mucha humedad y un clima fresco en la zona norte. En la parte sur pueden desarrollarse cultivos con exigencia de baja fertilidad debido a la existencia de suelos pedregosos y con altas temperaturas. Es por ello que a partir de estudios más específicos se podrá identificar los mejores tipos de cultivos que permitan aprovechar las ventajas alojadas en las características inherentes al territorio.



Gráfica N° 1. Cantidad de empleos generados en el sector agropecuario. Fuente: elaboración propia con base a datos del VI Censo de Población y V de Vivienda, 2007.



Los diferentes sectores se ven favorecidos por la infraestructura vial existente. De hecho, la región centroamericana ofrece una plataforma logística para el transporte de mercancías. Actualmente, se cuenta con proyecciones de corredores turísticos, interoceánicos entre otros, que mejoran la conectividad vial de El Salvador, (catalogada como la primera en Centroamérica por su calidad), lo cual implica un fuerte atractivo para los inversionistas en transporte de mercancías. En cuanto a la subregión, zonas de alta concentración industrial y de comercio lindan con infraestructura vial, principalmente con la carretera Panamericana.

Se realizó la actualización del mapa de usos del suelo de la SRMSS, a través de la interpretación de la imagen Satelital WorldView2 de 2011-2012, complementada con verificaciones de campo. Con estas herramientas se determinaron los siguientes usos del suelo predominantes: áreas agrícolas y agropecuarias cubren el 51%, equivalente a una extensión territorial de 652.31 Km², que se distribuye en un 32% de caña de azúcar, cultivos, pastos y granos básicos con una superficie de 393.14 Km² y un 19% de cultivos de café en un área de 259.17 Km². Para usos urbanos se identificó el 20% de la superficie de la SRMSS, con 232.97 Km². El resto del territorio tiene diferentes usos tales como: áreas vegetadas, extracción de pétreos y áridos.

A pesar que la subregión tiene la más alta concentración de habitantes del país, presenta un alto grado de actividad agrícola con casi la mitad de su territorio ocupado por cultivos de café, granos básicos, pastos, hortalizas, entre otros.

Los usos urbanos abarcan una quinta parte del territorio de la subregión y la tendencia es a continuar aumentando su superficie aún en detrimento de las áreas agrícolas y de bosques. Por lo anterior, es importante que con la propuesta de Zonificación Ambiental y sus directrices se priorice la conservación ambiental y el desarrollo rural alcanzando un equilibrio con el desarrollo urbano, que permita revertir tendencias e impulsar acciones de adaptación a los efectos del cambio climático y contribuir a la seguridad alimentaria de la población.

Los ecosistemas que predominan en la Subregión son las zonas de cultivos permanentes, esto indica el avance de la frontera agrícola por sobre áreas de valor ambiental. Aunque dentro de los cultivos, se incluyen los bosques de café, que además de ser zonas que tienen un aprovechamiento económico, favorecen las condiciones ambientales, al ser refugio de especies de fauna y



Fotografía N° 1. Cordillera de El Bálsamo con un ecosistema predominante de bosques de café.

flora y a partir de la prestación de servicios ambientales, como la purificación del aire, la captura de dióxido de carbono, la regulación de las condiciones climáticas, retención de escorrentía.

Este ecosistema está localizado predominantemente en la Cordillera de El Bálsamo y el Volcán de San Salvador, con algunos relictos aislados en toda la Subregión, como en el Cerro de San Jacinto.

La Subregión posee nueve Áreas Naturales Protegidas (ANP), legalmente establecidas, cuya superficie es de 7.42 Km². Cuenta con tres unidades de conservación propuestas por el Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PNODT)², superficies que incluyen importantes zonas como: El Playón, Alto Lempa y Costa del Bálsamo, que incluyen algunas zonas de la subregión y fuera de esta. También posee 15 áreas de alto valor ecológico, que corresponden a elementos geográficos singulares, identificados en este estudio, como: los Cerros San Jacinto, Guazapa, Tecomatepeque, Cordillera de El Bálsamo, Volcán de San Salvador.

La información sobre biodiversidad se obtuvo de estudios e investigaciones efectuadas en el ámbito nacional sobre especies de fauna, mamíferos, aves y flora. Las fichas de las Unidades Ambientales fueron actualizadas con la incorporación de información específica sobre la subregión.

La información sobre el medio biológico se retomó en la definición de directrices, al establecer lineamientos que persigan su valoración y protección y dentro de la propuesta de Zonificación Ambiental (ver tabla 9. Matriz de Zonificación Ambiental).

Un ecosistema importante para la conservación de la biodiversidad es el Lago de Ilopango, ubicado en la parte central y oriental de la subregión, que posee una relación directa con los municipios de San Martín, Ilopango, San Pedro Perulapán y Santiago Texacuangos.

La clasificación climática de Koppen – Sapper y Lauer, muestra que en la subregión, existen tres zonas climáticas con rangos que van de 200 – 800 msnm, 800 – 1200 msnm, 1200 – 1800 msnm.

La siguiente tabla muestra una estandarización entre ambas clasificaciones climáticas, lo cual relaciona lo expuesto por Koppen – Sapper y Lauer y la clasificación de Holdridge que adiciona la variable temperatura.

² PNODT, Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial





Elevación	Zonificación Climática Según Koppen, Sapper y Lauer	Región Climática Según Holdridge
0 – 800 msnm	Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente	Bosque Húmedo Subtropical, transición a tropical (con biotemperatura > 24°C)
800 – 1,200 msnm	Sabana Tropical Calurosa o Tierra Templada	Bosque Húmedo Subtropical (con biotemperatura y temperatura del aire medio anuales < 24°C)

Tabla N° 1. Estandarización de Clasificaciones Climáticas por Koppen – Sapper y Lauer con Holdridge.
Fuente. GIS-SNET, 2002.

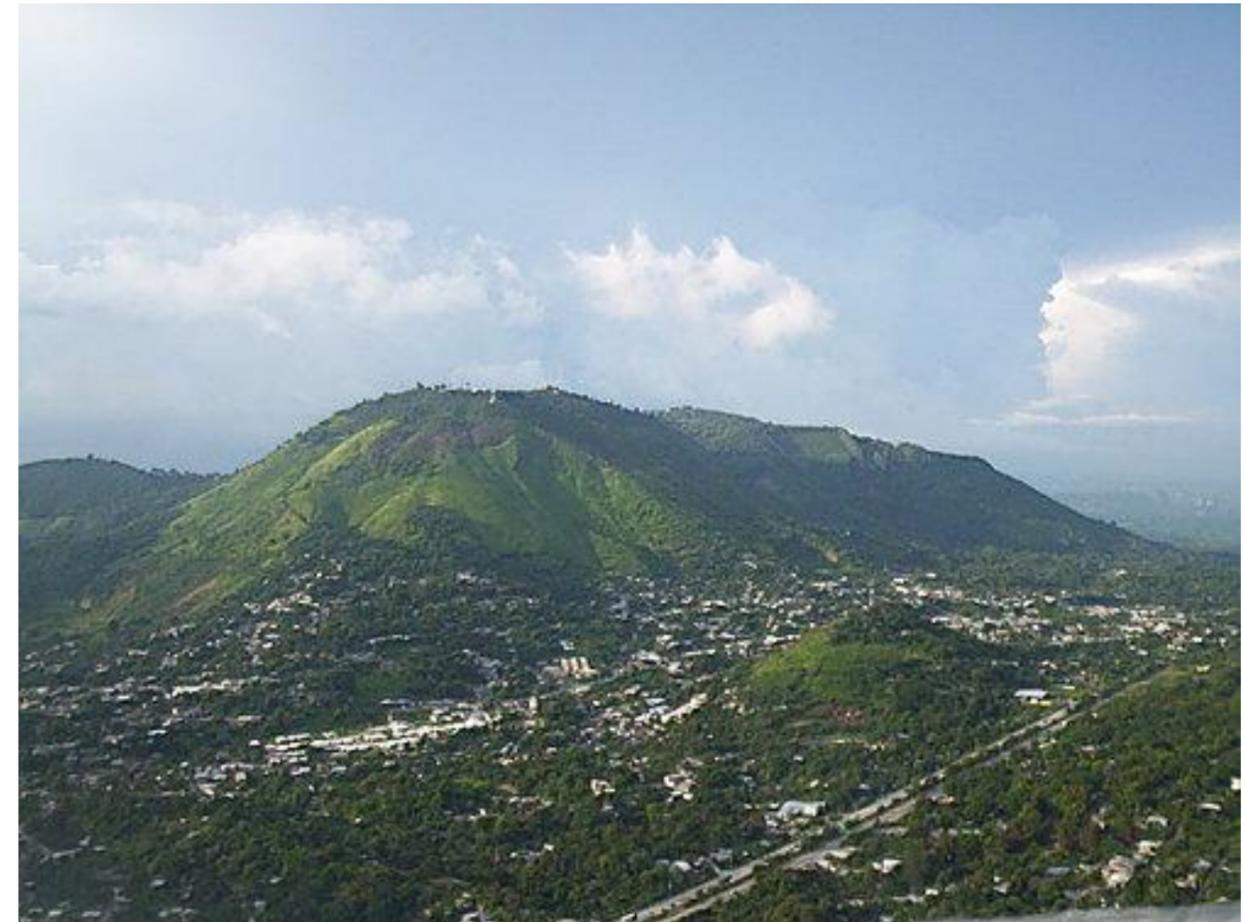
Se puede definir que existe una variación de temperatura entre la zona del valle central y los elementos orográficos existentes dentro de la subregión, como el Complejo Volcánico San Salvador, la Cordillera del Bálsamo, Cerros Guazapa, San Jacinto y Tecomatepeque. Además, dentro del Complejo Volcánico San Salvador, las cumbres correspondiente al Boquerón y El Picacho están definidas como Clima tropical de las alturas, en el rango de elevación entre 1200 – 1800 msnm.

Otro aspecto importante lo representa la disponibilidad y protección del recurso hídrico subterráneo, ya que el área de recarga acuífera de la SRMSS es del 44.79%; del cual el 17.77% posee niveles muy altos y 27.02% altos, lo que representa un área de 537.49 Km² respecto a los 1,217 Km² de la totalidad de la subregión.

Las zonas de recarga muy alta se ubican en las faldas del Volcán de San Salvador, formadas por porciones de los municipios de Santa Tecla, Antiguo Cuscatlán, San Salvador, Mejicanos, Ayutuxtepeque, Apopa y Nejapa. Además incluyen la zona norte de la SRMSS, especialmente el Municipio de Guazapa y al pie del Cerro de San Jacinto, Municipios de San Salvador y Soyapango. También en sectores del Municipio de Delgado como San José Cortez y Plan del Pito y en el sector del Lago de Ilopango, específicamente en el acuífero Guluchapa.

La zona de recarga alta se identifica especialmente en la zona norte de la subregión, en los municipios de Guazapa, San José Guayabal, Oratorio de Concepción, San Bartolomé Perulapía, y desde Soyapango hasta San Pedro Perulapán. Es importante destacar que el nivel de riesgo a la contaminación hídrica en las zonas de muy alta y alta recarga, aún es bajo, ya que no se tiene una fuerte intervención urbanística en éstas zonas.

La información sobre los riesgos ambientales consiste en mapas de susceptibilidad a la erosión, deslizamientos, flujos de escombros e inundación, asociados a riesgos geológicos e hidrometeorológicos. Fueron identificadas zonas con características físicas que poseen más de una susceptibilidad. Las zonas de elevaciones topográficas o accidentes naturales³ presentes en la subregión son las que poseen una mayor susceptibilidad a deslizamientos, flujos de escombros y erosión, que en general son activados con mecanismos detonantes como: la lluvia y movimientos sísmicos.



Fotografía N° 2. Cerro San Jacinto, visto desde Calle a Los Planes de Renderos.
Fuente: SIT - OPAMSS

Los municipios próximos al Lago de Ilopango⁴, también presentan problemas de deslizamientos y flujos de escombros, siendo el más representativo el nivel de erosión

³ Volcán de San Salvador, Cerros Nejapa, Guaycume, Guazapa, Tecomatepeque, San Jacinto, Cordillera del Bálsamo y Laderas del Lago de Ilopango, entre otros.

⁴ Municipios como Ilopango, San Martín, Soyapango, San Pedro Perulapán, Tonacatepeque, San Bartolomé Perulapía y San José Guayabal, San Marcos, Santo Tomas y Santiago Texacuangos.



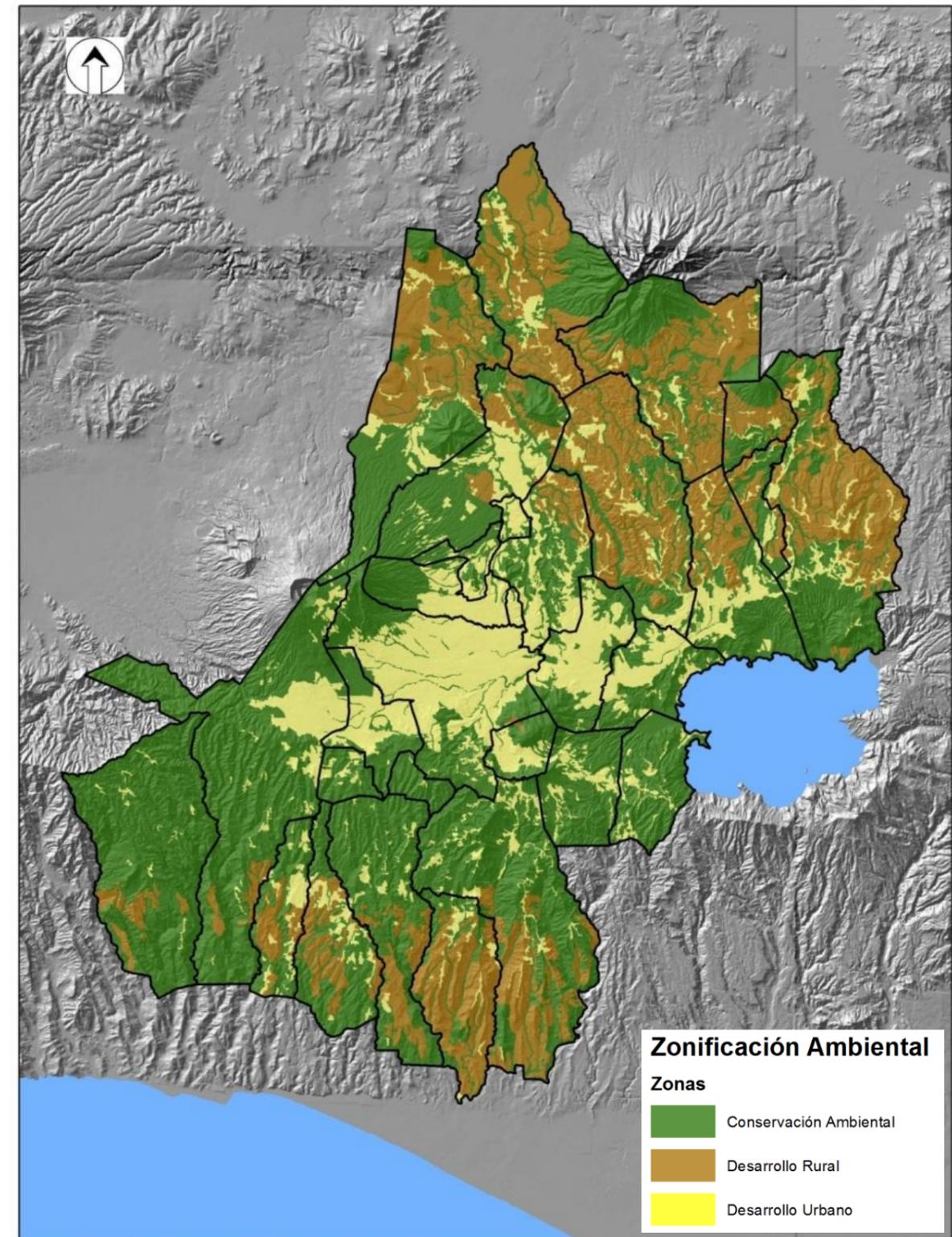


intenso relacionado directamente con la ceniza volcánica proveniente de la explosión de la Caldera de Ilopango. Este material presenta poca resistencia al entrar en contacto con el agua (lluvia, colapso de acueductos y alcantarillados) o durante movimientos sísmicos, manifestándose en socavaciones, deslizamientos, ensanchamientos y profundización de cauces. En resumen, el territorio de la subregión con susceptibilidad a amenazas muy alta y alta por deslizamientos, erosión, flujos de escombros e inundación alcanza una superficie de 594.08 Km², que representa el 48.81% del área de la subregión.

Para la definición de la propuesta de Zonificación Ambiental se procedió a elaborar un análisis multi-criterio que consiste en inventariar, clasificar, analizar y ordenar convenientemente una serie de alternativas a partir de los criterios que se han considerado pertinentes en la evaluación de la aptitud (Estman et al 1993). En este análisis se cruzó la información temática y cartográfica de los datos e indicadores obtenidos en el análisis de los atributos ambientales del territorio de la subregión. Los atributos corresponden al uso de suelo, recarga acuífera, pendientes, agrología, áreas de conservación, ecosistemas, etc. Además, se identificaron conflictos aptitud del uso de suelo a partir de algunos cruces de variables, como: uso de suelo- agrología, uso de suelo -susceptibilidad a amenazas, lo anterior indicó que más de la mitad del territorio de la subregión (55.72%) está siendo impactado por alguno de los conflictos mencionados. Este impacto implica que más de la mitad del territorio de la subregión está siendo utilizado inadecuadamente, situación que orienta a la implementación de lineamientos que permitan aprovechar eficientemente las potencialidades del lugar.

La Zonificación Ambiental se concibe como una forma de planificación del uso de suelo, optimizándolo a través de un instrumento técnico para la gestión del desarrollo sostenible. Con la zonificación se dispone de información sobre la capacidad y fragilidad del territorio y sus recursos naturales de forma sistematizada y localizada geográficamente. Esta forma de caracterizar el territorio contribuye y orienta a la toma de decisiones sobre políticas de desarrollo, manejo y conservación de los recursos naturales. Las tres aptitudes identificadas (conservación ambiental, desarrollo rural y desarrollo urbano) fueron retomadas para la elaboración de la matriz de Zonificación Ambiental y Uso de Suelo.

Para efectos del estudio, se propone un modelo espacial que muestre los valores ambientales que el territorio posee, haciendo la diferencia con aquellos que no han sido afectados significativamente por la actividad antrópica. Entre estos valores se destacan: los que contienen ecosistemas frágiles, las zonas con presencia de elementos hidrográficos y geográficos valiosos y las zonas que requieren procesos de restauración y recuperación. Esta clasificación permitirá contar con un modelo que apueste a la sustentabilidad de la subregión.



Mapa N° 3. Zonificación Ambiental de la SRMSS.
Fuente. SIT - OPAMSS





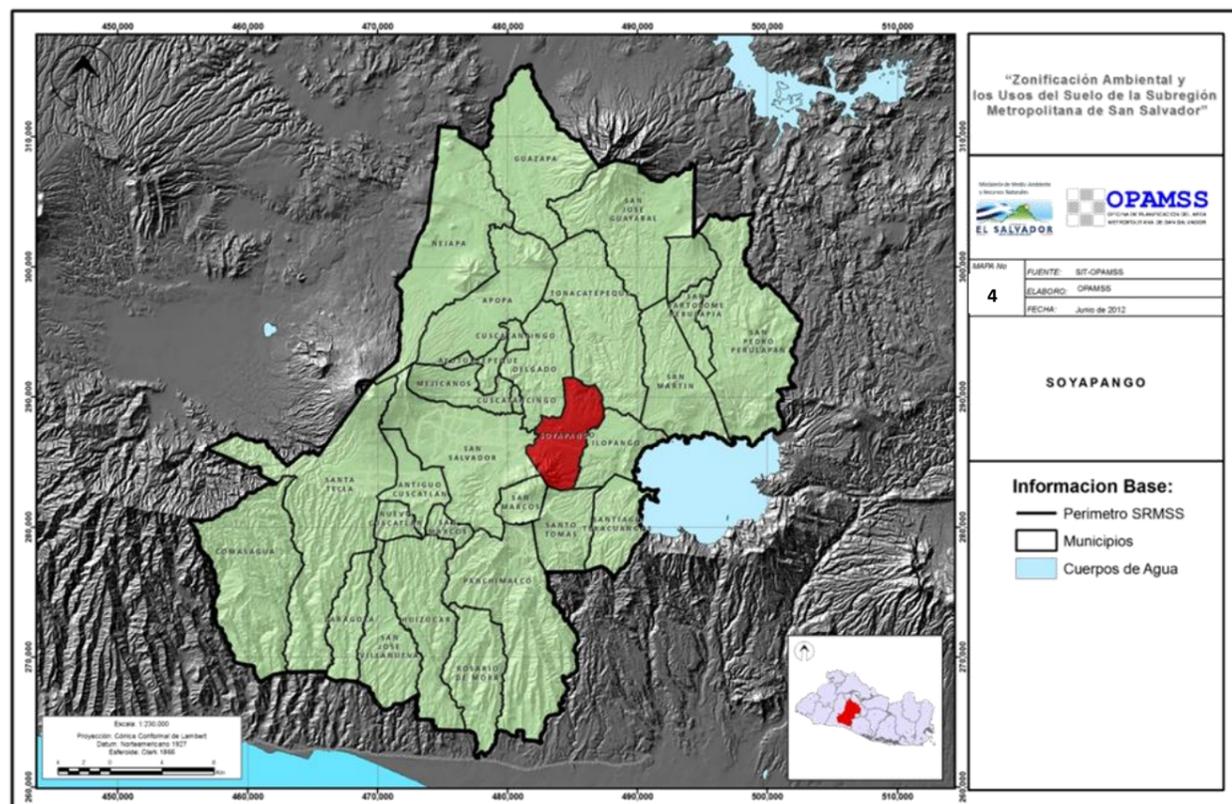
2. Caracterización del municipio

El Municipio de Soyapango forma parte de los 28 municipios que conforman la Subregión Metropolitana de San Salvador, y pertenece al departamento de San Salvador.

Tiene como municipios aledaños: al poniente a Delgado y San Salvador, al norte a Tonacatepeque, al sur a Santo Tomás y al oriente a Ilopango.

Se encuentra al norte de la subregión, posee una superficie de 28.27 km² y está a una distancia de 6 Km a partir de la capital San Salvador.

Según datos del censo de población del año 2007 elaborado por la Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC) en el año 2007, la población del municipio corresponde a 241,403 habitantes, catalogados dentro de la población urbana.



Mapa 4. Mapa de ubicación del Municipio de Soyapango

Mapas temáticos

En el proceso de elaboración de la Zonificación Ambiental de la Subregión Metropolitana de San Salvador, se realizaron una serie de análisis a través de la interpolación de información clave, que permitió identificar condiciones existentes del territorio, vocación y ocupación; aptitudes y conflictos, lo cual aportó al establecimiento de un marco de partida para la consolidación de dicha zonificación. Los análisis cartográficos obtenidos a nivel subregional obedecen a una escala 1:25,000. A partir de la información subregional se construyó la información local, mostrándose aspectos temáticos de interés para los municipios, como:

Mapa N° 5. Usos de suelo: este mapa fue producido a partir de la imagen satelital WorldView 2011 – 2012, tomando en cuenta la misma clasificación del mapa de usos de suelo del Corine Land Cover del año 2002. La escala de trabajo corresponde a 1:10,000 la misma escala producida para la imagen satelital.

Mapa N° 6. Agrológico: representa el uso potencial que tienen los suelos, de acuerdo a sus características biofísicas; porcentaje de pendiente, profundidad efectiva, susceptibilidad erosiva, etc. El cual fue agrupado en 8 clases que van de la I a VIII.

Mapa N° 7. Unidades hidrogeológicas: plasma los límites de las unidades hidrogeológicas y responde a la clasificación del Mapa Hidrogeológico de El Salvador elaborado por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA). Existen unas pequeñas diferencias de las unidades hidrogeológicas, ya que se tomó en cuenta información adicional actualizada del mapa geomorfológico de la SRMSS.

Mapa N° 8. Recarga hídrica potencial: identifica y clasifica las zonas de recarga acuífera potencial en función del régimen de precipitación, la litología, cobertura del suelo actual y pendiente. Se agrupan en clases de recarga que distribuyen el potencial de recarga expresado en mm/año, tal como sigue: Baja (0 – 25 mm/año), Media (26 – 89 mm/año), Alta (90 – 445 mm/año), Muy Alta (446 – 1,100 mm/año).

Mapa N° 9. Riesgo a la contaminación hídrica: señala los riesgos de contaminación actual a los cuales están sometidos las unidades hidrogeológicas o acuíferos existentes, en función de las cargas contaminantes y la vulnerabilidad de contaminación.

Mapa N° 10. Subcuencas: delimita las áreas tributarias hidrológicas al interior de las subcuencas incidentes donde cada municipio contribuye. Su finalidad es permitir a los municipios entender el comportamiento del régimen hidrográfico al cual su territorio es expuesto, para tomar las consideraciones respecto a las afectaciones y/o beneficios.



Mapa N° 11. Geomorfológico: representa la cartografía de las unidades geomorfológicas al interior del municipio, y muestra la forma y materiales que componen el relieve. Está muy relacionado con el comportamiento geológico en el territorio y los eventos eruptivos que han alcanzado al municipio, especialmente de los volcanes antiguos y recientes, así como de las distintas calderas cercanas a la SRMSS.

Mapa N° 12. Pendiente: muestra la distribución de pendientes respecto al eje horizontal de la superficie terrestre. Se muestra en grados.

Mapa N° 13. Susceptibilidad a la Erosión: tiene como objetivo mostrar las zonas susceptibles a erosión a consecuencia de las condiciones geológicas e hidrometeorológicas; tiene una relación estrecha con las características y ubicación de las distintas unidades geomorfológicas.

Mapa N° 14. Susceptibilidad a Deslizamientos: muestra las zonas susceptibles a movimientos de laderas, especialmente a los deslizamientos, a consecuencia de las condiciones geológicas e hidrometeorológicas; tiene una relación estrecha con las características y ubicación de las distintas unidades geomorfológicas.

Mapa N° 15. Susceptibilidad a Flujos de Escombros: muestra las zonas susceptibles a movimientos de laderas, especialmente a los flujos de escombros, a consecuencia de las geológicas e hidrometeorológicas; tiene una relación estrecha con las características y ubicación de las distintas unidades geomorfológicas.

Mapa N° 16. Zonas de Inundación: se indican los sitios aledaños a los ríos y quebradas de la Subregión Metropolitana en las cuales los cauces abandonan su canal principal, indicando zonas susceptibles a inundación.



Fotografía N° 4. Parque de la Colonia Guadalupe.

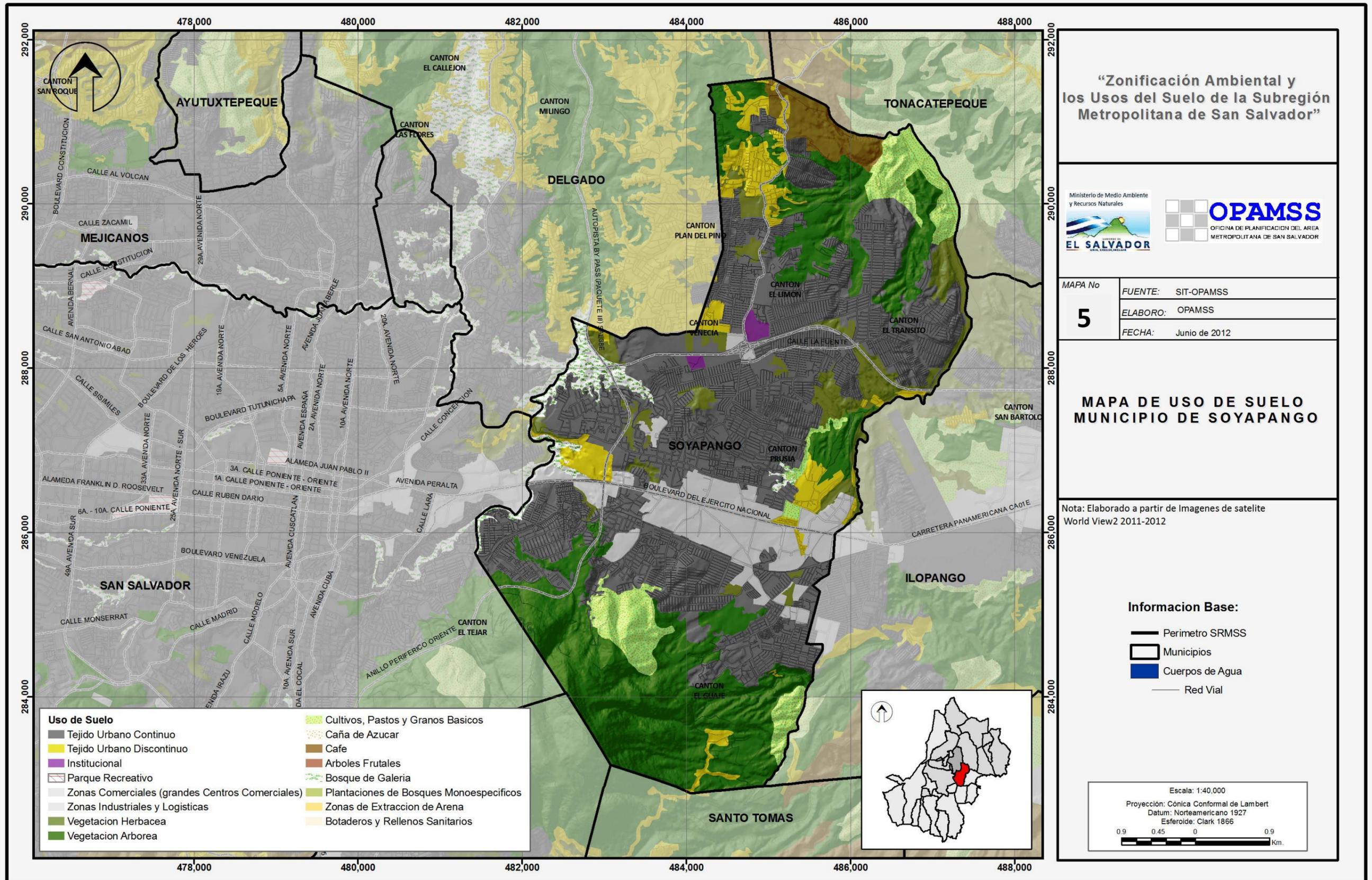


Fotografía N° 5. Vista de 4ª avenida sur.



Fotografía N° 3.
Calle Franklin
Delano Roosevelt.

Los mapas temáticos o cartografía se presentan en el mismo orden de su descripción, agregándose además una explicación para su lectura.



Mapa uso de suelo





Mapa N° 5. Uso de suelo

Se parte de revisar el mapa de uso del suelo, elaborado a escala nacional, en 2002, con base a la metodología Corine Land Cover, para identificar todas las categorías propuestas aplicables a la Subregión.

Una vez seleccionadas las categorías a emplear para el mapa de la Subregión, el equipo técnico determinó realizar una fotointerpretación de la imagen de satélite WoldrView, 2011-2012. Esta información se completó con visitas de campo para la verificación de los usos identificados a partir de la fotointerpretación y los usos existentes. Asimismo, fue revisado el mapa Corine Land Cover, 2002, para realizar la comparación de los usos.

Las categorías de uso de suelo a utilizar para la construcción del mapa, son las siguientes:

1. Tejido urbano continuo
2. Tejido urbano discontinuo
3. Institucional
4. Parque recreativo
5. Zonas comerciales (grandes centros comerciales)
6. Zonas industriales y logísticas
7. Vegetación herbácea
8. Vegetación arbórea
9. Cultivos, pastos y granos básicos
10. Caña de azúcar
11. Café
12. Árboles frutales
13. Bosque de galería
14. Plantaciones de bosques monoespecíficos
15. Zonas de extracción de arena
16. Botaderos y rellenos sanitarios

Posterior a la identificación de las categorías, se procedió a elaborar una tabla para explicar lo que se comprendería para cada categoría, incluyendo ejemplos concretos de usos. Ver tabla siguiente.

Descripción de cada categoría de uso de suelo.

Categoría	Descripción
1. Tejido urbano continuo	Zonas urbanas que cuentan con infraestructuras y servicios de vialidad, alumbrado, abastecimiento de aguas, evacuación de agua lluvia y saneamiento con características suficientes para servir al conjunto de la zona.
2. Tejido urbano discontinuo	Zonas urbanas que cuentan con edificaciones, pero que no disponen de

	todas las infraestructuras y servicios necesarios. Ejemplo: asentamientos urbanos aislados, así como áreas aledañas a los cascos urbanos de municipios periféricos.
3. Institucional	Polígonos de instituciones gubernamentales.
4. Parque recreativo	Polígonos de los principales parques recreativos urbanos.
5. Zonas comerciales (grandes centros comerciales)	Grandes áreas donde se desarrollan actividades de tipo comercial. Ejemplo: La Gran Vía, Plaza Mundo, Multiplaza, Plaza Merliot, etc.
6. Zonas industriales y logísticas	Lugares donde se localizan zonas francas y maquilas, industrias de bodegaje o almacenaje. Ejemplo: Plan Industrial La Laguna, Jumex (en la zona de El Ángel, en Apopa), La Constancia, etc.
7. Vegetación herbácea	Zonas formadas principalmente por un estrato herbáceo gramínea o no, generalmente de baja productividad.
8. Vegetación arbórea	Comprende el conjunto de las formaciones vegetales constituidas por arboles de diferentes estructuras boscosas.
9. Cultivos, pastos y granos básicos	Los cultivos y pastos son pequeñas parcelas de cultivos anuales diversificados, de pastos cultivados o naturales y/o de cultivos permanentes. Los cultivos incluidos en esta categoría son básicamente hortalizas. Los granos básicos, son superficies de cultivos anuales herbáceos los cuales presentan superficies de terreno de forma homogénea. Ejemplo: maíz, arroz, frijol, etc.
10. Caña de azúcar	Espacios ocupados por las plantaciones de caña de azúcar, cualquiera sea la fase de desarrollo alcanzada. Ejemplo: zona de Nejapa – Quezaltepeque.
11. Café	Asociación con especies arborescentes por diversas razones: sombra, aporte nutritivo, etc. Ejemplos de presencia de cafetales: Cerro Guazapa, Volcán de San Salvador, Cordillera del Bálsamo y otras.
12. Árboles frutales	Áreas generalmente plantadas en zonas de los valles, tierras bajas y colinas. Polígonos de más de una hectárea, con presencia de árboles frutales (principalmente naranjales).
13. Bosque de galería	Cinturones de vegetación a orillas de los ríos con un tipo de vegetación bastante intervenido.
14. Plantaciones de bosque mono específico	Bosque compuesto esencialmente de individuos de la misma especie tales como: teca, pino, ciprés, eucaliptos entre otros. Porciones de bosque localizadas al sur de la subregión, como por ejemplo en los municipios de Zaragoza, San Jose Villanueva y sector del Cerro de San Jacinto, entre otros.
15. Zonas de extracción de pétreos y áridos	Zonas específicas donde se realizan actividades de extracción de pétreos y áridos.
16. Botaderos y rellenos sanitarios	Identificación de botaderos clausurados o activos. Ejemplo: antiguo botadero de Mariona, antiguo botadero de Soyapango, relleno sanitario de MIDES.

Tabla N°2. Descripción de las categorías de uso de suelo. 2011.

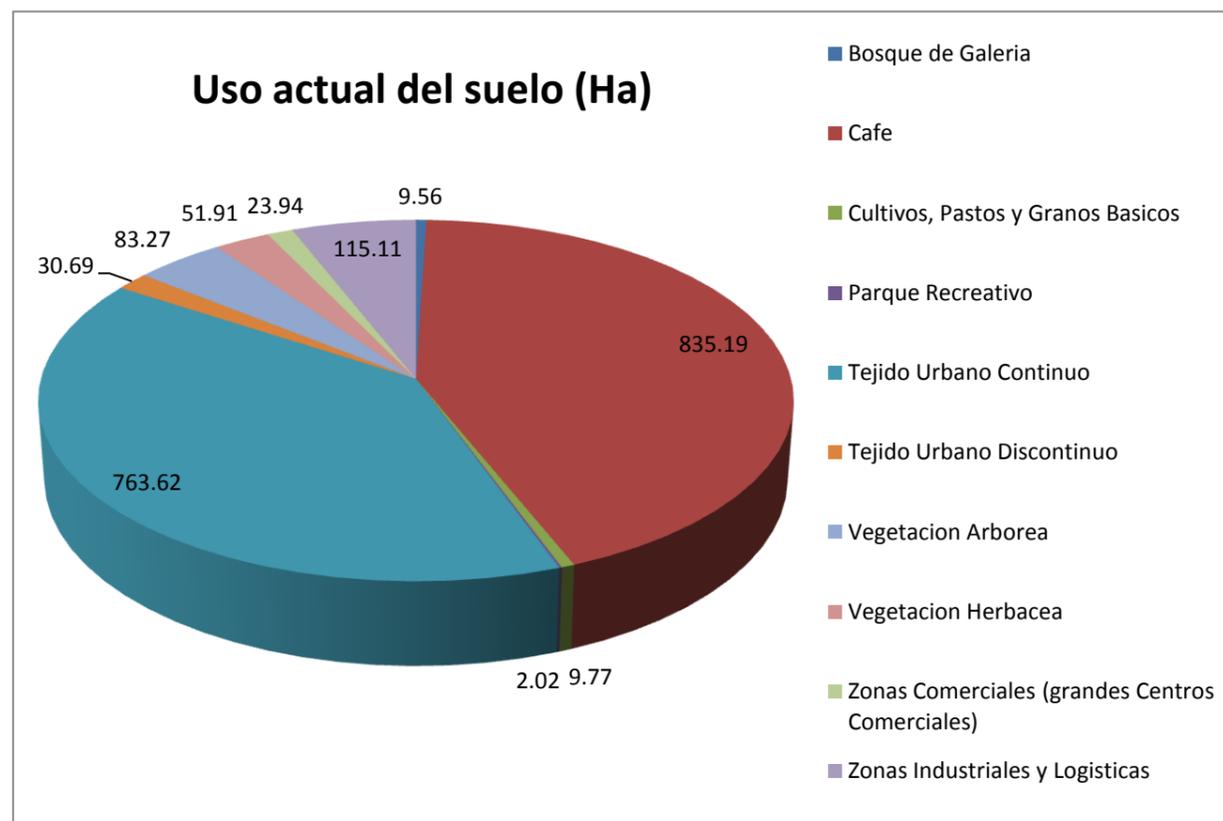
Fuente. SIT – OPAMSS. Insumo utilizado: imagen de satélite WordView 2011 – 2012 adquirida para el proyecto y propiedad del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).





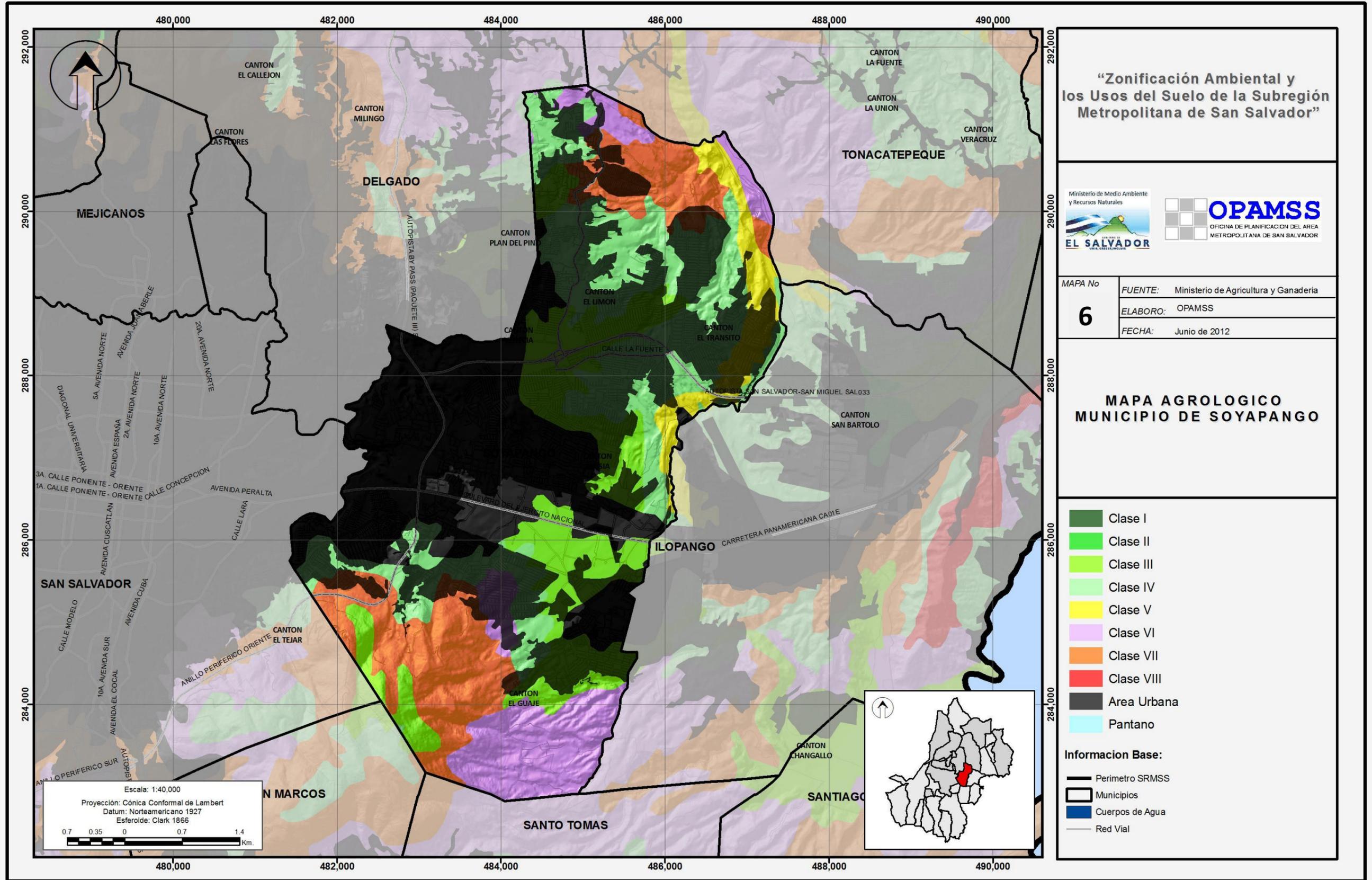
Municipio	Departamento	Usos de Suelos	Área (km2)	Área (Ha)	% en Municipio
SOYAPANGO	SAN SALVADOR	Bosque de galería	0.62	61.75	2.18
		Café	0.63	62.64	2.22
		Cultivos, pastos y granos básicos	1.68	168.11	5.95
		Institucional	0.12	12.07	0.43
		Tejido urbano continuo	12.53	1253.01	44.33
		Tejido urbano discontinuo	1.47	146.79	5.19
		Vegetación arbórea	7.23	722.66	25.57
		Vegetación herbácea	1.72	172.05	6.09
		Zonas comerciales (grandes centros comerciales)	0.25	24.71	0.87
		Zonas industriales y logísticas	2.03	202.71	7.17
		Total	28.27	2826.51	100.00

Tabla N° 3. Distribución del uso de suelo actual en el Municipio de Soyapango



Gráfica N° 2. Uso de Suelo Actual del Municipio de Soyapango





“Zonificación Ambiental y los Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador”



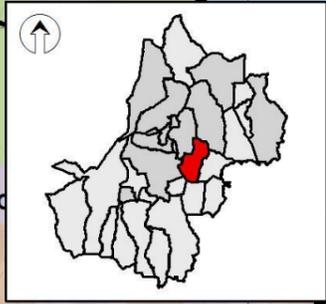
MAPA No	FUENTE: Ministerio de Agricultura y Ganadería
6	ELABORO: OPAMSS
	FECHA: Junio de 2012

MAPA AGROLOGICO MUNICIPIO DE SOYAPANGO

- Clase I
- Clase II
- Clase III
- Clase IV
- Clase V
- Clase VI
- Clase VII
- Clase VIII
- Area Urbana
- Pantano

- Información Base:**
- Perimetro SRMSS
 - Municipios
 - Cuerpos de Agua
 - Red Vial

Escala: 1:40,000
Proyección: Cónica Conformal de Lambert
Datum: Norteamericano 1927
Esferoide: Clark 1866





Mapa N° 6. Agrológico

Clase I (Tierras apropiadas para la labranza intensiva): tierras de buena calidad y aptas para la labranza intensiva por maquinaria agrícola corriente, son planas de texturas medias y no presentan síntomas de erosión, son suelos profundos de más de ciento cincuenta centímetros y sin riesgo de inundación. Son aptas para la mayoría de cultivos.

Clase II (Tierras apropiadas para la labranza intensiva): tierras de moderada a buena calidad y aptas para la labranza intensiva por maquinaria agrícola corriente que, a causa de peligro de erosión tienen una selección de cultivos algo reducida y/o necesitan el empleo de prácticas de conservación sencillas.

Clase III (Tierras apropiadas para la labranza intensiva): tierras de moderada a buena calidad y aptas para la labranza intensiva por maquinaria agrícola corriente que, a causa de peligro de erosión grave tienen una selección de cultivos reducida y/o necesitan el empleo de prácticas de conservación intensivas.

Clase IV (Tierras poco apropiadas para la labranza intensiva): tierras de regular a buena calidad y poco aptas para la labranza intensiva que, a causa de la pendiente y peligro muy grave de erosión, tienen una selección de cultivos y métodos de labranza bastante restringidos y/o necesitan el empleo de prácticas de conservación muy intensivas.

Clase V (Tierras apropiadas mayormente para pastos y bosques naturales): tierras útiles que en su estado actual son únicamente aptas para la vegetación natural a causa de muy pobre drenaje o peligro grave de inundaciones.

Clase VI (Tierras apropiadas mayormente para cultivos permanentes): tierras aprovechables, no aptas para cultivos intensivos a causa de la pendiente, peligro de erosión y características desfavorables del suelo; son aptas para cultivos permanentes tanto como para vegetación natural con el empleo de adecuadas prácticas de conservación y corrección.

Clase VII (Tierras apropiadas mayormente para pastos y bosques naturales): tierras de utilidad restringida que, a causa del grave peligro de erosión y características desfavorables del suelo, son aptas únicamente para la vegetación natural.

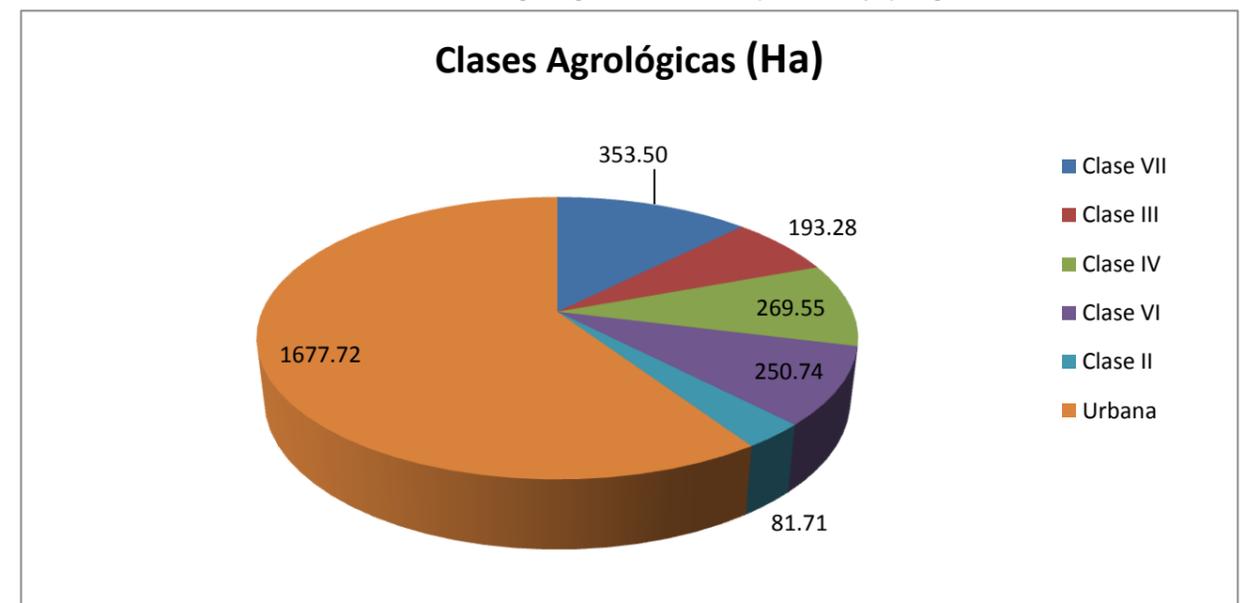
Clase VIII (Tierras sin ningún valor agrícola): tierras sin o casi sin valor agrícola ni en un futuro cercano.



Fotografía N° 6. Cultivos de maíz en ladera, cantón El Limón

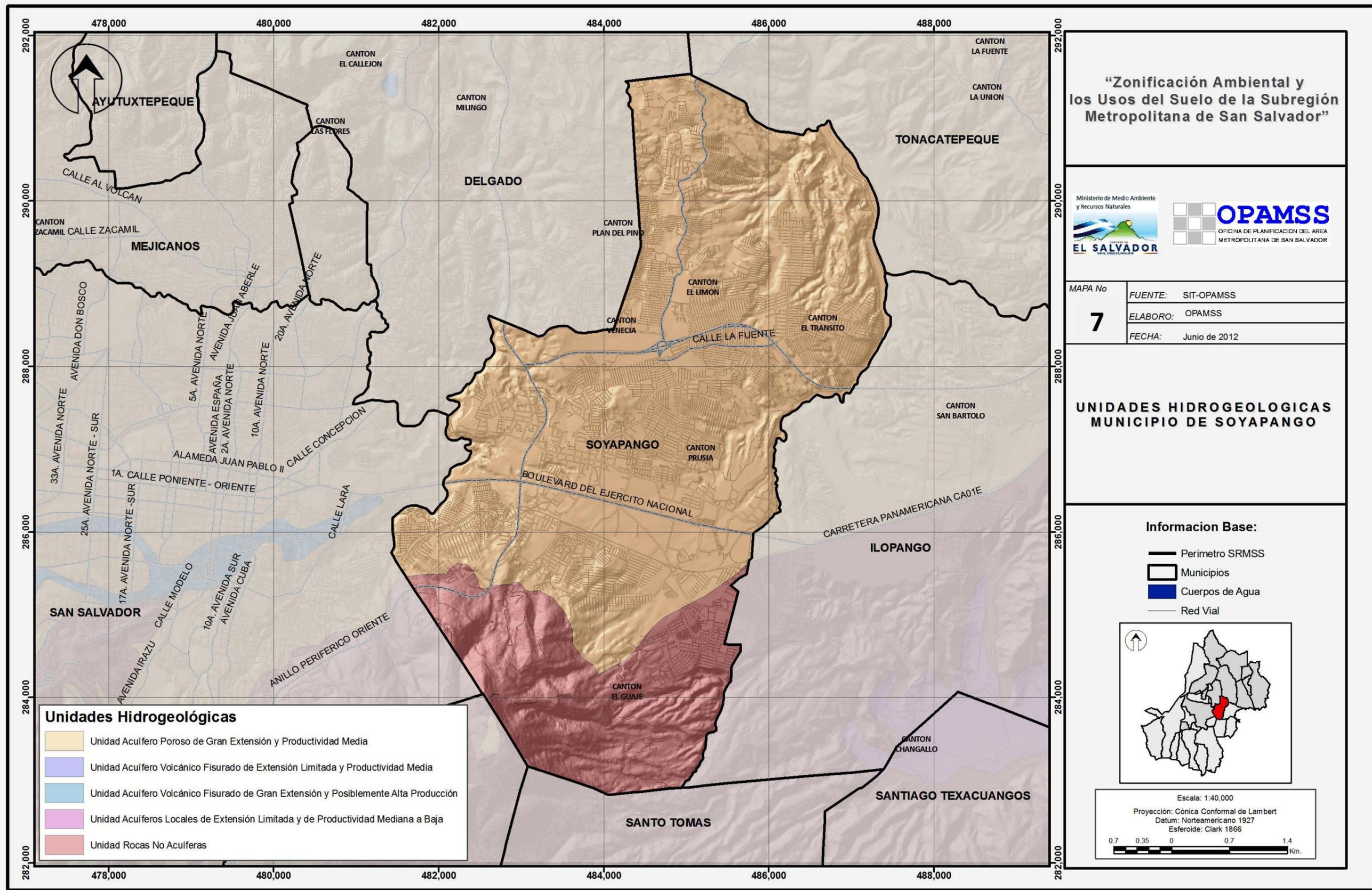
Municipio	Departamento	Clasificación	Área (km2)	Área (Ha)	% en Municipio
SOYAPANGO	SAN SALVADOR	Clase III	1.93	193.28	6.84
		Clase IV	2.70	269.55	9.54
		Clase V	0.82	81.71	2.89
		Clase VI	2.51	250.74	8.87
		Clase VII	3.54	353.50	12.51
		Urbana	16.78	1677.72	59.36
		Total	28.27	2826.51	100.00

Tabla N° 4. Distribución de clases de suelo agrológico en el Municipio de Soyapango



Grafica N°3. Distribución de clases de suelo agrológico en el Municipio de Soyapango







Mapa N° 7. Unidades hidrogeológicas

Las características hidrogeológicas están determinadas, en gran medida, por los fenómenos volcánicos y los procesos erosivos que han afectado a la zona con áreas cubiertas en su mayoría, por materiales piroclásticos (pómez, cenizas volcánicas, tobas, etc.) y rocas volcánicas efusivas (flujos y coladas de lavas de carácter andesítico y basáltico). Existen además secciones donde se han depositado materiales arrastrados por los cursos de los ríos existentes, dando lugar a los acuíferos detectados en la zona de valles y otros localizados en depresiones formando los llamados “acuíferos colgados”.

La diferenciación de las unidades hidrogeológicas presentes en la zona estará influenciada por las características hidráulicas (conductividad hidráulica) de los diferentes materiales que constituyen cada una de las formaciones geológicas identificadas.

Entre las principales unidades hidrogeológicas identificadas en la zona de estudio, se establecen las siguientes: a) Unidad acuífero volcánico fisurado de gran extensión y posiblemente alta producción, b) Unidad acuífero volcánico fisurado de extensión limitada y productividad media, c) Unidad acuífero granular poroso de gran extensión y productividad media, d) Unidad acuíferos locales de extensión limitada y de productividad mediana a baja, e) Unidad acuíferos locales generados por sistemas de fallas, y f) Unidad rocas no acuíferas. Estas unidades hidrogeológicas fueron definidas con base a la nomenclatura estandarizada de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH), Edición 1995, y al Mapa Hidrogeológico de El Salvador, escala 1:100,000 (FIAS-ANDA-COSUDE, 2008).

a. Unidad acuífero volcánico fisurado de gran extensión y posiblemente alta producción

Esta unidad la constituyen, principalmente, rocas volcánicas de carácter andesítico, con ciertas intercalaciones de materiales piroclásticos retrabajados. De igual manera, dentro de la zona de estudio, se concentra una gran abundancia de rocas andesíticas, constituidas por derrames de composición intermedia, formados por escorias que exhiben un alto grado de erosión. Entre las rocas volcánicas se pueden distinguir flujos y coladas de lavas provenientes de los centros de erupción volcánica de la zona. Estos materiales pueden presentar mediana a alta conductividad hidráulica a consecuencia de su porosidad secundaria (fallamiento existente).

b. Unidad acuífero volcánico fisurado de extensión limitada y productividad media

Esta unidad la constituyen, principalmente, rocas volcánicas de carácter andesítico, con ciertas intercalaciones de materiales piroclásticos retrabajados. De igual manera, dentro de la zona de estudio, se concentra una gran abundancia de rocas andesíticas, constituidas por derrames de composición intermedia, formados por escorias que exhiben un alto grado de erosión. Entre las rocas volcánicas se pueden distinguir flujos y coladas de lavas provenientes de los centros de erupción volcánica de la zona. Estos materiales pueden presentar mediana a alta conductividad hidráulica a consecuencia de su porosidad secundaria (fallamiento existente).

c. Unidad acuífero granular poroso de gran extensión y productividad media

Los materiales de esta unidad consisten, principalmente, en materiales aluviales (gravas, arenas, cantos rodados, etc.), además de piroclásticos aglomerados y retrabajados (pómez, lapilli, tobas), teniendo una distribución granulométrica que varía de fina a gruesa. Las conductividades hidráulicas pueden variar de medianas a bajas, como consecuencia del grado de cementación o compactación que pueden tener los granos de los materiales que la constituyen. Esta unidad puede tener más de 50 metros de espesor.

d. Unidad acuíferos locales de extensión limitada y de productividad mediana a baja

Esta unidad está constituida, básicamente, por sedimentos aluviales (arenas, gravas, etc.) que han sido transportados por los ríos, desde la parte alta de los cerros hasta la planicie. Los materiales de esta unidad presentan una conductividad hidráulica de media a baja, la que depende de la granulometría, del grado de limpieza (contenido de limo y arcilla) y del grado de compactación que presentan los materiales. El espesor de estos materiales puede superar los 15 metros.

e. Unidad acuíferos locales generados por sistemas de fallas

Esta unidad la constituyen, principalmente, rocas volcánicas de carácter andesítico y basáltico, distinguiéndose flujos y coladas de lavas que provienen de procesos tectónico-volcánicos originados en la zona. Los materiales de esta unidad pueden presentar conductividades hidráulicas de medianas a bajas, como consecuencia de su porosidad secundaria (fallamiento existente), formando pequeños acuíferos locales. La manifestación

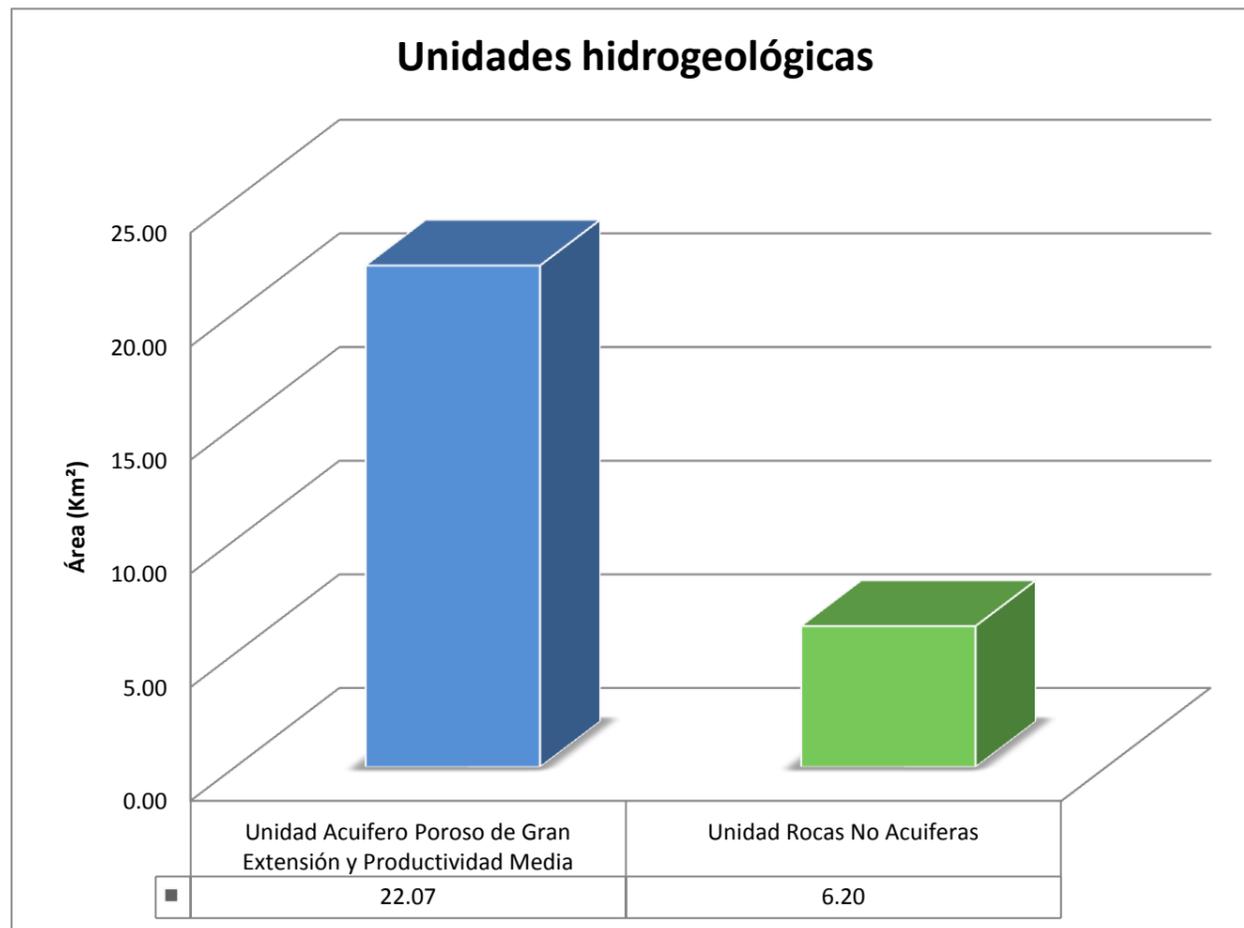




de esta unidad se da por el afloramiento de manantiales que posteriormente contribuyen a la generación del caudal base de los sistemas de escorrentía superficial de la zona.

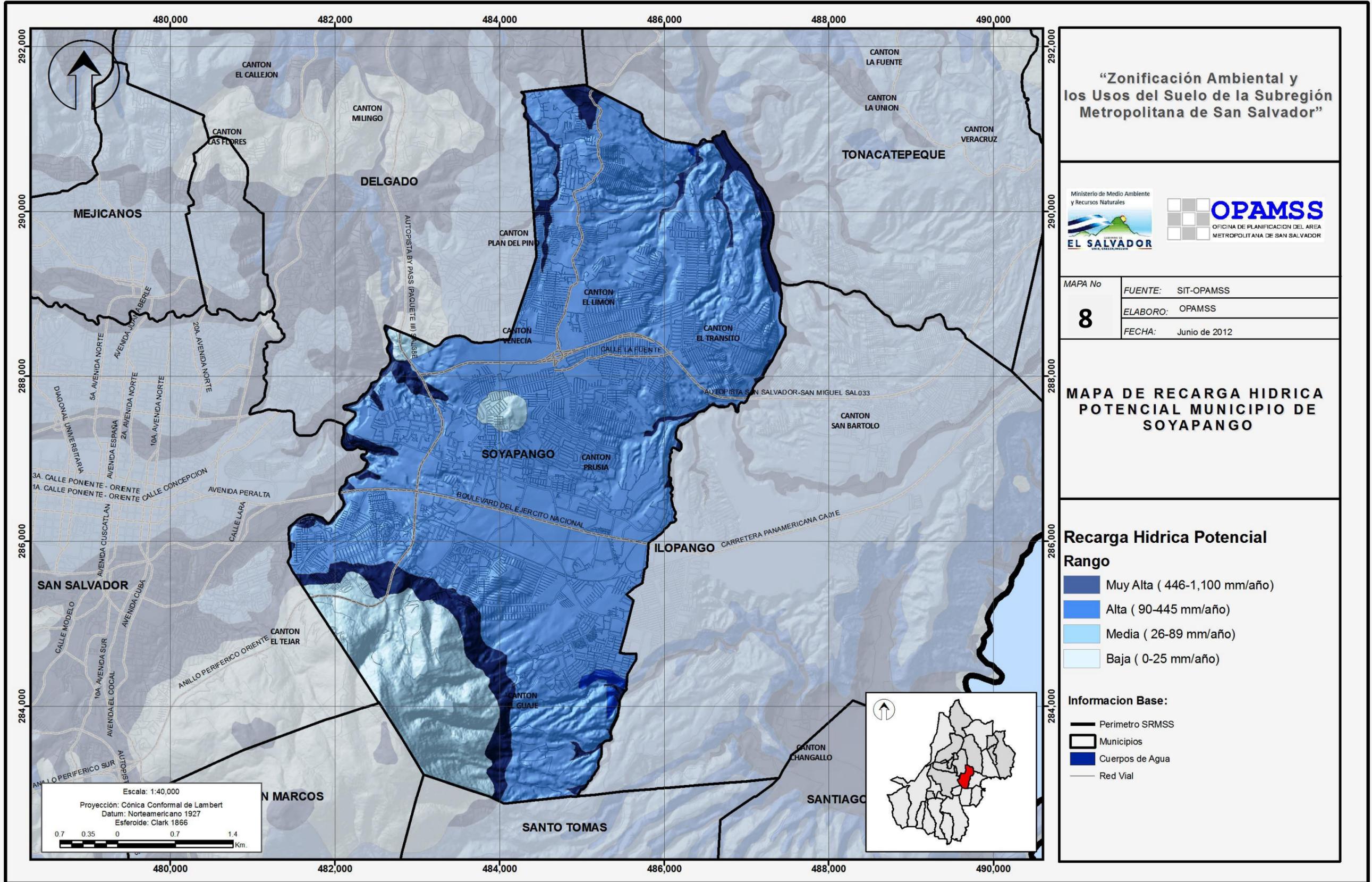
f. Unidad rocas no acuíferas.

Los materiales de esta unidad están compuestos por flujos macizos de lavas, rocas metamórficas, intercalados con tobas aglomeradas y brechosas, lahares cementados y presenta conductividades hidráulicas muy bajas o casi nulas, debido a su baja porosidad o a su alto grado de compactación y cementación. Se considera que constituyen el basamento de los acuíferos identificados en la zona de estudio. La profundidad a la que se encuentra esta unidad se desconoce; ya que en las perforaciones realizadas (a más de 100 m.) no se ha logrado identificar su presencia. Su espesor puede superar los 300 metros.



Grafica N° 4. Distribución del unidades hidrogeológicas en el Municipio de Soyapango





“Zonificación Ambiental y los Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador”



MAPA No	FUENTE: SIT-OPAMSS
8	ELABORO: OPAMSS
	FECHA: Junio de 2012

MAPA DE RECARGA HIDRICA POTENCIAL MUNICIPIO DE SOYAPANGO

Recarga Hidrica Potencial
Rango

- Muy Alta (446-1,100 mm/año)
- Alta (90-445 mm/año)
- Media (26-89 mm/año)
- Baja (0-25 mm/año)

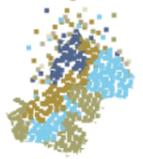
Informacion Base:

- Perimetro SRMSS
- Municipios
- Cuerpos de Agua
- Red Vial

Escala: 1:40,000
Proyección: Cónica Conformal de Lambert
Datum: Norteamericano 1927
Esferoide: Clark 1866

Mapa de recarga hídrica potencial





Mapa Nº 8. Recarga hídrica potencial

El mapa de recarga hídrica potencial para la Subregión Metropolitana de San Salvador se desarrolló con base a la información suministrada en la realización del balance hídrico para la zona de estudio, definiendo áreas con sus respectivos índices de recarga potencial.

Desde el momento en que la precipitación toca el suelo, comienza a funcionar una serie de factores que afectan el comportamiento del agua en el subsuelo. Si no existe intervención humana, el agua puede infiltrarse y posteriormente percolar, escurrir sobre la superficie o evaporarse, de acuerdo con las características del medio natural. En las áreas naturales, sin intervención que aún existen en el área de estudio, la mayor parte del agua o se infiltra en el suelo para luego conformar la recarga acuífera o es absorbida por la vegetación, y más tarde regresa a la atmósfera mediante la transpiración.

Metodología aplicada en el balance hídrico.

En el presente estudio se utilizó la fórmula de correlación estadística desarrollada por Gunther Shosinsky y Marcelino Losilla (1999). Esta fórmula considera a la velocidad de infiltración del suelo (capacidad de infiltración) como el factor principal que condiciona la cantidad de precipitación pluvial que puede infiltrarse. La infiltración depende básicamente de las características físicas del suelo, como son: textura, estructura, compactación y contenido de humedad. La cantidad de precipitación que se infiltra en el subsuelo está condicionada por el factor de coeficiente de infiltración, el cual está sujeto a las condiciones de pendiente del terreno (k_p), vegetación existente (k_v), y tipo de suelo (k_{fc}).

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$K_{fc} = 0.267 \ln(f_c) - 0.000154 f_c - 0.723 \text{ (ec. 1)}$$

$$C = K_p + K_v + K_{fc} \text{ (ec. 2)}$$

$$I = 0.88 * C * P \text{ (ec. 3)}$$

Dónde:

I: infiltración mensual (mm/mes).

C: coeficiente de infiltración.

P: precipitación (mm/mes).

K_p : fracción que se infiltra por efecto de la pendiente del terreno. (Valores propuestos en la metodología).

K_v : fracción que se infiltra por efecto de la cobertura vegetal. (Valores propuestos en la metodología de acuerdo al tipo de uso del suelo).

K_{fc} : Fracción que se infiltra por efecto de la textura del suelo. (Calculado a partir de la capacidad de infiltración básica del suelo).

f_c : Infiltración básica del suelo (mm/día).



Fotografía Nº 7. Vista de Finca Santa Elisa que cuenta con vegetación que contribuye y facilita la retención de agua para su infiltración.



Fotografía Nº 8. Finca Venecia.

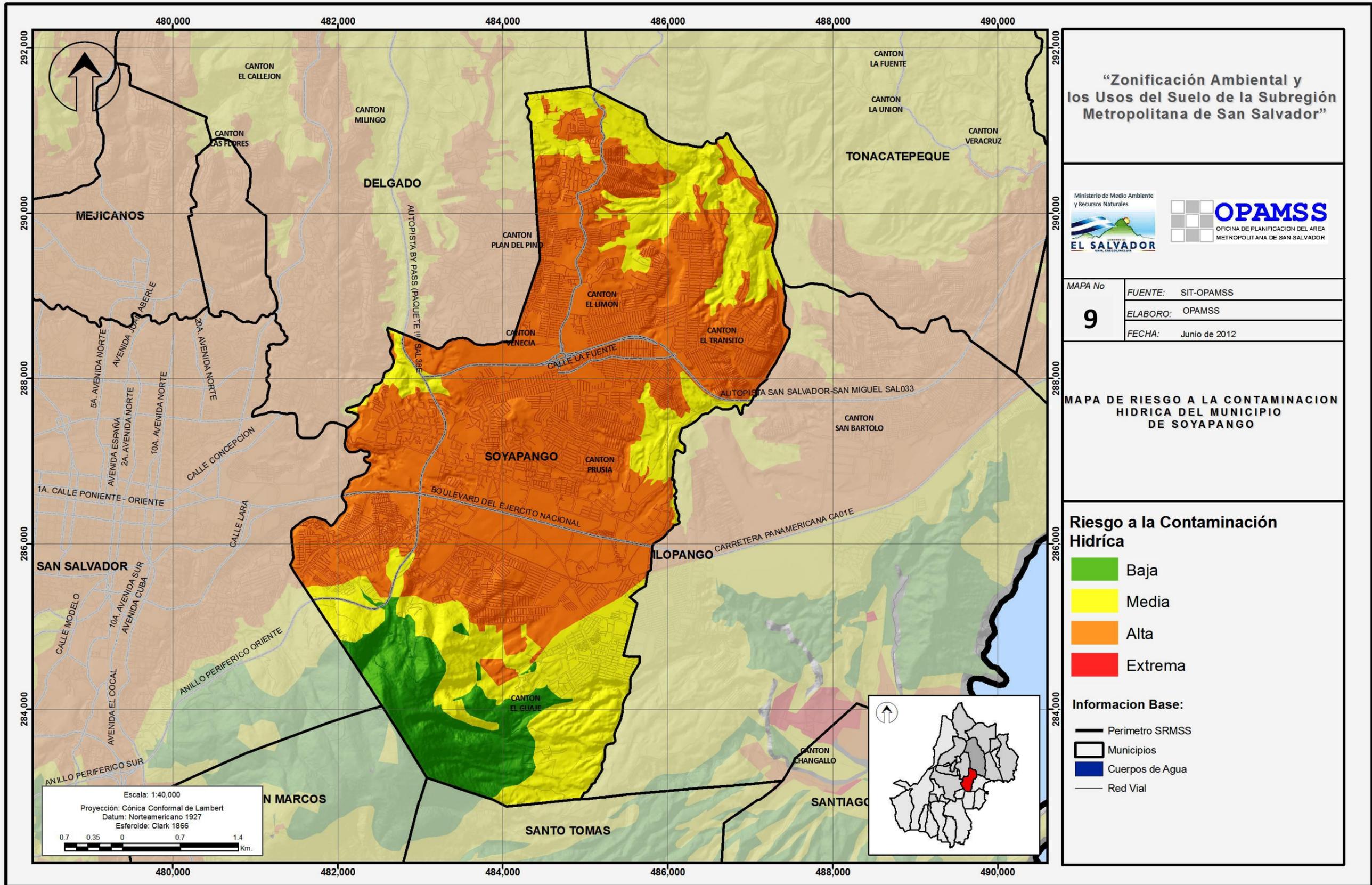
La vegetación es abundante y contribuye a tener niveles de infiltración importantes para la zona.

La distribución espacial de la recarga acuífera (mm/año) en el municipio se detalla en el cuadro siguiente:

Municipio	Departamento	Recarga Hídrica Potencial	Área (km ²)	Área (Ha)	% en Municipio
SOYAPANGO	SAN SALVADOR	Baja	3.56	355.81	12.59
		Media	22.26	2,225.75	78.75
		Alta	0.13	12.77	0.45
		Muy Alta	2.32	232.17	8.21
		Total	28.27	2826.51	100.00

Tabla Nº 5. Distribución de la recarga hídrica potencial (mm/año) en el Municipio de Soyapango





Mapa de riesgo a la contaminación
hídrica





Mapa Nº 9. Riesgo de contaminación hídrica.

a) Riesgo de contaminación extremo

Estas zonas se determinaron utilizando el esquema conceptual del riesgo de contaminación de agua subterránea. El área de riesgo extremo se obtuvo a partir del mapa de vulnerabilidad del acuífero, el cual se refiere a las condiciones intrínsecas del acuífero (zona no saturada) multiplicadas por el mapa de carga contaminante, que se refiere a la presión del territorio superficial por diferentes actividades antrópicas que generen altos volúmenes de contaminación, pero que no necesariamente están contaminando los recursos hídricos. Las áreas de riesgo extremo son el resultado de la vulnerabilidad extrema o alta, combinada con una carga contaminante extrema o alta. Las zonas con riesgo de contaminación extrema son principalmente los ríos y algunas pequeñas zonas industriales dentro del tejido urbano.

b) Riesgo de contaminación alto

Las áreas de riesgo alto son el resultado de la vulnerabilidad alta o media, combinada con una carga contaminante alta o media. Otro caso se obtuvo al combinar zonas de carga contaminante extrema con vulnerabilidad media. Las zonas con riesgo de contaminación alta abarcan gran parte del área de las zonas urbanas.

c) Riesgo de contaminación medio

Las áreas de riesgo medio son el resultado de la vulnerabilidad media, combinada con una carga contaminante media o vulnerabilidad alta con carga contaminante baja. También se obtuvieron resultados de vulnerabilidad baja con carga contaminante alta. Las zonas con riesgo de contaminación medio abarcan gran parte del área de la zona de estudio.

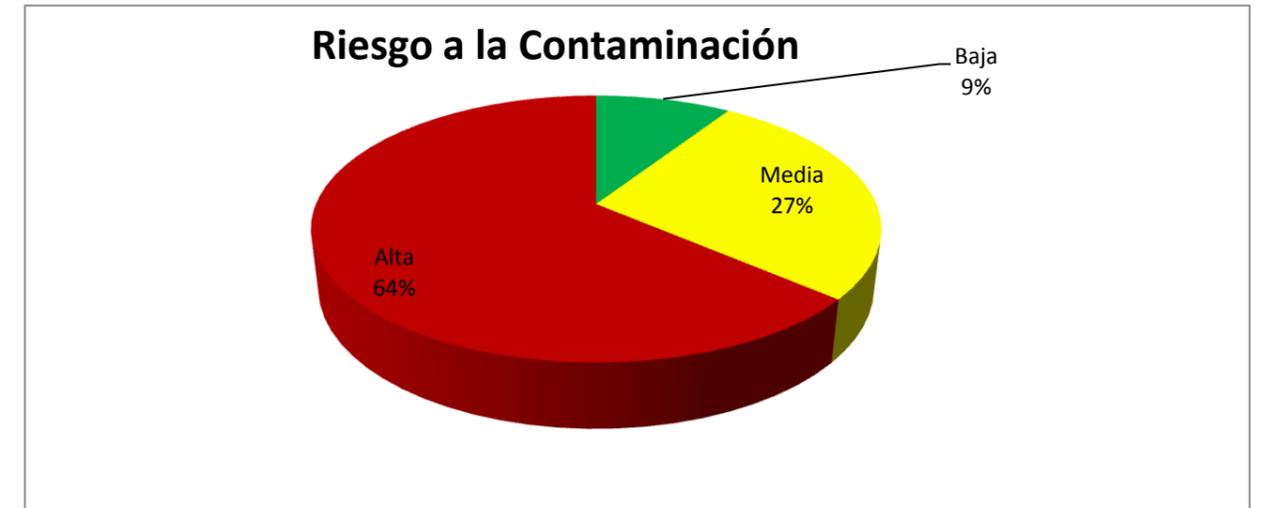
d) Riesgo de contaminación bajo

Las áreas de riesgo bajo son el resultado de la vulnerabilidad baja, combinada con una carga contaminante baja. Las zonas con riesgo de contaminación bajo son muy reducidas dentro del área de estudio y se observan principalmente en la zona sur en la Cordillera El Bálsamo.

La distribución espacial del riesgo a la contaminación en el municipio se detalla en el cuadro siguiente:

Municipio	Departamento	Riesgo a la contaminación Hídrica	Área (km2)	Área (Ha)	% en Municipio
SOYAPANGO	SAN SALVADOR	Baja	2.60	259.95	9.20
		Media	7.66	765.55	27.08
		Alta	18.01	1801.01	63.72
		Total	28.27	2826.51	100.00

Tabla Nº 6. Distribución de sectores con riesgo a la contaminación hídrica subterránea en el municipio de Soyapango

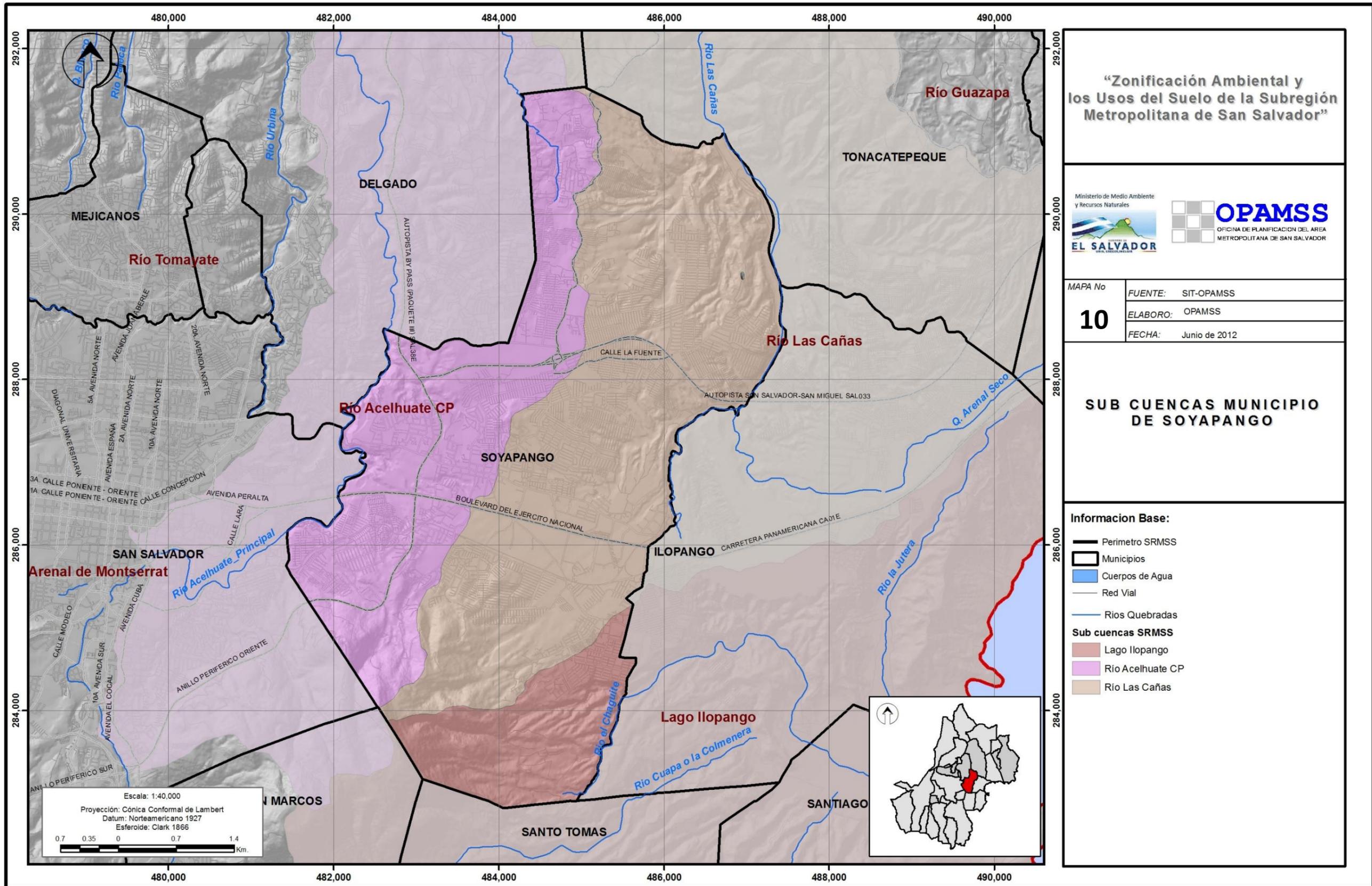


Gráfica Nº 5. Porcentaje del territorio del Municipio de Soyapango con riesgo a la contaminación hídrica subterránea



Fotografía Nº 9. Actividades antrópicas consideradas como posible fuente de contaminación hídrica subterránea.





Mapa de subcuencas





Mapa N° 10. Subcuencas del municipio

La superficie del municipio está distribuida en tres subcuencas importantes de la SRMSS: Lago de Ilopango, canal principal del río Acelhuate y río Las Cañas.

La subcuenca Lago de Ilopango tiene como afluentes principales a los ríos: Chaguite, Guilapa, Guluchapa, Cujuapa, El Desagüe, y El Chorro. Esta subcuenca hace su desagüe por medio del río con el mismo nombre hacia el río Jiboa el cual desemboca al Océano Pacífico.

El área de la subcuenca es de 135.5 km² y encuentra dividida en 13 municipios de los cuales 7 pertenecen a la Subregión Metropolitana: San Pedro Perulapán, San Martín, Soyapango, Ilopango, Santiago Texacuangos, San Marcos y Santo Tomás.

En el municipio, la subcuenca intercepta únicamente al Cantón El Guaje.

La subcuenca denominada canal principal del río Acelhuate tiene como afluentes principales a los ríos Arenal de Monserrat, río Tomayate, río Las Cañas, río San Antonio, río Guaycume. Éste río inicia en la confluencia del río Matalapa y Arenal de Monserrat, en la subregión finaliza entre los municipios de Guazapa y Nejapa.

El área de la subcuenca es de 138.76 km² y se encuentra dividida en 11 municipios: Quezaltepeque (1%), Aguilares (18%), Apopa (5%), El Paisnal (11%), Guazapa (14%), Nejapa (18%), San Marcos (1%), San Salvador (6%), Soyapango (7%), Delgado (16%) y Suchitoto (4%).

En el municipio, la subcuenca intercepta los cantones el Limón, El Tránsito, Venecia, Prusia, Buena Vista y el Guaje.

La subcuenca del río las Cañas se encuentra localizada en la parte media-alta de la cuenca del río Acelhuate, tiene como afluentes principales a la quebrada Arenal Seco, El Arenal y Las Pavas y a los ríos Sumpa, Pacún, Chantecuán, entre otros.

El río Las Cañas tiene sus orígenes entre los límites municipales de Soyapango e Ilopango, en el punto donde se intercepta con la calle Antigua Panamericana.

La subcuenca posee un área de 73.85 km² y se encuentra dividida en seis municipios: Apopa (13%), Tonacatepeque (41%), San Martín (8%), Delgado (6%), Soyapango (21%) e Ilopango (11%).

En el municipio, la subcuenca intercepta los cantones El Limón, El Tránsito, Venecia, Prusia, Buena Vista y El Guaje.

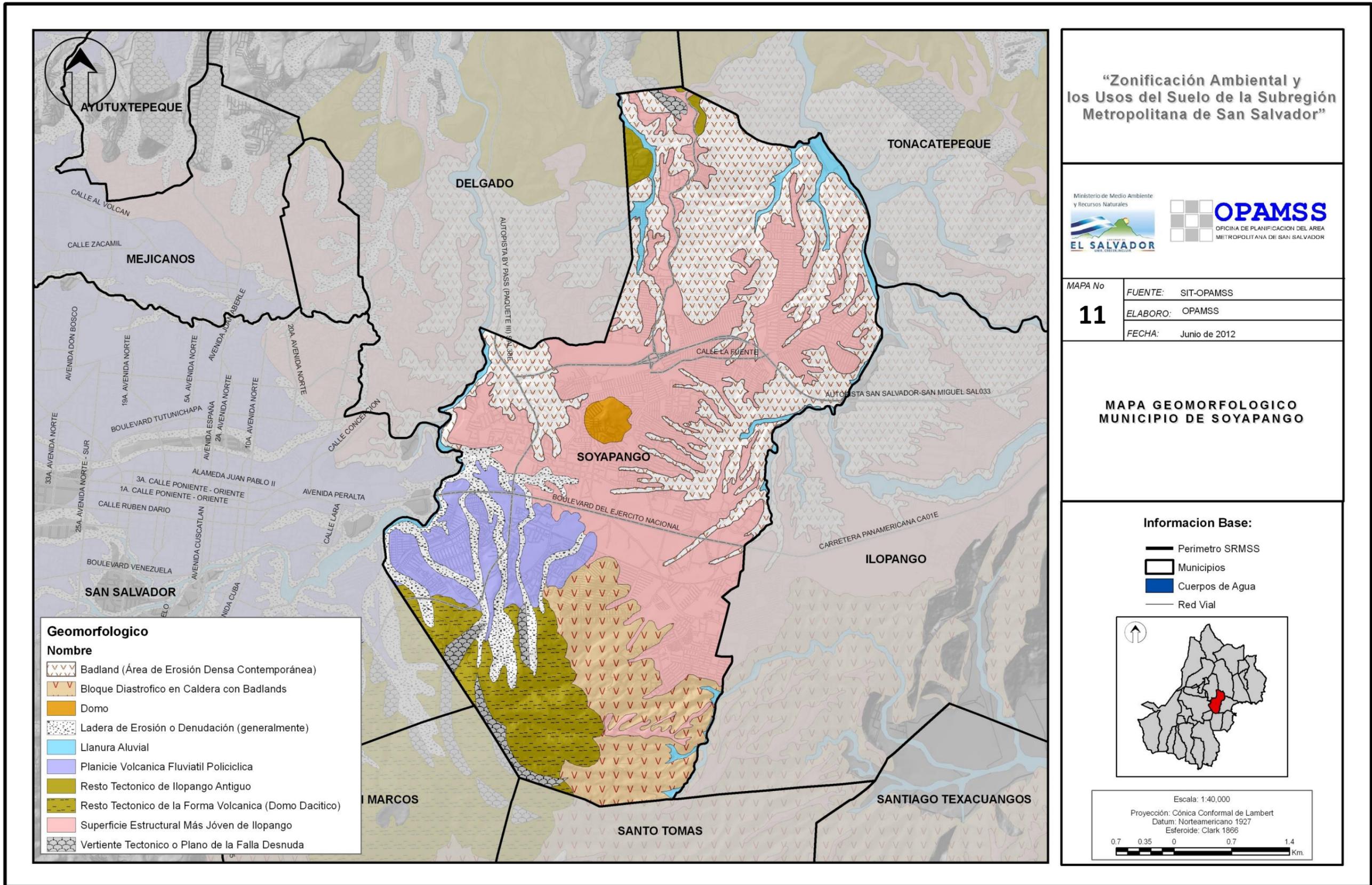


Fotografía N° 10. Cuenca del río Las Cañas. Colonia Los Santos 3, Jardines del Pepeto, urbanizaciones El Limón y Guayacán.

Municipio	Departamento	Sub Cuenca	Área (km ²)	Área (Ha)	% en Municipio
SOYAPANGO	SAN SALVADOR	Lago Ilopango	3.43	343.05	12.14
		Río Acelhuate CP	9.32	932.42	32.99
		Río Las Cañas	15.51	1550.68	54.87
		Total	28.27	2826.51	100.00

Tabla N° 7. Distribución del territorio del Municipio de Soyapango en subcuencas de la SRMSS.





“Zonificación Ambiental y los Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador”

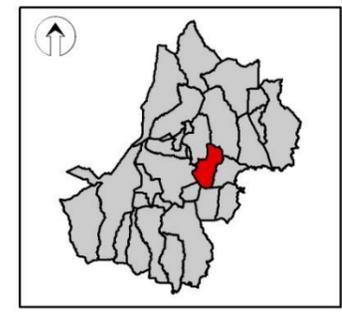


MAPA No	FUENTE: SIT-OPAMSS
11	ELABORO: OPAMSS
	FECHA: Junio de 2012

MAPA GEOMORFOLOGICO MUNICIPIO DE SOYAPANGO

Informacion Base:

- Perimetro SRMSS
- Municipios
- Cuerpos de Agua
- Red Vial



Escala: 1:40,000
 Proyección: Cónica Conformal de Lambert
 Datum: Norteamericano 1927
 Esferoide: Clark 1866

Mapa geomorfológico





Mapa N° 11. Geomorfológico

Cono aluvial fósil: cono aluvial fósil es una forma de modelado fluvial donde anteriormente se depositaron sedimentos de ríos y quebradas de manera constante. Tienen una silueta cónica o en abanico y una suave pendiente. Actualmente ha quedado en abandono siendo un relicto. El cono aluvial fósil tiene una susceptibilidad baja a erosión y nula a movimientos de ladera. La licuefacción es mediana. Son zonas de muy alta recarga importante.

Cono cinerítico de escoria: volcán que se forma debido a la acumulación de partículas y lava mezclada con gases, son de poca altura y usualmente están en la falda de estratovolcanes, calderas, etc. Algunos de ellos podrían reactivarse nuevamente, otros ya solo están como relictos. El cono cinerítico siempre tiene laderas inclinadas, la escoria es material permeable y no hay erosión superficial. Puede existir erosión subterránea. Las laderas de los conos cineríticos son un buen ambiente para la recarga del agua subterránea.

Escarpe expresivo de forma volcánica: forman los cráteres, maares y calderas, siendo sus laderas más o menos inclinadas, generalmente fracturadas por los procesos tectónicos porque corresponden con las actividades volcánicas y fallas tectónicas. Pueden estar impactadas por alteración hidrotermal antigua y reciente. Frecuentemente son impactadas por sismos y generan derrumbes. Dependiendo de la inclinación de la ladera puede suceder erosión fluvial y movimientos de ladera. La formación del escarpe también puede combinarse con procesos tectónicos o de colapso de caldera.

Estratovolcán: el estratovolcán de San Salvador está activo y conformado por capas de material fragmentario (cenizas, escorias, bombas etc.) y corrientes de lava intercaladas, lo que indica que surgieron en épocas de actividad explosiva, seguidas por otras donde fluyeron corrientes de lava. En las zonas proximales se puede esperar que erupciones futuras puedan provocar problemas de caídas de tefras, flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas o surges, sismicidad, movimientos de ladera. También pueden surgir volcanes en el pie del volcán que provoquen erupciones efusivas (lávicas) o explosivas (tefras) entre otros. Las superficies estructurales más jóvenes del cono volcánico forman laderas de poco hasta medio inclinadas, formada por lavas jóvenes, lo que significa que no están meteorizadas. La inclinación es menor que 25 grados y por eso las laderas no están impactadas drásticamente por la erosión o por los movimientos de laderas.

Flujo lávico (superior e inferior): son laderas poco inclinadas que forman los pies de los volcanes antiguos o de los centros volcánicos locales, frecuentemente de los volcanes escudos. Las lavas a veces están meteorizadas superficialmente en mayor o menor grado y generalmente cubiertas por el “pavimento” de bloques de lavas (núcleos de bloques de

lavas meteorizadas), esto se da cuando el suelo laterítico es “lavado” por la erosión y sobre la superficie se acumulan los núcleos de lava más resistentes. Generalmente las capas de lavas son bastante profundas y están parcialmente cubiertas por los productos volcánicos más jóvenes de la Caldera Ilopango o los volcanes locales más jóvenes.

Ladera de erosión o denudación: forman las vertientes de los valles de erosión (quebradas, barrancos, cañones etc.). Generalmente tienen una inclinación alta, que permite la erosión de “suelo” alta hasta intensa. Según las condiciones litológicas, la erosión es intensa o con menor intensidad. Las laderas de erosión de las zonas con una capa de meteorización (lateritas y las rocas con esméctita), cubiertas (o con capas) de tierra blanca o cenizas del volcán San Salvador (materiales muy suaves y no consolidados); son las más impactadas por la erosión de suelo y fluvial. La erosión sucede junto con los procesos de movimiento de ladera como son los flujos superficiales “flowage” y flujos de escombros. La ladera de erosión tiene diferentes inclinaciones, que son importantes para la erosión fluvial. También es importante la litología y meteorización de roca.

Llanura aluvial: o Llanura de inundación cuando al crecer el río la ocupa en su totalidad (periodos de retorno de inundación pueden variar). El lecho del río se desplaza con facilidad, inundando zonas alejadas del lecho principal actual. Las personas ocupan estas áreas al desconocer los periodos de retorno de las inundaciones, provocando el estrechamiento del cauce, lo que propicia problemas grandes de erosión e inundación en zonas urbanas. Son áreas de recarga importante, así como de descarga del agua subterránea y donde la contaminación que se vierte de las zonas urbanas puede entrar a los acuíferos (entrada de contaminantes puede ser directa si hay fractura en roca). El cauce o lecho de río en llanura aluvial siempre cambia su posición durante una inundación. El impacto humano (tales como puentes, bóvedas, tuberías, muros de canalización etc.), puede provocar erosión natural en otros sectores, afectando infraestructura que normalmente no hubiese sido perturbada.

Maar: es un cráter ancho y bajo producido por una erupción freática o una explosión volcánica causada por agua subterránea en contacto con lava caliente o magma. Pueden existir problemas de subsidencia dentro del cráter, erosión y movimientos de ladera en los escarpes expresivos de la forma volcánica. Se puede dar recarga acuífera dentro de la zona de cráter.

Planicie volcánica fluvial policíclica: planicies volcánicas fluviales se forman en las faldas de los volcanes y sobre las depresiones adyacentes. El perfil geológico es un complejo de rocas, tobas y sedimentos generalmente poco consolidados. El relleno de la depresión salvadoreña es policíclico (por que se dan procesos de depósito y denudación) y también poligenético (por ser productos de erupciones volcánicas y de los materiales que





al ser denudados se depositan en la planicie). Generalmente predomina la erosión vertical, las quebradas y ríos cortan estos depósitos. Planicies de este tipo se originaron bajo el pie del Volcán San Salvador y de las depresiones de la Fosa Central. Otra planicie está ubicada en la parte noreste del Volcán Guazapa y la depresión de río Lempa, donde predominan las acumulaciones de materiales re-trabajados (origen fluvial y aluvial).

Relleno poligenética de la depresión con drenaje: en valle y en depresiones menores tiene un carácter transitorio, porque está expuesto a la erosión fluvial. Entre el material que se ha acumulado en depresiones y valles dentro de éste, se puede mencionar el producto de erupciones de los diferentes volcanes y la acumulación producto de la denudación entre otros. En esta zona se puede dar recarga acuífera.

Superficie estructural exhumada: es un estrato más resistente que se origina por la denudación (erosión y movimientos de ladera). Lo anterior significa, que son laderas predispuestas por las capas de rocas resistentes (litológicamente), donde se detuvo la denudación general (complejo de los procesos de denudación, como erosión o movimientos de ladera) de las superficies estructurales originales. Generalmente son laderas planas con poca inclinación hasta bien inclinadas. Depende donde (en que parte del Paleovolcán) se preservan. Sobre el pie del cuerpo volcánico tienen poca inclinación, pero sobre las laderas volcánicas originales son muy inclinadas. La superficie puede estar cubierta por restos de los productos volcánicos más jóvenes como el TB o TBJ (de la Caldera de Ilopango), cenizas y escorias de Volcán San Salvador o centros volcánicos locales más pequeños. Esta cubierta siempre está erosionada según la resistencia de los estratos. Hay planicies de diferentes niveles de altura que corresponden a capas de flujos piroclásticos y lavas consolidadas que están ubicados entre los barrancos, quebradas o cañones bien profundos y donde es importante dejar una distancia de protección en los escarpes expresivos de ladera de los drenajes.

Superficie estructural más joven de Ilopango (erosionada): son laderas poco inclinadas y relativamente planas de tobas de tierra blanca antiguas, siendo cubiertas las superficies por las últimas actividades volcánicas de un volcán activo en SRMSS. Con respecto a las tobas de la Caldera de Ilopango, corresponden a estructuras de tierra blanca joven (TBJ) que se conservan. La Caldera de Ilopango produjo caída y flujos piroclásticos de (TBJ), que cubren una extensión importante alrededor de la Caldera de Ilopango (de Lago de Ilopango). Esta cubierta por TBJ actualmente y en su mayoría está erosionada por la erosión fluvial, pero aún se conservan restos de la superficie estructural original, que todavía no están impactados por la erosión.

Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico: representa el relieve sobre los restos de los volcanes antiguos. Generalmente son laderas planas con poca hasta

mucha inclinación y depende donde (en que parte de Paleovolcán) se preservan. El pie del cuerpo volcánico tiene poca inclinación, pero sobre las laderas volcánicas originales son más inclinados (ejemplo: El Picacho). En su mayoría están predispuestas litológicamente, hay capas de ignimbrita, lava o epiclasticos consolidados. La superficie puede estar cubierta por restos de los productos volcánicos más jóvenes como TB o TBJ (de la Caldera de Ilopango) o cenizas y escorias del Volcán San Salvador o centros volcánicos locales más pequeños. Esta cubierta siempre está erosionada según la resistencia de las capas. Las superficies estructurales son también las laderas que generan las formas volcánicas de los centros volcánicos locales.

Terraza fluvial: es una terraza que se origina debido a la acumulación de grava en la llanura aluvial antigua y que está cortada por la erosión vertical de río, quedando como resto de llanura aluvial antigua.

Vertiente tectónica o plano de falla desnuda: son las superficies sobre la que se ha producido el movimiento de una falla horizontal, vertical u oblicua. Debido a la denudación son laderas más o menos inclinadas, generalmente fracturadas por los procesos tectónicos ya que corresponden con las fallas tectónicas que son en su mayoría activas. Frecuentemente están impactadas por sismos y ocurren derrumbes. Dependiendo de la inclinación de la ladera puede suceder erosión fluvial y movimientos de ladera.

Volcán escudo: se forma debido a erupciones de lava bastante fluidas (basaltos), el cono lávico es el cráter donde sale el flujo lávico. La inclinación de ladera siempre está poco inclinada y la superficie corresponde con flujos lávicos, que se meteorizan rápidamente a laterita. La mayoría de los volcanes escudos en la SRMSS son antiguos y en la superficie hay núcleos de bloques de lava como un pavimento que ahora protege el resto del perfil laterítico contra la erosión.

Trayectoria de flujos potenciales: son caminos o quebradas donde siempre pasan los flujos de escombros. Generalmente están erosionados hasta la roca de fundamento, pero en los cuales los restos de flujos o acumulaciones de flujos pequeños se quedan en la trayectoria, esperando otro más grande. Las trayectorias se puedan cambiar por erosión fluvial a quebradas.

Cuesta de Erosión: es un borde con escarpe, como una forma de relieve producida por la erosión y denudación. Esto se da generalmente en aquellas partes donde los terrenos tienen sus capas ligeramente inclinadas (una capa más resistente a la erosión las forma y eso la hace un área estable). En la SRMSS, las cuestas limitan siempre las superficies estructurales. La formación de una cuesta supone la existencia de capas alternativamente duras y blandas, todas ellas ligeramente inclinadas.





Falla: son zonas de debilidad y discontinuidad que se forman en las rocas someras de la tierra (~200 Km de profundidad) que se fracturan cuando concentraciones de fuerzas tectónicas exceden la resistencia de las rocas. Cuando la actividad en una falla es repentina y abrupta, se puede producir un fuerte sismo e incluso una ruptura de la superficie formando una forma topográfica llamada escarpe de falla (vertiente tectónica o plano de la falla desnuda). Son zonas de recarga y transporte de agua subterránea, pero también pueden actuar como barrera para el agua subterránea. Las fallas investigadas por análisis exodinámico representan líneas marcadas en la morfología del relieve y se supone, que se originan por los movimientos tectónicos, las cuales son afectadas por sismos. Debido a algunas fallas ocurren movimientos de estructuras geológicas importantes como el colapso de Fosa Central (depresión salvadoreña). El sistema de fallas marginales relacionadas al colapso del Graben, el cual está conectado con el proceso de subducción en la costa del Océano Pacífico son sísmicamente activas (Colina Santa Tecla, 2001). Son zonas de recarga y transporte de agua subterránea, pero también pueden actuar como barrera para el agua subterránea. Estas fallas pueden delimitar la ubicación de los acuíferos principales. Las fallas pueden tener movimientos verticales y horizontales. Hay tendencia de extensión en las fallas (Baratoux, 2006). Se supone, que las fallas en la Fosa Central son activas.

Colapso estructural y gravitacional de relieve: sistema de fallas asociados a colapso del Graben Central.

Barranco o valle de forma de V: tienen el cauce excavado por la escorrentía superficial concentrada. En la cuenca alta donde la inclinación es alta, generalmente tienen forma de V. Predomina la erosión vertical.

Quebrada: es una corriente natural de agua que normalmente fluye continuamente, pero que, a diferencia de un río, tiene escaso caudal, que puede desaparecer durante el verano. En la SRMSS, generalmente predomina la erosión vertical y las quebradas son el resultado de estos procesos.

Valle ancho: este tipo de valle se da en relieve plano o equilibrado donde no hay erosión vertical, solamente lateral. Puede darse recarga acuífera (especialmente en zonas fracturadas o con fallas) ya que el agua corre despacio.

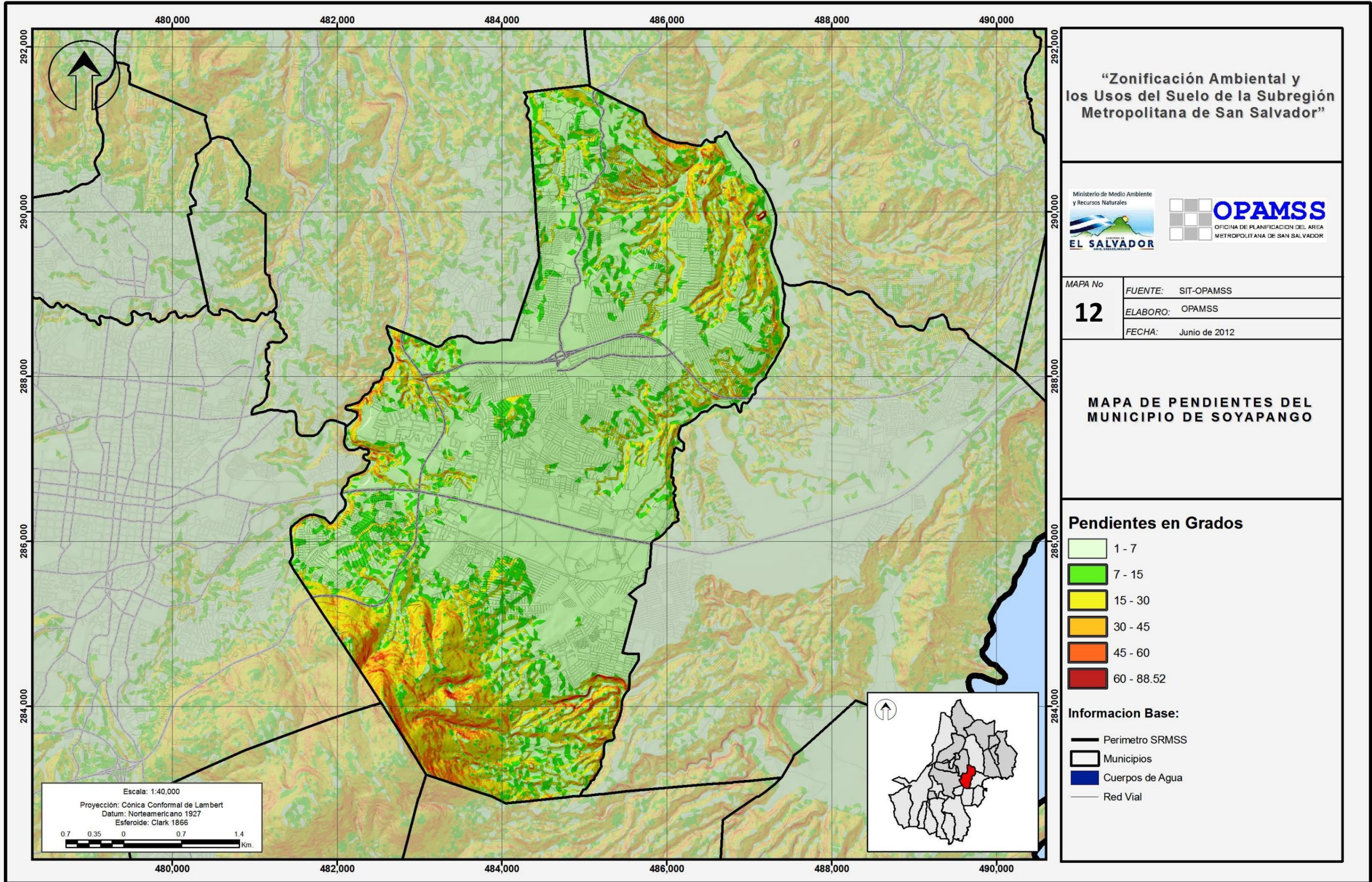


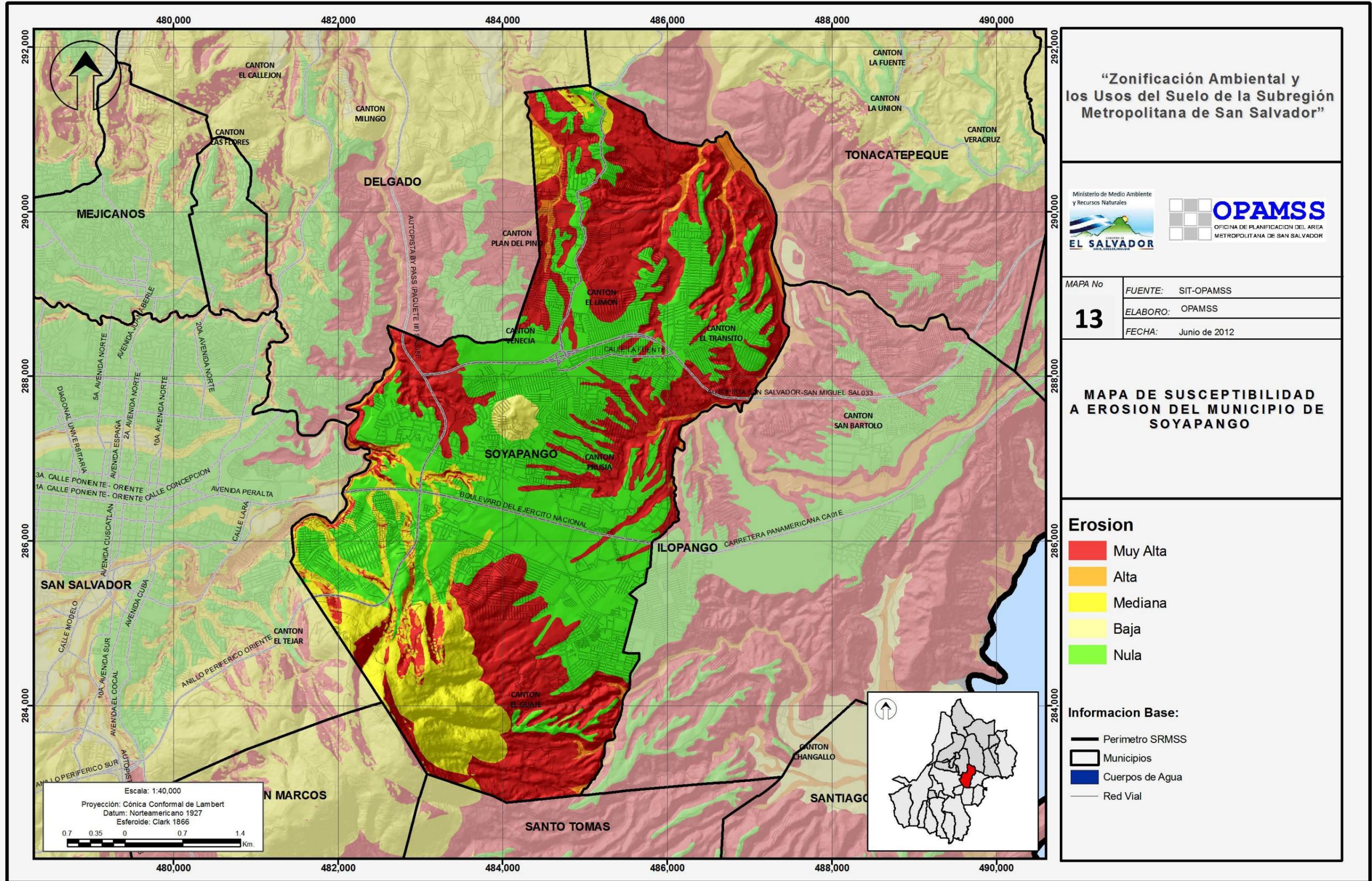
Fotografía N° 11. Sector de Badlands. Colonia El Reparto 3 y comunidad 3 de enero

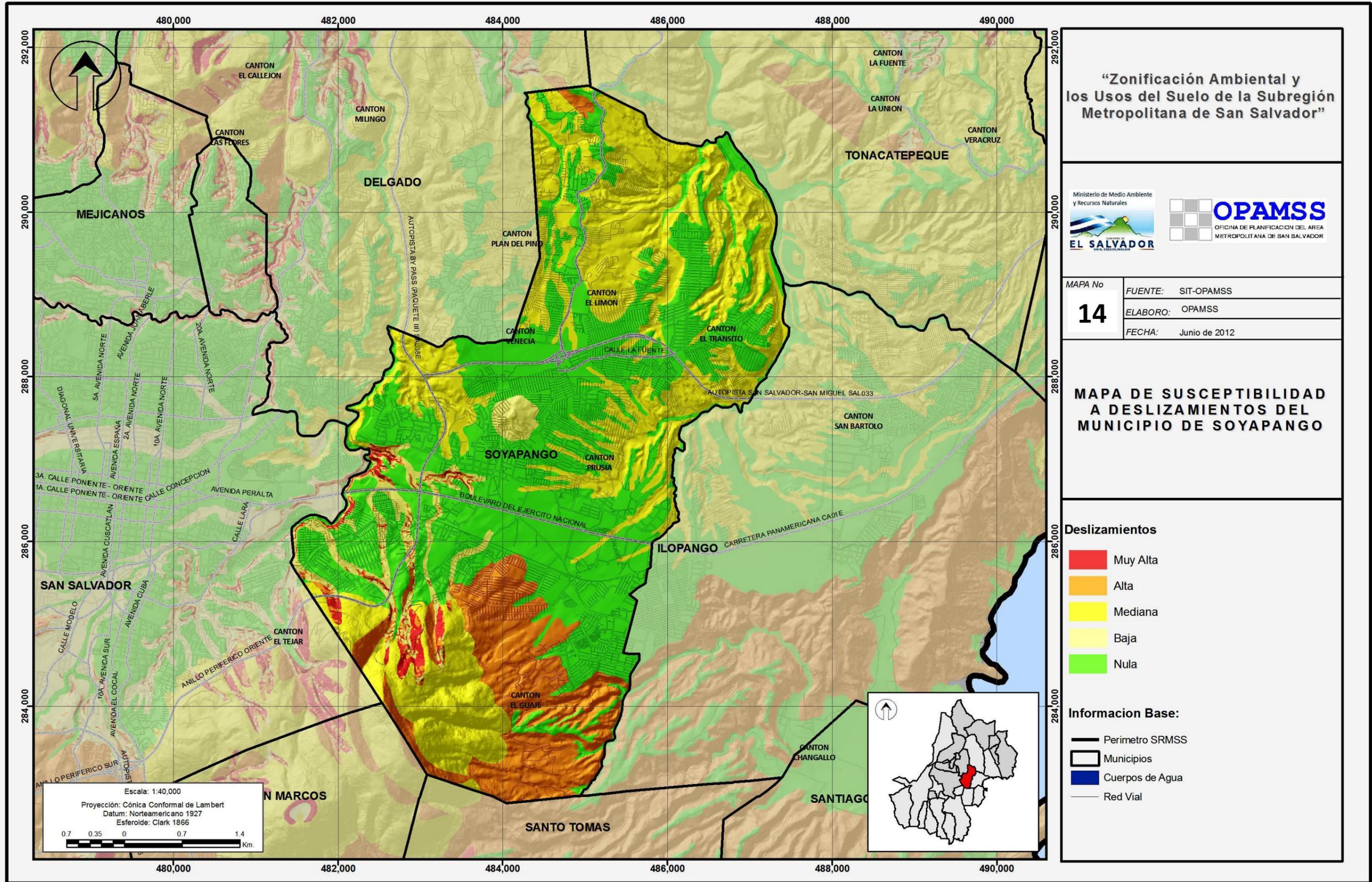
Municipio	Departamento	Clasificación	Área (km ²)	Área (Ha)	% en Municipio
SOYAPANGO	SAN SALVADOR	Badlands (área de erosión densa contemporánea)	7.77	777.15	27.50
		Bloque diastrófico en caldera con Badlands	3.16	315.73	11.17
		Domo	0.24	24.30	0.86
		Ladera de erosión o denudación (generalmente)	1.53	152.50	5.40
		Llanura aluvial	0.73	73.10	2.59
		Planicie volcánica fluvial políciclica	2.06	205.96	7.29
		Resto tectónico de Ilopango Antiguo	0.22	22.46	0.79
		Resto tectónico de la forma volcánica (domo dacítico)	2.17	216.64	7.67
		Superficie estructural más joven de Ilopango	9.93	993.40	35.15
		Vertiente tectónica o plano de la falla desnuda	0.45	45.07	1.59
		Total	28.27	2826.51	100.00

Tabla N° 8. Unidades geomorfológicas en el Municipio de Soyapango



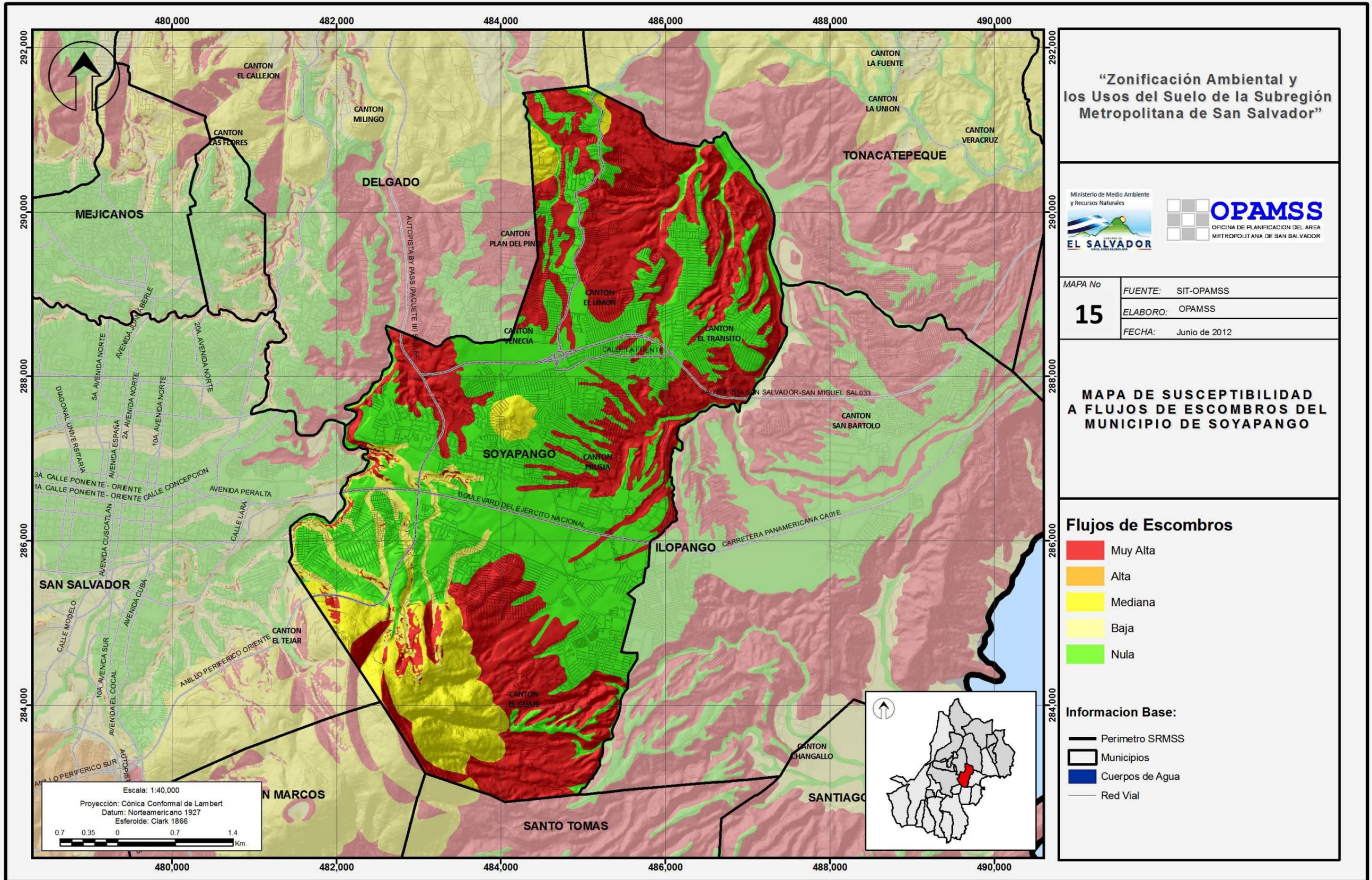






Mapa de susceptibilidad a deslizamientos







Susceptibilidad a movimientos de ladera

Los procesos geomorfológicos que actúan en la región se dividen en: endógenos (fuerzas internas de La Tierra) y exógenos (factores o fuerzas externas que afectan la superficie terrestre, incluyendo la intervención antrópica).

El mapa geomorfológico describe que los factores y procesos que tienen que ver con las formas del relieve pueden clasificarse en: tectónicos, estructurales, de denudación y de acumulación.

Las fuerzas que edifican el relieve, empujando, plegando, rompiendo, elevando y hundiendo fragmentos de la corteza terrestre son las fuerzas tectónicas. Las formas estructurales tienen que ver con el relieve formado debido a procesos volcánicos, tales como laderas volcánicas o cráteres, por ejemplo.

La denudación es el conjunto de procesos que degradan el relieve, que pueden acentuar los desniveles e incluye los procesos de erosión, así como, movimientos de ladera. Al terminar de nivelar la superficie, puede reanudar su trabajo de excavación luego que exista una nueva alteración en el relieve, ya sea por procesos endógenos o por exógenos. Gracias a la diferencia de resistencia litológica (dureza o resistencia) en las rocas se obtienen las formas del relieve.

Las unidades y formas geomorfológicas se dividen según su tipo genético, por ejemplo las *endógenas* pueden dividirse en: origen tectónico (la depresión salvadoreña y fallas) y por actividad volcánica (volcanes, calderas, maares, domos, etc.). Las *exógenas* se pueden dividir en erosión (retrógrada, en el sistema de drenaje, de suelo, subterránea, etc.); movimientos de ladera (reptación, deslizamiento, flujo, derrumbe); meteorización de las rocas, acumulación de aluvión (conos aluviales, lecho de río); inundación (llanura aluvial, lecho de río, agravación de aluviones) y actividad humana (todos tipos de urbanización y formas antrópicas).

Cada unidad del Mapa Geomorfológico de la SRMSS fue clasificada según su susceptibilidad a determinada amenaza; esta clasificación se hizo con base al conocimiento de los procesos dinámicos endógenos y exógenos, rangos de pendientes, visitas de campo, problemática observada debido a lluvia y sismos, además de lo observado en las fotografías aéreas.

Mapa 12. Pendientes.

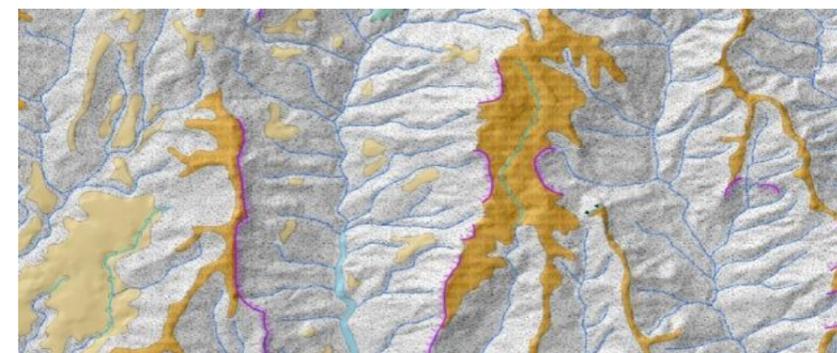
El mapa de pendientes refleja las condiciones topográficas en función del relieve y la inclinación del terreno, lo cual es un insumo para la generación de los mapas de

susceptibilidad a movimientos de ladera. Para la elaboración del mapa de pendientes es necesario contar con un mapa de curvas de nivel o de preferencia un modelo digital de elevaciones. La definición de los rangos de pendientes fue determinada con la herramienta *Slope/Degree* de ArcGIS en el modelo de elevación de curvas a cada 10 m. El raster obtenido fue clasificado en diferentes rangos (0-15, >15, 15-25, >25; 0-20 y >20) usando la herramienta *Reclassify* de ArcGIS.

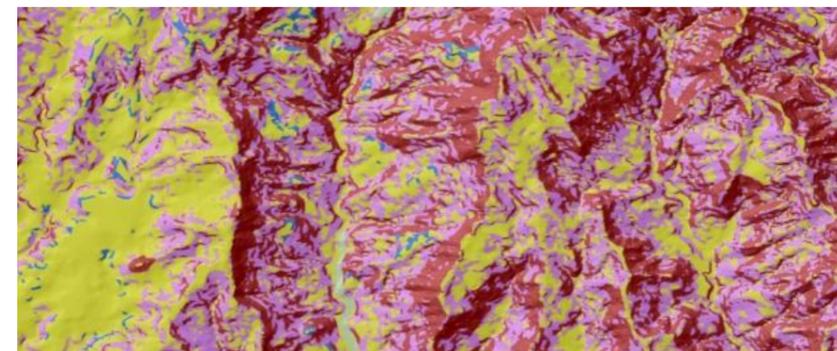
A continuación se muestra la secuencia para la construcción de los mapas de susceptibilidad a erosión, deslizamientos y flujos de escombros, a partir del mapa de pendientes y geomorfológico (Mapa 11).



Paso 1. Construcción de mapa de sombra mostrando también las curvas de nivel a 10m.

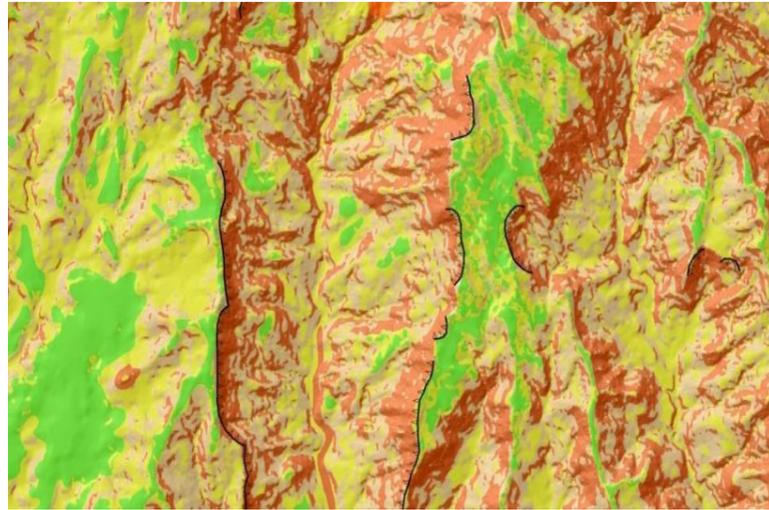


Paso 2. Desarrollo de mapa geomorfológico tomando como base las fotografías aéreas de los años '40, visitas de campo y la interpretación de la imagen satelital WorldView 2011 – 2012. Se digitalizó utilizando un sistema de información geográfico.



Paso 3. Construcción de mapa de pendientes en grados obtenido a través de las curvas de nivel a 10m





Paso 4. Al realizar un cruce entre el mapa geomorfológico y el mapa de pendientes, se obtuvo información de las condiciones de cada unidad geomorfológica situada en el territorio, relacionada con la inclinación respecto a la horizontal (pendiente). Luego se definió una categoría de las unidades geomorfológicas según problemáticas y dinámicas de erosión, deslizamientos y flujos de escombros

Imagen N° 1. Proceso de construcción de los mapas de susceptibilidad a movimientos de laderas.

Mapa N° 13. Susceptibilidad a la erosión.

Susceptibilidad muy alta

- Badlands
- Vertiente tectónico o plano de la falla desnuda (con inclinación más alta que 20 grados)
- Escarpe expresivo de forma volcánica (con inclinación más alta de 20 grados y toda la unidad escarpe expresivo de forma volcánica con Badlands)
- Ladera de erosión (más de 25 grados de inclinación)
- Superficie estructural de la forma genética del centro volcánico (más inclinados que 25 grados)
- Bloque diastrófico en Caldera con Badlands

Susceptibilidad alta

- Ladera de erosión (entre 15 y 25 grados de inclinación)
- Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico (de estratovolcán, cono cinerítico de escoria, maar, domo y superficie estructural de sistema volcánico entre 15 y 25 grados de inclinación)
- Cono aluvial activo
- Llanura aluvial
- Acumulación de deslizamiento
- Acumulación de derrumbe

Susceptibilidad mediana

- Ladera de erosión (menos de 15 grados de inclinación)

- Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico (estratovolcán, cono cinerítico de escoria, maar, cono lávico y superficie estructural de sistema volcánico menos inclinado que 15 grados)
- Resto tectónico de la forma volcánica (resto tectónico de la forma volcánica y resto tectónico de la forma volcánica (domo dacítico))
- Superficie estructural exhumada (más de 15 grados de inclinación)
- Relleno poligenético de valle o depresión con drenaje
- Bloque diastrófico
- Vertiente tectónico o plano de la falla desnuda (con inclinación menor de 20 grados)
- Escarpe expresivo de forma volcánica (con inclinación menor que 20 grados)

Susceptibilidad baja

- Cono aluvial fósil
- Terraza fluvial.
- Superficie estructural exhumada (menor de 15 grados)
- Superficie estructural más joven (flujo lávico superior e inferior y superficie estructural más joven de Ilopango (erosionada))
- Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico (Domo y volcán escudo)

Susceptibilidad nula

- Relleno poligenética de la depresión sin drenaje
- Planicie volcánica poligenética y policíclica
- Superficie estructural más joven de Ilopango

Mapa N° 14. Susceptibilidad a Deslizamientos.

Susceptibilidad muy alta

- Escarpe expresivo de forma volcánica
- Ladera de erosión y denudación y su orilla (inclinación de ladera de más de 25 grados)
- Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico (más que 25 grados de inclinación)
- Zona con meteorización profunda
- Cabecera de movimiento de ladera

Susceptibilidad alta

- Ladera de erosión y denudación y su orilla (inclinación de ladera entre 15 y 25 grados)
- Acumulación de deslizamiento





- Bloque diastrófico (especialmente en partes meteorizadas)
- Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico (inclinación de ladera entre 15 y 25 grados)
- Superficie estructural exhumada (más de 15 grados de inclinación)
- Escarpe expresivo de forma volcánica
- Vertiente de falla o plano de falla desnuda

Susceptibilidad mediana

- Resto tectónico de la forma volcánica
- Badlands

Susceptibilidad baja

- Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico (Estratovolcán, cono cinerítico de escoria, maar, domo, cono lávico y superficie estructural de sistema volcánico con inclinación de ladera de menos de 15 grados)
- Acumulación de derrumbe
- Superficie estructural exhumada (menos de 15 grados de inclinación)
- Ladera de erosión y denudación y su orilla (inclinación de ladera menor que 15 grados)
- Relleno de depresión o de valle con drenaje
- Relleno sanitario

Nula

- Superficies estructurales más jóvenes (flujo lávico superior e inferior, superficie estructural más joven de Ilopango y superficie estructural más joven de Ilopango (erosionada))
- Cono aluvial activo
- Llanura aluvial
- Relleno de depresión sin drenaje
- Cono aluvial fósil
- Terraza fluvial
- Planicie volcánica fluvialpoligenética y policíclica

Mapa N° 15. Susceptibilidad a Flujo de escombros.

Susceptibilidad muy alta

- Escarpe expresivo de la forma volcánica (escarpe expresivo de la forma volcánica y escarpe expresivo de la Caldera de Ilopango con Badlands)
- Ladera de erosión y denudación y su orilla (con inclinación más de 25 grados)
- Badlands
- Cabecera de movimiento de ladera
- Trayectoria de flujo

- Acumulación de deslizamiento
- Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico (más de 25 grados de inclinación)
- Bloque diastrófico en Caldera con Badlands
- Zona de meteorización profunda
- Vertiente de falla o plano de falla desnuda

Susceptibilidad alta

- Bloque diastrófico
- Resto tectónico de la forma volcánica (Guaycume)

Susceptibilidad mediana

- Ladera de erosión y denudación y su orilla (con inclinación de entre 15 y 25 grados)
- Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico (de entre 15 y 25 grados de inclinación)
- Superficie estructural exhumada (más de 15 grados de inclinación)
- Resto tectónico de la forma volcánica (domo dacítico, resto tectónico de la forma volcánica y resto tectónico de Ilopango antiguo)
- Relleno de depresión o de valle con drenaje

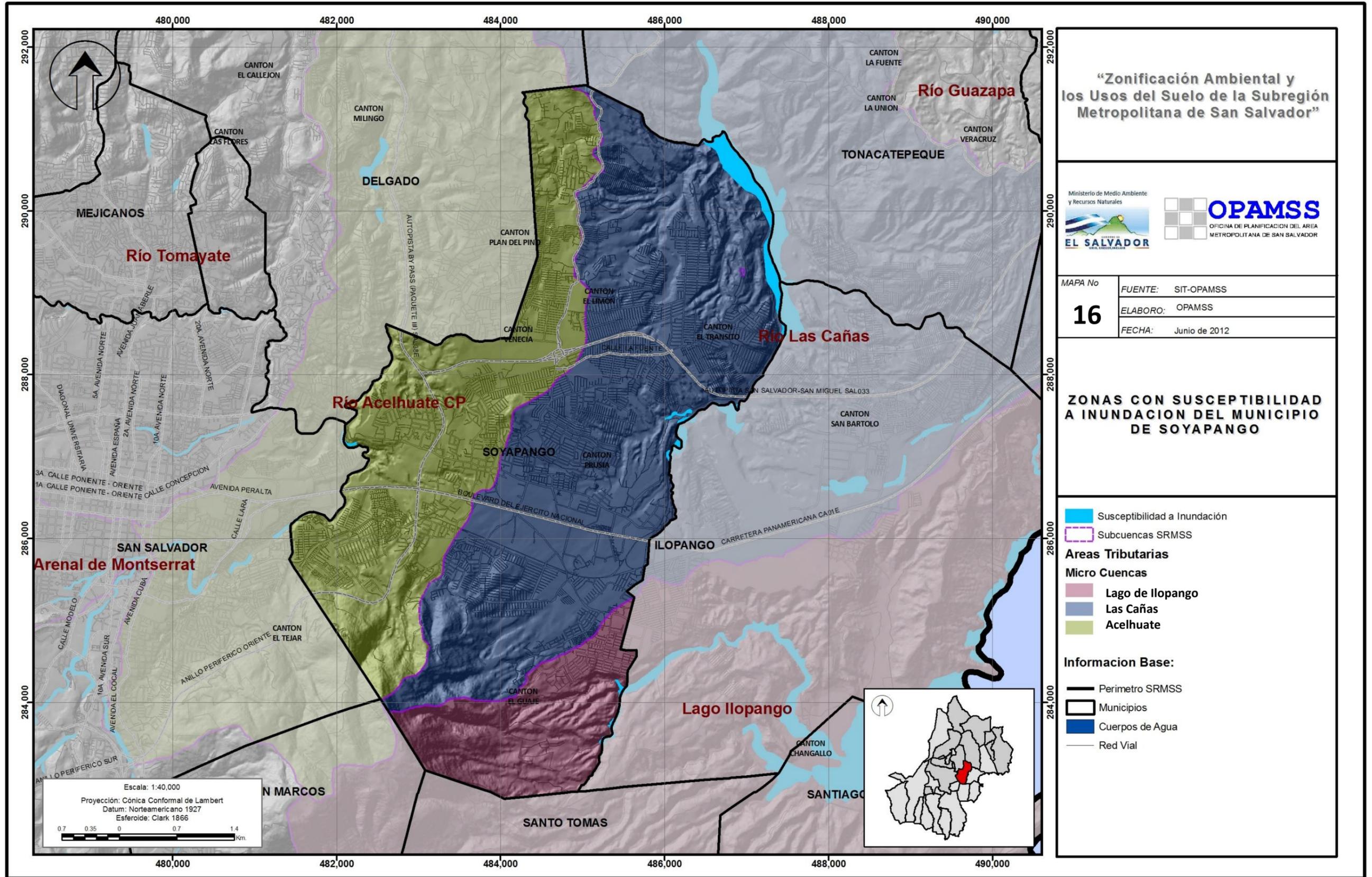
Susceptibilidad baja

- Ladera de erosión y denudación y su orilla (con inclinación de menos de 15 grados)
- Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico (estratovolcán, domo, cono lávico y superficies estructurales de sistemas volcánicos con menos que 15 grados de inclinación)
- Superficie estructural exhumada (menos de 15 grados de inclinación)
- Superficie estructural más joven (flujo lávico superior e inferior y superficie estructural más joven de Ilopango (erosionado))
- Superficie estructural de la forma genética de centro volcánico (selección de cono cinerítico de escoria, maar y volcán escudo casi planos)
- Relleno sanitario
- Cono aluvial activo
- Acumulación de derrumbe
- Cono aluvial fósil

Nula

- Superficie estructural más joven de Ilopango
- Planicie volcánica fluvialpoligénica y policíclica
- Terraza fluvial
- Llanura aluvial





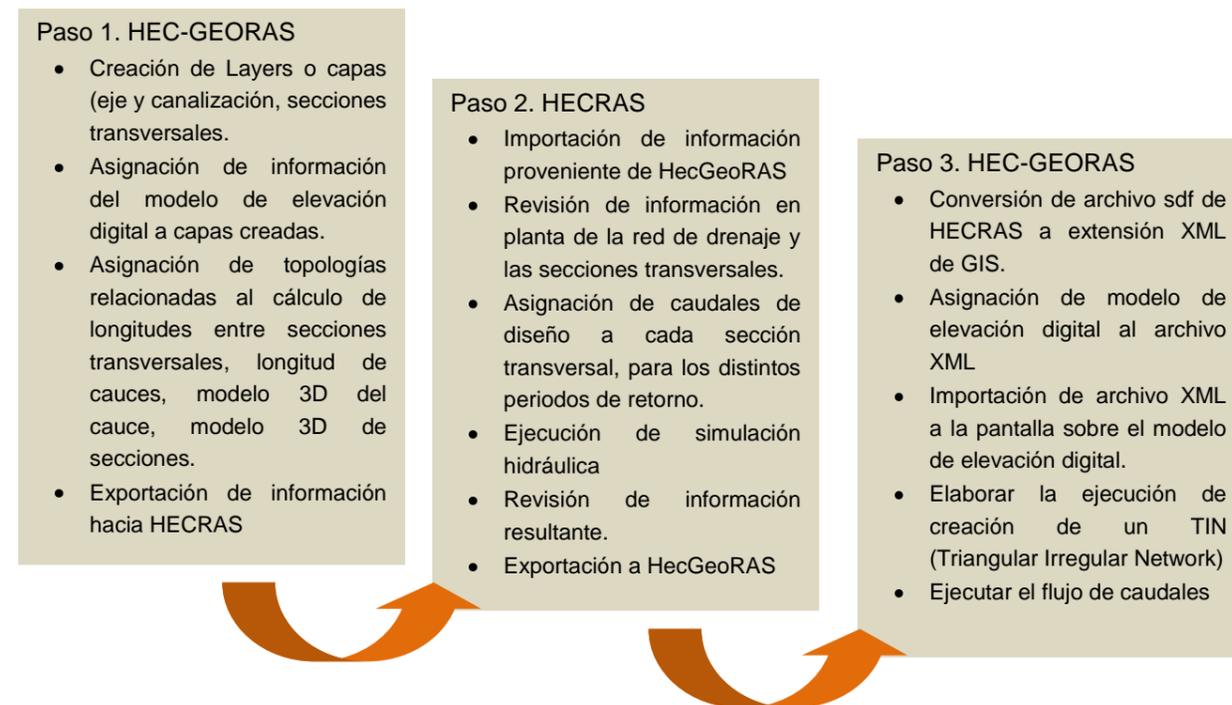


Mapa N° 16. Zonas con susceptibilidad a Inundación

El mapa de susceptibilidad a inundaciones se obtuvo a partir de elaborar un análisis hidrológico e hidráulico para los principales ríos y quebradas de la Subregión Metropolitana de San Salvador. Para ello, se utilizaron como insumos importantes las curvas de nivel y el modelo de elevación digital en escala 1:10,000, productos del análisis de la toma de imagen satelital WorldView 2011 – 2012. El principio básico de la simulación hidráulica fue el tránsito de caudales en las secciones transversales de los ríos y quebradas, para lo cual se utilizaron algunos programas complementarios a los sistemas de información geográfica (SIG).

Con los niveles de aguas máximas en las secciones transversales de los ríos y quebradas, se procedió a sobreponer la planimetría e imagen satelital a fin de identificar aquellas zonas con susceptibilidad a inundaciones, ya sea en zonas urbanas o rurales. Una zona inundable es aquel sitio afectado al momento que el agua lluvia de un cauce se sale de su canal principal ocupando sus llanuras de inundación.

En forma de resumen, los procesos que se realizan en cada etapa se explican en el siguiente diagrama



Esquema N° 1. Análisis hidráulico para cauces de la Subregión Metropolitana de San Salvador

Digitalización de ríos y quebradas

Con las herramientas existentes en la barra de tareas de HecGeoRAS, en la viñeta RAS Geometry / Create Layers se inicia la digitalización de ríos y quebradas. Las capas utilizadas para tal fin son las curvas de nivel a 5m y un mapa de sombra elaborado a partir del modelo de elevación digital (MDE), ambos obtenidos a partir de la información de las tomas y procesamiento de las imágenes satelitales WorldView 2011 - 2012

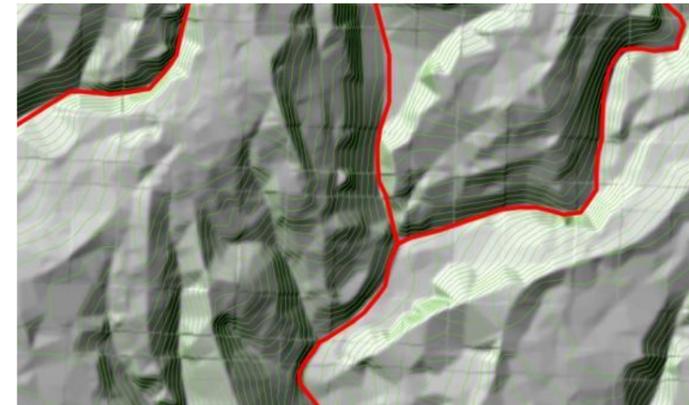


Imagen N° 2. Ríos digitalizados sobre curvas de nivel y mapa de sombra productos del procesamiento de la imagen satelital WorldView 2011 – 2012

Las secciones transversales (XScuts) deben ser delineadas de izquierda a derecha y desde aguas arriba hacia aguas abajo si se realizan paso a paso. Si el proceso se automatiza se debe definirse dos valores, la distancia de separación entre sección y sección, así como también definir el ancho de la franja de sección transversal.

La distancia promedio en esta cuenca es cercana a los 50 m y fueron ingresadas manualmente. En las zonas de meandros se demarcaron a una menor distancia, con el fin de cubrir la morfología del cauce.

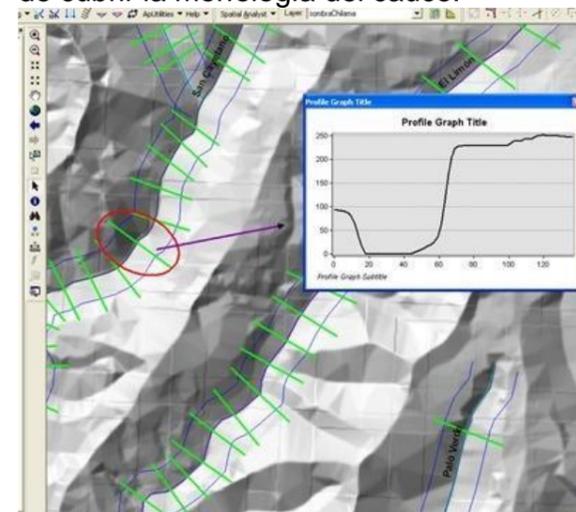


Imagen N° 3. Ubicación de secciones transversales sobre el cauce, para la extracción de información topográfica del modelo de elevación digital (mde), que sirvió para la modelación hidráulica en los ríos y quebradas.



3. ZONIFICACION AMBIENTAL Y USOS DE SUELO

Para la construcción de la propuesta de Zonificación Ambiental y usos de suelo, se partió de la elaboración de mapas de aptitud, a partir de la información disponible. Estos mapas permiten identificar, en el territorio, las áreas con mayor aptitud o idoneidad a una categoría definida (detalladas posteriormente y que básicamente son las zonas de conservación ambiental, desarrollo rural y desarrollo urbano). Una vez se presenta la aptitud, se procede a trabajar el conflicto de uso, a partir de la superposición de los mapas de aptitud con el mapa actualizado de uso de suelo. Este conflicto permite conocer las zonas que, aunque tengan aptitud por ejemplo, para la conservación ambiental, presentan algún grado de conflicto.

La zonificación general de la SRMSS, básicamente se constituye de tres grandes zonas:

- **Zona de conservación ambiental:** para efectos de esta Zonificación Ambiental, el concepto de zona de Conservación Ambiental considera los territorios identificados para la protección de los recursos naturales y ecosistemas, además del mantenimiento, rehabilitación, restauración, manejo y mejoramiento de los mismos.
- **Zona de desarrollo rural:** el desarrollo rural se concibe como un proceso localizado de cambio social y crecimiento económico sostenible del territorio, fuera de los núcleos considerados urbanos, que exige la participación activa de la propia población. Esta zonificación tiene por finalidad mejorar las condiciones de vida y trabajo que conlleve a la creación de empleo y riqueza, compatibles con la preservación del medio y del uso sostenible de los recursos naturales.
- **Zona de desarrollo urbano:** el desarrollo urbano puede entenderse como la organización de las actividades urbanas en conformidad con las características, condicionantes y potencialidades de uso y aprovechamiento del territorio y sus recursos.

Las tres zonas anteriormente descritas se dividen en categorías, las cuales a su vez están compuestas por subcategorías:

1. Zona de conservación ambiental

1.1 Categoría de zonas de protección ambiental

En estas zonas se busca el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas presentes, por tal razón, merecen ser protegidas por razones de su biodiversidad al tener en

cuenta la flora, fauna, suelo, recurso hídrico y entorno paisajístico. Además se incluyen territorios con alta susceptibilidad a amenazas que requieren de ser protegidos y recuperados ambientalmente a fin de minimizar los riesgos.

En esta categoría se encuentran las subcategorías: **Áreas de uso restringido**, definidas como las áreas en las que los propietarios tendrán la obligación de manejar de manera sostenible, la vegetación existente en los siguientes casos: presencia de nacimientos de agua, terrenos riberanos de ríos y quebradas, terrenos adyacentes a lagos, zonas de recarga acuífera y zonas de susceptibilidad a amenazas; **Áreas naturales protegidas**, definidas como áreas del territorio propiedad del Estado, del municipio, de entes autónomos o de propietarios privados, legalmente establecida. Tienen como objeto posibilitar la conservación, el manejo sostenible y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales. Además, con alto significado por su función o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores que preserve el estado natural de las comunidades bióticas y los fenómenos geomorfológicos únicos; **Áreas naturales en proceso de designación**, siendo áreas del Estado, privadas, municipales y de entidades autónomas, que presentan viabilidad a la conservación por la representatividad de ecosistemas o comunidades en lo regional o nacional. También, que cuentan con un dictamen técnico de los valores naturales del área y las aptitudes de las mismas; **Áreas de ecosistemas de bosques y/o cafetales**, definidas como las áreas de bosques y/o cafetales que requieren protección por sus funciones Ecosistémicas y servicios ambientales; y **Áreas de reserva forestal**, definidas mediante Decreto del Órgano Legislativo, identificadas como porciones del territorio con valores ambientales significativos.

1.2 Categoría de rehabilitación y/o restauración ambiental

Son aquellas zonas que requieren restablecer los componentes del medio ambiente que han sido afectados hacia una condición similar a la que tenían con anterioridad o al menos a restablecer sus propiedades básicas. La restauración se refiere a zonas que han sufrido alteraciones en su ambiente natural, y que mediante procesos de recuperación de los ecosistemas, pueden alcanzar una estructura y funciones originales. Las áreas comprendidas en esta categoría, una vez rehabilitadas y restauradas a un estado deseable, pasan a formar parte de las áreas de protección ambiental.





Dentro de esta categoría se ubican las subcategorías: **Áreas a rehabilitar**, identificadas como aquellas áreas que han experimentado procesos de degradación ambiental que afectan la calidad de los recursos naturales y otros componentes del ambiente. Ejemplo de áreas a rehabilitar, son los botaderos que han sido o son clausurados (tanto de ripio como de desechos sólidos), zonas de extracción de pétreos y áridos, áreas altamente contaminadas accidentalmente y las áreas de alta erosión; y **Áreas de recuperación de ecosistemas**, conceptualizadas como aquellas que han sido objeto de procesos de deforestación o que han sido utilizadas para prácticas agrícolas inadecuadas.

2. Zona de desarrollo rural

2.1 Áreas de desarrollo agropecuario y forestal

En esta categoría se considera el potencial productivo, tanto agrícola como pecuario y forestal. Se perfilan actividades económicas propias de las zonas rurales en coherencia con las características topográficas, edafológicas, climáticas, agrológicas y forestales de sus territorios. Son además, zonas que requieren un uso racional y sostenible de los recursos agua, suelo, flora y biodiversidad.

Dentro de esta categoría se incluyen las subcategorías: **Áreas agrícolas**, territorios con suelos que presentan potencial para la productividad agrícola referida a cultivos con fines alimenticios o industriales (anuales o permanentes); **Áreas agropecuarias**, son aquellas zonas con potencial para el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias (ganado: vacas, caballos, cerdo o cabras y otras especies de animales); y **Áreas forestales**, territorios con cobertura arbórea, que se han establecido de manera natural o por acción humana.

3. Zona de desarrollo urbano

El desarrollo urbano puede entenderse como la organización de las actividades urbanas en conformidad con las características, condicionantes y potencialidades de uso y aprovechamiento del territorio.

3.1 Categoría de zonas urbanizadas

Conceptualizada como el área habitada y urbanizada que incluye un área edificada y que a partir de un núcleo central, presenta continuidad física en todas direcciones, hasta ser interrumpida por bosques, cultivos o cuerpos de agua.

Dentro de esta categoría se encuentran las subcategorías: **Áreas urbanas continuas**, son aquellas áreas construidas o construibles y continuas, que presentan obras de urbanización como red de agua potable, energía eléctrica, alumbrado público, red vial, evacuación de aguas residuales y drenaje de aguas lluvias; **Áreas urbanas discontinuas**, representadas por aquellas áreas construidas de forma dispersa donde se requiere de dotación de obras de urbanización para su desarrollo y consolidación; **Áreas con vacíos urbanos**, son aquellas zonas sin intervención o en desuso que se ubican dentro de las áreas urbanas continuas y que permiten la conexión, reconversión y reestructuración de las tramas urbanas existentes. Cuyo objetivo de intervención debe ser para evitar problemas urbanísticos de áreas degradadas y prevenir los que puedan surgir en el futuro; y **Áreas con restricción al desarrollo urbano**, son aquellos territorios con aptitudes a la conservación ambiental y el desarrollo rural, y que pueden presentar alta susceptibilidad de riesgos; en donde actualmente pueden existir asentamientos humanos o que potencialmente puedan ser desarrollados bajo ciertas condicionantes de uso, que conlleven a un crecimiento territorial controlado para evitar la degradación de los recursos naturales, pérdidas de las zonas productivas y el incremento del riesgo de las poblaciones.

Una vez construida la matriz de la Zonificación Ambiental con sus respectivas zonas, categorías, subcategorías y con la información gráfica disponible, se procedió a elaborar mapas de Zonificación Ambiental donde se pueden identificar, cartográficamente y en primer lugar, las áreas del territorio que deben ser conservadas ambientalmente. Así mismo, incluye la protección, mantenimiento, restauración, rehabilitación, manejo y mejoramiento. En segundo lugar, muestra las áreas destinadas al desarrollo rural, incorporando las actividades agrícolas, agropecuarias y forestales y en tercer lugar, las áreas de intervención para actividades relacionadas al desarrollo urbano. En la elaboración de la Zonificación Ambiental se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:





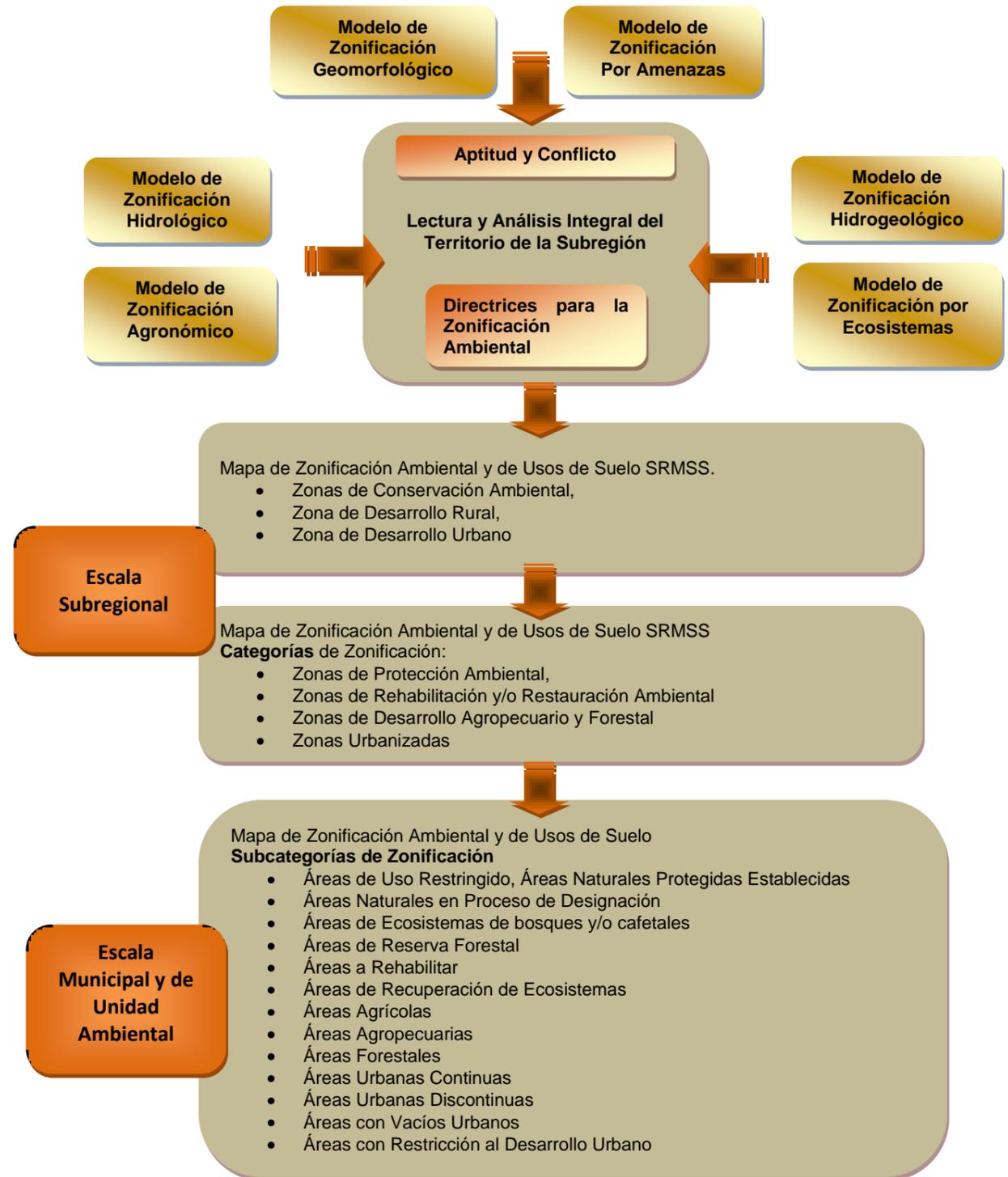
- La oferta ambiental, concebida como la capacidad actual y potencial para producir bienes y servicios ambientales en un área, de acuerdo a los elementos biofísicos, ambientales y sociales;
- La capacidad de restauración y/o recuperación que los elementos ambientales identificados posean, considerando las características de la zona en estudio;
- El factor de amenaza presente en el territorio a partir de la ocurrencia de fenómenos geológicos e hidrometeorológicos;
- La idoneidad del territorio para determinado uso;
- La demanda ambiental que está representada por el uso actual y los requerimientos de la población en el territorio e incluye el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales;
- El uso del suelo que define el uso actual del territorio; y
- Conflictos de uso originados entre las zonas de conservación ambiental, desarrollo urbano o desarrollo rural con el uso actual del suelo.

Con relación a la propuesta de Zonificación Ambiental, es necesario acotar, que los mapas resultantes no corresponden únicamente al cruce de variables o a un proceso desarrollado a partir de un sistema de información geográfico (SIG), sino a la combinación de factores y a la lectura integral del territorio.

Zona	Categoría	Subcategorías
Escala Subregional		Escala Municipal
Conservación Ambiental	Zonas de Protección Ambiental	Áreas de Uso Restringido
		Áreas Naturales Protegidas Establecidas
		Áreas Naturales en Proceso de Designación
		Áreas de Ecosistemas de Bosques y/o Cafetales
		Áreas de Reserva Forestal
	Zonas de Rehabilitación y/o Restauración Ambiental	Áreas a Rehabilitar
		Áreas de Recuperación de Ecosistemas
Desarrollo Rural	Zonas de Desarrollo Agropecuario y Forestal	Áreas Agrícolas
		Áreas Agropecuarias
		Áreas Forestales
Desarrollo Urbano	Zonas Urbanizadas	Áreas Urbanas Continuas
		Áreas Urbanas Discontinuas
		Áreas con Vacíos Urbanos
		Áreas con Restricción al Desarrollo Urbano

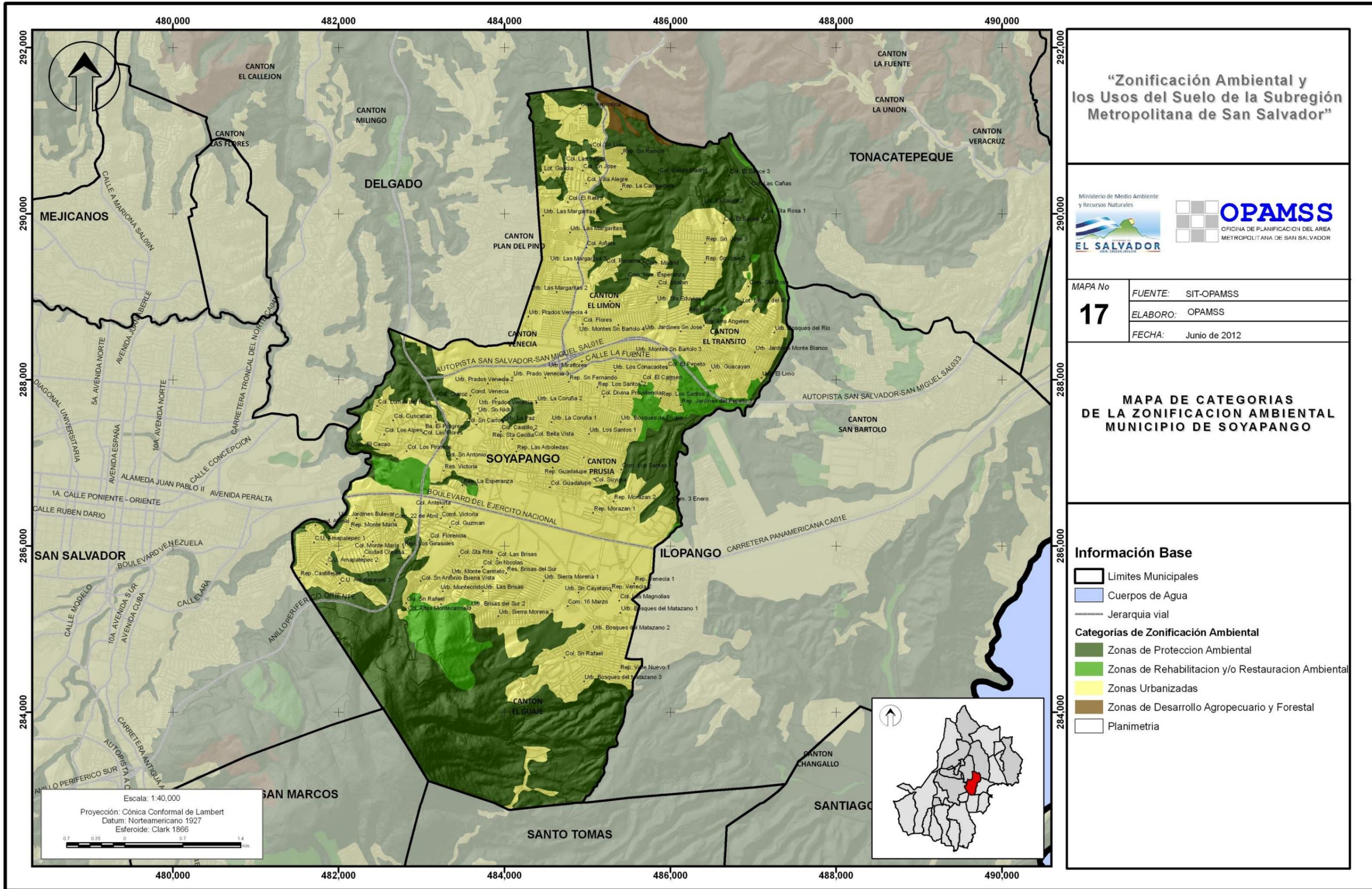
Tabla N° 9. Matriz de Zonificación Ambiental y Usos de Suelo

El siguiente esquema muestra el proceso para la construcción de los mapas de zonificación a diferentes escalas.



Esquema N° 2. Metodología para la construcción de la propuesta de Zonificación Ambiental





“Zonificación Ambiental y los Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador”

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

EL SALVADOR

MAPA No	FUENTE: SIT-OPAMSS
17	ELABORO: OPAMSS
	FECHA: Junio de 2012

MAPA DE CATEGORIAS DE LA ZONIFICACION AMBIENTAL MUNICIPIO DE SOYAPANGO

- Información Base**
- Límites Municipales
 - Cuerpos de Agua
 - Jerarquía vial
- Categorías de Zonificación Ambiental**
- Zonas de Protección Ambiental
 - Zonas de Rehabilitación y/o Restauración Ambiental
 - Zonas Urbanizadas
 - Zonas de Desarrollo Agropecuario y Forestal
 - Planimetría

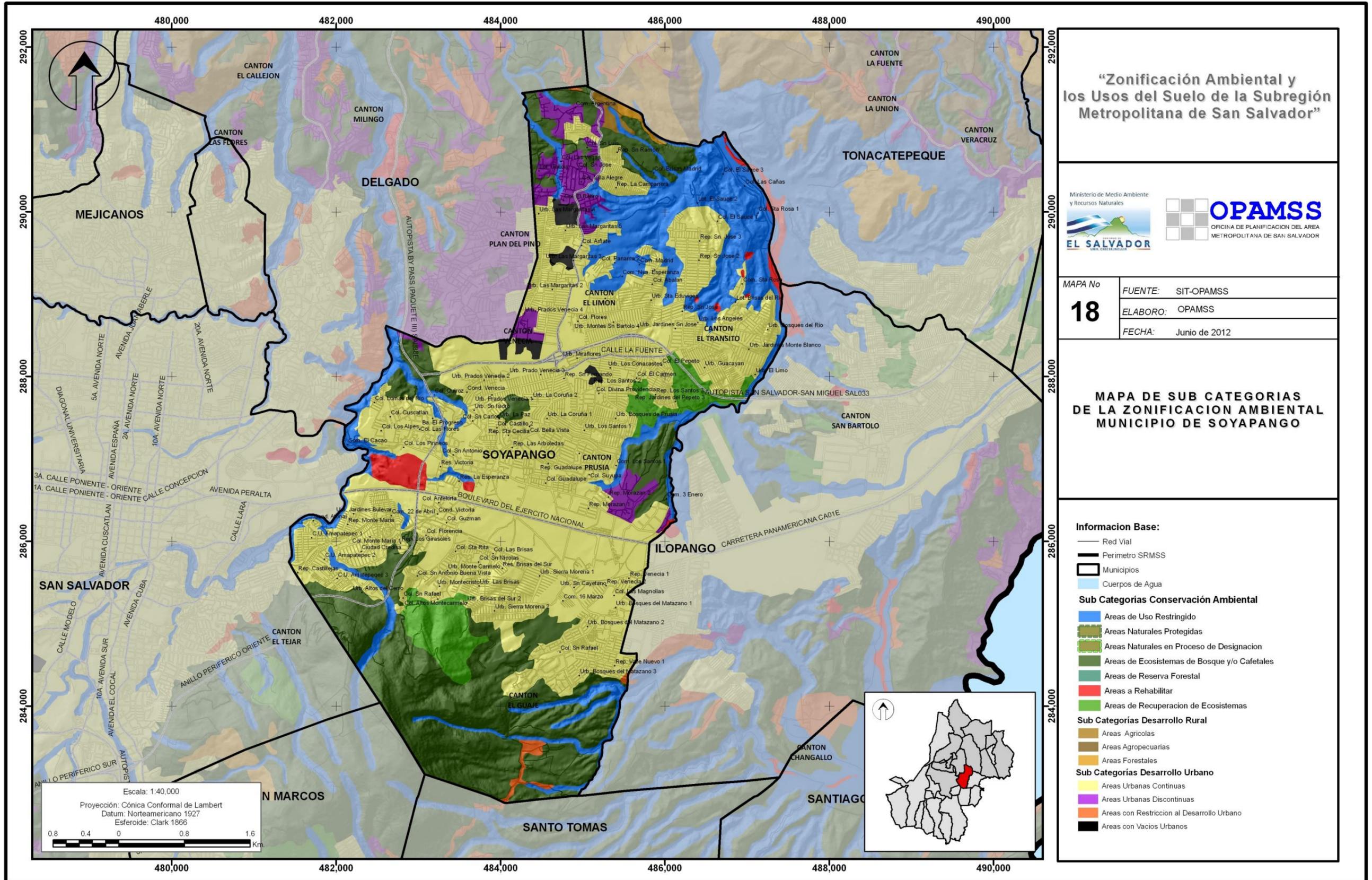
Mapa de categorías de la Zonificación Ambiental

Escala: 1:40,000
 Proyección: Cónica Conformal de Lambert
 Datum: Norteamericano 1927
 Esferoide: Clark 1866





Mapa de sub categorías de la
Zonificación Ambiental



“Zonificación Ambiental y los Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador”

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

MAPA No	FUENTE: SIT-OPAMSS
18	ELABORO: OPAMSS
	FECHA: Junio de 2012

MAPA DE SUB CATEGORIAS DE LA ZONIFICACION AMBIENTAL MUNICIPIO DE SOYAPANGO

- Información Base:**
- Red Vial
 - Perimetro SRMSS
 - Municipios
 - Cuerpos de Agua
- Sub Categorías Conservación Ambiental**
- Áreas de Uso Restringido
 - Áreas Naturales Protegidas
 - Áreas Naturales en Proceso de Designación
 - Áreas de Ecosistemas de Bosque y/o Cafetales
 - Áreas de Reserva Forestal
 - Áreas a Rehabilitar
 - Áreas de Recuperación de Ecosistemas
- Sub Categorías Desarrollo Rural**
- Áreas Agrícolas
 - Áreas Agropecuarias
 - Áreas Forestales
- Sub Categorías Desarrollo Urbano**
- Áreas Urbanas Continuas
 - Áreas Urbanas Discontinuas
 - Áreas con Restricción al Desarrollo Urbano
 - Áreas con Vacíos Urbanos





4. Directrices de Zonificación Ambiental

Directrices Específicas

- DIR - 1** Las zonas de conservación ambiental con subcategoría de Áreas de Ecosistemas de Bosques y Cafetales, consideradas como un ecosistema biótico autóctono o único (por ejemplo: bosques de chaparrales, bosques secos caducifolios, etc.), se deberán dejar en estado natural, para asegurar la continuidad de los procesos evolutivos que el ecosistema presenta para la conservación de la diversidad biológica de dicha zona; por lo que las acciones en dicha zona serán únicamente de protección y conservación. (según Ley del Medio Ambiente y su reglamento y Ley de Áreas Naturales Protegidas, así como lo establecido en las Ordenanzas municipales vigentes).
- DIR - 2** Los propietarios de los inmuebles privados que se ubiquen dentro de Áreas de Uso Restringido, están obligados a manejar de manera sostenible la vegetación existente, a fin de proteger: nacimientos de agua o manantiales, terrenos riberaños de ríos y quebradas, protección de partes altas de cuencas hidrográficas, en especial las que están en zonas de recarga hídrica, las áreas que por su potencial de deslizamiento debido a fuertes pendientes constituyen un peligro para las poblaciones y aquellos suelos accidentados, excesivamente pedregosos y arenosos como son los suelos clase VIII.
- DIR - 3** En áreas identificadas con restricción al desarrollo urbano, el municipio deberá prohibir la expansión y densificación de asentamientos por presencia de amenazas naturales, por su localización en zonas con alta aptitud a la conservación ambiental y al desarrollo rural, a fin de reducir los niveles de vulnerabilidad de la población y protección de los recursos naturales.
- DIR - 4** En las Áreas de Recuperación de Ecosistemas, se deberá promover y fomentar la conservación de los recursos naturales, por lo que se permitirá realizar acciones como reforestación, conservación de suelos y procesos de regeneración natural, entre otros y recuperar así la vegetación natural de dichas zonas.
- DIR - 5** Las zonas en donde se localicen bosques de galería deberán ser conservadas para la protección de cauces de ríos y quebradas.
- DIR - 6** Los municipios que integran la Subregión deben reconocer el uso potencial del suelo que la caracteriza, los cuales se constituyen en soporte de las visiones y modelos futuros del territorio, respetando las especificidades y particularidades de cada territorio y las posibilidades de sus diferentes sistemas productivos de acuerdo a las potencialidades que presentan las clases agrologicas II, III, IV y V.
- DIR - 7** El municipio deberá promover el desarrollo agropecuario manteniendo las áreas agrícolas y agropecuarias identificadas en la zonificación a fin de garantizar el desarrollo socioeconómico y la seguridad alimentaria.
- DIR - 8** En los suelos propuestos como áreas agrícolas, se deben de evitar prácticas que provoquen erosión, degradación de suelos, contaminación o la modificación de sus características topográficas o geomorfológicas. Así mismo, se deberá promover el manejo integrado de plagas y el uso de fertilizantes, fungicidas y plaguicidas naturales con el fin de lograr la sustitución gradual de los agroquímicos por productos naturales bioecológicos, para evitar la contaminación de los suelos y acuíferos.
- DIR - 9** Se deberá evaluar la conveniencia del cambio de uso de suelo en las clases VI, VII, VIII que presentan limitaciones muy severas para el establecimiento de cultivos. Por lo que, se deberá promover la conservación y mantenimiento de sus condiciones naturales a fin de que estas áreas brinden servicios ecosistémicos tales como: protección de la vida silvestre, recarga acuífera, disminución de la escorrentía superficial y disminución de riesgos. Estos suelos deben manejarse adecuadamente por presentar fuertes pendientes y peligro de erosión severa.
- DIR - 10** Se consideran áreas frágiles para el desarrollo de proyectos de construcción habitacional, aquellas que se encuentran en laderas cuyas pendientes sean mayores de 30 grados y presentan riesgo de erosión.
- DIR - 11** En aquellas áreas agrícolas (pastos, granos básicos y otros cultivos) que se ubiquen dentro de áreas de recuperación de ecosistemas, se deberá promover la reconversión y/o diversificación de cultivos, de preferencia forestal y frutal, así como realizar prácticas de conservación de suelos y regeneración natural.
- DIR - 12** Las áreas de uso urbano continuas o discontinuas ubicadas en las zonas de uso restringido deben contar con planes de manejo de riesgos. Los





asentamientos ubicados en zonas de alto riesgo, que continuamente son impactadas por los fenómenos naturales deberán considerar la reubicación de los pobladores a zonas más seguras, a fin de salvaguardar sus vidas y minimizar los impactos sociales provocados por los fenómenos naturales.

DIR - 13 Las áreas agrícolas (pastos, granos básicos y otros cultivos como caña), que estén ubicadas en áreas de uso restringido, podrán mantener los usos agrícolas siempre y cuando se realicen prácticas culturales adecuadas, obras de conservación de suelo, manejo integrado de plagas y el uso de fertilizantes, fungicidas y plaguicidas naturales con el fin de lograr la sustitución gradual de los agroquímicos por productos naturales bioecológicos.

DIR - 14 Se prohíbe que en las Áreas de Uso Restringido se realicen desarrollos urbanísticos habitacionales, comerciales o industriales, como por ejemplo el área de Uso Restringido ubicada entre la avenida Rosario Sur, 2ª calle oriente y concluye en asentamiento las Victorias. Sin embargo, se podrán realizar inversiones de infraestructuras orientadas a la mitigación de riesgos, amenazas, conservación de cauces. Las áreas urbanizadas aledañas a las Áreas de Uso Restringido deberán considerar el manejo adecuado de aguas residuales y pluviales, considerando las ordenanzas municipales vigentes y lo establecido en la LODT-AMSS y su reglamento.

DIR - 15 En las áreas de uso restringido referidas a zonas inundables de ríos y quebradas se deberá considerar lo siguiente:

- Las construcciones como vías terrestres y puentes deben considerar en sus diseños finales la no obstaculización del escurrimiento superficial, los efectos de las crecidas y la dinámica natural del río.
- En el caso que el Estado o los Gobiernos Locales deban ejecutar obras en las cercanías de los ríos, deberá realizarse una evaluación de los efectos de dichas obras sobre el tránsito de las aguas lluvias; además dichas obras deberán estar protegidas contra las inundaciones y los efectos que la erosión fluvial pueda causar sobre ellas desde el punto de vista estructural.
- Tener en cuenta el efecto de las crecidas para la construcción de sistemas pluviales y residuales.

DIR - 16 Las zonas de extracción de pétreos de ríos y quebradas del municipio, deberán contar con su respectivo Permiso Ambiental y cumplir con lo

establecido en la Ley de Medio Ambiente, su reglamento y las demás leyes del país.

DIR - 17 Las zonas que presentan alta y muy alta susceptibilidad a erosión deben ser objeto de protección especial conforme a las normas establecidas con las autoridades competentes. Se deberá considerar lo establecido en el Art. 108 del Reglamento a la Ley de Medio Ambiente.

DIR - 18 Las zonas susceptibles a amenazas geológicas o hidrometeorológicas cercanas a los ríos Acelhuate, Las Cañas, El Chagüite y sus tributarios deberán ubicarse en mapas de riesgos con su respectivo plan operacional en el cual se adopten medidas para prevenir, evitar y controlar los desastres. Asimismo, el municipio debe contar con una estrategia para impulsar campañas permanentes de divulgación y educación sobre la prevención de desastres en centros educativos, comunidades, instituciones, entre otros.

DIR - 19 Las actividades agroindustriales, industriales y/o comerciales, que forman parte de Áreas Urbanas Continuas o Áreas Urbanas Discontinuas, están obligadas a regirse bajo el marco normativo de ley para evitar acciones deteriorantes del medio ambiente, con la finalidad de prevenir, mitigar y vigilar actividades que provoquen contaminación a la atmosfera, agua, suelo y/o perjudicar la salud de la población y de los ecosistemas.

DIR - 20 Los municipios que en su territorio identifiquen vacíos urbanos deberán verificar su estatus de tenencia, usos actuales y condiciones de amenaza con la finalidad de asignar un uso óptimo.

DIR - 21 Se propone la densificación de algunos sectores urbanos de los municipios que conforman centros y subcentros urbanos y donde se han dado expansiones de manera discontinua, subutilización de espacios y vacíos urbanos, deterioro de usos o desarticulación urbana.

DIR - 22 El municipio deberá prohibir la expansión y densificación urbana en terrenos no apropiados por presencia de amenazas naturales y en áreas identificadas como Áreas con restricción al desarrollo urbano, a fin de reducir los niveles de vulnerabilidad de la población y protección de los recursos naturales.

DIR - 23 En la zona del ex botadero Las Victorias, sobre el Boulevard del Ejército, catalogada como Zona de Conservación Ambiental, Subcategoría de Áreas a Rehabilitar, se requiere evitar cualquier tipo de desarrollo urbanístico en





función de la situación actual del terreno, por representar un riesgo para la salud e integridad física de la población.

DIR - 24 En caso de desarrollar procesos de densificación en altura en el municipio, se deben considerar estudios adicionales para determinar la viabilidad, como por ejemplo, estudios en el área sísmica y geotécnica, para evaluar las condiciones de sitio; estudios para determinar la capacidad de infraestructura, entre otros.

DIR - 25 Se deberá establecer la zona de protección para manantiales, nacimientos de agua y pozos de extracción de un radio mínimo de 25 metros o lo que determine el estudio técnico respectivo. En esta zona de protección se deberá manejar de manera sostenible la vegetación existente, evitar la contaminación (agroquímicos, aguas residuales, entre otros) y prohibir usos y actividades potencialmente contaminantes.

DIR - 26 En general para cualquier proyecto de densificación en las áreas urbanas o sitios próximos a éstos, deberán realizarse análisis para la determinación de la capacidad de soporte de la infraestructura existente, como sistemas de acueductos, alcantarillado sanitario y pluvial, vías de tránsito, recolección de desechos sólidos; en caso de no existir o falta de capacidad de alguna infraestructura mencionada, deberá proponerse la manera de solventar dicha situación.

Directrices Generales.

DIR - 27 Aquellas zonas que hayan sido desalojadas a través de planes o proyectos de reubicación por considerarse de alto riesgo, podrán quedar bajo la custodia municipal con el fin de evitar que dichas áreas se vuelvan a ocupar con viviendas, asimismo, deberán contar con estrategias para la transformación hacia otros usos diferentes al habitacional, comercial e industrial. Los municipios deberán considerar los criterios establecidos en la Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial para los cambios del uso de suelo.

DIR - 28 Los Concejos Municipales dentro del territorio de su jurisdicción deberán actualizar las ordenanzas existentes que tengan como objetivo el establecimiento de zonas de protección y conservación de los recursos naturales y aquellas dirigidas a determinar los tipos de actuación urbanística y

suelo no urbanizable a fin de que sean acordes a las presentes directrices y su correspondiente mapa de Zonificación Ambiental.

DIR - 29 El patrimonio cultural, los espacios de mayor riqueza natural y paisajística del suelo rural, deben ser integrados a los sitios bajo protección. Los municipios deberán proponer estrategias para la generación de una red de espacios públicos a través de la cual se realice un adecuado uso, promoción, valoración y protección de los mismos.

DIR - 30 Los municipios deberán promover e implementar el manejo integrado de cuencas hidrográficas y deberán coordinar acciones conjuntas con otros municipios cuando las cuencas sean compartidas. Un manejo especial será requerido para las cuencas que están siendo utilizadas para descargas de aguas residuales a fin de proponer y realizar medidas para la restauración de ríos y otros ecosistemas acuáticos; así como, la reducción de la contaminación dentro de los territorios, como por ejemplo los cauces tributarios a los ríos Acelhuate, Las Cañas, El Chagüite, entre otros.

DIR - 31 Los municipios deben promover campañas educativas y culturales de sensibilización y concientización para la población, con el objeto de reducir la generación de desechos sólidos, promover el reuso y el reciclaje y mejorar las condiciones y eficiencia de la recolección de los desechos sólidos, garantizando la calidad ambiental del entorno, incluyendo el saneamiento de ríos y quebradas.

DIR - 32 Las municipalidades que cuenten con áreas consideradas como ecosistemas únicos (por ejemplo: bosques secos caducifolios, bosques perennifolios, bosques de galería, chaparrales, entre otros) deberán solicitar al MARN, una evaluación técnica de las áreas naturales, para identificar la viabilidad que estos territorios puedan ser incorporados al sistema de áreas naturales protegidas (Ley de Áreas Naturales Protegidas).

DIR - 33 El municipio deberá contar con sitios adecuados y autorizados para la disposición final de ripio y materiales de terracería. Aquellos que actualmente cuenten con sitios adecuados para el depósito de este tipo de material deberán evaluar si cumplen con las condiciones técnicas, ambientales y legales, para permitir dicha actividad dentro de sus territorios.





- DIR - 34** Aquellos sitios que se hayan utilizado como botaderos a cielo abierto y que fueron clausurados, deberán ser objeto de vigilancia ambiental por las autoridades competentes, con la finalidad de su rehabilitación.
- DIR - 35** Cualquier tipo de infraestructura, que se pretenda desarrollar en el municipio debe considerar en sus diseños, cuando sea requerido, la implementación de medidas de mitigación de riesgos.
- DIR - 36** Es obligación del municipio incorporar las directrices ambientales en toda la planificación que sea desarrollada dentro de su territorio; así como, en la emisión de permisos y regulaciones para el establecimiento de industrias, comercios, vivienda y servicios, que impliquen riesgos a la salud, el bienestar humano o al medio ambiente. Asimismo, debe apoyarse en todo el marco legal vigente a nivel nacional.





5. Bibliografía

1. Álvarez, S., (1,987): Informe técnico-sismológico del terremoto de San Salvador del 10 de Octubre de 1,986: (Internal Report) MOP, Centro de Investigaciones Geotécnicas, Departamento de Sismología, San Salvador, Abril 1,987, 83 p.
2. Atakan, K., M.C. Real and R. Torres (2,004): Local site effects on microtremors, weak and strong ground motion in San Salvador, El Salvador. in Rose W.I.Geol. Soc. of Amer., in Spec. Paper 375, Boulder.
3. Ayala-Carcedo, F.J. y J.O. Cantos et al. (2002): Riesgos naturales. Ariel Ciencia, p. 1512, Barcelona
4. AREVALO, R. D. et al, 2005. Actualización del Comportamiento del Flujo Subterráneo del Acuífero Metropolitano de San Salvador. Trabajo de Graduación para Optar al Grado de Ingeniero Civil de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas" UCA, San Salvador.
5. Apuntes de Curso de Ampliación de Conocimientos en Hidrología e Hidráulica, auspiciado por el proyecto "Fortalecimiento de la Gestión Ambiental en El Salvador – FORGAES" SLV/B7 – 3100/98 UE – GOES. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Servicio Nacional de Estudios Territoriales. Exponente, Dr. Juan Carlos Bertoni. San Salvador, El Salvador. Mayo 2005
6. Apuntes de Curso "Sistemas de Información Geográfica en el Manejo de Cuencas Hidrográficas" auspiciado por AECID – Montevideo. Diciembre 2009
7. Buist, Leon J. and Hoots, Thomas A. Recreation opportunity spectrum approach to resource planning. Journal of Forestry. 80: 84-86. 1982.
8. Bunge, V. La capacidad de carga en la planeación territorial: una propuesta para su análisis. Documento de Trabajo de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología, México. 2010.
9. BAXTER, S., 1984: Léxico Estratigráfico de El Salvador. Superintendencia de Energía, Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, San Salvador.
10. COTO SALAMANCA et al, 1994: Evaluación de la Explotación y la Disponibilidad de Agua Subterránea y de Análisis de Pruebas de Bombeo en el Acuífero del Área Metropolitana de San Salvador. Trabajo de Graduación preparado para optar al grado de Ingeniero Civil en la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". San Salvador, El Salvador.
11. CUSTODIO, E, y LLAMMAS, R., 1976: Hidrología Subterránea. Primera Edición, tomo I y II. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, España.
12. CEPAL. 2001. El ordenamiento territorial como opción de políticas urbanas y regionales en América Latina y el Caribe. PNUD, serie 45. 64p
13. DUARTE, J.R., 1998: Estudio Hidrogeológico del Acuífero de Guluchapa, San Salvador, El Salvador, Tesis de Maestría en Geología con énfasis en Recursos Hídricos e Hidrogeología, Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.
14. DUARTE, J.R., 2006: Análisis de Pozos de Recarga en la zona del Boulevard Diego de Holguín, San Salvador.
15. Del Águila, S. 2008. Zonificación Ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua. CATIE. Costa Rica. 177p.
16. ESTRADA, P. M., 1983: Estudio Hidrogeológico y Geofísico en Áreas de Interés de la Cuenca del Lago de Ilopango y Evaluación del Potencial Hídrico de la Zona Alta de la Sub-cuenca del Río Las Cañas, ANDA, San Salvador, El Salvador.
17. Estado del Conocimiento de la Biodiversidad en El Salvador. Documento Final. Ministerio Noruego de Relaciones Exteriores, InBio de Costa Rica y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador, 2005.
18. FOSEP-BID, 1997: Plan Maestro de Desarrollo Urbano del Área Metropolitana de San Salvador, Tonacatepeque, Santo Tomás y Panchimalco. Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, El Salvador.
19. FUNDACION AMIGOS DEL LAGO DE ILOPANGO- FIAES, 1997: Evaluación Limnológica y Propuesta de Plan de Manejo para la Cuenca del Lago de Ilopango. San Salvador, El Salvador.
20. FAO. 2010. Informe Nacional El Salvador Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010. 55p
21. FUSADES. 2009. Consideraciones sobre el proyecto de "Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial", Boletín N° 105, Departamento de Estudios Legales 8p.





22. Fabián R; Germán A; Góchez R. La Situación Ecológica de El Salvador en Cifras. UCA Editores. 187p. 1996.
23. GIL, L. B., 2007: Mapa y Estudio de Recarga Acuifera del Área Metropolitana de San Salvador, Zona Prioritaria No 1: Faldas del Volcán de San Salvador – Cuenca del Río Acelhuate. Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador. El Salvador.
24. Gokceoglu (1993). Landslide susceptibility mapping of the slope in the residual soils of the Mengen Region (Turkey) by deterministi stability analyse and Image processing technique. Engineering Geology, 44: 147-161.
25. Geólogos del Mundo; UCA. 2003. Caracterización de los Riesgos Geológicos y Dimensionamiento de los Recursos Hidrogeológicos. Directrices para la Ordenación Territorial del Municipio de Soyapango. 555p
26. Gestión de Inundaciones Urbanas. Universidad Nacional de Córdoba. Instituto Superior de Recursos Hídricos Carlos Tucci, Mayo 2007.
27. Hradecký P. et.al. (2,004): Estudio geológico para reconocimiento de riesgos naturales en El Salvador central en Departamentos de La Libertad, San Salvador y Cuscatlán. – MS Archivo SNET, San Salvador.
28. Hidrología Aplicada. Ven T. Chow et al. Editorial McGraw Hill. Traducción al español por Ing. Juan G. Saldarriaga, Profesor de la Universidad de los Andes. Año 2000.
29. Hidráulica de Canales Abiertos, Autor Ven Te Chow. Profesor de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Illinois, Estados Unidos. Editorial McGraw – Hill.
30. Komar, O; Ibarra-Portillo, R. Las IBAs de El Salvador: Las Áreas de Importancia para la Conservación de Aves. Salvanatura, San Salvador, El Salvador.
31. Ley de Áreas Naturales Protegidas. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador, 2005.
32. Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños. Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador. 1989.
33. Ley Forestal. El Salvador, 2004.
34. Mapa de Pobreza Urbana y Exclusión Social El Salvador. Volumen I Conceptos y Metodología. FLACSO, PNUD. 2010.
35. Mapa de Recarga Acuifera de la Subregión Metropolitana de San Salvador. Consultoría Elaboración de las Directrices de la Zonificación Ambiental y los Usos de Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador. 2011.
36. Mapas de Susceptibilidad a Amenazas por Flujos, Erosión, Deslizamientos y Sismicidad de la Subregión Metropolitana de San Salvador. Consultoría Elaboración de las Directrices de la Zonificación Ambiental y los Usos de Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador. 2011.
37. Miguel A. Rico. Las Nuevas Clasificaciones y Los Suelos de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. 98 p. 1974
38. Mapa Geológico de El Salvador. Escala 1:100,000. y 1:300,000 en formato digital elaborado por MARN. Fuente impresa original. Elaborado por la Misión Geológica Alemana. 1974.
39. Mapa de Clases Agrológicas de El Salvador, escala 1:20,000, Metodología USDA. 1973-75
40. Manual de Usuario Versión 4 September 2004 HEC – GeoRAS “GIS Tools for support of HEC – RAS using ArcGIS. US Army Corps of Engineers. Hydrology Engineering Center
41. Pérez De las Heras, Mónica. Manual del Turismo Sostenible. Como conseguir un turismo social, económico y ambientalmente responsable. Editorial Mundi-Prensa Libros. Madrid, España. 2004
42. Plan de Desarrollo Territorial de la Subregión Metropolitana de San Salvador. EPYPSA-LOTTI-LEON SOL-VMVDU. El Salvador. 2011
43. Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. MARN-MOP-VMVDU. El Salvador. 2002
44. Paniagua M. 2003. Estudio Piloto de Cartografía de Cobertura y Uso de Suelo de Alta Resolución; UES. El Salvador. 85p
45. Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños. Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador. 1993.





46. RODRIGUEZ, H., 1997: Apuntes de clase del curso Flujo en Medios Porosos. Maestría en Geología. Escuela Centroamericana de Geología. Universidad de Costa Rica.
47. SCHOSINSKY, G. & LOSILLA, M. 1999. Modelo Analítico para Determinar la Infiltración con Base a la Lluvia Mensual, Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
48. Términos de Referencia Tipo para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental de Proyectos de Urbanización, Lotificación y/o Construcción. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador. 2011.
49. Wiesemann G. Et al., (1978): Mapa geológico de la República de El Salvador, escala 1:100 000. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
50. II Informe Nacional del Sistema de Áreas Naturales Protegidas. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador, 2006.
51. III Informe Nacional del Sistema de Áreas Naturales Protegidas. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador, Marzo de 2010.

