



**Lineamientos Geoambientales para la Ordenación Territorial.  
Caracterización de Amenazas y Mapas de Peligrosidad  
en el municipio de Santo Tomás**



## PRESENTACIÓN

*“El concejo municipal de Santo Tomás, municipio del Departamento de San Salvador, ha considerado indispensable desarrollar su gestión teniendo como marco un Plan de Desarrollo del Municipio con perspectiva de mediano plazo, que le permita asegurar las condiciones y calidad de vida de los y las residentes en el mismo”*

Con este párrafo comienza el Plan de Desarrollo y Reconstrucción Municipio de Santo Tomás 2002 – 2006 efectuado por SACDEL (Sistema de Asesoría y Capacitación para el Desarrollo Local) en abril del 2002 después del impacto sufrido en Santo Tomás por los terremotos de enero y febrero del 2001. Las consecuencias muestran la vulnerabilidad de este municipio con perspectivas, además, de creciente densificación.

Uno de los factores que empieza a corregir o disminuir esa vulnerabilidad es la actual conciencia de una Alcaldía que ve la necesidad de incluir la Gestión de Riesgo en el Ordenamiento del Territorio, por tanto en el desarrollo sostenible. Entre las componentes de Gestión de Riesgo, destacamos la que constituye el presente estudio, es decir, la componente que contempla la necesidad de comprender mejor e incluir las características de los procesos geológicos en el manejo y gestión de los recursos naturales y en el ordenamiento territorial. De esta forma, se pretende contribuir a adecuar, de forma más realista y equilibrada con el medio, la vida y sus necesidades básicas, las actividades productivas y el desarrollo de infraestructura, a las características del territorio donde se asientan; en definitiva, mejorar la calidad de vida de la población.

De la forma de trabajo integral entre Ordenamiento-Gestión de Riesgos nace “Lineamientos Geoambientales para la Ordenación Territorial. Caracterización de Amenazas y Mapas de Peligrosidad en el Municipio de Santo Tomás” que pretende seguir la línea de trabajo desarrollada por la Alcaldía junto a SACDEL, proporcionando un mejor conocimiento geológico-ambiental para comprender la dinámica de los procesos asociados al riesgo geológico y así dotar a la Unidad de Planificación-Alcaldía-Población de insumos técnicos para la toma de decisiones.

El estudio geológico de todo el municipio, con especial atención a las zonas más densamente pobladas, lotificaciones y calles, analiza los diferentes factores que intervienen en los procesos de inestabilidad de laderas. Se ha creado, además, la Unidad de Planificación en coordinación Alcaldía-SACDEL-Geólogos del Mundo como receptora y canalizadora de la información que a Gestión de Riesgos se refiere.

Geólogos del Mundo inicia este proyecto en febrero del presente año 2004, con la financiación del Ajuntament de Barcelona y en colaboración con la Alcaldía de Santo Tomás y SACDEL.

Se ha contado además con el apoyo de la Universidad de El Salvador (UES) como facilitadora de información técnica, y de la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA) como asesoría técnica.

Se espera que los resultados del estudio, así como la metodología desarrollada, puedan servir a estas entidades, a las instituciones involucradas, a las que deben involucrarse y a aquellas instituciones que realicen estudios similares con posterioridad; confiando que siempre sea, para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de Santo Tomás.

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría agradecer, en primer lugar, a la Alcaldía y a sus integrantes la acogida y simpatía mostrada desde el primer momento. En especial a Karina Ascencio, última ingresada para ocupar la Unidad de Planificación, con quien he compartido más cercanamente las realidades que se encuentran por encima de los informes.

Agradecer a Don Danilo, Oscar, Paulino y Maria Elena, que desde el primer saludo hubo entendimiento y gratas palabras. A Sonia, Orsy, Verónica, Marisela y resto de concejales que se dedican a Santo Tomás, la disposición a trabajar con el entusiasmo por delante. A David, su acompañamiento y confianza en cada punto, incluso a la hora de almorzar. A Don Pedro su espacio y conversación.

Igualmente importantes han sido los que han prestado su colaboración técnica, como Guillermo Morán; los que han asesorado como Patricia Fuentes; o los que facilitaron documentación importante como Walter Hernández y Carlos Ferrufino.

Y cómo no, recordar a mis compañeros de Geólogos del Mundo, con los que he compartido trabajo y muy buenos momentos, pero sobre todo entusiasmo por seguir colaborando en algo más equitativo: Karla, Cristina, Miguel Ángel, Miguel, Jose y Pilar.

Agradecimiento en especial a Cárol, Marta, Juli y Roger por propiciar las circunstancias de trabajo en Santo Tomás y a Carlos por su apoyo necesario e incondicional.

Agradecimientos al Ajuntament de Barcelona por la confianza depositada a nuestra institución y contraparte, viéndola reflejada de manera directa en los beneficiarios de este proyecto.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos	5
1.2. Componentes del Estudio	6
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>10</b>
2.1. Trabajo de Campo	14
2.2. Procesamiento de datos	12
2.2.1. Susceptibilidad a la inestabilidad gravitatoria	13
2.2.2. Peligrosidad por inestabilidad gravitatoria	13
<b>3. MARCO GEOGRÁFICO, POLITICO-ADMINISTRATIVO Y SOCIO-ECONÓMICO</b>	<b>14</b>
3.1. Contexto geográfico	14
3.2. División político-administrativa	15
3.3. Situación socio-económica	16
3.3.1. Generalidades	17
3.3.2. Aspectos poblacionales	17
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO</b>	<b>19</b>
4.1. Climatología	19
4.1.1. El clima en El Salvador	20
4.1.2. Comportamiento de la precipitación en el Salvador	25
4.2. Vegetación y usos del suelo	25
4.2.1. Suelos	26
4.3. Hidrología superficial	32
4.3.1. Delimitación de las subcuencas	33
4.3.2. Influencia estructural	35
<b>5. GEOLOGÍA</b>	<b>36</b>
5.1. Marco geológico regional	36
5.1.1. Elementos estratigráficos	37
5.2. Marco geológico local	37
5.3. Tectónica	41
5.3.1. Tectónica local	42
<b>6. CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS</b>	<b>44</b>
6.1. Amenazas naturales	45
6.1.1. Amenaza por erosión	46
6.1.2. Amenaza sísmica	51
6.1.3. Amenaza volcánica	55
6.1.4. Amenaza por inestabilidad gravitatoria	57
6.1.4.1. Caracterización de la amenaza	59
6.2. Amenazas antrópicas	62
6.2.1. Apertura de calles	63
6.2.2. Residuos sólidos urbanos	65
<b>7. SUSCEPTIBILIDAD A INESTABILIDAD DE LADERAS</b>	<b>72</b>
7.1. Factores condicionantes	73
7.1.1. Litología	74
7.1.2. Fracturación	78
7.1.3. Geomorfología	79

7.1.4. Pendiente	81
7.1.5. Orientación de laderas	83
7.1.6. Vegetación / Usos del suelo	84
<b>8. UNIDAD DE PLANIFICACIÓN (CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES)</b>	<b>88</b>
8.1. Línea de actuación: geoambiental	89
8.1.1. En cuanto a las cartografías	89
8.1.2. En cuanto a las especificaciones técnicas	90
8.1.3. En cuanto a los desechos	93
8.2. Línea de actuación: legislativa	93
8.2.1. Ordenanza Reguladora de los Usos del Suelo	94
8.2.2. Ley de Urbanismo y Construcción / Legislación Ambiental	96
8.3. Línea de actuación: Sistemas de Información Geográfica (SIG)	103
8.4. Análisis de la susceptibilidad sobre zonificación existente	106
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>113</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

En El Salvador, como en el municipio de Santo Tomás, se han empezado a dar iniciativas para la mejora de la calidad de vida de sus habitantes en un desarrollo sostenible con el medio donde se planifique de forma ordenada conociendo las potencialidades, recursos y limitantes de que se disponen.

El Salvador es un país pequeño, muy poblado y con un fuerte ritmo de crecimiento demográfico, lo que conlleva que las demandas sociales sobre los sistemas naturales e infraestructuras del país sean múltiples e intensas. El territorio Salvadoreño se ha convertido en un recurso escaso, frágil y valioso, que presenta múltiples evidencias de progresiva degradación ambiental y funcional.

Observando el municipio de Santo Tomás se puede analizar la dinámica de crecimiento de un país cada vez más poblado donde los recursos económicos van a marcar la diferencia entre la elección de un espacio digno donde vivir y la obligación de asentarse áreas de riesgo, donde el oportunismo de negocio se coloca por encima del mínimo bienestar.

En el ámbito nacional se puso en marcha en el 2001 el Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PNODT), para definir la política nacional en esta materia, desarrollar el marco legal apropiado, y elaborar los planes y programas de actuación que permitan dar adecuada respuesta y aprovechamiento a los desafíos y oportunidades del desarrollo sostenible en el territorio.

Analizando las cifras poblacionales y ambientales de El Salvador se pone de manifiesto la magnitud del desafío en el logro del desarrollo sostenible:

- La población crece a una tasa anual próxima al 2.4%. Para el 2015 la población estimada por el PNODT atenderá a cifras situadas entre 9.0 y 9.5 millones de habitantes, con un crecimiento absoluto próximo a los 2.5 millones de habitantes sobre la población actual, estimada en 6.9 millones en el año 2000. Supondrá un incremento de la densidad media de 125 hab/Km<sup>2</sup>, pasando de 350 hab/Km<sup>2</sup> a 465 hab/Km<sup>2</sup>. Este crecimiento poblacional se localizará prácticamente en su totalidad en las ciudades del país o en ámbitos próximos a los mismos, y vinculados a ellas.
- El espacio forestal se encuentra en su mínima expresión histórica en un país cuyos suelos con vocación forestal se aproximan al 50% de su superficie, el 41% del suelo salvadoreño presenta niveles de erosión importantes, la fauna y la flora silvestres han sufrido grandes reducciones y se incrementa el número de especies amenazadas o en peligro de extinción.

Si pasamos a ver las cifras de Santo Tomás, cuenta con una extensión de 25.8Km<sup>2</sup> y una población aproximada de 32000 habitantes. En comparación, el municipio promedio en El Salvador tiene una extensión de 79.7 Km<sup>2</sup> y una población de 24000 habitantes. Con esto vemos que es un municipio pequeño incluso dentro del contexto salvadoreño y con una

densidad poblacional que alcanza los 1314 hab/Km<sup>2</sup>, comparada con los 350 hab/Km<sup>2</sup> a nivel nacional.

En términos de crecimiento poblacional destaca a escala nacional multiplicando por 3.8 la población en los últimos 35 años. Sólo en la década de los noventa creció cerca del 50% colocándose así entre los 23 municipios del país con mayor crecimiento poblacional.

Del mapa de Usos del Suelo (1996) del Ministerio de Medioambiente podemos observar como un 80% de la superficie de Santo Tomás está clasificado por café y bosque natural, aunque actualmente no se corresponde con la realidad. Además, por sus características medioambientales, presenta condiciones propicias para el desarrollo de especies animales y vegetales, siendo más valioso por estar en los márgenes de San Salvador.

Con todo esto vemos como Santo Tomás es ya un municipio densamente poblado, en una situación geográfica que le confiere creciente presión habitacional y con un recurso medioambiental muy valioso.

En cuanto a las amenazas naturales se sitúa en una zona catalogada como de enjambre sísmico por su alta actividad de movimientos telúricos. Éstos, además de las precipitaciones, son dos de los principales desencadenantes de inestabilidad del terreno.

Por otro lado, la conjunción de factores como una progresiva deforestación y un uso desordenado del suelo produce efectos a veces irreversibles de pérdida de suelo y erosión. Además contribuye a la disminución de la infiltración y por tanto a la falta de recurso hídrico, problemática presente de forma grave en un sector de Santo Tomás (Cantón Casitas). Junto con la reducción de la cantidad de agua en los acuíferos, se está produciendo una creciente contaminación de los mismos por la acumulación de desechos de forma incontrolada y por las sustancias vertidas por las industrias.

En este contexto nacional y municipal, el gobierno de Santo Tomás, en 1999, tomó la decisión de formular un plan estratégico que le permitiera enfrentar los desafíos del desarrollo de manera ordenada, dando paso al Plan de Ordenamiento Territorial. Los terremotos de enero y febrero del 2001 dejaron un alto impacto en el municipio lo que obliga a una revisión del rumbo y a una planificación del desarrollo local. Con esto nace a través de SACDEL (Sistema de Asesoría y Capacitación para el Desarrollo Local) el ***Plan de Desarrollo y Reconstrucción Municipal de Santo Tomás 2002 – 2006***.

Como objetivos generales del PDRM 2002 – 2006 se tienen los siguientes:

- **Disponer de información** que permita identificar, priorizar, planificar y programar acciones de intervención municipal que mediante la coordinación con el gobierno local y ciudadanía posibilite solucionar problemas enfrentados por la población del municipio.

- Propiciar un proceso municipal continuo de descentralización en la toma de decisiones que permita a los y las ciudadanas determinar que **obras ejecutar**, asignar los **recursos** necesarios para ello y definir el **orden de prioridad** para su ejecución.
- Facilitar los espacios de participación ciudadana.
- Disponer en el ámbito municipal de un **conocimiento** amplio acerca de sus **recursos, necesidades y alternativas** de solución para planificar a mediano plazo las acciones que posibiliten dar respuesta a las necesidades planteadas.

Posteriormente, encaminado a proponer una estrategia enfocada en el tema de la regulación de los usos del suelo, que permita al gobierno local contar con instrumentos técnicos y legales para regular el territorio partiendo de una visión amplia de desarrollo sostenible, se propone un modelo territorial, basado en las potencialidades y restricciones ambientales, así como en las tendencias dominantes del desarrollo urbano: ***Plan de Usos y Ocupación del Suelo. Ordenanza Reguladora de los Usos del Suelo.***

Como objetivo general el PUOS tiene el articular de forma estratégica el conjunto de **acciones y programas** que conlleven a la **gestión ordenada** del suelo a nivel del municipio, tomando en cuenta los procesos regionales y nacionales que lo afectan, con el propósito de facilitar su desarrollo sostenible en las dimensiones económica, social y ambiental para el beneficio de la población de Santo Tomás.

Como objetivos específicos presenta:

- Generar una **visión estratégica** para la generación de una política de ordenamiento y gestión del territorio municipal.
- Proporcionar un **instrumento** básico de gestión estratégica del territorio para el abordaje de los grandes temas del ordenamiento y desarrollo territorial (desarrollo económico, medio ambiente natural y construido, e institucionalidad).
- Desarrollar un marco guía para la planificación, diseño y ejecución de **proyectos puntuales** claves para la concreción de la visión estratégica del municipio y la solución de los problemas prioritarios en términos de ordenamiento y usos del suelo.
- Generar un **sistema de información geográfico** local que sirva como base para la comprensión y gestión del territorio.
- Presentar un cuerpo de **ordenanzas municipales** que permitan a la municipalidad la ejecución de la visión estratégica planteada como parte del plan.

**En otro ámbito, la formación en gestión de riesgos que COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación) efectúa con profesorado de la UES (Universidad de**



**El Salvador), genera una propuesta de zonificación territorial con restricciones y correcciones en el uso del suelo, además de un mapa indicativo de peligros.**

**Y ya en el 2004, podemos incluir el proyecto de Geólogos del Mundo *Lineamientos Geoambientales para la Ordenación Territorial. Caracterización de Amenazas y Mapas de Peligrosidad en el Municipio de Santo Tomás.***

Su fin último es colaborar en el mejor entendimiento de nuestro entorno y con ello en la reducción del riesgo.

## **1.1. Objetivos**

El proyecto pretende incorporarse a la dinámica de una municipalidad como la de Santo Tomás donde se llevan acumulando esfuerzos en el ordenamiento-gestión del territorio. El aporte se realizará profundizando en los conocimientos geológicos, científicos y técnicos, facilitando el conocimiento en gestión de riesgos y brindando las herramientas técnicas a la Alcaldía para el análisis de su situación y el planteamiento de los lineamientos que se deriven.

### **Objetivo general**

Facilitar, a los actores dentro de la estructura organizativa de la Alcaldía que participan en el ordenamiento del territorio, unos conocimientos y una herramienta para contribuir al desarrollo sostenible del municipio de Santo Tomás.

### **Objetivos específicos**

- Revisión de los trabajos efectuados con anterioridad en el municipio.
- Sensibilización de los diferentes componentes de la alcaldía para una mejor capacidad de administración y decisión en gestión de riesgo.
- Caracterización de las diferentes amenazas presentes en el municipio.
- Coordinación conjunta con la Unidad de Planificación.
- Capacitación en SIG a la Unidad de Planificación.

- Establecer lineamientos y recomendaciones para la prevención y gestión de riesgos.

Desde el comienzo del proyecto se ha priorizado en la formación de la Unidad de Planificación, que acompañó el proceso de levantamiento de información y su posterior análisis, de tal forma que asumiera no sólo el documento como tal, sino el marco científico y social que va asociado. De esta forma se pretende que Karina Ascencio, como arquitecta responsable de dicha unidad en la actualidad, y cualquier otra persona que ocupe ese puesto en un futuro, sean los canalizadores de todo lo referente a gestión de riesgos en Santo Tomás, una tarea difícil pero a la vez motivante por los beneficios directos sobre sus habitantes.

## 1.2. Componentes del estudio

La determinación de los componentes del estudio se ha definido teniendo en cuenta los diferentes destinatarios. De esta manera se han creado insumos destinados a los diferentes niveles organizativos, así como insumos para las posteriores acciones de actuación. La consecución de los objetivos planteados se ha desarrollado a partir de cinco grandes ejes o componentes. Tres de las componentes tienen el objetivo de ampliar los conocimientos de las características físicas y procesos naturales del municipio, así como dejar las bases de datos y registros para las posteriores acciones: Inventarios de puntos de interés, cartografías y caracterización de las diferentes temáticas abordadas. La cuarta componente se destina a dar a conocer la situación diagnosticada; sensibilización, divulgación y capacitación con el objetivo de fortalecer las capacidades de los diferentes actores y tomadores de decisiones del municipio. La quinta componente es destinada a las recomendaciones y líneas de actuación que nacen del estudio. Éstas son enfocadas principalmente a la Unidad de Planificación, de forma que se pueda realizar una continuidad en el trabajo de Santo Tomás. Las diferentes componentes se complementan unas con otras, alimentándose recíprocamente.

**Inventarios de puntos**, se realiza con el objetivo de registrar los diferentes puntos de interés del municipio: puntos de contaminación y puntos afectados por inestabilidades gravitatorias. Los puntos de interés han sido seleccionados, en gran parte, por los miembros de la Alcaldía, mayores conocedores de esta región. La recopilación de esta información adquiere un doble carácter funcional. Por un lado, es necesaria para la ampliación del conocimiento técnico de las características físicas y procesos naturales que tienen lugar en el municipio. Por otro lado, se considera un insumo de gran importancia para poder llevar a cabo medidas y acciones de manejo de los recursos y amenazas presentes en el municipio. Toda la información recopilada se muestra a modo de inventario o fichas de cada punto mostrando la ubicación y características de éstos. Las bases de datos se presentan en base Access.

Más allá del estudio técnico, la base de datos queda a disposición para las próximas actuaciones en la zona, enfocadas a la prevención y gestión de riesgos. Por ello se han

incluido en las cartografías generadas los puntos levantados en trabajos anteriores, de forma que se empiece a recopilar y a asimilar toda la información conjuntamente.

**Elaboración de cartografías temáticas,** se realizan con el fin de mostrar gráficamente la distribución espacial de las características físicas, recursos y amenazas. La cartografía es una herramienta de gran utilidad para visualizar de manera simplificada las características físicas y procesos que tienen lugar en el municipio. Se han elaborado una serie de mapas, integrados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), para facilitar la comprensión y manejo de la información: modelo de elevación, pendientes, orientaciones del terreno, geomorfológico, puntos de interés y áreas susceptibles a las inestabilidades o movimientos de ladera.

**Estudios de caracterización.** La presente componente pretende ampliar los conocimientos de las características físicas del terreno y la interacción de los diferentes procesos naturales que tienen lugar en el municipio. De esta manera se obtienen herramientas orientadas a la prevención de dichos fenómenos.

La caracterización y análisis de susceptibilidad de inestabilidades gravitatorias y sus correspondientes cartografías, se presentan a partir del trabajo de campo y determinación de los diferentes factores condicionantes de este proceso. El análisis y cartografías de dicha amenaza constituyen una herramienta indispensable para el ordenamiento territorial.

**Sensibilización, capacitación y divulgación.** Enfocados al manejo de los recursos, saneamiento ambiental y gestión de riesgos se han impartido campañas de sensibilización y divulgación por medio de presentaciones y trípticos referentes ordenamiento-gestión de riesgos. Éstas han sido realizadas junto a la Alcaldía y SACDEL por medio de la propia organización municipal en intercomunales. Al hacerlo conjuntamente se propicia que la información generada sea asumida y replicada por la Unidad de Planificación, no sólo en la divulgación, sino en la propia gestión del municipio.

La capacitación se ha centrado principalmente en la Unidad de Planificación, con especial interés en el conocimiento y manejo de los Sistemas de Información Geográfica.

**Recomendaciones y lineamientos de actuación.** A partir de los insumos generados, se presenta una serie de recomendaciones generales y particulares. Mediante estas recomendaciones y lineamientos se pretende incidir en la situación geológico-ambiental del municipio a través de la Unidad de Planificación. Teniendo en cuenta que muchas de las recomendaciones tienen incidencia en los hábitos diarios de los pobladores, se pretende socializar y consensuar, en los espacios de organización existentes, las posibles soluciones y acciones para las diferentes problemáticas diagnosticadas.

El espacio que asimilará esta información es la Unidad de Planificación, donde además se trabajó en los siguientes temas relacionados con el ordenamiento de Santo Tomás:

- Realización de solicitud para permiso de movimientos de tierra.
- Realización de solicitud para permiso de construcción.
- Realización de autorización para tala de árboles.
- Realización de hoja de control de terracería.
- Realización de hoja de control de calificación del lugar.
- Resoluciones para casos específicos de la municipalidad.
- Notificaciones para casos específicos de la municipalidad.
- Informes de diferentes actividades que desempeñó.
- 

## **2. METODOLOGÍA**

Mediante este capítulo se pretende dar a conocer el proceso que se ha llevado hasta la implementación de la Unidad de Planificación y la metodología empleada en el presente estudio para el análisis de amenazas y caracterización de inestabilidades gravitatorias. De esta forma se pretende que este documento sea una herramienta útil y comprensible, de forma que se

entiendan los diferentes pasos a seguir a la vez que aporte una calidad técnica que lo respalde. Con este fin creamos este medio de discusión e intercambio de conocimientos técnicos, teniendo en cuenta que pasará a formar parte de la administración del municipio de Santo Tomás como un paso más en el conocimiento del medio.

La elaboración del presente estudio se ha desarrollado en tres fases. La primera fase, de preparación del proyecto, está centrada en la colaboración, por medio de Julio Rubio, en los trabajos relacionados con gestión de riesgos realizados por COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). Esta coordinación se lleva realizando desde los terremotos del 2001, continuando en el caso que nos ocupa mediante el apoyo a la formación de diplomados de la UES. Mediante este esfuerzo se realiza el trabajo "Evaluación de amenazas y propuesta de plan municipal de reducción de desastres en el municipio de Santo Tomás", donde se elabora un mapa indicativo de peligros y una propuesta de zonificación territorial que servirá de marco para el desarrollo del presente proyecto.

La segunda fase se desarrolla con la recopilación de la información existente y disponible, ya sea documental o cartográfica, así como una primera evaluación del municipio con Guillermo Morán (geólogo y profesor en la Facultad de Física / diplomado de la UES) con el objetivo de identificar los puntos y áreas donde los procesos naturales tienen mayor afectación. De aquí nacen los primeros contactos con profesorado de la UES (José Ruperto Linares) que colaborarían en el levantamiento de información para un estudio preliminar del recurso hídrico. Como apoyo al seguimiento de Santo Tomás por parte de COSUDE y SACDEL en temas de ordenamiento-gestión de riesgos, se asistió a los talleres participativos que éstos convocaron de forma que se estableciera un mecanismo de intercambio de información y ayuda, acción que se recomienda asuma la Unidad de Planificación. Estas instituciones además son las mismas que ya han colaborado en el conocimiento y desarrollo de este municipio con los trabajos "Evaluación de amenazas y propuesta de plan municipal de reducción de desastres en el municipio de Santo Tomás", "Plan de Desarrollo y Reconstrucción 2002-2006", "Plan de Usos y Ocupación del Suelo. Ordenanza reguladora de los usos del suelo". Por otro lado se estableció acuerdo de colaboración técnica con la Alcaldía de Santa Tecla a través de su Unidad de Ingeniería y Unidad de SIG.

La creación de la Unidad de Planificación se vio como prioritaria desde un principio por parte de Geólogos del Mundo y de la Alcaldía de Santo Tomás. Con la colaboración de ésta, además de SACDEL (Paulino Delgado) y UES (Guillermo Morán), se realizó un perfil adecuado a la situación y se recibieron en entrevista a todas las personas interesadas, siendo unánime la contratación de la arquitecta Karina Ascencio. La tercera fase comienza con el trabajo conjunto entre Unidad de Planificación y Geólogos del Mundo, donde se revisarán las diversas componentes que afectan a la gestión del riesgo en el municipio: legislación nacional, ordenanzas municipales, especificaciones técnicas de amenazas y Sistemas de Información Geográficos (SIG). Combinado con este trabajo se atendió a las demandas propias de la municipalidad en cuanto al ordenamiento territorial: supervisión de lotificaciones, movimientos de tierra, inspecciones, etc.

## **2.1. Trabajo de campo**

Durante el trabajo de campo se ha levantado la información necesaria para el análisis técnico, en el que se contempla la realización de una base de datos de inventarios y cartografías de las diferentes temáticas.

En los diferentes inventarios de puntos de interés, en las cartografías y en el inventario fotográfico, queda reflejado el estado en que se encuentran estas zonas en el momento de la realización del presente estudio, permitiendo, de esta manera, la realización de un seguimiento de su evolución, así como las actuaciones recomendadas a partir de los resultados del estudio.

## **2.2. Procesamiento de datos**

El procesamiento de datos se ha centrado en el análisis de los distintos factores que van a condicionar los movimientos de ladera. Igualmente, se han elaborado cartografías de los mismos, quedando integrados en SIG y dando lugar, o contribuyendo, al desarrollo del mapa de susceptibilidad a los movimientos de ladera.

### **2.2.1. Susceptibilidad a la inestabilidad gravitatoria**

La susceptibilidad a los movimientos de ladera es la mayor o menor tendencia a que se genere una inestabilidad gravitacional en una zona específica, en función de unos factores condicionantes. Por lo tanto, es una herramienta de predicción espacial, aunque no temporal.

Para establecer los distintos rangos de susceptibilidad se hace necesaria la realización de un análisis de la amenaza existente, debiendo determinarse cuáles son los factores condicionantes de la ocurrencia de movimientos gravitatorios.

En la realización del mapa de susceptibilidad a las inestabilidades de ladera se integrarán mediante SIG las cartografías elaboradas para cada uno de los factores condicionantes, dándoles un peso diferente en función de la información recopilada y las observaciones de campo realizadas.

Con la zonificación resultante se recomendarán actuaciones y usos para cada área teniendo como base el Plano de Zonificación de Usos del Suelo elaborado por SACDEL. De esta manera se complementa la información existente incorporando aspectos físicos del terreno que son importantes en el ordenamiento territorial y en la gestión de riesgos.

## **2.2.2. Peligrosidad por inestabilidad gravitatoria**

La peligrosidad es la condición, proceso o suceso geológico que supone una amenaza para el ser humano o su hábitat, en definitiva para la salud, seguridad o bienestar de un grupo de ciudadanos o la economía de una comunidad (UGSS,1977). Es función, por tanto, de la amenaza, como proceso que puede generar daño, y de la probabilidad de ocurrencia o frecuencia del fenómeno. Para determinar esta probabilidad de ocurrencia se debe establecer el tiempo de retorno de los factores desencadenantes.

En la determinación de la peligrosidad de las inestabilidades de ladera en el municipio de Santo Tomás, se debería establecer el periodo de retorno de sismos y precipitaciones sobre un registro mínimo. Para ello, se ha de tomar un valor tanto de intensidad de precipitaciones, como de magnitud de sismos, a partir del cual se pueden producir las inestabilidades, y obtener el tiempo de retorno de dichas intensidades y magnitudes. Debido a la dificultad que supone establecer estos rangos y periodos de retorno combinados para ambos factores, y a la escasez de registros disponibles, no se ha elaborado el mapa de peligrosidad.

Sin embargo, a la Unidad de Planificación, como receptora de la información que a gestión de riesgos se refiere, se le plantea la tarea de recopilación de estos datos y registros de forma que pasen a la base de datos de la Alcaldía y puedan ser analizados en posteriores estudios. Al tratarse de información que afecta a grandes zonas se puede desarrollar de forma coordinada con municipios colindantes.

## **3. MARCO GEOGRÁFICO, POLÍTICO-ADMINISTRATIVO Y SOCIO-ECONÓMICO**

En el presente capítulo se realiza una ubicación de la zona de estudio en su contexto regional, una división político administrativa y una situación socioeconómica.

### **3.1. Contexto geográfico**

El territorio de la República de El Salvador tiene una extensión aproximada de 21.000 km<sup>2</sup>, geográficamente situado entre las siguientes coordenadas:

Latitud: 13° 9´N / 14° 26´N

Longitud: 87° 43´E / 90° 08´E

Situado en América Central limita al norte y al oeste con Guatemala, al norte y al este con Honduras, y al sur con el Océano Pacífico.

El país está subdividido en 14 departamentos, situándose el municipio de Santo Tomás en el departamento de San Salvador. La ubicación geográfica del dentro del país puede verse en *Anexo 1: Mapas; "Localización geográfica. División político-administrativa"*

Está situada a 13.5Km al sureste de la ciudad de San Salvador entre las coordenadas geográficas:

N	13° 40´ 20´´	13° 40´ 20´´	13° 36´ 30´´	13° 36´ 30´´
O	89° 07´ 10´´	89° 09´ 30´´	89° 07´ 10´´	89° 09´ 30´´

Con una extensión de 25.8Km<sup>2</sup> y un perímetro de 22.13Km limita al norte con los municipios de Soyapango e Ilopango, al este con Santiago Texacuangos, al sur con Olocuilta y al oeste con Panchimalco y San Marcos.

Santo Tomás se emplaza en las estribaciones de la Cadena Costera con una elevación máxima de 1100m en Loma Larga, situada al oeste del municipio. En el límite noroeste tenemos el Cerro de San Jacinto, llegando hasta los 1010m la parte más elevada que pertenece a Santo Tomás. Hacia el noreste tienen salida los ríos y quebradas que van a desembocar al Lago de Ilopango, antigua caldera volcánica que se encuentra a unos 2500 m de distancia.

### 3.2. Situación político administrativa

Los departamentos en los que se divide El Salvador, se dividen a su vez en municipios, que son la unidad político administrativa primaria de organización estatal, en cuya jurisdicción territorial se encuentran cantones y caseríos.

EL municipio de Santo Tomás se encuentra dividido en 9 cantones: Cuapa, Ciprés, Chaltepe y Caña Brava en el norte; Las Casitas, El Porvenir y El Carmen en la franja central; y El Guaje y Potrerillos en la zona sur. (ver *Anexo 1: Mapas; "Localización geográfica. División político-administrativa"*)

Cantones	Area (km2)	Perímetro (km)
Cuapa	1.44	5.51
El Ciprés	1.73	7.26
Chaltepe	1.55	7.24
Caña Brava	2.63	7.91
Las Casitas	2.74	7.27
El Porvenir	2.49	6.51
El Carmen	2.38	6.87
El Guaje	3.41	7.61
Potrerillos	7.47	11.75

El



Como caseríos tenemos Caña Brava, Las Casitas, Chaltepe, Cuapa, Colonia El Carmen, Colonia San Juan, El Ciprés, Los Canarios, El Guaje y El Porvenir.

### **3.3. Situación socioeconómica**

Los riesgos geológicos, tales como sismicidad, inestabilidades gravitatorias o inundaciones, así como contaminación de suelos, del agua superficial y subterránea suponen una amenaza potencial para las personas y los bienes materiales (viviendas e infraestructuras) que viven o se ubican en aquellos lugares con mayor probabilidad de que estos procesos o situaciones ocurran. Si revisamos el concepto de riesgo, hablamos de vulnerabilidad de la población afectada como actor principal, ya que si no existe una población y sus bienes allá donde se dan los procesos que amenazan, el riesgo es nulo. Por este motivo, es fundamental considerar el factor socio-económico en todo estudio geoambiental, analizando sus características para conocer el grado de vulnerabilidad frente a estos procesos y poder plantear las actuaciones más adecuadas para su tratamiento y protección.

Por otro lado, aunque la problemática asociada a dichos procesos sólo afecte directamente a determinadas áreas o a parte de la población, las consecuencias de los mismos afectan a la totalidad del municipio y de forma general afectación a nivel departamental incluso nacional.

Otro de los factores a tener en cuenta en la evaluación de los riesgos naturales, es el factor antrópico. El hombre interviene de una manera importante en estos procesos, ya que el manejo inadecuado de los recursos constituye un factor agravante o desencadenante de los mismos, más si existe una alta densificación sin planificación.

La descripción de las características poblacionales y socio-económicas del área de estudio se ha basado en la información aportada por los trabajos “Plan de Desarrollo y Reconstrucción. Municipio de Santo Tomás 2002-2006” y “Plan de Usos y Ocupación del Suelo. Ordenanza reguladora de los usos del suelo” efectuados por SACDEL.

#### **3.3.1. Generalidades**

Como se dice en el apartado 3.1. *Contexto geográfico*, Santo Tomás tiene una extensión de 25.8 km<sup>2</sup>, y junto con los municipios de Panchimalco y Santiago Texacuangos forma parte del subsistema sur de la Región Metropolitana de San Salvador, cuya principal característica es

la presencia de la carretera que conduce al Aeropuerto Internacional, hoy día corredor industrial y habitacional.

En la década de los noventa, el municipio se convirtió en receptor de la población emigrante del interior del país fundamentalmente por la cercanía al Área Metropolitana de San Salvador (AMSS). El relieve accidentado y las características rurales posibilitaron los bajos precios que se tradujo en un crecimiento de las lotificaciones ilegales. Para 1999 se registraban 40 de estas lotificaciones, sumando aproximadamente 3500 lotes. En los últimos años, el proceso de parcelación intensiva se incrementa coincidiendo con la apretura de zonas francas en la región.

### 3.3.2. Aspectos poblacionales

Santo Tomás tenía una población de 32000 habitantes en el 2000, con una densidad de 1316 hab/km<sup>2</sup>. El crecimiento poblacional ha sido de forma acelerada, incluso levemente superior al del AMSS.

1965	1975	1985	1995	2000	% crecimiento (1965-2000)	% crecimiento (1985-2000)
8323 hab	11857 hab	16100 hab	26375 hab	31969 hab	384%	199%

Fuente: censos DIGESTYC

Con esto se ve como es un municipio atractivo para los asentamientos humanos y por tanto sujeto a una importante presión urbana. Para el año 2010 se espera una población de 40000 habitantes, es decir, una densidad de casi 1650 hab/Km<sup>2</sup>.

Para el año 1992 la población urbana (54%) superaba a la rural. En la ciudad las mujeres superaban numéricamente a los hombres y en el campo la variación era mínima. El 54.35% de la población total del municipio estaba dentro de la categoría de joven, establecidos más de la mitad en la ciudad y mayoritariamente mujeres.

En ese mismo año el censo refleja que la población dedicada a actividades agrícolas era del 16.7%, menor que la ocupada por la industria manufacturera con un 29%. A la fecha, con la apertura de las zonas francas en los municipios vecinos y según datos de la alcaldía municipal, se estima que la población ocupada se dedica en un 40% a laborar en maquilas, 40% a la carpintería y un 20 % a actividades agrícolas.

Estas características geográficas y poblacionales, con un territorio pequeño que ha sufrido un elevado y rápido crecimiento poblacional, son las que van a determinar la necesidad de un ordenamiento territorial que tenga en cuenta la realidad social y económica de sus pobladores.

## **4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO**

### **4.1. Climatología**

El clima de una localidad queda definido por las estadísticas a largo plazo de los caracteres que describen el tiempo de esa localidad, como temperatura, humedad, viento,

precipitación, etc. Así pues, el clima de una región resulta del conjunto de condiciones atmosféricas que se presentan típicamente en ella a lo largo de los años.

La importancia del clima es tan elevada y alcanza a tantos aspectos de la vida humana, que su consideración resulta imprescindible en los estudios del medio físico, como es en el caso de la ordenación del territorio. Las diferentes condiciones climáticas determinan en alto grado el tipo de suelo y de vegetación e influyen por lo tanto en la utilización de la tierra. También se encuentran íntimamente relacionadas con las formas del terreno y la topografía.

De manera general, el clima afecta a la actividad física y material del hombre y a las actuaciones que éste desarrolla, pudiendo estas actividades, en algunos casos, modificar el clima.

#### 4.1.1. El clima en El Salvador

Desde el punto de vista climatológico, El Salvador se encuentra situado en la parte exterior del Cinturón Climático de los Trópicos, caracterizado por tener unas propiedades térmicas casi constantes durante todo el año y dos estaciones muy marcadas, una lluviosa y otra seca. Las precipitaciones se concentran casi exclusivamente durante la estación lluviosa, si bien, dentro de ella pueden aparecer grandes oscilaciones.

La estación seca se presenta durante los meses de noviembre a abril, con las máximas temperaturas al final de la misma antes del comienzo de la estación lluviosa.

Otra característica del clima en este país son los Alisios, vientos predominantes de rumbo aproximando NE; y los Nortes, que transportan aire frío procedente del Ártico hacia los trópicos. Se puede observar, también, un buen desarrollo del sistema que lleva aire del mar hacia tierra y sus zonas inmediatas.

Con los datos obtenidos a lo largo de más de 50 años se han podido establecer unas fechas promedio para el comienzo y el final de las dos estaciones, así como para los intervalos de transición que hay entre ellas (*Tabla 4.1*)

Época del año	Principio	Final	Días
Estación seca	14-Nov	19-Abr	157
Transición seca-lluviosa	20-Abr	20-May	31
Estación lluviosa	21-May	16-Oct	149
Transición lluviosa-seca	17-Oct	13-Nov	28

*Tabla 4.1. - Duración aproximada de las estaciones.*

Con el fin de comprender con mayor claridad la influencia que tiene la climatología en el estudio de amenazas se ha hecho un resumen de los principales acontecimientos climáticos que tienen lugar en cada mes del año.

## **Enero**

Es el mes más frío del año. Los vientos boreales, “Nortes”, que hacen su aparición en los últimos días de octubre, al debilitarse temporalmente, son causa de que, “al día siguiente”, se produzcan las temperaturas más bajas del año. Estos enfriamientos extremos llamados “heladas” son causa de que los cultivos de café sufran cuantiosos daños en esta época.

En la capital, San Salvador, la temperatura ha llegado a alcanzar valores de hasta 8°C. En general, durante el día, el tiempo es predominantemente soleado y fresco, tornándose más frío durante la noche.

## **Febrero**

Después de haberse alcanzado los valores mínimos de temperatura en enero, durante este mes se inicia un gradual ascenso de la misma. Los vientos “Nortes” son menos frecuentes y los últimos días de febrero marcan el inicio de la segunda parte de la estación seca, que prevalecerá durante los meses de marzo y abril. Este segundo tramo de la estación seca tiene en común con el primero (de noviembre a enero), la ausencia casi absoluta de lluvias, pero se diferencia en su comportamiento térmico, ya que los días comienzan a ser un poco más calurosos durante las horas de mayor insolación y las noches son cada vez menos frías.

## **Marzo**

Lo característico de este mes es el alto grado de turbidez de la atmósfera, producto de la influencia de la inversión de los Alisios (capa bloqueante entre los 2.000 y 3.000 metros de altitud) que permite, por debajo de ella, la concentración de bruma seca, polvo y humo. El humo procede principalmente de las “quemadas” (prácticas de cultivo inapropiadas por su efecto posterior de erosión y pérdida de suelo) que, anticipándose a la ya próxima estación lluviosa, realizan los agricultores como preparación de la tierra para el cultivo. La concentración de bruma llega a tales extremos que el Sol se muestra frecuentemente como un disco de color rosado.

## **Abril**

En la segunda mitad de este mes comienza, en la mayor parte del país, la transición de la estación seca a la lluviosa. El desarrollo de la nubosidad, ausente durante los meses

anteriores, empieza a manifestarse, principalmente en las horas anteriores al mediodía. Los primeros relámpagos en el norte durante la noche, señalan el inicio de esta transición. Normalmente, el mes registra de 4 a 5 días con lluvia. La variabilidad de las cantidades de lluvia caída durante el mes es muy grande, ya que ha habido años donde no se ha registrado ninguna precipitación y otros en los que se han alcanzado hasta 525 mm.

## **Mayo**

Comienza la estación lluviosa asociada a las “Ondas de los Estes”, zonas de fuerte inestabilidad que se trasladan de este a oeste atravesando el país y generando tormentas eléctricas y lluvias en forma de chubascos y aguaceros. La estación lluviosa comienza en la región sur oriental dos o tres semanas más tarde que en la zona central y noroccidental. Esto tiene que ver con la disposición de los sistemas montañosos, que favorecen las lluvias por el ascenso orográfico en las dos últimas regiones. En los primeros quince días del mes, las Ondas de los Estes aún no se presentan perfectamente definidas y toda la lluvia, en este período, es marcadamente orográfica.

## **Junio**

En junio se produce el primer máximo de actividad lluviosa. Las lluvias, que en mayo son atribuibles a la influencia de las Ondas de los Estes, en junio se ven incrementadas por el fenómeno de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). La ZCIT efectúa su primera incursión en este mes, propiciando las situaciones atmosféricas llamadas “temporal”, caracterizadas por lluvias no tan intensas, pero de carácter intermitente, teniendo lugar a cualquier hora del día. Dichas lluvias se presentan asociadas a nubes opacas, de tipo estratiforme, cuya base se ubica a muy poca distancia del suelo (hasta 300 metros). Las situaciones de temporal pueden tener una duración de hasta 6 días.

La temporada de huracanes se inicia coincidiendo con el primer máximo de precipitaciones, el primero de junio, y dura hasta el treinta de noviembre. La ocurrencia de los huracanes no sigue un patrón fijo sino que presenta una gran variabilidad a lo largo de toda la temporada y de un año respecto a otro.

Estas pautas meteorológicas se ven trastornadas por el efecto de “El Niño” y “La Niña”. En 1997-1998, por ejemplo, estos fenómenos ocasionaron un retraso en la aparición de la estación lluviosa, que se tradujo en unos meses de junio y septiembre anómalamente secos, mientras que los meses de julio, agosto y octubre presentaron un elevado registro de precipitaciones respecto a las medias anuales. A estos desordenes climatológicos hay que sumar la aparición, a finales de octubre de 1998 del huracán Mitch que vino a multiplicar las pérdidas ocasionadas por la sequía con unas lluvias desmesuradas ocurridas a destiempo.

## **Julio**

Las lluvias, en este mes, comienzan a ser menos frecuentes durante las horas diurnas, concentrándose preferentemente en las horas nocturnas.

En la mayor parte del país, las cantidades de precipitación son generalmente menores a las registradas durante el mes de junio, debido aparentemente al alejamiento de la Zona de Convergencia Intertropical.

A partir de la segunda semana de julio se manifiestan frecuentemente “canículas”, que son periodos de días soleados, sofocantes y sin registros de actividad lluviosa. La citada interrupción, también típica de otros países situados más hacia el Ecuador, contribuye a la reducción de las precipitaciones observadas en julio.

## **Agosto**

En agosto las lluvias continúan concentrándose en las horas nocturnas y se considera normal también que las “canículas” hagan acto de presencia en el transcurso de dicho mes. Al igual que en julio, el régimen de lluvias está regulado por la presencia y paso de las Ondas de los Estes sobre el país y por las canículas.

## **Septiembre**

Este mes es normalmente el más copioso del año. De nuevo las Ondas de los Estes y la Zona de Convergencia Intertropical se combinan para favorecer la presencia de lluvias a cualquier hora del día. El hecho de que septiembre sea más copioso que junio (mes en el que se produce otro máximo de lluvia), puede deberse a que la ZCIT se encuentra mucho más cerca en septiembre que en junio. Esto permite que alcance con más facilidad la región costera del Pacífico y, por tanto, proporcione precipitaciones de mayor “amplitud”, manifestándose así los “temporales”. Las grandes cantidades de precipitación son la causa del desbordamiento de los ríos con las consecuentes inundaciones que afectan principalmente a toda la zona costera del país.

## **Octubre**

En el mes de octubre se inicia la transición de la estación lluviosa a la seca. La forma en que se inicia dicha transición viene explicada por la primera incursión de una célula de alta presión procedente de América del Norte. El sistema de circulación asociado a dicha célula, que permita el transporte de una masa de aire frío y seco hacia nuestras latitudes, determina que sobre El Salvador se inicien los primeros Nortes con intensidades débiles a moderadas (de 10 a 30 km/h). Dichos sistemas de alta presión anulan la actividad lluviosa, ya que restringen, por

efecto de la circulación, la génesis de las Ondas de los Estes, secando el aire e impidiendo los procesos de condensación y formación de nubes.

### **Noviembre**

La estación seca, propiamente dicha, suele comenzar en la mayor parte del país en los primeros días de noviembre, atrasándose hasta unos 15 días en el extremo oriente del país y en el Golfo de Fonseca. Los “Nortes”, que normalmente caracterizan los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, pueden soplar hasta 15 días o más, sin interrupción, alcanzando velocidades de más de 100 km/h en las zonas montañosas.

Este mes marca el inicio de la primera parte de la estación seca (de noviembre a enero), que se caracteriza por la ausencia casi absoluta de lluvias y por la disminución paulatina de la temperatura, empezando a ser los días cada vez más frescos.

### **Diciembre**

Este mes se caracteriza por cielos completamente despejados, ambiente muy fresco y agradable. Los “Nortes” continúan manifestándose de moderados a fuertes. Muy raramente se producen chubascos aislados (una o dos veces al mes), y su ocurrencia se atribuye a las influencias de frentes envejecidos que arriban al país de forma discreta.

## **4.1.2. Comportamiento de la precipitación en El Salvador**

La lluvia en El Salvador, como característica de los países tropicales, muestra grandes variaciones de un lugar a otro y amplias oscilaciones a través del tiempo. La presencia de huracanes se produce de forma indirecta en forma de precipitaciones abundantes que duran más de un día llamados temporales. Éstos se traducen en una concentración rápida de la escorrentía y una fuerte erosión asociada.

La actividad lluviosa empieza en el oeste y norte del país y termina en el este. En la segunda mitad de julio y sobre todo en agosto, muchas veces hay una disminución de las lluvias (canículas) que aparentan una segunda estación seca que no puede desarrollarse completamente. Dentro de las zonas limitadas por el valor acumulado anual de lluvia, el municipio de Santo Tomás se encuentra entre los valores de 1600mm y 1700mm. (*ver Anexo 1: Mapas; “Mapa de precipitaciones”*)

## **4.2. Vegetación y usos del suelo**



La vegetación es un factor fundamental dentro de la conservación de los suelos. Directamente ejerce un efecto de sujeción del mismo por medio de las raíces, siendo un factor condicionante principal en los procesos de inestabilidad gravitatoria. También evita que la lluvia incida directamente sobre el suelo y ponga en suspensión los elementos del mismo transportándolos, es decir, evita la acción erosiva del agua. Otro aspecto importante a considerar de la vegetación es que aumenta la capacidad de infiltración del agua hacia zonas profundas del suelo, aumentando los aportes de agua a los acuíferos subterráneos y por tanto, disminuyendo la escorrentía superficial y la velocidad con la que se desplaza el agua por la superficie.

Por estos motivos es importante conocer la vegetación existente en un área, desde el punto de vista de las especies y de la forma de ocupar la superficie.

Para este fin se cuenta con el mapa de del suelo realizado por el MARN en 1996, donde reflejan los porcentajes de los diferentes tipos de vegetación. Es de importancia mencionar que este mapa no refleja la situación actual, y que sería necesaria la actualización de esa información para poder seguir trabajando, entre otras cosas, en la gestión del riesgo. (ver Anexo Mapas; "Mapa de usos del suelo MARN 1996") éste encontramos un 30% de bosques naturales el norte y sur del municipio, un 20% de área urbana en la parte central y un 50% de cafetales ocupando la mayoría del territorio. Los granos básicos prácticamente no están representados en el mapa.



Fotografía 4.1.- Vista de Santo Tomás desde Loma Larga.

uso  
se

1:  
En  
en

## 4.2.1. Suelos

El suelo es la capa superficial meteorizada que cubre la superficie del globo terrestre, en la que es posible el crecimiento de las plantas. El suelo actúa como un sostén físico, pues en él están ancladas las raíces, y fisiológico porque alberga nutrientes y agua. Posee componentes inorgánicos, como son la fracción mineral, el agua y el aire, y componentes orgánicos como son la materia orgánica, los organismos y las raíces.

### Clasificación de los suelos según su capacidad de uso

Los usos del suelo representan el tipo de utilización ó actividad actual que se está dando al suelo. Sirve como información básica y de partida para evaluar necesidades de corrección o establecer proyecciones hacia otras áreas.

Los suelos que predominan se agrupan en las clases I, II, III, IV, VI, VII y VIII. Según las aptitudes de los suelos para el cultivo, las tierras de esta zona se clasifican en dos tipos generales: adecuadas para cultivos intensivos, bosques, praderas y otros (clases II, III y IV); y tierras de uso limitado y, generalmente, no adecuadas para cultivos intensivos (clases VI, VII y VIII). A medida que aumenta el número que identifica a cada clase de tierra, disminuye su vocación de uso agrícola y aumenta su vulnerabilidad al no ser utilizada bajo una permanente cubierta forestal

La fracción mineral del suelo se compone de material grueso (cascajos), de las partículas finas (arena, limo y arcilla), y de los compuestos inorgánicos e iones libres ya sean nutrientes o no. La textura, junto con otras propiedades y características tales como el tipo y grado de estructura y el contenido de materia orgánica, definen la distribución de poros en el perfil del suelo y, en gran medida, la capacidad de almacenamiento y su disponibilidad para las plantas. Así todas estas características nos definen la capacidad de uso del suelo.

Los parámetros seguidos en la determinación del mapa "Clases de Tierras de El Salvador" conocido también como mapa agrológico del MARN, son los sugeridos por el USDA (United States Department of Agriculture) la cual se basa en el porcentaje de pendiente, profundidad efectiva, drenaje, textura y susceptibilidad erosiva. Este mapa es una identificación de las clases de tierras con uso agrícola y no agrícola existente en el país, y son desde la Clase I hasta la VIII.

Las clases de suelo representan las siguientes características:

- ❖ **CLASE I:** Son tierras que tienen muy pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son adecuados para un margen amplio de plantas y pueden ser usados con toda seguridad para toda clase de cultivos agronómicos.
  
- ❖ **CLASE II:** Tierra apta para una amplia gama de cultivos adaptados a la zona. Pueden presentarse restricciones de leves a moderadas en la agricultura debidas a problemas de erosión, suelo ó drenaje, requieren prácticas cuidadosas de manejo y moderadas prácticas de conservación. De este modo serán aptas para la labranza intensiva y la mecanización.
  - Tipo de Pendiente: Entre 3-4%, Ondulado Suave.
  - Erosión: Ligera remoción del 25% del Horizonte A.
  - Drenaje: Moderado (muy mojado con charcos dispersos después de lluvias)
  - Textura: Moderados FCA-FC-FAL debajo de 60 cm
  - Profundidad: 150-91 cm
  - Pedregosidad: Muy Ligero, menos del 1% Rocas, 5% Piedras.

❖ **CLASE III:** Tierras que tienen algunas limitaciones moderadas, debidas a problemas solos o combinados, de erosión, suelo o drenaje, para los cultivos intensivos, y requieran prácticas y obras especiales de conservación, algo difíciles y costosas de aplicar. Puede ser utilizada con otros cultivos tales como frutales, pastos o forestales siempre que se adapten a las condiciones ambientales y edáficas. Son aptas para la mecanización.

- Tipo de Pendiente: Entre 5-12%, Ondulado.
- Erosión: Moderada remoción del 75% del Horizonte A.
- Drenaje: Imperfecto (encharcado por periodos de 3 meses al año)
- Textura: Moderadamente gruesas FA-AF, más finos CL-CA-C debajo de 60 cm
- Profundidad: De 90-51 cm
- Pedregosidad: Ligeramente, de 1-10% de piedras.

❖ **CLASE IV:** Suelos que debido a problemas solos o combinados de erosión y suelo, en condiciones naturales solamente son aptas para su uso con cultivos intensivos siempre que se utilicen prácticas intensivas de conservación de suelos. Puede ser utilizada económicamente con cultivos permanentes (frutales, café, cacao ó pastos)

- Tipo de Pendiente: Entre 13-25%, Alomado.
- Erosión: Moderada a fuerte remoción del Horizonte A.
- Drenaje: Pobre (empantanado 4 meses al año)
- Textura: Gruesos A-AFL, muy finos C siempre que estén a 20 cm de la superficie.
- Profundidad: De 50-21 cm
- Pedregosidad: Moderada 10-30% Rocas, 0-30% Piedras.

❖ **CLASE V:** Son tierras con restricciones muy severas para los cultivos intensivos, las limitaciones son tales que el costo de corrección es muy alto o casi imposible de aplicar.



Fotografía 4.2.- Zona sur de Loma Larga de CLASE VI.

❖ **CLASE VI:** Tierras que debido a problemas solos o combinados de erosión y suelo, solamente son aptas para el uso con cultivos permanentes ( Frutales, café, cacao, pastos) o especies forestales que se adapten a la zona. Se requieren usar cuidadosas medidas de conservación y manejo. En la fotografía 4.2. podemos ver que el uso no es el correcto según esta clasificación.

- Tipo de Pendiente: Entre 26-58%, Quebrado.
- Erosión: Fuertes efectos en el Horizonte B, presencia de Cárcavas.
- Drenaje: Empantanado (8 meses al año)

- Textura: Gruesas AG-A-AF desde la superficie
- Profundidad: De 50-30 cm en pendiente.
- Pedregosidad: Severa 30-50% Rocas, 40-60% Piedras

❖ **CLASE VII:** Tierras que debido a problemas muy severos solos o combinados de erosión y suelo, solamente son aptas para bosques, para la producción de madera u otros productos forestales. Estas tierras tienen limitaciones permanentes que en general son pendientes muy abruptas y suelos muy superficiales. En la *fotografía 4.3.* podemos ver como afecta la erosión en estos relieves al practicar un uso inadecuado del suelo.



*Fotografía 4.3.- Loma de la Fca. El Cupipicio de CLASE VII.*

- Tipo de Pendiente: Entre 50-100%, Accidentado
- Erosión: Severa remoción del 25% del Horizonte B
- Drenaje: Empantanado (con agua libre en superficie casi continuo)
- Textura: Muy gruesas A-G desde la superficie.
- Profundidad: 16-30 cm en pendiente.
- Pedregosidad: Muy severo 50-70% Rocas, 60-80% Piedras

❖ **CLASE VIII:** Debido a muy severos problemas de erosión o combinados, no presentan ninguna posibilidad de uso agropecuario o forestal productivo; pero puede utilizarse para el desarrollo de vegetación silvestre, protección, recreación o turismo.

- Tipo de Pendiente: Mayor del 100%, Muy Accidentado
- Erosión: Extrema. Cárcavas y afectado el 75% del área
- Drenaje: No aplica
- Textura: Muy gruesa AG-G finos C pesados
- Profundidad: 0-15 cm
- Pedregosidad: Extrema, mayor del 75% Rocas, mayor del 80% Piedras

F = Suelos Francos (se refiere a la proporción de arcilla, limo y arena)  
 A= Suelos Arenosos  
 L= Suelos Limosos  
 C= Suelos Arcillosos  
 G= Grueso

Los  
par  
ám

etros utilizados representan lo siguiente:

**\*Pendiente:** Grado de inclinación del terreno en relación a un plano horizontal, se expresa en grados el ángulo formado por el terreno y el plano horizontal. En porcentaje representa la

distancia vertical entre dos puntos separados por una distancia horizontal de 100 m. Significado agrícola: incide sobre las posibilidades de uso y manejo de la tierra en sistemas de producción. Se debe de manera general dar preferencia a la siembra de rubros perennes en pendientes más inclinadas, y a los rubros de ciclo corto dedicarles terrenos de menor pendiente.

**\*Erosión**: desprendimiento y arrastre de partículas de suelo por el agua (erosión hídrica) ó por el viento (erosión eólica). Significado agrícola: la erosión acelerada y antrópica es una consecuencia del uso y manejo inadecuado de la tierra; el suelo que permanece es más pobre para la producción y requiere mayor inversión en recuperación.

**\*Pedregosidad**: presencia de piedras sobre la superficie del terreno y semi-enterradas; se puede expresar en % de la superficie del terreno cubierta por piedras. Significado agrícola: a mayor pedregosidad más difícil la labor agrícola, se reduce el área disponible para la siembra, sirve de escondite a plagas y si la pedregosidad está semi-enterrada se reduce la porosidad del suelo favoreciéndose la escorrentía.

**\*Profundidad del suelo**: límite inferior del perfil del suelo que posibilita el crecimiento radicular de las plantas y a partir de él las plantas tienen su crecimiento restringido. Significado agrícola: Hay suelos con perfiles profundos (>120 cm), que no presentan limitaciones para el desarrollo del sistema radicular de la mayoría de los cultivos. Sin embargo, gran parte de los suelos salvadoreños presentan perfiles de menor espesor, lo cual exige hacer una selección más cuidadosa del cultivo para lograr una mejor adaptación. Los suelos con perfiles delgados son más susceptibles a la erosión, almacenan menos agua y presentan menor disponibilidad total de nutrientes, es decir, están más limitados para suplir las necesidades de los cultivos. Un factor importante a ser tomado en cuenta en el reconocimiento de la profundidad del suelo es el tipo de impedimento que la determina. Si se trata de un material rocoso disperso, fragmentado o poroso, que permite la penetración del agua y raíces de árboles, es menos limitante que la presencia de un material rocoso compacto del tipo "talpetate"

**\*Textura**: relación cuantitativa entre fracciones de arena, limo y arcilla. Significado agrícola: los suelos de *textura fina* (arcillosos) tienen mayor capacidad de intercambio catiónico y tienden a almacenar más agua que los suelos de *textura gruesa* (arena y limo). Suelos con mayor presencia de limo son más susceptibles a la desagregación de la estructura superficial y formación de costras superficiales que reducen la infiltración del agua en el perfil y aumenta la escorrentía superficial. Por otro lado los suelos arenosos son fáciles de trabajar, pero excesivamente drenados, almacenan poco agua y ponen en riesgo los cultivos en los veranillos. Los de *textura fina* (arcillosos) suelen ser más pesados, adherentes, susceptibles a la compactación y resbaladizos para la labor agrícola. La *textura arcillosa* combinada con una estructura compactada y periodo lluvioso, puede ofrecer condiciones de mal drenaje interno y pobres condiciones para el desarrollo del sistema radicular. Los suelos de *textura media*, alrededor de franca o franca arcillosa, son los preferidos por los cultivos productores. Son más fácilmente manejables y presentan condiciones de riesgo normalmente más reducidas que los dos extremos.

**\*Drenaje:** velocidad con que el agua se desplaza por la superficie del terreno (drenaje externo) y dentro del perfil del suelo (drenaje interno). Un suelo está mal drenado cuando el desplazamiento del agua es lento o muy lento. Significado Agrícola: los suelos mal drenados limitan el crecimiento de las plantas que son susceptibles a la falta de oxígeno y favorece la denitrificación donde los organismos convierten el nitrógeno que las plantas pueden absorber en otras formas volátiles y no absorbibles por las raíces. Un mal drenaje impide ciertas labores agrícolas principalmente si el suelo es arcilloso y la capa freática está cerca de la superficie. Además reduce la disponibilidad de nutrientes en el suelo, limita el crecimiento y funcionamiento de las raíces de los cultivos no adaptados y facilita o potencia la ocurrencia de diferentes tipos de enfermedades. Este último caso es muy importante en el caso de hortalizas y frutales.

En el municipio de Santo Tomás, las tierras corresponden principalmente a la clase VI en un 50% del territorio. En un 40% están representadas las clases IV y VII coincidiendo con las zonas de mayores pendientes, y con apenas un 5% la clase III. Estas áreas nos indican claramente que el uso más adecuado está enfocado a cultivos permanentes y al bosque, requiriendo medidas importantes de conservación de suelos. (*ver Anexo 1: Mapas; "Mapa agrológico"*)

En este sentido existe de referencia el trabajo efectuado por los diplomados de la UES y coordinado por COSUDE: "Evaluación de amenazas y propuesta de plan municipal de reducción de desastres en el municipio de Santo Tomás", en el que se zonifica el municipio basándose en estas cartografías y proponiendo una serie de recomendaciones de usos.

### 4.3. Hidrología superficial

Las redes de drenaje son la manifestación de la escorrentía superficial concentrada y jerarquizada en cauces. Arroyada concentrada y jerarquización implican un proceso dinámico ya que requieren del movimiento de las aguas y su concentración progresiva hacia colectores cuyas dimensiones son proporcionales al volumen de escorrentía generado.

Este proceso dinámico depende de la forma como interactúan numerosos factores:

- La alimentación hídrica: Ya sea a partir de manantiales, o a partir de precipitaciones en forma de lluvia, que incide con intensidades altamente variables.
- La respuesta del suelo ante estas precipitaciones: Sus características edáficas intervienen en el volumen escurrido en función de la textura, estructura, permeabilidad y condiciones de humedad del suelo.
- Las características fisiográficas: pendiente, longitud, posición, orientación y forma de la ladera; que intervienen en la velocidad y aceleración de la escorrentía.

- La cubierta vegetal: que en su clase (herbácea, arbustiva y arbórea) y densidad puede facilitar la infiltración y reducir la energía del impacto de las gotas de lluvia, así como contribuir a la concentración de la arrollada hacia las áreas de menor densidad de vegetación.
- La litología y la tectónica: posibilitando o dificultando la infiltración y el excavado, y condicionando el trazado y configuración que la red adquiere.
- Los factores antrópicos: influyendo directamente en la cubierta vegetal y usos del suelo, así como en obras que modifiquen las condiciones de los cauces.

La influencia de todos estos factores configuran el diseño de la red fluvial a lo largo del tiempo, que evoluciona en forma y número de cauces; una red fluvial cuyos elementos constituyentes pueden cuantificarse y clasificarse.

### 4.3.1. Delimitación de las subcuencas

Cuando se habla de cuenca hidrográfica se dice que es el espacio donde se desarrolla este sistema de drenaje, que concentra aguas en un río principal, el cual se integra al mar, lago u otro río más grande. Cualquier infraestructura e intervención que realiza el hombre se encuentra en una cuenca hidrográfica, por lo tanto “no hay ningún punto sobre la tierra que no corresponda a una cuenca”.

Las cuencas de drenaje están separadas por parteaguas o divisores de agua: son las partes más altas del relieve, a partir de las cuales las aguas superficiales fluyen, de un lado, hacia un curso de agua, y del otro lado, hacia otro curso de la cuenca vecina. (ver fotografía 4.4.)

La cuenca se puede dividir en parte alta, media y baja, esto generalmente se hace en función de características de relieve, altura y aspectos climáticos. Permite relacionar como las partes altas de las cuencas inciden en las partes bajas, por ejemplo: si se deforesta la parte alta como afecta la escorrentía en las partes bajas, o se aplican agroquímicos y plaguicidas en forma irracional las partes altas, como se contamina las aguas que deben aprovecharse más abajo.



Fotografía 4.4.- Lomas que dividen vertientes parcialmente deforestadas. Suroeste Sto. Tomás.

de  
otro  
si  
en



Fotografía 4.5.- Vista del Cerro de San Jacinto desde la cima de Loma Larga atravesados por autopista.

En Santo Tomás las máximas elevaciones se reparten por la franja occidental del municipio correspondiendo las cotas más elevadas a Loma Larga con 1100 m y a las estribaciones del Cerro San Jacinto con 1010 m (ver fotografía 4.5.). Este límite natural es el nacimiento de la mayoría de las quebradas y la zona de recarga de la cuenca, conjuntamente con la zona central y más plana que se eleva entre 700 y 800 m para disminuir hacia el norte hasta los 500m y hacia el sur hasta los 520m. En esta área sur, encontramos un resalte que llega a los 870 m en el punto más alto. Son

una serie de lomas con una dirección NO–SE unidas por un collado dirección E-O. Las más orientales reciben el nombre de Loma el Pino, Loma Potrerillos, Lomas El Amate y Loma Gumala; en la parte occidental Loma El Campanario y Loma El Retiro. (ver fotografía 4.6.)

Esta configuración hace que se diferencien dos cuencas principales, al norte la cuenca del Lago de Ilopango con 9.34 km<sup>2</sup> y al la del río Tihuapa con 16.46 km<sup>2</sup>. La cuenca del Lago es recorrida por la Qda. La Quebradona, Qda. Cuapa y Qda. El Barrancón que desembocan al Río Cuapa; por la Qda. El Sauce se transforma en el Río Shutía; por la Qda. La Chiquera, afluente del Río Jutiapa; y por el Río El Jocote. La cuenca del Tihuapa se puede separar dos subcuencas, la del Río Chanchusma donde desembocan la Qda. Hoja de Sal, Qda. El Canelo Qda. La Manzana; y la del Río Guayabo con la Qda. El Limón, Qda. Ojo de Agua, Qda. Las Casitas o El Zapote, Qda. El Porvenir, Río El Cacao, Qda. Agua Zarca, Río Chansierpe, Qda. El Coyol y Qda. El Jiote.



Fotografía 4.6.- Vista desde Loma El Campanario hacia Loma Potrerillos divididas por Qda. Agua Zarca.

sur  
que  
en  
y

La posición que ocupa Santo Tomas es en la parte alta de la cuenca, donde además de ser área de recarga de los acuíferos, se producen principalmente procesos de erosión y transporte, predominando sobre los de sedimentación. Esto hace que las amenazas presentes se relacionen con procesos naturales de perdida de material como lo son las inestabilidades gravitatorias, siendo de forma puntual afectados por la problemática asociada a desbordamientos e inundaciones, más corrientes en la parte baja de las cuencas. La otra amenaza sería la contaminación de los mantos acuíferos, afectando al resto de la cuenca.

### 4.3.2. Influencia estructural

La presencia de las diferentes familias de fallas ejercen un fuerte control estructural sobre la red de drenaje. Las principales que aparecen en Santo Tomás presentan dirección NE-



SO y NO-SE, diferenciándose dos zonas en el municipio, la primera en el área norte (Cuapa, El Ciprés, Chaltepe y Caña Brava) donde predomina la dirección NE-SO con cauces paralelos, y la segunda en el área sur (El Guaje y Potrerillos) donde la dirección NO-SE tiende en la parte más meridional a N-S. Entre estas dos zonas encontramos un área donde la red de drenaje no se encuentra tan definida, con una dirección E-O (Las Casitas, El Porvenir, El Carmen). (*ver Anexo 1: Mapas; "Mapa Geológico"*)

Esta influencia se observa en la tipología subparalela de la red de drenaje. Estas tipologías muestran dependencias estructurales que condicionan su trazado, con cambios bruscos de dirección y con valles alargados y rectilíneos, además de uniones anguladas de los tributarios. También presentan este aspecto las redes que se desarrollan sobre litología preferentemente de resistencia uniforme.

## **5. GEOLOGÍA**

### **5.1. Marco geológico regional**

Resultado de la subducción en dirección NE, de la placa de Cocos bajo la placa del Caribe, se genera una cadena volcánica Centroamericana que se extiende desde Guatemala

hasta Costa Rica con una longitud de 1100Km, estando El Salvador situado aproximadamente en la parte central. La compresión producida por la subducción genera un intenso fallamiento en todo el país y es también el origen de la acentuada actividad volcánica y sísmica. Se define por ello la geología general del país por la masiva presencia de rocas volcánicas y su morfología por la alternancia de edificios volcánicos elevados sobre las planicies.

El Salvador es, desde el punto de vista geológico, un país extremadamente joven si se considera que una cuarta parte del territorio nacional es de edad pleistocénica (1,8Ma) y tres cuartas partes están cubiertas por rocas de edad terciaria, predominando las de época pliocénica (5,3Ma).

Los terrenos más antiguos son de edad cretácica y cubren aproximadamente un 5% del territorio salvadoreño. Solamente estos últimos son de origen sedimentario marino, las demás rocas, con pocas excepciones, están originadas por fenómenos volcánicos. En algunos puntos aparecen además rocas intrusivas que pertenecen a la época miocénica (también terciarias).

### 5.1.1. Elementos estratigráficos

Los materiales geológicos que forman el país de El Salvador han estado descritos por varios autores, en los últimos cincuenta años. La secuencia litológica del mesozoico, el terciario y las unidades cuaternarias más recientes ha sido clasificada por DÜRR (1960), Weisemann (1975), Weisemann et al (1978) y Weber (1979). A continuación se muestran en una tabla las diferentes unidades litológicas, Baxter (1984).

CRONOLOGÍA	WIESEMANN et al. (1978)
Unidades sedimentarias terciarias-cuaternarias	FORMACIÓN SAN SALVADOR FORMACIÓN CUSCATLAN FORMACIÓN BÁLSAMO FORMACIÓN CHALATENANGO FORMACIÓN MORAZÁN
Unidades sedimentarias mesozoicas-terciarias	GRUPO VALLE DE ANGELES GRUPO YOJOA FORMACIÓN TODOS SANTOS - FORMACIÓN METAPÁN ESTRATOS DE METAPÁN

Figura 5.1.- Unidades litológicas en El Salvador. BAXTER (1984).

## 5.2. Marco geológico local

Basados en la geología descrita en el mapa geológico a E-1:100.000 (1967.1971), concretamente en el área de estudio afloran las últimas tres formaciones: Bálsamo, Cuscatlán y San Salvador (ver Anexo 1: Mapas; "Mapa Geológico"). Si observamos el mapa se observa

como la litología que aflora predominante en el municipio de Santo Tomás la conforma la Formación Cuscatlán (c1), cubriendo un 39.90 % del total del área principalmente en el sector SO. Con una proporción del 33.2 % aflora la Formación San Salvador, en sus dos miembros s4 (32.77 %) y s3'a (0.43 %) en la práctica totalidad de la zona N. Finalmente la Formación Bálsamo aflora en el SE (b1: 21.32 %) y en una pequeña franja de NO (b3 : 5.55 %) en un total de 26.87 %.

Edad	Formación	Miembro	Litología
Holoceno	FM. SAN SALVADOR	s3'a	Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas (tobas color café)
		s4	Tierra Blanca. Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas subordinadas. Localmente
Pleistoceno			
Plioceno	FM. CUSCATLÁN	c1	Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas (fluvio-lacustres, fluviales y lacustres)
	FM. BÁLSAMO	b3	Efusivas básicas-intermedias. Localmente con alteración hidrotermal, silicificación, limos rojos.
		b1	Epiclastitas volcánicas y piroclastitas. Localmente efusivas básicas-intermedias intercaladas.

Figura 5.2.- Unidades litológicas presentes en Santo Tomás.

## Formación Bálsamo

La Formación Bálsamo caracterizó episodio final del vulcanismo del Terciario superior (Plioceno, 5.3mill años). Durante esta fase se depositaron grandes cubiertas piroclásticas emitidas en su mayor parte a largo de fracturas y en menor proporción desde aparatos centrales. Los productos de esta fase para el miembro b1 están definidos como epiclastitas volcánicas y



Fotografía 5.1.- Afloramiento de Formación Bálsamo (Epiclastitas volcánicas). Loma El Campanario. Cantón Potrerillos.

el  
lo

piroclastitas. Caracterizados en parte central del país como tobas aglomeráticas y andesitas. Las tobas aglomeráticas, constituidas por grandes bloques andesíticos de 20 a 50cm o mayores redondeados entremezclado por material piroclástico gris claro de grano medio del Plioceno tardío, se encuentran en la parte superior del miembro intercalada por corrientes de lava y algunas tobas ácidas. Las lavas son de tipo andesita hiperténica, augítica, porfídica e hialopíltica.

El miembro b3, constituido por rocas efusivas básicas-intermedias se encuentra localmente con alteración hidrotermal, silicificación y limos rojos.

La Formación Bálsamo se encuentra aflorando en Santo Tomás a lo largo de Loma Larga, el Cerro de San Jacinto y el sector sureste Loma La Finquita, Loma El Pino, Loma Potrerillos, Loma El Campanario, Loma El Amate y Loma El Retiro, siempre coincidiendo los relieves más altos (*ver fotografía 5.1. y 5.2*). forma más local aparece en Caña Brava.



de  
con  
De  
al

Fotografía 5.2.- Formación Bálsamo en el suroeste de Santo Tomás (Finca el Cupipicio).

La emisión de grandes volúmenes de ignimbritas en un régimen distensivo dio origen fallamiento con el consecuente hundimiento y formación de la fosa central (Plioceno-

Pleistoceno), depresión estructural llamada por Williams y Meyer Abich (1953) graben, posteriormente (1955) Fosa central o depresión central, y por Dengo (1968) “depresión de Nicaragua”.

### Formación Cuscatlán



Fotografía 5.3.- Formación Cuscatlán en talud de carretera de cantón El Guaje.

La Formación Cuscatlán es producto de una fase posterior a la formación de la fosa, en la que tuvieron lugar la emisión de cubiertas piroclásticas desde centros ubicados en su interior, y formación de domos y aparatos volcánicos centrales. En esta formación también están comprendidos los depósitos lacustres y fluviales (originados a raíz de la erosión del material de la fosa) que se depositaron en cuencas con dirección O-E.

El miembro c1 de la Formación Cuscatlán cubre principalmente el sector de El Porvenir, El Guaje y Las Casitas. De forma más puntual aflora en el noreste, ocupando las divisorias de las vertientes que desembocarán al Lago de Ilopango. Está descrito como piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas (fluvio-lacustres, fluviales y lacustres). Las secciones

descritas próximas al lago de Ilopango están constituidas por tobas caracterizadas por la abundancia de bombas de pómez, lapilli de pómez, pisolitas, fragmentos angulares de lavas dacíticas y andesitas en una masa fina de cenizas no estratificadas.

### Formación San Salvador



Fotografía 5.4.- Formación San Salvador (Tierra Blanca). Cantón El Porvenir.

volcánicas subordinadas conocido como “Tierra Blanca” por William & Meyer-Abich. Autores reubican el evento al tercer y último hundimiento del Lago de Ilopango donde el espesor es superior a los 50m. Localmente aflora miembro s3´a, descrito como una secuencia de piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas (Tobas color café). Se encuentra en el sector de Caña Brava, Chaltepe, El Ciprés y un área de Cuapa, El Carmen, Las Casitas y El Porvenir. el apartado 7: *Susceptibilidad a inestabilidad de laderas* se hace una mayor descripción de este material muy susceptible a las inestabilidades, además abarca la zona mayormente densificada casco urbano.

Los terrenos más recientes en el interior de la fosa, componentes de la Formación San Salvador, son atribuibles a la actividad de los aparatos activos (Santa Ana, Izalco, San Salvador, San Vicente, San Miguel). Autores como Williams Y Meyer-Abich (1953) y Weyl (1955) suponen que la depresión está asociada a unas fallas por las que se alinean los centros eruptivos anteriormente citados. Se trata de una secuencia que consiste en piroclastitas ácidas y efusivas ácidas-básicas intercaladas. El miembro s4 se trata de una secuencia de piroclastitas ácidas y epiclastitas



Fotografía 5.5.- Detalle de Tierra Blanca.

que

el

En

que

de

## 5.3.Tectónica

El origen de la intensa fracturación existente en la zona de estudio hay que buscarlo en las características geodinámicas de esta región geológica. Como se ha explicado anteriormente, estas corresponden a las de una zona de convergencia entre dos placas, concretamente a la subducción de la placa de Cocos bajo la placa del Caribe.

La fracturación de la roca se produce por la compresión que sufren los materiales debido a la intensa presión que supone la fricción de una placa al desplazarse bajo la otra. La dirección de máxima deformación coincidirá aproximadamente con la dirección perpendicular a la fosa tectónica del Pacífico, donde subduce la placa de Cocos, produciendo fracturas de dirección perpendicular a este desplazamiento y planos de fracturación oblicuos. Otras direcciones de deformación importantes corresponden a la de las fallas transformantes, normalmente paralelas a la dirección del movimiento y que acompañan y acomodan el movimiento relativo de los diferentes bloques.

Ya en superficie, una gran diversidad de fallas se producirán por respuesta frágil de la roca a los esfuerzos producidos por el movimiento de las fallas principales.

Se conocen tres sistemas de debilidad tectónica, siendo el más importante el sistema tectónico con dirección E-O, caracterizado por desplazamientos verticales considerables que atraviesan la República. Estos desplazamientos darán origen a la formación del graben o fosa tectónica. Se reconocen cinco ejes principales dentro de este sistema:

- Primer eje: Forma el límite Sur de las montañas Norteñas.
- Segundo eje: Se caracteriza por un vulcanismo individual apagado en la parte Norte del país.
- Tercer eje: Se ubica al sur del segundo eje. Es el más prominente, con dislocaciones tectónicas (la más importante de ellas atraviesa el país, la fosa central) y con un vulcanismo individual joven, en parte todavía activo. También se encuentran depresiones volcano-tectónicas y cúpulas de lava. Los eventos sísmicos que aún ocurren en esta zona, indican que los movimientos tectónicos continúan.
- Cuarto eje: Se localiza en el Océano Pacífico a una distancia de 25 Km. de la costa salvadoreña y se caracteriza por una actividad sísmica frecuente.
- Quinto eje: Se encuentra al Sur del anterior, formando una fosa marina que corre paralela a la costa salvadoreña y muestra cierta actividad sísmica. Existen elevaciones de forma cónica que se levantan desde más de 3000 metros de profundidad hasta el nivel del mar, considerándose éstas como volcanes.

La segunda dirección de debilidad tectónica más importante es NO-SE, con un sistema de fallas que algunas veces tienden a nortearse. Estas fallas se extienden a lo largo del país y en ocasiones aparecen como fisuras y alineamientos de eventos eruptivos, como el complejo volcánico de Santa Ana, San Salvador, San Vicente, Tecapa y San Miguel.

El tercer sistema, de fallas subordinadas, presenta una dirección NE-SO. Es menos evidente que los anteriores y se detecta principalmente en el centro y este de El Salvador.

### 5.3.1. Tectónica local

Con el objetivo de complementar la información estructural a escala E-1:100.000, se identificaron orientaciones preferenciales de la red de drenaje y lineamientos a partir del análisis del mapa topográfico escala E-1:25.000. Se observa como las orientaciones de las principales quebradas y ríos nos muestran la influencia de la tectónica regional en Santo Tomás.

En Santo Tomás se pueden diferenciar dos direcciones preferenciales en zona norte y sur (*ver Anexo 1: Mapas; "Mapa Geológico*). La dirección NO-SE aparece definida principalmente en la zona norte, donde encontramos las cabeceras de los cauces que drenan al río Guluchapa, desembocando éste en el lago de Ilopango. En la zona sur predomina la dirección NE-SO con tendencia a E-O en la parte más central del municipio, siendo también estas áreas las cabeceras de lo que serán los afluentes del río Tihuapa, que desemboca en el océano Pacífico.

Con lo analizado se puede decir que la densidad de fracturación es alta al no superarse los 1000m sin la presencia de una falla, por lo que las amenazas relacionadas con la actividad sísmica, ya sea directamente o como desencadenante de inestabilidades, tendrán que tener una especial atención en el ordenamiento territorial.

## 6. CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS

*La **amenaza** se refiere a la posibilidad de la ocurrencia de un evento físico y/o actividad humana potencialmente perjudicial, que puede causar la pérdida de vida o lesión, daños materiales, interrupción social y económica o degradación ambiental, de existir elementos expuestos. También se entiende por amenazas las condiciones latentes que pueden convertirse en otras formas de amenaza y las cuales pueden tener diversos orígenes: natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) e inducido por los procesos humanos (degradación ambiental). Cada amenaza está caracterizada por su localización, intensidad y frecuencia (o probabilidad).*

*Para caracterizar las amenazas se toman en cuenta dos factores:*

*los factores condicionantes:*

- *que a través de la definición de los parámetros intrínsecos de un fenómeno dado definen la magnitud del daño posible,*

*y los factores desencadenantes:*

- *que identifican las variables temporales y de intensidad que caracterizan la ocurrencia del fenómeno.*

La situación geológica y geográfica de El Salvador hace que los potenciales eventos físicos o procesos naturales en el municipio de Santo Tomás sean múltiples e interactúen entre ellos. Los fenómenos naturales de origen geológico, meteorológico e hidrológico como lo son las erupciones volcánicas, terremotos, inestabilidades de terrenos, inundaciones y huracanes, representan una amenaza que influye de manera negativa en el desarrollo social y económico de un país, y como en este caso en un municipio vulnerable. Son las llamadas amenazas naturales.

Por otro lado, la propia situación geográfica, social y económica del municipio, hace que se desarrollen, de manera descontrolada, actividades humanas potencialmente perjudiciales para la propia sociedad y su Medio Ambiente. Estas actividades, denominadas como amenazas, son llamadas amenazas antrópicas, y actúan como aceleradores de las amenazas naturales al propiciar condiciones que favorecen al evento mismo. Se puede decir que la deforestación, los incendios, la contaminación de las aguas superficiales y de los acuíferos, y el uso inapropiado del suelo, son entre otros, las amenazas provocadas por el hombre que desencadenan situaciones de riesgo.

***Para caracterizar el conjunto de amenazas naturales y antrópicas tendríamos que tener en cuenta los factores condicionantes y desencadenantes de cada una de ellas, de tal forma que se pudiera definir la magnitud del daño posible e identificar las variables temporales y de intensidad.***

## **6.1. Amenazas naturales**

En este apartado nos centraremos en la dinámica de los procesos geológicos existentes en Santo Tomás, siendo conscientes de que cada uno necesitaría un estudio a detalle en escala y tiempo, ya no sólo en este municipio, sino en todo el país.



Los fenómenos naturales que actúan como amenazas son la sismicidad, las lluvias y huracanes, el volcanismo y la erosión. Éstos son considerados Procesos Primarios y se traducen en efectos como terremotos, deslizamiento de terrenos, flujos, desprendimientos, caída de cenizas, lahares, etc, siendo éstos los Procesos Secundarios o efectos de los primarios (*ver figura 6.1.*)

AMENAZAS NATURALES	
Procesos primarios (Fenómenos naturales)	Procesos secundarios (Efectos)
Huracanes, lluvias	Inundaciones y procesos torrenciales: erosión, flujos de detritos (deslaves), flujos de lodo, lahares
Sismicidad	Terremotos, tsunamis o maremotos, deslizamientos de terreno, derrumbes, flujos superficiales, liqüefacción.
Volcanismo	Caídas de cenizas, flujos o coladas de lava, flujos piroclásticos, lahares, temblores
Erosión	Deslizamientos de terreno, derrumbes, coladas o flujos superficiales

Figura 6.1.- Procesos primarios y Procesos secundarios.

### 6.1.1. Amenaza por erosión

Para entender la amenaza por erosión es importante contextualizar el clima de El Salvador y así conocer el principal factor desencadenante de este proceso natural. Simplificando se puede decir que se producen tres tipos principales de lluvias asociadas a diversas situaciones climáticas:

- El desarrollo de tormentas locales por movimientos de aire convectivos debidos al calentamiento del aire húmedo del océano a lo largo del día y que, en la estación lluviosa (mayo-septiembre), suelen dar como resultado la precipitación de grandes cantidades de agua en poco tiempo, o lo que es lo mismo, precipitaciones de alta intensidad.
- Los eventos meteorológicos asociados a la presencia continuada de bajas presiones atmosféricas, situaciones ciclónicas debidas a la zona de convergencia tropical (Perla, Alfaro y Domínguez, 1990), ocasionan periodos de lluvias prolongados en el tiempo, con

duraciones de varios días que, en general, ocasionan grandes precipitaciones, pero de baja intensidad relativa.

- Situaciones especiales de circulación transitoria de aire tropical, con la formación y entrada de fenómenos ciclónicos generados en el mar Caribe, que pueden dar lugar a lluvias intensas durante varios días, como fue el caso del huracán Mitch.

Siguiendo el ciclo hidrológico, en el momento de la precipitación, el agua llega a la superficie del suelo y sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca. En este camino se produce un escurrimiento a favor de pendiente hasta acceder a los cauces, denominándose este proceso escorrentía superficial.

Y es en el recorrido hasta los cauces donde la acción erosiva del agua se presenta como una amenaza en Santo Tomás al encontrarse con un suelo desprotegido, en unas condiciones de pendientes elevadas, y con unas modificaciones antrópicas que facilitan esta acción de transporte de material. Además el municipio se encuentra en la parte alta de cuenca, donde los procesos de erosión predominan sobre los de sedimentación.



Fotografía 6.1.- Laderas deforestadas y con altas pendientes en lotificación Altos de la Cima.

En los recorridos efectuados por el municipio se ha observado que en las áreas lotificadas-urbanizadas es donde se presenta con mayor agudeza este efecto al combinarse factores como la deforestación y la modificación de la escorrentía natural del terreno sin obras de canalización. Esta situación se ve acrecentada por las altas pendientes que presentan las laderas, favoreciendo la rápida concentración de las aguas y su poder erosivo al aumentar su velocidad y con ello su capacidad de arrastre. (ver fotografía 6.1.)



Fotografía 6.2.- Erosión en regueros sobre la calle en lotificación Miramar.

en su anchura, profundidad y longitud. (ver fotografía 6.3.)

Uno de los productos de esta situación es la formación de *regueros* (ver fotografía 6.2.) y cárcavas, que serán caminos preferenciales para la progresiva concentración de aguas. Este tipo de erosión está caracterizado fundamentalmente por el avance remontante de las incisiones del terreno, por lo que se puede esperar un aumento

Para la evaluación de las pérdidas de suelo que se producen por esta forma de erosión, se utiliza la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) mediante la expresión  $A = R K S L C P$

Más que poder aplicar esta fórmula, conlleva un estudio a detalle, lo interesante conocer que factores se tienen en cuenta, forma que se empiecen a considerar como muy importantes en el conocimiento y desarrollo sostenible del medio en Santo Tomás.

A: Es la pérdida de suelo por unidad superficie.

R: Mide la fuerza erosiva de una lluvia determinada.

K: Factor de erosionabilidad para un suelo determinado.

S: Factor pendiente.

L: Factor longitud.

C: Factor cultivo y ordenación.

P: Prácticas de conservación de suelos.

Con esto vemos que lo primero es el conocimiento de las precipitaciones particulares para este municipio (ver Anexo 1: Mapas; "Mapa de precipitaciones"). Por otro lado una microzonificación que nos de información de los suelos presentes, las pendientes y las especies cultivadas. Por último las prácticas de conservación como cultivo a nivel, cultivo por fajas y terrazas.

Dentro de estos parámetros, el papel de la vegetación sobre la escorrentía es fundamental a la hora de disminuir las aportaciones de superficie (escorrentía superficial) y aumentar las subterráneas, o lo que es lo mismo, disminuir la erosión del suelo y aumentar la capacidad de los acuíferos.

Es aquí donde las masas forestales tienen una elevada eficacia al conjugarse distintos factores para conseguir ese efecto:

- La mayor capacidad de infiltración de que dotan a los suelos.



Fotografía 6.3.- Formación de cárcavas con erosión remontante en lotificación Miramar.

que  
es  
de  
  
de

- La intercepción de la precipitación.
- La mayor rugosidad de la superficie y los mayores obstáculos del contorno, que producen una fuerte disminución de la velocidad de desplazamiento de las aguas superficiales.
- La transpiración de las plantas, que regula la dosis de humedad del suelo manteniendo una capacidad de almacenamiento disponible aun en épocas de gran humedad.
- La gran capacidad de absorción de agua de las cubiertas de restos vegetales y húmicas, que retrasa el punto de encharcamiento y, por tanto, el comienzo del flujo superficial.

Y es también en la erosión donde la cubierta vegetal se presenta como un agente extraordinariamente eficaz en la disipación de la energía cinética de las gotas de lluvia, destacando en este papel tanto la cubierta próxima al suelo como los restos de vegetación (*ver fotografía 6.4.*). Por otra parte la incorporación de materia orgánica mejora la estructura del suelo, y con ella su permeabilidad y su resistencia a la acción de las gotas de lluvia y al transporte.



*Fotografía 6.4.- Área boscosa con alfombra vegetal. Posible deforestación por lotificación.*

Esa cubierta y los restos vegetales aumentan la rugosidad superficial, con lo que se reduce la velocidad de circulación de la escorrentía superficial, reducción que limita la velocidad a la cuarta parte de la velocidad en suelo desnudo y, con ello, la capacidad erosiva del flujo.

Centrándonos en el tipo de circulación en regueros, característico de las áreas lotificadas, la vegetación en contacto con el suelo tiene un papel destacado. Por un lado, la materia vegetal se presenta como un obstáculo físico que aumenta la rugosidad superficial, reduciendo la velocidad del agua, y genera microtopografía que permite diversificar las líneas de circulación, evitando la concentración del agua en caminos definidos. Por otra parte, sus sistemas de raíces (radicales) limitan la progresión en anchura y en profundidad de los regueros.



*Fotografía 6.5.- Formación de cárcavas en supuesto camino. Lotificación Miramar.*

En cárcavas y barrancos, los sistemas radicales proporcionan al suelo una resistencia notable, tanto frente al arrastre de sus materiales como al desplome o deslizamientos superficiales. La progresión de la cárcava, bien longitudinalmente (progresión ascendente) bien transversalmente, puede verse sustancialmente limitada por la presencia de vegetación, aunque si no es suficiente puede recurrirse a obras de ingeniería que contribuyan a estabilizar estos fenómenos erosivos.



Fotografía 6.6.- Laderas quemadas como práctica de cultivo en el Cantón el Guaje.

Otro de los motivos de la deforestación es la quema de la vegetación como práctica de cultivo. Ésta es utilizada en todo el país y trae consecuencias directas de pérdida de suelo fértil y procesos secundarios de inestabilidad de terrenos (ver fotografía 6.6.).

En Santo Tomás se está produciendo una deforestación asociada mayormente al proceso constructivo de las lotificaciones y en menor medida a la extracción de material en canteras (ver fotografía 6.7.). La forma descontrolada con que se ha hecho este proceso no ha permitido regular los mecanismos de mantenimiento de una masa forestal imprescindible, por lo que la situación actual es de pérdida progresiva de material transportado aguas abajo y concentración de las aguas en nuevos cauces que amenazan la población asentada.



Fotografía 6.7.- Explanada de cantera ilegal en el cantón Las Casitas.

### 6.1.2. Amenaza sísmica

*Los sismos son el producto de la liberación de energía generada por el desplazamiento de la placa oceánica que subduce bajo la placa continental (en el caso de sismicidad asociada a límite de placas) o por el desplazamiento de fallas. Gran parte de esta energía sísmica se libera en forma de calor y una pequeña parte mediante la propagación de diversos tipos de ondas que hacen vibrar la corteza terrestre. La aceleración, vertical y horizontal asociada a esas ondas variará en función de la cantidad de energía liberada, así como del tipo de material que atraviesen.*

Las vibraciones que se producen en superficie como consecuencia de la expansión de las ondas sísmicas, originan una fluctuación del estado de esfuerzos en el interior del terreno. Contribuyen así a aumentar el esfuerzo cortante y pueden producir una perturbación en la estructura de los materiales disminuyendo su cohesión y la resistencia al corte, afectando al equilibrio de los taludes. En algunos

materiales saturados sin drenaje, pueden dar lugar a una súbita licuefacción del suelo, como consecuencia de un incremento de la presión del agua intersticial. Igualmente, la generación de nuevas fracturas causada por estas vibraciones en cualquier terreno, permitirá una mayor infiltración de agua, con el consiguiente aumento de presión que contribuye a desestabilizar el material.

El Salvador se encuentra en una región con un alto índice de actividad sísmica. Las principales fuentes generadoras de sismos en el territorio nacional son:

1. El proceso de subducción entre las placas tectónicas de Cocos y del Caribe, cuyo movimiento relativo origina sismos cercanos a las costas salvadoreñas.
2. Un sistema de fallas en Guatemala, Montagua-Polochic, que definen la frontera entre la placa de Norteamérica y la placa del Caribe.
3. Un sistema de fallas con dirección norte-sur, ubicadas en la depresión de Honduras.
4. La cadena volcánica, que forma parte del cinturón de fuego del Pacífico y corre a lo largo del territorio. Se reconoce como un escalón en el terreno a unos 10 – 15 Km del eje volcánico, desde Ilopango hasta San Miguel. Se asocia a la fosa central o graben, en dirección E-O.
5. Un sistema de fallas con una dirección predominante noroeste-sureste dentro del territorio salvadoreño.

A los sismos generados las fuentes 3 y 5 se denominan regionales. El último sismo regional de gran Intensidad en territorio salvadoreño fue el del de enero de 2001, ubicado en el Océano Pacífico. Los sismos generados en la fosa de subducción pueden alcanzar magnitudes de casi 8.0 en la escala de Richter, aunque la parece estar localmente menos activa frente a la costa de El Salvador, donde el sismo mayor

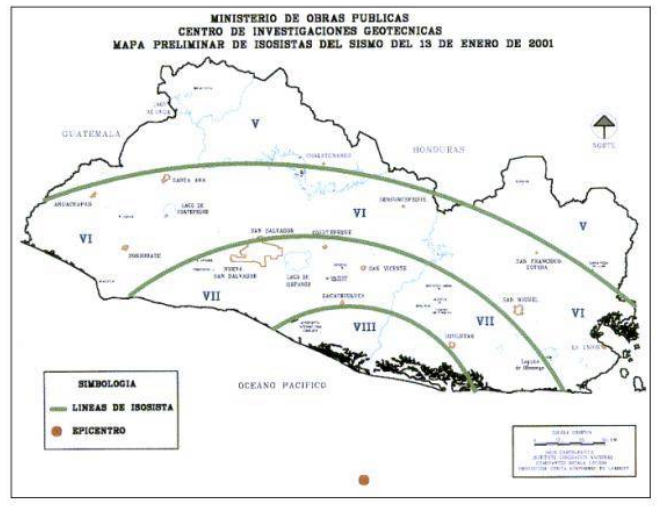


Figura 6.2.- Mapa Preliminar de isosistas (zonas de igual intensidad) Sismo 13 Enero 2001 SNET

ha ocurrido en este siglo fue el del 19 de junio 1982, con magnitud de 7.3 (Ambraseys y Adams 1996), sin embargo, suelen sacudir un área muy amplia y no alcanzan niveles muy altos de intensidad en el territorio debido a la lejanía de la fuente de liberación de energía sísmica.

por  
13  
fosa  
que

A los sismos generados las fuentes 4 y 5 se denominan locales. Estos, generalmente ocurren a profundidades menores de kilómetros, han sido los que causado mayor destrucción El Salvador. Entre los sismos locales más destructivos se pueden mencionar: Jucuapa-Chinameca el 6 de mayo de 1951, San Salvador el 3 de mayo de 1965, San Salvador 10 de octubre de 1986 y San

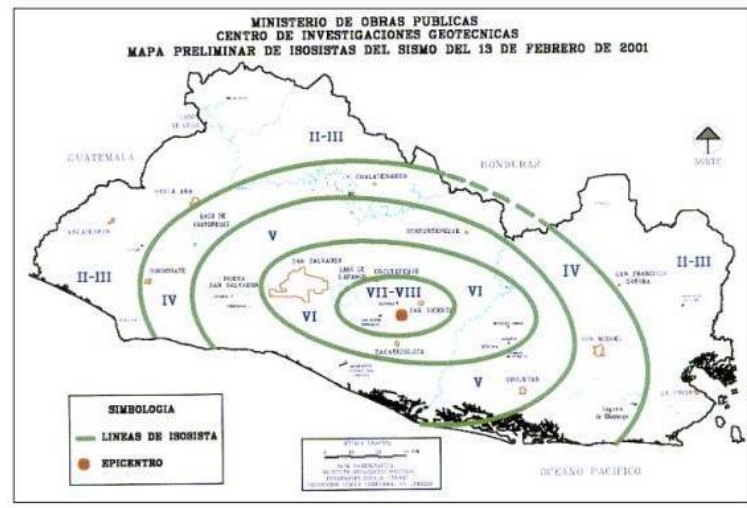


Figura 6.3.- Mapa Preliminar de isosistas (zonas de igual intensidad). Sismo 13 Febrero 2001.SNET

Vicente el 13 de febrero de 2001. Los terremotos locales de la cadena volcánica no alcanzan magnitudes mayores de 6.5 pero son la principal causa de destrucción en el Salvador debido a su coincidencia con las principales concentraciones urbanas.

Centrándonos en los terremotos y repetida sismicidad que caracterizó el año 2001, encontramos a Santo Tomás como una de las regiones más inestables. Así para el terremoto de Enero, con intensidad definida para Santo Tomás con VII (escala de Mercalli) con epicentro en la zona de subducción (lejano), se censó un 75% de población afectada (4494 personas). Y con intensidad de VI y epicentro cercano (San Vicente), el terremoto ocurrido en Febrero agravó el efecto resultando un 35 % de viviendas dañadas o destruidas (ver figuras 6.2. y 6.3.). Los datos referidos al impacto de los terremotos del 2001 se encuentran en el documento elaborado por SACDEL "Plan de Desarrollo y Reconstrucción 2002-2006", los cuales deberían integrarse en el SIG del municipio como análisis de vulnerabilidad.

En estos efectos pueden influir diversos rasgos o factores (*Microzonificación sísmica de movimientos de ladera en una zona del Pirineo Central. Autores: J. Mulas, D. Ponce de León y E. Reoyo. Instituto Geológico y Minero de España (IGME)*):

- La influencia que el tipo de suelo o roca tiene en los efectos sísmicos sobre las estructuras, la respuesta sísmica de los distintos materiales es función de su grado de competencia.
- La topografía del terreno influye notablemente en la intensidad del movimiento sísmico y puede mostrar un efecto que puede ser amplificador o atenuador: en los bordes del valle o mesetas o lomas, las cimas de montes y valles con depósitos de suelos blandos se han observado efectos de amplificación de las ondas sísmicas respecto a sitios en terreno firme y llano y fondos del valle. Otros elementos topográficos de carácter lineal o puntual que por sus características constituyen formas asociadas a fenómenos de amplificación. Se han considerado: divisorias pronunciadas, escarpes acusados, crestas, formas topográficas en punta.

por  
30  
han  
en  
el

- Asimismo las pendientes y las alturas de desniveles influyen en los efectos de amplificación de las ondas sísmicas.
- La presencia de nivel freático próximo a la superficie constituye también un agente de amplificación de las ondas sísmicas.
- Elementos tectónicos, tales como fallas ya que constituyen discontinuidades en los que pueden darse efectos de amplificación.

Por otro lado, Santo Tomás se encuentra en el área de enjambre sísmico de San Salvador y Lago de Ilopango (área D), denominándose así a la región donde se concentra en el espacio y en el tiempo la actividad sísmica (ver figura 6.4.).

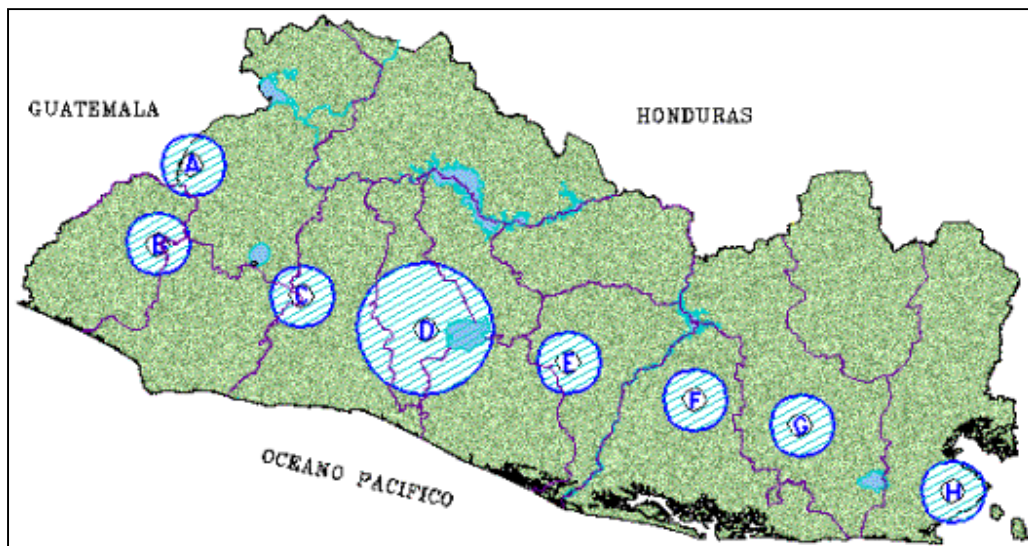


Figura 6.4.- Zonas de enjambres sísmicos. En el área D se encuentra Santo

De acuerdo al Departamento Sismología del SNET, mensualmente se reportan entre 5 y 10 sismos sentidos por la población salvadoreña, esa frecuencia de sismos ofrece una idea de las vibraciones a que los taludes son sometidos, lo cual, contribuye a que las discontinuidades se desarrollen paralelamente. Según se explica en la memoria de maestría (*“Características geomecánicas y vulcanológicas de las tefras tierra blanca joven, caldera de Ilopango, El Salvador”*. Walter Hernández) las ondas generadas por los sismos al propagarse desde sus fuentes generadoras pueden ser amplificadas o atenuadas, lo cual dependerá de las características de los materiales que se encuentren en su trayectoria de propagación. El paso de la onda sísmica de un medio más duro a otro sin consolidación, como es el caso de los depósitos de tierra blanca, produce una disminución de la velocidad de la onda al pasar por esos materiales, tal cambio de velocidad es acompañado por una amplificación de la onda sísmica en dichos materiales; teniéndose como resultado vibraciones del suelo más fuertes, lo que eventualmente llega a acentuar la abertura de las discontinuidades y por tanto su inestabilidad.



### 6.1.3. Amenaza volcánica

El Salvador, se caracteriza por una gran actividad volcánica estrechamente ligada con la actividad sísmica. CEPREDENAC identifica en el país cerca de 100 edificios volcánicos de los cuales 20 son calificados como activos, sin embargo la información local reporta un total de 62 edificios volcánicos divididos en dos clases: volcanes jóvenes o activos y volcanes exintos.

El registro histórico de erupciones volcánicas revela 91 episodios, destacando entre ellas las erupciones de volcanes San Miguel, Izalco y Santa con el 91% de las erupciones documentadas.

Santo Tomás, situado en el cinturón circumpacífico o cadena volcánica, se encuentra alineada con diferentes centros eruptivos. Concretamente, forma parte del lado oeste de la caldera volcánica de Ilopango, depresión con 11km de largo en dirección E-W y 8km en dirección N-S; y se sitúa a unos 15 Km del cráter del volcán de San Salvador, con una altura de 1890m (ver fotografía 6.8.). Éste es un estratovolcán cuya última erupción se data de 1917 y fue de tipo estromboliana.



Fotografía 6.8.- Vista del volcán de San Salvador desde Loma Larga.

Ana

La caracterización de la amenaza sísmica y volcánica requieren de trabajos de ámbito nacional, que implican el tratamiento de bases de datos muy extensas. Específicamente, en relación a la peligrosidad volcánica se requiere de estudios específicos sobre el alcance de los diferentes productos volcánicos, de los procesos eruptivos que los generaron y de la afectación que estos podrían tener sobre el territorio. Aunque existen algunos estudios, de grupos de investigación nacionales y extranjeros, no se cuenta por el momento con los mapas de escenarios de amenazas. Aún siendo los riesgos volcánico y sísmico de una recurrencia más baja que otros, es necesario contemplarlos dentro de los Planes de Emergencias que se elaboren para las diferentes poblaciones y comunidades, e incluir en ellos las recomendaciones generales para estos tipos de peligros.



Figura 6.5.- Mapa de volcanes activos de El Salvador. Fuente SNET.

#### 6.1.4. Amenaza por inestabilidad gravitatoria

Los procesos de movimiento en laderas en el Salvador se han producido históricamente en dos grandes franjas del territorio; en la cordillera volcánica por la acumulación de materiales volcánicos jóvenes poco consolidados, donde se encuentra Santo Tomás, y en la cordillera norte, donde los relieves quebrados se combinan con los materiales antiguos, intensamente alterados y fracturados dando lugar a condiciones propicias para la inestabilidad.

Algunas instituciones gubernamentales realizaron un esfuerzo por determinar el grado de amenaza en las diferentes zonas afectadas después del terremoto del 2001. Así SNET (ver figura 6.6.) y posteriormente FISDL elaboraron mapas de susceptibilidad a la inestabilidad en ladera a nivel nacional.

Estos documentos que determinan los grados de susceptibilidad a escala nacional, son válidos para enmarcar el contexto de riesgo por deslizamientos en las diferentes regiones del país. En esta cartografía, Santo Tomás presenta la mayor parte del territorio con susceptibilidad

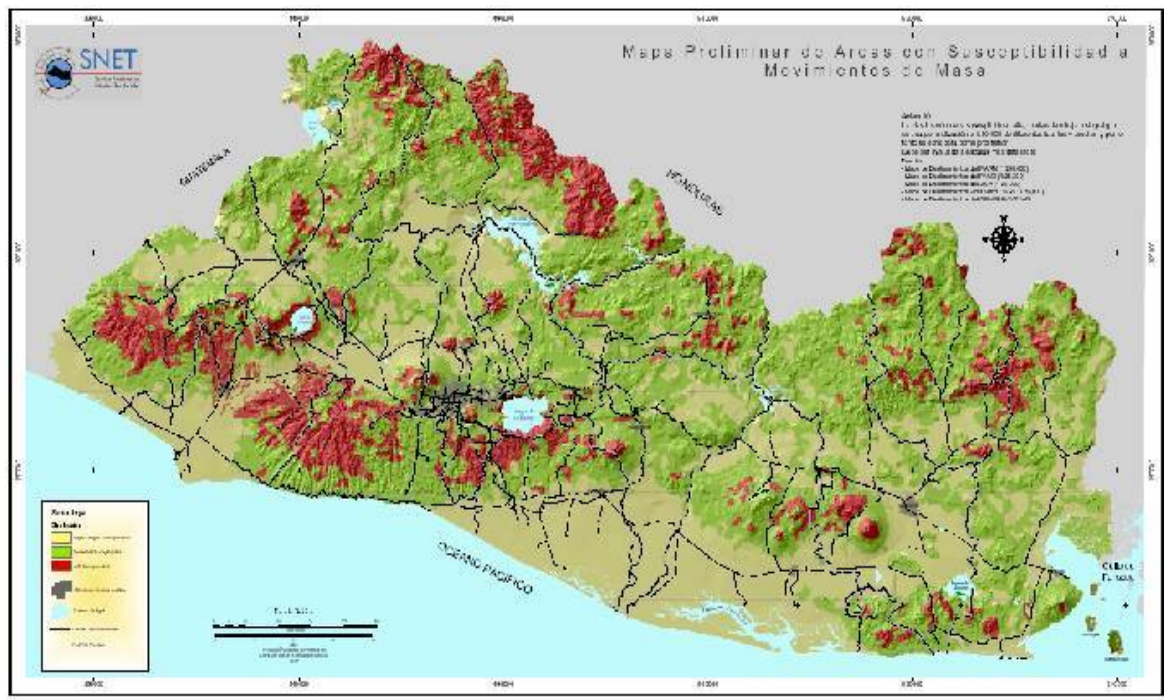


Figura 6.6.- Mapa preliminar de áreas con susceptibilidad a movimientos de masa. Fuente SNET.

moderada, donde el sector sur y de Loma Larga presentan susceptibilidad alta. Bajo esta clasificación se hace necesario profundizar en cada área para determinar los factores naturales y sociales que son condicionantes de este tipo de amenazas.

En este sentido, mediante recorridos por Santo Tomás, se ha observado como procesos primarios como las lluvias y la sismicidad son los factores que desencadenan movimientos de ladera, aunque las estas inestabilidades no se hubieran producido de no existir una serie de condiciones predeterminadas que favorecen el proceso.

Profundizando en las causas de los movimientos de ladera podemos decir que la estabilidad está determinada por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (material litológico), factores hidrogeológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos (resistencia). De éstos serían factores condicionantes, dependientes del propio terreno: la presencia de agua, la litología, su resistencia, etc. Por otro lado están los factores desencadenantes, o externos, que provocan la rotura



una

Fotografía 6.9.- Fenómeno de inestabilidad bajo vivienda. Sector Flor Morada, calle al Porvenir.

vez que se cumplen una serie de condiciones: sobrecargas, clima, variaciones en la geometría, etc.

Con el objetivo de entender la dinámica de estos procesos se ha realizado una caracterización de esta amenaza, entendida como proceso que se dan en un espacio determinado, definido por la magnitud y el tiempo o recurrencia del proceso. Para ello se han analizado los factores condicionantes y desencadenantes de las inestabilidades.

Los factores condicionantes son aquellas características naturales propias del terreno que determinan las características resistentes, por tanto en qué puntos concretos se reúnen las características que pueden generar movimientos de ladera, determinando principalmente la tipología, mecanismos y modelos de rotura. Es decir, son aquellas componentes del terreno que lo van a hacer más o menos vulnerable a la ocurrencia del fenómeno estudiado. Se han considerado seis factores condicionantes: pendientes, litología, fracturación, geomorfología, usos del suelo y orientación de laderas, de los que se han realizado las correspondientes cartografías. La influencia de cada uno de estos factores se detalla en el *apartado 7: Susceptibilidad a inestabilidad de laderas*.

La representación cartográfica de la susceptibilidad por inestabilidades de ladera nos ofrece la zonificación para una amenaza, la inestabilidad gravitatoria, en la que se puede diferenciar las áreas con condiciones potenciales del terreno a generar estos procesos de erosión.

Los factores desencadenantes son aquellos producen variaciones en las condiciones de estabilidad, rompiendo el equilibrio, y por tanto determinan el momento de ocurrencia de un proceso. Son responsables, en gran medida, de la magnitud de los movimientos. En el caso de ocurrencia de inestabilidades de ladera en Santo Tomás, son las precipitaciones el principal generador natural de estos movimientos, produciéndose una infiltración del agua de lluvia y aumentando las presiones intersticiales o internas. Otro factor desencadenante son los sismos, que provocan movimientos en todo tipo de laderas. No podemos olvidar los factores antrópicos como construcciones de carreteras, tala de la masa vegetal o incendios (deforestación), etc, que se revelan en este municipio como un agente impactante de alta magnitud, dando lugar al incremento de erosión de los suelos y deslizamientos. El análisis de los factores desencadenantes nos aportarían el factor tiempo o de probabilidad de ocurrencia de los procesos y su evolución, definido con el término de peligrosidad.

#### **6.1.4.1. Caracterización de la amenaza**

A continuación se realiza una caracterización de las inestabilidades identificadas en cuanto a su tipología, clasificadas en función del tipo de movimiento y la relación entre el substrato rocoso y la masa desplazada.

Durante el trabajo de campo se identificaron las inestabilidades de ladera que más afectan al municipio de Santo Tomás, encontrándose principalmente en el área urbana y lotificada. Estas fueron inventariadas e incluidas en SIG junto con los puntos críticos analizados con anterioridad por otras instituciones: (ver Anexo 1: Mapas; “Inventario de puntos” y Anexo 2: Inventario de puntos)

- ❖ Evaluación de amenazas 1: “ Evaluación de amenazas y propuesta de plan municipal de reducción de desastres en el municipio de Santo Tomás”
- ❖ Evaluación de amenazas 2: “Análisis de amenazas naturales y elaboración de propuesta de reducción de riesgos en el municipio de Santo Tomás”.

## Tipología y localización de las inestabilidades

De forma general se pueden diferenciar dos tipos de movimientos de ladera, los deslizamientos (traslacionales y rotacionales) y los desprendimientos. Los tipos de inestabilidades identificadas en el campo son principalmente desprendimientos asociados a los taludes abiertos con la construcción de carreteras en conjuntos de depósitos volcánicos de la formación c1 y s4. También encontramos en menor medida deslizamientos traslacionales asociados a los anteriores.

### Deslizamientos

Los deslizamientos traslacionales se producen a favor de una rotura generada por existencia de planos de debilidad con dirección más o menos paralela a la superficie del talud e inclinación menor o igual que la cara del talud. Generalmente es



Fotografía 6.11.- Deslizamiento traslacional ocurrido en los terremotos del 2001. Cantón Chaltepe.



Fotografía 6.10.- Deslizamiento traslacional. Cantón El Porvenir. Desencadenante las precipitaciones.

superficie de discontinuidad estructural o de contacto entre dos materiales de diferente competencia donde se genera un plano de rotura.

Se encuentran asociados a las litologías más predominantes que afloran en Santo Tomás: Formaciones San Salvador y Cuscatlán, s4 y c1 respectivamente. Dichas litologías se caracterizan por presentar planos de discontinuidad estratigráficos entre diferentes tipos de material, o diaclasas o fallas, planos de debilidad del terreno ya sea paralelos al talud o en forma de cuña por donde desliza el material inestable.

Son deslizamientos poco profundos que aparecen a lo largo de los cortes de las carreteras y en laderas aún de pendientes poco pronunciadas donde no se realizan prácticas de conservación de suelos. El principal desencadenante de los mismos son las precipitaciones.

### Desprendimientos



Fotografía 6.12.- Desprendimientos en talud abierto en carretera del cantón El Porvenir.

Los desprendimientos son aquellos movimientos que implican la caída de bloques de un talud (cuyo ángulo de pendiente es mayor de 40%), individualizados por planos de rotura, con caída libre al menos en parte de su recorrido. El material se deposita a cotas más bajas o al pie del talud. Generalmente este mecanismo ocurre en taludes escarpados, en aquellas zonas que ya han sido afectadas por los deslizamientos traslacionales y desprovistas de cobertera. Se trata de movimientos muy rápidos y una sola roca grande puede causar grave daño.

Este mecanismo está condicionado por las características geomecánicas de la roca, como la existencia de diaclasas y fallas. La superficie de rotura individualiza al

bloque verticalmente puede ser una discontinuidad preexistente o una grieta de tracción provocada por los sismos.

La pérdida de resistencia y apertura de las superficies de discontinuidad es motivada, en gran medida, por la presencia de agua en las mismas, dando lugar a la creación de presiones intersticiales que actúan sobre el bloque. Estos procesos ocurren de manera frecuente en las calles y carreteras, y son desencadenados principalmente por las precipitaciones.



Fotografía 6.13.- Deslizamiento traslacional y desprendimientos asociados. El Porvenir.

por  
La  
que

**Grado de desarrollo y de estabilidad**

El grado de desarrollo en el que se encuentran las inestabilidades se observa en un proceso de lavado incipiente de suelo o pérdida total de la cobertura vegetal, muy común en los taludes de carreteras y caminos que conforman la red vial.

El grado de estabilidad ha sido estimado en función de la actividad, determinada por el volumen de depósitos y desarrollo de vegetación. La mayoría de inestabilidades de ladera que afectan a Santo Tomás se producen a causa de las precipitaciones cada invierno. Se puede observar como en los pies de talud se acumulan depósitos, incluso llegando a cortar la comunicación en automóvil por el elevado volumen desplazado. En estos cortes de las carreteras se ve como existe clara diferencia de vegetación entre las zonas afectadas por inestabilidades y las que tienen una mayor estabilidad.



Fotografía 6.14.- Depósitos en la base del talud desprovisto de vegetación. Cantón el Guaje.

el

una

## 6.2. Amenazas antrópicas

Las amenazas antrópicas son entendidas como las actividades humanas que resultan perjudiciales para la sociedad y su Medio Ambiente. Pueden resultar una amenaza en si mismas o acelerar el proceso de las amenazas naturales al modificar determinados factores.

Como hemos visto, los procesos de erosión y de movimiento del terreno son las amenazas más recurrentes en Santo Tomás por las propias características del terreno, como lo son sus altas pendientes y su litología. La actuación del hombre mediante la quema, deforestación, excavación, relleno, etc, modifica estas condiciones acrecentando la inestabilidad.



Fotografía 6.15.- Calle flanqueada por taludes verticales con fenómenos de inestabilidad. El Porvenir.

En otro aspecto, el deterioro de las condiciones naturales por medio de basuras o cualquier otro residuo, afecta directamente a la salud y bienestar de los pobladores, presentándose como una amenaza que puede llegar a ser irreversible como en la contaminación de los acuíferos.

## 6.2.1. Apertura de calles

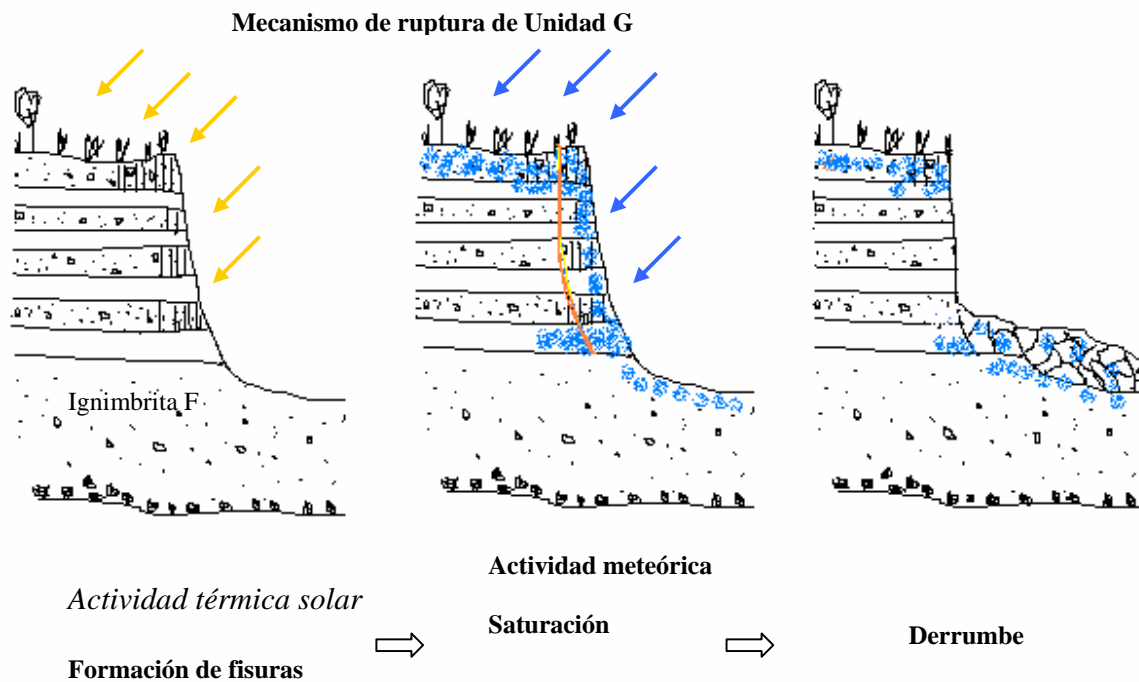


Figura 6.7. Mecanismo de ruptura y derrumbe de la Unidad G. Tierra Blanca Joven.

Una de las amenazas más recurrentes en Santo Tomás es la inestabilidad del terreno por la apertura de calles y mal dimensionamiento de los taludes. En el trabajo efectuado por Walter Hernández “Características geomecánicas y vulcanológicas de las tefras tierra blanca joven, caldera de Ilopango, El Salvador” se describe el mecanismo de esta ruptura.



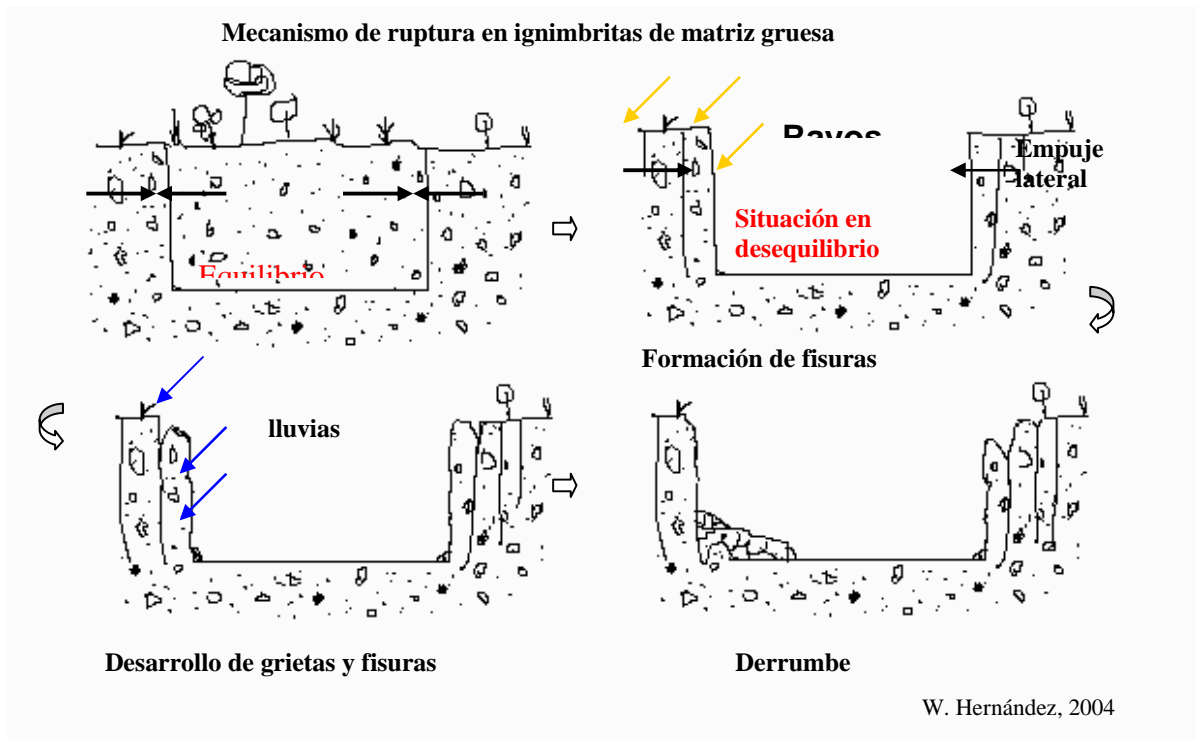


Figura 6.8.- Mecanismo de ruptura y derrumbe en ignimbritas de matriz gruesa.

Un terreno sin ser intervenido se encuentra en equilibrio, pero cuando se hacen cortes para la construcción de alguna carretera o se establece el canal de un río, las paredes de los taludes entran en desequilibrio por no contar con el empuje lateral. La naturaleza masiva e isotrópica de los materiales es importante para el desarrollo de la exfoliación, que surge cuando la superficie de ambos taludes es calentada diariamente por los rayos del sol, produciendo dilataciones y contracciones de la parte más externa donde inicia a formar las primeras fisuras (ver figuras 6.7. y 6.8.). Posteriormente otras fisuras más internas se forman mientras que la primera ha llegado a constituir una grieta, ayudada por las lluvias, la actividad sísmica y las raíces de los árboles. La rebanada sometida a la erosión se derrumba ante un detonante como una lluvia intensa o un sismo de alta magnitud.

Según ese mismo trabajo, las pendientes que deben presentar los taludes para mantener la estabilidad pueden variar dependiendo del material que aparezca en el mismo. Con TBJ (tierra blanca), al ser cenizas fácilmente erosionables, sus ángulos tienen que ser menores de  $45^\circ$ . Con presencia de ignimbritas los taludes pueden llegar a tener pendientes mayores de  $45^\circ$ , estando en  $60^\circ$  un ángulo medio. En ambos casos es conveniente que sean diseñados con drenajes adecuados y sus caras sean protegidas contra la erosión con gramíneas o geotextiles.

Para cualquier dimensionamiento de taludes que se realice en Santo Tomás habría que hacer un examen a escala de afloramiento para analizar el tipo de material y determinar su posible estabilidad.

## 6.2.2. Residuos sólidos urbanos

Gran parte de la contaminación de aguas subterráneas proviene de los alcantarillados de las ciudades y de los lixiviados de los desechos sólidos. Esto cobra importancia en materia de riesgos para la salud de la población, al vincularlo hecho que, hasta hace poco, el único mecanismo de disposición final de desechos sólidos urbanos que no es a cielo abierto en El Salvador es el relleno sanitario funciona desde el 2000 en Nejapa, el cual utilizado por 10 municipios del AMSS y



Fotografía 6.16.- Botadero incontrolado de basura y escombros Cantón

recibe unas 1000 toneladas de basura al día. El resto de ciudades del país, que producen unas 1000 toneladas diarias de desechos sólidos, continúan depositándolos en predios baldíos, quebradas, o lanzándolos y quemándolos en botaderos a cielo abierto.

En Santo Tomás se han identificado diversos puntos que son utilizados como vertederos (*ver Anexo 2: Fichas*), todos estos puntos de vertido pueden ocasionar contaminación de las aguas superficiales (en épocas de lluvia, con arrastre de residuos) y subterráneas por filtraciones de los lixiviados producidos. Por tanto, todos los puntos se deberían clausurar y limpiar, y establecer una zona adecuadamente diseñada para tal uso. Como una medida de prevención se pueden realizar una serie de acciones recomendadas por el grupo Ecologistas en Acción para reducir la producción de residuos (*ver Anexo 5: Reducción de residuos*).

En relación con los vertidos provenientes de procesos industriales, en 1995, el Ministerio de Salud encontró que de 1610 industrias y agroindustrias registradas, 1270 no hacían tratamiento de los desechos antes de ser vertidos, 199 les daban algún tipo de tratamiento, y 113 no producían vertidos. Un estudio de FUSADES en 1997 encontró que el 90 % de las industrias situadas en San Salvador, vertían sustancias altamente tóxicas sin ningún tipo de tratamiento previo.

La situación geográfica de Santo Tomás, atravesado por la autopista a Comalapa, evidencia su posición estratégica en cuanto a la localización de desarrollos industriales. Ya en la actualidad existen problemas asociados a vertidos producidos por diversas industrias, como en el cantón Chaltepe, donde toda la población de esa zona del municipio ve afectada su salud.

las  
al  
que  
es

## Causas de contaminación de las aguas

- Contaminación por actividades domésticas. Es una contaminación orgánica y biológica nacida en fosas sépticas, pozos negros, fugas en sistemas de alcantarillado, vertido indiscriminado de aguas de letrinas... El agua de los abastecimientos públicos utilizada para fines domésticos supone la evacuación prácticamente del mismo volumen, pero con sus características alteradas.



Fotografía 6.17.- Acumulación incontrolada de escombros. Cantón Chaltepe en el margen de la autopista Comalapa.

- Las escombreras y vertederos de basura son focos de posible contaminación al arrastrar la lluvia, en forma superficial o infiltrándose a través del suelo, ciertos elementos solubles que se incorporan a los recursos de agua existentes.
- Los fertilizantes utilizados en la agricultura introducen, entre otros elementos, fósforo y nitrógeno, que favorecen la proliferación de algas en aguas superficiales (turbidez, olor, color y sabor desagradables). Además, los insecticidas, pesticidas y otros, pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas. Aún cuando no se utilicen abonos y pesticidas, la agricultura afecta a la calidad de las aguas subterráneas y de los ríos que las drenen por simple concentración de sales y por alteración de los procesos en el suelo, que pueden dar origen a una elevación del contenido en nitratos.

## Protección de acuíferos y captaciones



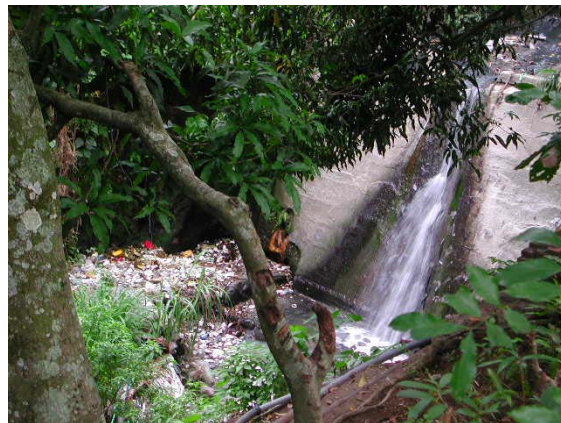
Fotografía 6.19.- Botadero incontrolado de basura en el cauce de la Quebrada El Porvenir. San José El Charco. Cantón El Porvenir.

Al ser muy difícil la regeneración de un acuífero contaminado, las medidas de anticontaminación deben ser preferentemente protectoras. Esto es especialmente importante en acuíferos y captaciones para abastecimiento público, para evitar que los contaminantes alcancen el agua extraída. En general, la educación ciudadana y un mejor conocimiento de las aguas subterráneas son importantes desde el punto de vista de la protección (Custodio y Llamas, 1996).

Las áreas de protección consisten en definir una zona alrededor del pozo o nacimiento en la que se prohíban o limiten determinadas actividades. Estas áreas deben extenderse hasta la zona de recarga y han de tener en cuenta:

- Intensidad, régimen y localización de la recarga.
- Características, disposición y propiedades hidráulicas del terreno, y sus caracteres de autoprotección contra la contaminación.
- Controles naturales y artificiales existentes.
- Posición y variaciones de la superficie freática y niveles piezométricos.
- Límites en profundidad y laterales.
- Diferentes posibles causas de contaminación.

Por tanto es necesario tener un enorme conocimiento del acuífero para establecer estos perímetros, cosa muy difícil generalmente. De todas maneras, puede determinarse que no debería haber puntos de vertido de residuos sólidos, fosas actividades relacionadas con la agricultura (abonos, pesticidas, herbicidas...) cerca de nacimientos y pozos utilizados para abastecimiento de la zona, ni tampoco aguas arriba de las quebradas donde nace agua, aunque el punto de contaminación esté del nacimiento.



Fotografía 6.18. - Acumulación de basura en zona de captación de agua.

o  
los  
el  
lejos

## Características de una zona para Relleno Sanitario

Según el MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales), las áreas que se destinen para relleno sanitario deben presentar, como mínimo, las características siguientes:

- Estar ubicadas a una distancia que garantice que las zonas de recarga de los acuíferos o de fuentes de abastecimiento de agua potable, estén libres de contaminación. Esta distancia será fijada dentro de las normas técnicas nacionales.

- Que el suelo reúna características de impermeabilidad, aceptándose un coeficiente máximo permisible de infiltración de  $10^{-7}$  cm/s; que posea características adecuadas de remoción de contaminantes; y que la profundidad del nivel de las aguas subterráneas garantice la conservación de los acuíferos existentes en la zona. En caso de que se carezca de este tipo de suelos, se podrá trabajar con un mayor espesor de la capa, para lograr el mismo nivel de impermeabilidad.
- Contar con suficiente material térreo para la cobertura diaria de los desechos sólidos depositados durante la vida útil.
- Estar ubicado a una distancia no perjudicial para las zonas de inundación, pantanos, marismas, cuerpos de agua y zonas de drenaje natural.
- Estar ubicado a una distancia de 500 metros de los núcleos poblacionales y con un fácil acceso por carretera o camino transitable en cualquier época del año.
- Estar ubicado fuera de las áreas naturales protegidas o de los ecosistemas frágiles, así como de las servidumbres de paso de acueductos, canales de riego, alcantarillados y líneas de conducción de energía eléctrica.
- Estar ubicado a una distancia mínima de 60 metros de fallas que hayan tenido desplazamientos recientes.

Los criterios de exclusión de un territorio para la construcción de un vertedero son, según el MARN:

- A más de 3 Km. de un aeropuerto utilizado por aviones turbo-jet y de 1.5 Km. de un aeropuerto utilizado por aviones de hélice.
- No pueden localizarse dentro de 60 m. a partir de una línea de falla que haya tenido un desplazamiento en el período holocénico. (Últimos 10 000 años).
- No se puede localizar en zonas de impacto sísmico.
- No se puede localizar en zonas inestables, aquellas propensas a deslizamientos e inundaciones del terreno, zonas de geología cárstica susceptibles de formación de sumideros y zonas de minas subterráneas.
- Sitios culturales y/o arqueológicos.
- Zonas de riego y drenaje.

Los criterios de selección son:

- Vías de acceso a los municipios, a fin de obtener un sitio de disposición final de carácter intermunicipal.
- Mayores productores municipales de desechos sólidos.

### Efecto de la basura sin una buena gestión

Contaminación del agua: al verter la basura en una quebrada, por escorrentia superficial es transportada a varios puntos, contaminando las aguas superficiales en todo su recorrido. Además, por infiltración de esta agua junto con los lixiviados de la basura se contamina el agua subterránea.



Fotografía 6.20.- Acumulación de basura en el cauce del Río El Cacao. Colonia Tres de Mayo. Cantón el Carmen.



Fotografía 6.21.- Desechos sólidos y espumas en Río Luapa.



Fotografía 6.21.- Variedad de desechos en la Quebrada La Chiquera. Cantón Chaltepe.

ratas

flora.

Contaminación del aire: mal olor y al quemarla, producción de gases tóxicos.

Deterioro de la flora y la fauna: algunos animales que se acercan a comer en los vertederos pueden intoxicarse. También existe proliferación de que conllevan enfermedades.

Contaminación del suelo: lixiviados que quedan retenidos en el suelo no saturado.

Daños socio-económicos: insalubridad, pérdida de bienes como agua, suelo, aire, fauna y

## 7. SUSCEPTIBILIDAD A INESTABILIDAD DE LADERAS

La susceptibilidad a los movimientos de ladera es la tendencia a que se genere un movimiento de ladera en una zona específica sin determinar el momento. Por lo tanto es una herramienta de predicción espacial aunque no temporal. Para establecer los distintos rangos de susceptibilidad se hace necesaria la realización de un análisis de la amenaza existente, debiendo determinarse cuáles son los factores condicionantes de la ocurrencia de movimientos gravitatorios o de ladera.

Estos factores condicionantes son los diferentes elementos del medio físico que pueden dar lugar a la ocurrencia de inestabilidades, y que van a dar las condiciones propicias para que los factores desencadenantes o elementos de disparo den lugar a estos movimientos de terreno.

El análisis y zonificación cartográfica de la susceptibilidad por deslizamientos en laderas debe de centrarse en conocer y establecer la distribución espacial de los factores condicionantes que controlan el desarrollo de inestabilidades. Es decir, se deben delimitar las zonas más susceptibles según sus características físicas y, cuando proceda, delimitar el alcance presumible de estos procesos. La evaluación de la peligrosidad implica, además, conocer los factores desencadenantes y su ámbito espacial y temporal de actuación.

Para ello, partiendo de la base topográfica E-1:25.000, y de los insumos de los que se disponen de cada posible factor, se han determinado y realizado las cartografías que se han considerado. Estas son: litología, fracturación, geomorfología, pendientes, orientación de laderas y usos del suelo. Los mapas han sido ponderados y sumados para obtener, finalmente, el Mapa de Susceptibilidad a las inestabilidades de ladera en el municipio de Santo Tomás (*ver Anexo 1: Mapas*)

A continuación se detallan estos factores, la determinación de sus rangos, o elementos más o menos influyentes, y cartografías de sus elementos, así como su presencia en el municipio.

El análisis de susceptibilidad tiene siempre un soporte cartográfico importante, de modo que la elaboración de los mapas y modelos necesarios, y su gestión desde un Sistema de Información Geográfica (SIG), son parte metodológica fundamental y previa al análisis espacial propiamente dicho.

## 7.1. Factores condicionantes

Los factores que condicionan la inestabilidad en ladera son aquellas características naturales propias del terreno que determinan sus características resistentes. Se relacionan principalmente con las condiciones intrínsecas de los materiales y los factores geodinámicos que tienen lugar en la superficie terrestre.

La determinación de los factores que influyen en la ocurrencia de inestabilidades ha estado condicionada por la existencia y calidad de información de cada uno de ellos. Factores importantes a la hora de evaluar la susceptibilidad como lo son la humedad del suelo (factor ponderado a nivel nacional), nivel freático, características geomecánicas e ingenieriles del terreno, no se han podido sumar a este diagnóstico por la falta de accesibilidad a información mínima y/o no estar englobados en los alcances del proyecto. La actualización a detalle de cada uno de los factores evaluados y la minimización de los errores acumulados dará mayor confiabilidad a los resultados obtenidos en el mapa de susceptibilidad.

Para determinar los rangos de susceptibilidad del terreno de cada factor se han comparado las características del municipio de Santo Tomás con las de la Micro Región Sur de Cuscatlán mediante un trabajo realizado por Geólogos del Mundo en la persona de Carolina Torrecilla en mayo del 2003 “*Diagnóstico y Caracterización de Amenazas Geológicas en la Micro Región Sur de Cuscatlán*”. Esta información se ha complementado con salidas de campo y consulta de informes técnicos. Cada factor y sus rangos se detallan en la siguiente tabla y se explican a continuación.

Rango de Susceptibilidad >>	3 SUSCEPTIBILIDAD ALTA	2 SUSCEPTIBILIDAD MEDIA	1 SUSCEPTIBILIDAD BAJA
Litología	Formación San Salvador S4 (Tierra Blanca) - S3'a	Formación Bálsamo B1-B3	Formación Cuscatlán C1
Fracturación	Area de influencia de la intersección de fallas	Area de influencia de las fallas	Area de influencia de los lineamientos
Geomorfología	Cerro	Loma encajada	Loma ondulada
Pendiente	Mayor de 30%	Entre 15% - 30%	Menor de 15%
Orientación	Norte	Este	Oeste y Sur
Uso de suelo	Pastos y granos	Urbano	Bosques y cafetales

Figura 7.1.- Rangos de susceptibilidad de los diferentes factores condicionantes. Modificada de “*Diagnosis e inventario de inestabilidades gravitatorias en las áreas afectadas por los terremotos del 2001 el volcán de Usulután*”

### 7.1.1. Litología



La influencia de la composición litológica es quizás una de las más relevantes y al mismo tiempo la más complicada de evaluar. La ausencia de datos geotécnicos cuantitativos debe sustituirse con la aplicación de calificativos subjetivos, basados en las descripciones de que se disponga. Idealmente deberían tomarse en cuenta índices como: resistencia al corte del material (cohesión, fricción interna, grados de alteración meteórica e hidrotermal), pesos volumétricos, disposición espacial con respecto a las discontinuidades y su relación con la geometría y orientación de las laderas (diaclasas, esquistosidad, estratificación, fallas, cuñas, diedros, etc), capacidad de drenaje, posición del nivel freático y zonas de saturación total o parcial, tipos de rellenos en las discontinuidades, etc. todo el conjunto de propiedades físicas que se requieren para determinar el comportamiento de los materiales

Asumiendo la imposibilidad de realizar una cartografía de mejor detalle nos remitimos al mapa geológico escala E-1:100.000. (Misión Alemana 1967-1971) (ver Anexo 1: Mapas; "Mapa Geológico").

Con el objetivo de poder determinar el grado de susceptibilidad con respecto a la litología, se han asociado en grandes grupos características cualitativas geomecánicas, de permeabilidad y grado de alteración, dada la ausencia de un estudio detallado de las mismas. Cabe destacar la carencia de no incluir la humedad relativa del terreno en esta evaluación.

Para este fin se han asemejado a los grupos empleados en la metodología de Mora & Vahrson.

Litología	Características fisicomecánicas	Formación (miembros)
Rocas extrusivas, lavas, ignimbritas poco o medianamente alteradas y fisuradas. Aluviones con compactaciones leves, con proporciones considerables de finos, drenaje moderado, nivel freático a profundidades intermedias.	Resistencia al corte media a elevada, fracturas cizallables	C1
Rocas extrusivas, ignimbritas, tobas poco soldadas mediana a fuertemente alteradas	Resistencia al corte moderada a media, fracturación importante	B1 B3 S3'a
Aluviones fluvio lacustres, suelos piroclásticos poco compactados, sectores de alteración hidrotermal, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente y con rellenos arcillosos, niveles freáticos someros.	Resistencia al corte moderada a baja, con la presencia frecuente de arcillas	S4

Figura 7.2.- Relación de los materiales presentes en el municipio con las características fisicomecánicas descritas en el Mora & Varson..

Los rangos para la litología como factor condicionante en la ocurrencia de inestabilidades se han basado en los descritos en el trabajo “Diagnóstico y Caracterización de Amenazas Geológicas en la Micro Región Sur de Cuscatlán” (Carolina Torrecilla, Mayo 2003). (ver Anexo 1: Mapas; “Mapas temáticos de susceptibilidad”)

**Rango 3** - Unidad de alta susceptibilidad: Formación San Salvador (S4-Tierra Blanca). Se consideran en este rango de mayor susceptibilidad principalmente los depósitos denominados Tierra Blanca caracterizados por reunir las características físicas más propicias para generar inestabilidades gravitatorias.

De información documental se ha sabido que de estudios realizados, la mayoría de los derrumbes y deslizamientos que se desatan durante los terremotos y períodos de lluvia sostenidos ocurren en estos depósitos jóvenes (Formación San Salvador), especialmente de Tierra Blanca.

Las cenizas (ash) Tierra Blanca aun encontrándose relativamente consolidada y estable en grandes potencias, es muy propensa a la erosión causada por el drenaje, originando cárcavas profundas con taludes casi verticales.

Es un suelo altamente heterogéneo, compuesta por limos arenosos o arenas limosas, de muy baja plasticidad y parcialmente saturado. Se sabe que la estabilidad de la tierra blanca proviene de la cementación que existe entre las partículas,

ahí que puede presentar taludes con pendientes cerca de la vertical y con alturas superiores a 15m. Sin embargo cuando una muestra se satura, una vez sometida esfuerzos, ya sea carga o descarga del material, experimenta el colapso debido a la pérdida de los meniscos que



Fotografía 7.2.- Detalle de Tierra Blanca.



Fotografía 7.1.- Formación de Tierra Blanca con fuerte erosión en cárcavas.

de proporcionan la succión entre las partículas. Este hecho explica perfectamente el gran número de inestabilidades de ladera que se desatan en períodos de fuertes lluvias, ya que al quedar la tierra blanca saturada pierde su cohesión y se derrumba.

El estado de meteorización puede dar rangos amplios de variación en todas sus propiedades mecánicas. El conocimiento de la microfábrica es sumamente importante para el entendimiento del comportamiento de los suelos de origen volcánico. La matriz compuesta principalmente de partículas tamaño limo, es la encargada de regir las propiedades físicas, hidráulicas y mecánicas del material.

Con el incremento de espesor, disminuye la permeabilidad y por tanto aumenta su resistencia.

La Tierra Blanca (S4), litología más susceptible o con mayor potencialidad a la inestabilidad gravitatoria, se concentra en el área norte del municipio, abarcando la zona urbanizada y por tanto mayormente poblada.

**Rango 2** - Unidad de media susceptibilidad. Las litologías consideradas susceptible de rango 2 se asocian a la formación Bálsamo. Conformadas por rocas efusivas básicas-intermedias, se caracterizan por presentar alternancia de litologías e importantes alteraciones hidrotermales, rasgos que hacen disminuir resistencia y tender a la inestabilidad. La alternancia entre diferentes materiales, varia las características geomecánicas por presentar los materiales diferentes competencias. Además, esta diferencia de competencia o resistencia de las rocas da lugar a erosión diferenciada entre estos, y por tanto aumenta susceptibilidad a la ocurrencia de inestabilidades.



Fotografía 7.3.- Inestabilidad del terreno en la formación Bálsamo. Cantón Potrerillos.

**Rango 1** - Se consideran como litología de rango 1 y por tanto baja susceptibilidad los depósitos conformados por la Formación Cuscatlán. Se encuentra formada principalmente por piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas.

La presencia de una matriz semiconsolidada aporta cierta cohesión a estos depósitos. Sin embargo, el contenido en humedad disminuye su cohesión y por tanto, queda más susceptible a desestabilizarse y



Fotografía 7.4.- Detalle de material de la Formación Cuscatlán. Cantón El Guaje.



Fotografía 7.5.- Taludes de carretera pertenecientes a la Formación Cuscatlán. Cantón El Guaje.

derrumbarse a favor de los principales planos de discontinuidad que los caracteriza.

En los recorridos efectuados por el municipio se han podido ver inestabilidades en cada uno de estos materiales, mayoritariamente asociados a cortes en las carreteras.

## 7.1.2. Fracturación

Las líneas de fracturación determinan planos de debilidad del terreno, a favor de los cuales se pueden producir inestabilidades por un aumento de las presiones internas por infiltración de agua o por rotura y pérdida de cohesión de los materiales, en el caso de cruce de dos o más fracturas.

Tanto diaclasas como planos de discontinuidad facilitan la percolación de agua aumentando las tensiones internas y por tanto aumentando la probabilidad de ocurrencia de movimientos gravitatorios, especialmente si dichos planos son paralelos a las líneas de pendiente.

A partir del mapa geológico E-1:100.000 se han considerado las fallas regionales y se han añadido aquellos lineamientos interpretados sobre el mapa topográfico E-1:25.000. (*ver Anexo 1: Mapas; "Mapa Geológico"*)

Los cuatro rangos establecidos en base a la identificación de las diferentes categorías de elementos estructurales se detallan a continuación. (*ver Anexo 1: Mapas; "Mapas temáticos de susceptibilidad"*)

**Rango 3** – Alta susceptibilidad. Intersecciones de las áreas de influencia de fallas regionales. Abarcan un 15% del municipio.

**Rango 2** – Media susceptibilidad. Áreas influenciadas por las fallas regionales. Se ha considerado un área de influencia de 500m. Abarcan un 57% del municipio.

**Rango 1** - Baja susceptibilidad. Áreas influenciadas por lineamientos. Se ha considerado un área de influencia de 100m. Abarcan un 9% del municipio.

El área donde no se ha observado fracturación identificable a gran escala aparece sin clasificar en ningún rango (19% del municipio).

### 7.1.3. Geomorfología

Las diferentes formas del terreno van a condicionar el tipo de procesos asociados y la intensidad de éstos, ya que determinan factores como los regímenes de precipitaciones, el funcionamiento de la red de drenaje o la formación de suelos. Es por tanto un elemento de suma importancia en el análisis de los procesos de erosión y sedimentación, así como del comportamiento hídrico.

En este trabajo se ha identificado la incidencia de los rasgos morfológicos diferenciando unidades en función de sus formas y altitud relativa, elaborándolo a partir de observaciones de campo y el análisis e interpretación del mapa topográfico 1:25.000. (*ver Anexo 1: Mapas; "Mapa geomorfológico"*)

Las unidades morfológicas cartografiadas son: cerro, loma encajada y loma ondulada. La mayor superficie corresponde a la unidad loma encajada con un 50.32% del total. Se corresponde con la zona donde la erosión de los ríos y quebradas empieza a ser más acentuada y por tanto presenta mayor encajamiento. La transición a la parte alta de la red fluvial coincide con la denominada loma ondulada, abarcando un 38.97% del municipio y donde se combinan zonas llanas y escarpadas de forma puntual. Con un 10.70% tenemos la unidad cerro, elevándose hasta los 1100m en Loma Larga y 1010m en el Cerro de San Jacinto.

A continuación se describen las unidades identificadas para la elaboración del mapa de susceptibilidad respecto a la morfología del terreno (*ver Anexo 1: Mapas; "Mapas temáticos de susceptibilidad"*)

#### **Rango 3** - Unidad de alta susceptibilidad: cerro

Esta unidad presenta la característica de tener las cotas más elevadas del municipio (1100m), con pendientes superiores al 60% en grandes áreas que incluso llegan al 100%.



Fotografía 7.6.- Vista de Loma Larga en su cara noroeste.

Estos cerros forman parte de complejos de mayor envergadura pertenecientes a formas volcánicas en evolución, como lo son una caldera volcánica (Loma Larga) y un cono volcánico (Cerro de San Jacinto). Esta evolución se produce con la erosión de los materiales, depositándolos en los pies de las lomas. El manejo que se le dé al suelo en estas unidades será decisivo a la hora de proteger el medio y con ello reducir la amenaza por inestabilidad de laderas.

#### **Rango 2** - Unidad de media susceptibilidad: lomas encajadas.

La unidad considerada lomas encajadas queda definida por presentar vertientes mayores de 30m de altura. Suelen presentar pendientes superiores al 30%, predominando en muchas áreas las superiores al 60%. En vertientes con esta altura se pueden desarrollar con intensidad los procesos de erosión hídrica y gravitatorios, deslizamientos y desprendimientos. La altura viene marcada principalmente por el nivel de encajamiento fluvial. Si las laderas se encuentran sin cubierta vegetal, aguas aumentan su poder erosivo pudiendo dar lugar a la formación de cárcavas de difícil recuperación.



las

las

*Fotografía 7.7.- Lomas del área sur de Santo Tomás .*

**Rango 1** - Unidad de baja susceptibilidad: lomas onduladas

Aún presentando las pendientes menores, menos susceptibles a los movimientos gravitatorios de gran envergadura, la susceptibilidad viene dada por la posibilidad de deslizamientos superficiales con la pérdida de la cubierta de suelo, contribuyendo así a la aceleración de la erosión y formación de cárcavas.

En la campaña de campo se han visto en esta unidad resultados de una erosión pronunciada con la formación de barrancos en evolución.

**Aún hecha esta diferenciación, es importante decir que la evolución de las formas, y por tanto de las condiciones propicias para las inestabilidades, va a depender en gran medida del manejo que le demos a las cuencas, o lo que es lo mismo, del uso que le demos.**

#### **7.1.4. Pendiente**

La pendiente condiciona la estabilidad de una ladera, ya que con ella varían las componentes de la gravedad y el rozamiento del talud, fuerzas que van a determinar su equilibrio. Los movimientos gravitatorios se producen en el momento en el que se produce un desequilibrio entre las fuerzas existentes en un talud. Al aumentar la pendiente aumenta la componente tangencial de la gravedad, que es una de las fuerzas desestabilizadoras, y disminuye el rozamiento o resistencia a la cizalla como fuerza estabilizadora. Por tanto a mayores pendientes, será necesaria una mayor cohesión del talud para mantener el estado de equilibrio, así como unas presiones de agua menores para que éste equilibrio no se pierda. Para cada material existe un esfuerzo admisible relacionado con cada valor de inclinación del terreno, denominado “ángulo de reposo”.

Si observamos la distribución que presentan las pendientes en el mapa elaborado a partir del modelo de elevación digital, (ver Anexo 1: Mapas; “Pendientes del terreno”) podemos ver dos zonas con marcada diferencia, una central con pendientes suaves y otra más accidentada que cubre la mayor parte del municipio.

En los recorridos de campo se ha comprobado que el detalle de esta cartografía no es suficiente, ya que se encuentran pendientes mucho más elevadas en zonas aparentemente planas. Esta situación aumenta su importancia al encontrarse dentro de lo denominado casco urbano, y por tanto con un potencial crecimiento habitacional.

Otra característica no reflejada en esta cartografía son los taludes verticales creados para abrir calles. Estos son por si mismos de muy alta susceptibilidad a la inestabilidad y deben tratarse como tal independientemente de la zonificación del mapa de susceptibilidad final.

Los rangos determinados para la elaboración del mapa de susceptibilidad a la inestabilidad en laderas respecto a las pendientes del terreno son los siguientes: (ver Anexo 1: Mapas; “Mapas temáticos de susceptibilidad”)

**Rango 3** - Se han considerado de susceptibilidad aquellas pendientes mayores del 60%. Rango asociado a las laderas o vertientes de los principales quebradas y ríos, principalmente a aquellos situados en la unidad geomorfológica cerro, ubicándose en Loma Larga y el Cerro de San Jacinto. También encuentra en la unidad definida como loma encajada, con vertientes de más de 30m de altura. Se presentan en un 17% del municipio.



Fotografía 7.8.- Vista del Cerro de San Jacinto en su parte sureste.

alta

se

**Rango 2** - Con media susceptibilidad se han distinguido las pendientes entre el 30% y el 60%, apareciendo éstas en un 39.21% de Santo Tomás. La pendiente superior al 30% esta considerada limite “Mora & Varhson”. Estos rangos se encuentran asociados también a las quebradas y ríos en la unidad geomorfológica loma encajada y a las vertientes de la unidad cerro.

En esta situación las precipitaciones, sin llegar a ser muy intensas, causan una fuerte erosión del suelo, además de favorecer la incisión de regueros y quebradas.

**Rango 1** - Se han considerado rango de susceptibilidad baja a pendientes menores del 30%. Estas pendientes se encuentran asociadas principalmente a la unidad geomorfológica considerada loma ondulada y se extienden en un 43.47% del municipio. Es de importancia

mencionar de nuevo que la cartografía no está realizada a detalle y que dentro de la clasificación de este rango se han encontrado pendientes de hasta el 100% en barrancos y taludes de carretera.

### **7.1.5. Orientación de laderas**

La orientación de las laderas determina el grado de insolación de éstas así como la erosión eólica, en función de la dirección de los vientos. Cuanto mayor sea la insolación, mayor será la evaporación del agua, cuya presencia tiene un efecto negativo en cuanto a la estabilidad de un terreno, por tanto menos susceptible. Cuanto menor sea la insolación, estas laderas presentan un mayor grado de humedad dando lugar a una mayor meteorización de las rocas, más susceptible. Sin embargo, la humedad da lugar a una vegetación más intensa, y ésta proporciona una mayor estabilidad, amortiguando el efecto de la gota de lluvia y absorbiendo parte del agua caída disminuyendo así la escorrentía superficial. Tiene además, un efecto positivo indirecto, ya que a la vez, aporta una mayor cohesión al terreno. Como la vegetación ha sido considerada como un factor a parte, se considera únicamente el efecto negativo de la insolación.

Los vientos predominantes característicos del clima tropical mesoamericano son vientos del norte, fríos y secos, que por su efecto erosivo y por el cambio de temperatura que ocasiona en el terreno tienen una gran incidencia sobre éste. Los vientos del E y el NE, provenientes del Caribe, húmedos y cálidos afectan igualmente en las laderas de cara a esta orientación, con un efecto erosivo y de humectación-deseccación.

Los rangos determinados para la elaboración del mapa de susceptibilidad respecto a la orientación de laderas, considerando los efectos de los vientos y de la insolación, son: (*ver Anexo 1: Mapas; "Mapas temáticos de susceptibilidad"*)

**Rango 3** – Susceptibilidad alta en laderas orientadas al norte (28.74%).

**Rango 2** - Susceptibilidad media en laderas orientadas al este (17.62%).

**Rango 1** - Susceptibilidad baja en laderas orientadas al oeste y al sur (31.15%).

Un estudio a detalle del efecto del viento y la insolación en las laderas aportaría rasgos físicos importantes de las condiciones locales de las rocas y suelos de Santo Tomás, lo que avanzaría en el conocimiento de las condiciones del terreno y por tanto, del uso más adecuado de este. Cualquier acción del hombre sobre el terreno: calles, prácticas agrarias, reforestación, obras de mitigación, etc. , deben atender a las condiciones más locales de humedad, cambios de temperatura, etc., efecto de la orientación que presentan las laderas respecto a los vientos e insolación.



## 7.1.6. Vegetación / Usos del suelo

El uso que se le dé al suelo es un aspecto fundamental en la conservación de éstos, ya que las acciones que se hacen sobre el sustrato pueden producir un desequilibrio en las condiciones naturales, y con ello la transformación del medio. Estas modificaciones se pueden dar en la pérdida de materia orgánica, impermeabilización, inestabilidad, etc, con consecuencias directas en el medio ambiente y por tanto en nuestra calidad de vida.

**La vegetación es un elemento fundamental en los aspectos de conservación de suelos, ya que al sustentarse sobre él ejerce con las raíces una acción de sujeción importante. Por otra parte, la masa forestal actúa como amortiguador del agua de las lluvias, disminuyendo su capacidad erosiva antes de llegar al suelo y disminuyendo la escorrentía superficial, es decir, actúa como manto protector de los agentes erosivos que afectan al terreno, aportando al mismo tiempo cohesividad a los suelos.**

Es muy importante considerar la presencia o ausencia de vegetación como un factor decisivo en los procesos de inestabilidad gravitatoria que se producen en Santo Tomás, por tratarse de un elemento protector del suelo, y por ser un factor condicionante en el que interviene de manera directa el hombre, corregible con prácticas alternativas.

Para evaluar este factor se ha trabajado con el mapa de usos del suelo (MARN,1996) (ver Anexo 1: Mapas; "Mapa de usos del suelo"). El hecho de trabajar con una caracterización de usos del suelo a esta escala de detalle y con zonificaciones no actualizadas disminuye la calidad de los resultados de susceptibilidad. Por este motivo, y por el conocimiento de los recursos naturales existentes en el municipio, se recomienda actualizar esta información en campo e inclusión en el SIG de la alcaldía, de manera que sea un insumo para el mejor manejo del territorio.

Para este análisis por tanto se diferencian cuatro zonas por su uso: bosque natural, café, área urbana y pastos-granos básicos. A la hora de evaluar la susceptibilidad de cada uno de ellos se han agrupado el bosque natural y el café por poseer características similares en cuanto a la protección del suelo. En las salidas de campo se ha comprobado como en áreas clasificadas con estos usos existen prácticas de cultivo temporal, aumentando en gran medida su susceptibilidad.

Los rangos de susceptibilidad que se han determinado a partir de la base de la que se dispone se describen a continuación. (ver Anexo 1: Mapas; "Mapas temáticos de susceptibilidad")

**Rango 3** - Susceptibilidad alta: pastos y granos básicos

En la cartografía utilizada, el área ocupada por este uso se reduce al 0.40%, aunque como hemos dicho existen en mayor superficie distribuidos por diferentes zonas del municipio. Los tipos de cultivos temporales que se practican dejan desprotegidos los suelos, acentuándose la erosión si se trata de laderas con pendientes relativamente altas y donde no han practicado obras de protección. Además se practica la quema como práctica de cultivo, perdiendo la sujeción y aumentando las cavidades en los lugares donde las raíces aportaban cohesión, siendo por tanto más vulnerables a la erosión y a la infiltración de agua. Por otro lado, los pesticidas crean una lámina de sólidos que va impermeabilizando los suelos, favoreciendo la escorrentía superficial y arrastre de material.



se

*Fotografía 7.9.- Ladera desnuda por quema como práctica de cultivo. Cantón El Guaje.*

## **Rango 2 - Susceptibilidad media: área urbana.**



*Fotografía 7.10.- Medidas de sujeción del talud bajo vivienda mediante neumáticos. Casco Urbano Cantón Chaltepe..*



*Fotografía 7.10.- Formación de un barranco en Casco Urbano. Colonia Tres de Mayo.*

El área definida como área urbana abarca un 21% del municipio y se entiende para este estudio como aquella zona de Santo Tomás donde se produce una mayor presión urbanística y por tanto mayor densificación. Considerando unas de las principales amenazas del municipio los asentamientos descontrolados, por su modificación del entorno sin medidas de prevención (lotificaciones ilegales), y por otro lado y asociado a éste, la apertura de calles con taludes no dimensionados y su consiguiente inestabilidad; se entiende entonces que el área definida como área urbana presenta una alta susceptibilidad.

Con la modificación del entorno se provocan puntos susceptibles al lavado superficial e inicio de cárcavas al paso de escorrentia superficial sin adecuar sistemas de drenaje bien dimensionados.

**Rango 1** - Susceptibilidad baja: bosque natural y café.

Como se explica en el *Apartado 6.1.1. Amenaza por erosión*, los bosques, y también los cafetales por ser un cultivo permanente y necesitar árboles de mayor tamaño para dar sombra, son prácticas que favorecen la protección a la erosión de los suelos. De igual forma se consideran de un alto valor ambiental como recurso ecológico, productivo y paisajístico.



En Santo Tomás se encuentran áreas cultivadas por cafetales (sector Cerro San Jacinto) presionadas por la expansión de lotificaciones ilegales y en zonas protegidas como FUNZEL (*ver fotografía 7.11.*)

*Fotografía 7.11.- Plantación de cafetal junto con bosque en la reserva FUNZEL.*

## 8. UNIDAD DE PLANIFICACIÓN (CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES)

En base al Plan de Usos y Ocupación del Suelo desarrollado por SACDEL (Sistema de Asesoría y Capacitación para el Desarrollo Local), se realiza la propuesta de ordenamiento territorial de Santo Tomás teniendo que cumplir tres objetivos:

- establecer un ente encargado de la aplicación Plan,
- plantear una nueva relación entre los actores involucrados en el desarrollo urbano de Santo Tomás
- y proporcionar un soporte legal a los planteamientos técnicos.

Como institución responsable de poner en práctica las líneas de trabajo en cuanto al ordenamiento territorial se decide crear la Unidad de Planificación (UP), cumpliendo así con lo explicado anteriormente, de la siguiente forma:

- El encargado de aplicar el Plan será la UP.
- Los actores que entran a formar parte en el desarrollo urbano de Santo Tomás se coordinarán a través de la UP, siendo ésta la receptora y canalizadora de la información que en el municipio se levante.
- El asesoramiento geoambiental se combinará con un soporte legal, imprescindible en el cumplimiento de las especificaciones técnicas al tratarse de una zona sensible geológicamente (sismos, deslizamientos, etc.) combinado con una alta densidad poblacional, sumado a ser una reserva forestal o pulmón de San Salvador.

Esta Unidad de Planificación debe contar con una base técnica, legal e institucional que le permita poder estudiar y evaluar las diferentes acciones orientadas al ordenamiento territorial, incluyendo la gestión del riesgo.

De la base institucional se encargará SACDEL como parte de su institucionalización de la UP.

En este capítulo se identificarán las líneas de actuación geoambientales y legales que se deben poner en práctica en el municipio de Santo Tomás a través de su recién creada Unidad de Planificación de forma que sean complementarias al marco del Plan de Usos y Ocupación del Suelo. Estas recomendaciones salen de la revisión de los trabajos existentes en el municipio, de la caracterización de amenazas realizadas en el presente trabajo y de las normativas nacionales y municipales existentes en esta materia.

## 8.1. Línea de actuación: geoambiental

*Como primer paso se revisa la información técnica disponible hasta el momento en el municipio, obteniendo los diferentes análisis y cartografías que resultan del “ Plan de usos y Ocupación del suelo. Ordenanza reguladora de los usos del suelo”.*

*Este levantamiento de información se complementa con el trabajo de caracterización que se desarrolla en esta memoria resultando unas recomendaciones que llevan a una continuidad del trabajo desarrollado hasta el momento en Santo Tomás.*

### 8.1.1. En cuanto a las cartografías

Para la realización del Plano de Zonificación de Usos del Suelo se tuvo en cuenta un estudio del medio ambiente natural que incluye el análisis del relieve, pendientes, suelo, litología, fallas, hidrología y biodiversidad. De aquí se desprenden cartografías de pendientes del terreno, geología y agrológico, que en el presente proyecto han sido ampliadas y posteriormente integradas en una zonificación de susceptibilidad por inestabilidad de laderas: Mapa de Susceptibilidad (*ver Anexo 1: Mapas*)

El resultado de superponer el Mapa de Susceptibilidad con el Plano de Zonificación de Usos del Suelo nos revela los posibles condicionantes que se deben asumir en cada área relacionados con la inestabilidad del terreno, ya sean condicionantes legales o técnicos. (*Ver Apartado 8.4: “Análisis de la susceptibilidad sobre zonificación existente”*)

La escala de las cartografías utilizadas, tanto en el Plan de Usos y Ocupación del Suelo, como en el presente trabajo, nos ofrece un resultado como macrozonificación, reflejando la problemática en grandes áreas (E-1:25000). Basadas en esta macrozonificación existente, se recomienda realizar cartografías a escala más pequeña para definir con más detalle la zona de amenaza en cualquier actuación sobre el municipio. Para establecer los límites de la zona, se describirá mediante ubicación de calles, curvas de nivel, colonias, lotificaciones, quebradas, ríos, o cualquier otra referencia que clarifique la situación del límite.

Como municipio con un importante valor ecológico, se recomienda realizar un estudio de la biodiversidad de tal forma que se conozca su potencial ambiental y se gestione su protección y conservación. Para llevar a cabo este levantamiento se pueden utilizar las vías de trabajo existentes con la UES, coordinando el trabajo con estudiantes de dicha universidad.

El mapa geológico (*ver Anexo 1: Mapas; “Mapa Geológico”*), debido a su elevada escala E-1:100.000, no define con exactitud el tipo de material a escala de afloramiento, importante

para la evaluación del diseño de los taludes. Por este motivo se recomienda realizar un estudio geológico particular de la zona que se vaya a modificar.

### **8.1.2. En cuanto a las especificaciones técnicas**

Se ha visto que una de las principales amenazas son las inestabilidades del terreno asociadas a la mala ejecución de lotificaciones, taludes de carretera y canteras de extracción de material. Se enumeran a continuación las conclusiones relacionadas con estas amenazas y las recomendaciones para su mitigación:

- ❑ Poca profundidad de suelo.
- ❑ Al ser parte alta de la cuenca, Santo Tomás presenta características de erosión, donde la evolución del medio tiende a transportar material aguas abajo.
- ❑ Facilidad para la erosión superficial y formación de regueros y cárcavas.
- ❑ Erosión remontante cuando ya se ha formado la cárcava, donde la poca protección de la cubierta vegetal no actúa lo suficiente al tener pendientes elevadas.
- ❑ Presencia de materiales muy susceptibles (tierra blanca) en un tercio del municipio.
- ❑ Progresiva deforestación y uso inadecuado del suelo.
- ❑ El 60 % de las laderas presentan pendientes mayores al 30 %.

Para el tratamiento de esta amenaza se recomienda tomar medidas de protección contra la erosión de las laderas. Una de las medidas es evitar las malas prácticas agrarias como las quemas además de incentivar los cultivos permanentes, todo con el objetivo de reforestar la región y recuperar su función en los ciclos del agua y la erosión.

Para complementar este esfuerzo, dadas las condiciones de uso del suelo actuales, se recomienda la realización obras biofísicas de contención y conservación del suelo: barreras vivas, acequias, muros secos, etc. Las acequias son obras que deben construirse paralelas a las curvas de nivel, con la doble función de retener las partículas arrastradas por la erosión y aumentar la infiltración para una adecuada conservación de los suelos. Las barreras vivas y muros tienen la finalidad a corto plazo de reducir la acelerada evolución de las pequeñas quebradas que afectan la ladera, reteniendo material y disminuyendo la pendiente. A mediano plazo, genera una vegetación, que además de proteger los suelos contra la erosión genera insumos para la población. En el *Anexo 3: Conservación de suelos* aparecen medidas

aplicables a Santo Tomás para evitar la erosión y aumentar la infiltración. Han sido obtenidas del *“Estudio Geológico para la Mitigación de Riesgos en la Cuenca del Río El Convento”* (Rubio, Julio -2000)

Para una urbanización sostenible con las características del municipio se debería tener en cuenta la conservación de la masa arbórea y respetando los drenajes naturales.

- Las calles son flanqueadas por taludes verticales, sin protección vegetal y con problemas de inestabilidad cada invierno.

Inventario de los taludes a corregir y adaptación de los mismos modificando su pendiente y protegiéndolos con algún sistema de sujeción de material.

Según el trabajo “Características geomecánicas y vulcanológicas de las tefras tierra blanca joven, caldera de Ilopango, El Salvador” las pendientes que deben presentar los taludes para mantener la estabilidad pueden variar dependiendo del material que aparezca en el mismo. Con TBJ (tierra blanca), al ser cenizas fácilmente erosionables, sus ángulos tienen que ser menores de 45°. Con presencia de ignimbritas los taludes pueden llegar a tener pendientes mayores de 45°, estando en 60° un ángulo medio. En ambos casos es conveniente que sean diseñados con drenajes adecuados y sus caras sean protegidas contra la erosión con gramíneas o geotextiles.

Para cualquier dimensionamiento de taludes que se realice en Santo Tomás habría que hacer un examen a escala de afloramiento para analizar el tipo de material y determinar su posible estabilidad.

- Falta de planificación a la hora de construir provocando riesgos asociados a la escorrentía superficial.

Creación de un sistema de drenaje en carreteras y caminos con el fin de evitar que estas vías de comunicación sean líneas preferenciales para la circulación de los flujos durante las lluvias, así como para controlar el comportamiento del agua de escorrentía superficial. Se recomienda realizar esas canalizaciones especialmente en las lotificaciones ya pobladas y con elevadas pendientes ya que la evolución de la erosión en estos suelos desprotegidos se produce de forma muy rápida. Los drenajes deberían ser zanjas con un sistema de permeabilidad, constituido por arena compactada bajo grava. Estos sistemas de drenaje requieren de un mantenimiento principalmente de limpieza para evitar que sean obstruidos.

- **Falta de agua en el sector Casitas.**

Después de las iniciativas de coordinación llevadas a cabo entre la UES y Geólogos del Mundo para una primera caracterización de los recursos hídricos se recomienda continuar en esa línea de colaboración a través de la Unidad de Planificación.

Vista la necesidad de este imprescindible recurso se hace prioritario un estudio hidrogeológico completo que permita gestionar su uso.

### **8.1.3. En cuanto a los desechos**

Una de las amenazas asociadas a la alta densificación de Santo Tomás es la acumulación de desechos sólidos en puntos diversos e incontrolados, principalmente en las quebradas. Esto produce una contaminación de las aguas subterráneas por el lixiviado de sustancias perjudiciales para la salud humana y en general para el medio ambiente.

Para evitar la contaminación del medio por la basura se recomienda una campaña de concienciación de forma que la población se identifique con el problema, el daño que le causa y los beneficios del manejo adecuado. Como primer paso se tendría que clausurar y limpiar los puntos utilizados como vertederos y adecuar un lugar para tal uso (*Ver Apartado 6.2.2.: Residuos sólidos urbanos*). En este sentido la alcaldía ha iniciado esfuerzos con la propuesta de implementación de una planta de compostaje apoyados por CESTA.

## **8.2. Línea de actuación: legislativa**

*Se parte de la revisión de la Ordenanza Reguladora de los Usos del Suelo en Santo Tomás y se amplía con los extractos de la Ley de Urbanismo y Construcción y La Ley Ambiental que se integran en la gestión de riesgos.*

### **8.2.1. Ordenanza reguladora de los usos del suelo**

*En revisión de las ordenanzas conjuntamente con la Unidad de Planificación, se describen a continuación las posibles modificaciones o ampliaciones que se creen convenientes para un uso del suelo acorde con las características de Santo Tomás.*

- Incluir una zona que haga referencia a la situación de amenaza que presentan las quebradas y sus vertientes como canalizadores de las aguas de escorrentía y su erosión asociada. Más importante si estas se encuentran deforestadas y presentan taludes verticales. Son zonas donde la erosión remontante actúa cada invierno con la acción de las lluvias. Como prioridad se establece no deforestar y regenerar las que estén dañadas. Será una Zona de Protección de Quebradas (ZPQ)
  
- Incluir una zonificación de las áreas de recarga del recurso acuífero como medio a proteger. Será Zona de Protección del Manto Acuífero (ZPMA)



- Incluir una zonificación de los nacimientos del municipio como medio a proteger. Será Zona de Protección de Nacimientos (ZPN)
- En la superficie proyectada para la ejecución de calles se deberá incluir la correspondiente a los taludes dimensionados con una inclinación correcta para su estabilidad.
- Para la elección de materiales de construcción se debe tener en cuenta que sean sismorresistentes al encontrarse Santo Tomás en una de las zonas denominadas de enjambre sísmico por presentar una alta actividad de movimientos telúricos.
- Se recomienda que los tipos de área de equipamiento se reduzcan a Área de Equipamiento Interna omitiendo el Área de Equipamiento Externa. Esta diferenciación se hizo de forma que el urbanizador, a su elección, pudiera dar un valor monetario a cambio del AEx. Se aconseja que siempre se obligue a dar un AEI y las diferentes posibilidades de negociación surjan a posteriori.
- Se recomienda que las áreas verdes se reduzcan a Área Verde Interna omitiendo el Área Verde Externa. Esta diferenciación se hizo de forma que el urbanizador, a su elección, pudiera dar un valor monetario a cambio del AVEx. Se aconseja que siempre se obligue a dar un AVI y las diferentes posibilidades de negociación surjan a posteriori.
- Para que un espacio pueda ser contabilizado para el AVI o AVEX debe cumplir con una superficie mínima consolidada en un solo cuerpo de 250 m<sup>2</sup>. Se recomienda aumentar esta superficie a un mínimo de 1000 m<sup>2</sup> con el fin de concentrar espacios funcionales para el municipio.
- El urbanizador puede solicitar una densificación una o dos categorías por encima de la norma básica. Bajo estas condiciones se podría pasar de un lote de 200 m<sup>2</sup> en Cau2 – CCV a otro de 60 m<sup>2</sup>. El resultado sería una densificación descontrolada en áreas con restricciones importantes por su ya alta densidad poblacional y/o por sus pendientes elevadas y/o por su valor ecológico. Se recomienda no permitir este cambio de densificación como reglamento de la ordenanza y que cualquier modificación se haga a posteriori de mutuo acuerdo entre constructora y Alcaldía analizando la situación concreta.
- Para la extracción de material se debería presentar un plan de ejecución con la cantidad a extraer y las dimensiones de la cantera, la forma en que se va a acondicionar la zona al terminar la extracción, y finalmente pase a uso público como zona verde. Durante la extracción la zona estará vallada y teniendo en cuenta las viviendas cercanas para su ubicación. También serán responsables de lo que ocurra dentro de los límites acordados para la extracción, de forma que no se produzca acumulación de basura, ripio, ni otros materiales de desecho.

- Lotificaciones: se han visto múltiples puntos donde la pérdida de cubierta vegetal provoca en el municipio la formación de regueros y cárcavas concentrando agua y modificando la escorrentía natural del terreno. En cualquier caso, para lotificar, se debe incluir una microzonificación de la zona a una escala donde aparezcan los sistemas de drenaje y su dimensionamiento basado en la escorrentía de la zona. De igual forma aparecerá el lugar de desagüe de forma que no afecte a asentamientos e infraestructuras que se encuentren aguas abajo.
- Se recomienda el uso de materiales sismorresistentes para cualquier tipo de construcción que se realice al encontrarse en una zona de elevada actividad sísmica.

### 8.2.2. Ley de Urbanismo y Construcción / Legislación Ambiental

*Como se ha dicho, el municipio de Santo Tomás presenta unas condiciones geográficas y sociales propicias para una progresiva densificación, con una presión urbanística e industrial importante.*

*De forma que esta situación no sea el desencadenante de situaciones de riesgo para sus habitantes, se recomienda la aplicación de las legislaciones existentes, para el caso que nos ocupa: la Ley de Urbanismo y Construcción y la Legislación Ambiental. Se han seleccionado los artículos que se deberían tener en cuenta como prioritarios para un manejo adecuado del medio y que complementan la Ordenanza Reguladora de Usos del Suelo.*

#### Ley de Urbanismo y Construcción

- **Art 17.- Toda persona** natural o jurídica que desee iniciar una obra de parcelación deberá **presentar** al Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano lo siguiente:
  - C) Tres juegos de copias firmados y sellados por los profesionales responsables de las diferentes áreas de diseño, los cuales contendrán lo siguiente:
    - 3: Planta de distribución general con curvas de nivel indicando **niveles de terrazas** referenciales a niveles geodésicos y **obras de protección** a construir como: muros, taludes, etc.
    - 5: Planta general de **sistema de abastecimiento** de agua potable.
    - 6: Planta general de **sistema de drenaje** de aguas lluvias.
    - 9: Perfiles de todas las calles, indicando rasantes de pavimento y ubicación de los **sistemas de aguas lluvia y negras**.

- 10: Detalles especiales propuestos a **escala** no menor de **1:20** de **muros**, cabezales de descarga, pozos de visita, tragantes, cordones, cunetas y pavimentación o tratamiento que se dará a la vía.
  - 13: Las **escalas** a usarse en perfiles serán: **horizontal 1:5000 y vertical 1:50 ó 1:100** en casos especiales.
- D) **Cálculos** estructurales de **muros** y obras necesarias al proyecto y su correspondiente **estudio de mecánica de suelos**.
  - E) **Cálculos hidráulicos**.
  - G) **Memoria** descriptiva del **proyecto** y descripción de las especificaciones técnicas para ejecución de las obras. En la memoria descriptiva se consideran los siguientes aspectos del proyecto.
    - 2.- Exposición del **criterio de diseño** en las soluciones propuestas en cuanto al sistema vial y uso del terreno.
    - 4.- Descripción de los **sistemas de drenaje de aguas lluvias, aguas negras y abastecimiento de agua potable**. Además se indicarán las protecciones que se dará a las colindancias, donde la diferencia de nivel lo amerite, de acuerdo a lo dispuesto en el Reglamento.
    - 5.- **Especificaciones técnicas**.
    - 7.- La **calidad** de los **materiales** a usarse.
- **Art 21.- Todo constructor** estará obligado a comprobar que la **calidad de los materiales y la resistencia del suelo es la adecuada** para lo cual deberá **contratar a un laboratorio de geotecnia e ingeniería de materiales** o presentar constancia de proveedor. El profesional responsable recomendará **el tipo de prueba de laboratorio** que deberá realizarse para asegurar la calidad de la obra de acuerdo a las especificaciones y normas institucionales. (\*\* *Ver ensayos suelos en este capítulo*)
- ◆ El estudio de mecánica de suelos, deberá **contemplar como mínimo**:
    - Perforaciones para determinar **tipo, estratificación, resistencia**, etc.de los **suelos**.
    - **Compactación** para cimentaciones.
    - Compactación para relleno en colocación de tuberías.
- **Art 23.-** Se mantendrá un **letrero** identificando las **áreas verdes y comunales** con el fin de darlas a conocer a la comunidad.
- **Art 25.- Los inspectores** de la **Alcaldía** o el **Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano** deberán **visitar las obras** por lo menos una vez al mes, salvo que estas instituciones lo ordenen con más frecuencia. Éstos deberán rendir periódicamente

informes de sus visitas y **serán** solidariamente **responsables** con el Director de la obra si no reportaran las anomalías que existiesen.

- **Art 49.-** Todo **urbanizador** que venda lotes con su superficie en estado natural, pero que modifique parcialmente las colindancias entre los mismos **no podrá dejar cortes o rellenos mayores a 1m entre ellos sin la obra de protección correspondiente muro o talud**. Lo mismo se exigirá al urbanizador en el caso que venda lotes con terrazas definidas.
  - ◆ Todo constructor de viviendas que realice un corte o relleno en un lote, deberá proteger el lote vecino con muros o taludes, los cuales deberán desarrollarse o construirse sin afectar ni disminuir el área del lote del vecino.
  - ◆ Todo urbanizador que realice cortes o rellenos en las colindancias con terrenos ajenos al proyecto, deberá protegerlos con muros o taludes, los cuales deberán desarrollarse o construirse sin afectar o disminuir el área del terreno vecino. Los terrenos afectados por dichos taludes constituirán zona de protección dentro de la parcelación.
  - ◆ En todos los casos, los **taludes tendrán una inclinación máxima cuya relación será el 1.5 horizontal por 1.0 vertical convenientemente engramados y protegidos contra erosión**. Podrá aceptarse otra alternativa si el interesado prueba con estudios de suelo la estabilidad para dicha alternativa.
  
- **Art 50.-** Todo **accidente natural** dentro de una parcelación o colindante con otra, deberá contar con una **zona de protección** con las excepciones reguladas en el Art 51 de este Reglamento.
  - ◆ El ancho de la zona de protección se establecerá basándose en los criterios siguientes:
    - **Profundidad de la quebrada:** El ancho de la zona de protección en quebrada se determinará multiplicando su profundidad por el factor 1.5 y se medirá paralela a partir de dicha orilla y a todo lo largo del terreno en la parte afectada. El ancho de la zona de protección sólo podrá modificarse según lo dispuesto en el Art 51 de este Reglamento.
    - **Estudio del área de recogimiento:** El ancho de la zona de protección de un **río** o de una **quebrada caudalosa** deberá ser determinada por un estudio de las áreas de recogimiento o influencia de los mismos, con el cual se determinará el área hidráulica necesaria de acuerdo a su caudal máximo instantáneo resultante. Este estudio deberá determinar al menos la altura máxima probable que alcanzará la corriente adyacente al terreno, el ancho de la zona de protección y las obras de protección necesarias con sus detalles y características correspondientes

(inclinación de taludes, tipos y secciones de muros, etc) Dicho estudio deberá ser realizado por profesionales o empresas debidamente acreditados.

- **Diferencia natural de nivel** dentro del terreno o con sus terrenos colindantes: El ancho de la zona de protección en cambios de nivel se determinará multiplicando la profundidad próxima al nivel inferior de la diferencia natural del nivel del terreno por el factor 1.5 y se medirá paralela a partir de dicho nivel inferior y a todo lo largo del terreno en la parte afectada.
- **Art 51.-** Las **zonas de protección** que no cuenten con vegetación adecuada o que presenten cambios de nivel mayores de un metro deberán ser **protegidos con obras** tales como taludes **engramados, estaquillados, barreras naturales**, etc.
- ◆ El **ancho de la zona de protección** original en quebradas secas, o estacionarias **podrá reducirse** mediante la **construcción de muros o la combinación de muros y taludes** cuya relación será de 1.5 horizontal por 1.0 vertical o mediante el cambio de la inclinación de los taludes, la cual podrá aumentarse mediante tratamientos especiales de los mismos, con suelo, cemento, enchapados y otros; pero tal medida deberá justificarse mediante la presentación de un estudio elaborado por un laboratorio de suelos y materiales.
  - ◆ **Por ningún motivo se permitirá la tala de árboles dentro de las zonas de protección ni la variación de su perfil natural cuando éste se encuentre cubierto de vegetación natural, con el objeto de reducir el ancho de la misma.**
  - ◆ **Los propietarios** de las zonas de protección no podrán realizar obras que destruyan la flora existente, alteren la estabilidad del terreno y/o de las construcciones vecinas, asimismo tendrán la **obligación de mantener en buen estado las obras de protección con que cuente la misma** (engramados, canaletas, etc) Estas zonas de protección solamente podrán reducirse conforme a lo dispuesto en el Art 51 de este Reglamento.
  - ◆ **Por ningún motivo, razón o circunstancia se permitirá la reducción del ancho natural del lecho de las quebradas o ríos, ni la obstrucción del curso normal de la escorrentía superficial o corriente de agua, tampoco se permitirá la tala de árboles existentes.**
- **Art 91.-** Los proyectos de parcelación que tengan áreas de **influencia** que converjan a ellos o que sean atravesados por **quebrada o río**; deberán contar con un **estudio hidrológico** de la cuenca en que se encuentren ubicados a fin de considerar el desarrollo de otros proyectos tanto aguas arriba como aguas abajo. Si el sector donde se encuentra situado el proyecto es de **pendientes fuertes**, deberá prevenirse la erosión hacia adentro o hacia fuera con los terrenos que los circundan, para lo cual será

necesario proyectar las **obras de protección y canalización necesarias**. También deberán contar con un **diseño hidráulico** de las tuberías y otras obras de drenaje internas del proyecto.

- ◆ El sistema de drenaje de aguas lluvia será calculado por el urbanizador para intensidades de lluvia que ocurran con una frecuencia de una vez cada 5 años (periodo de retorno), tomando en consideración las características especiales del sector donde se encuentre ubicada. Para aquellas obras de drenaje cuyo diámetro exceda de 72 pulgadas, su diseño será con periodos de retorno de 10 o 25 años, según el caso.
- ◆ El escurrimiento superficial máximo permitido en cordones y cunetas o canaletas será de 100 metros. Casos especiales serán analizados por el VMVDU
- ◆ En los puntos de **descarga de tuberías y bóvedas** a quebradas o ríos, deberán proyectarse cabezales con **gradas disipadoras de energía o rampas** con una longitud de desarrollo adecuada y con elementos adicionales en su piso.

### \*\*Ensayos en suelos

- Identificación:
  - Descripción de la muestra
  - Granulometría
  - Límites de Atterberg
  - Contenido en carbonatos, sulfatos, materia orgánica
  - Peso específico de partículas
  - Densidades máxima y mínima
- Composición química y mineralógica
- Estado natural
- Dispersabilidad: evaluar el comportamiento frente a la erosión por filtración de agua.
- Expansividad: identifican cambio potencial de volumen.
  - Lambe
  - Presión de hinchamiento crítica
  - Hinchamiento libre
- Susceptibilidad
- Deformabilidad
  - Edómetro
- Resistencia
  - Ensayo de compresión simple

- Ensayo triaxial
- Ensayo de corte directo
- Ensayo de molinete (Vane Test)

Cuando se considera un programa de investigación de laboratorio ha de considerarse la metodología más adecuada para el problema, que conduzca a su solución de forma que técnica y económicamente sea viable.

Una primera selección se efectúa según el tipo de problema a resolver: análisis de riesgos de inestabilidad de taludes naturales, proyecto de nuevos taludes (desmontes y rellenos) o corrección de inestabilidades ya producidas. Posteriormente influye el tipo de terreno a investigar: suelo, relleno artificial o medio rocoso.

Esta investigación a detalle constituye un complemento indispensable a la investigación a gran escala. Se realiza con mayor profundidad, tendiendo a la comprensión de los fenómenos que influyen en la estabilidad de los taludes.

## ***Legislación Ambiental***

### Estudios de impacto ambiental

- **Art. 18.-** La evaluación de impacto ambiental es un conjunto de acciones y procedimientos que aseguran que las **actividades, obras o proyectos** tengan un **impacto ambiental negativo** en el ambiente o en la calidad de vida de la población, se sometan desde la fase de preinversión a los procedimientos que identifiquen y cuantifiquen dichos impactos y recomienden las medidas que los prevengan, atenúen, compensen o potencien, según el caso, seleccionando la **alternativa que mejor garantice la protección del medio ambiente**.
- **Art. 20.-** El permiso ambiental obligará al titular de la actividad, obra o proyecto, a realizar todas las **acciones de prevención, atenuación o compensación**, establecidos en el Programa de Manejo Ambiental, como parte del Estudio de Impacto Ambiental, el cual será aprobado como condición para el otorgamiento del Permiso Ambiental.
- **Art. 23.-** El **Estudio de Impacto Ambiental** se realizará **por cuenta del titular**, por medio de un **equipo técnico multidisciplinario**.
- **Art. 25.-** La consulta pública de los Estudios de Impacto Ambiental, se regirá por las siguientes normas:
  - Previo a su aprobación, los estudios se **harán del conocimiento del público**, a costa del titular, en un plazo de diez días hábiles para que cualquier **persona**

que se considere afectada **exprese sus opiniones** o haga observaciones por escrito, lo cual **se anunciará con anticipación en medios de cobertura nacional**.

- Para aquellos Estudios de Impacto Ambiental cuyos resultados reflejen la posibilidad de **afectar la calidad de vida** de la población o de amenazar riesgos para la salud y bienestar humanos y el medio ambiente, **se organizará por el Ministerio una consulta pública del estudio** en el o los Municipios donde se piense llevar a cabo la actividad, obra o proyecto.
  - En todos los casos de consultas sobre el Estudio de Impacto Ambiental, las opiniones emitidas por el público deberán ser ponderadas por el Ministerio.
- **Art. 27.-** Para asegurar el cumplimiento de las condiciones, fijadas en el permiso ambiental, **el Ministerio realizará auditorías de evaluación ambiental**.
- **Art. 28.-** El **control y seguimiento** de la Evaluación Ambiental, es **función del Ministerio**, para lo cual contará con el apoyo de las Unidades Ambientales.

En referencia a la Unidad Ambiental que se hace referencia en el último artículo, y a las facultades ambientales y ecológicas de Santo Tomás, se recomienda la proyección dentro de la municipalidad de una unidad destinada a estos fines. En un principio será asumido por la Unidad de Planificación como parte integrante de la gestión de riesgos.

### **8.3. Línea de actuación: Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

A consecuencia de las técnicas intensivas de actuación sobre la Naturaleza, ésta está sufriendo un deterioro alarmante que impone la ordenación de los recursos naturales: agua, suelo y vegetación.

La incidencia de la actividad humana en el ecosistema del que forma parte puede resumirse en: cambios de uso del suelo, agotamiento de recursos y contaminación. Y en cuanto a los impactos, atendiendo al uso, en: impactos de ocupación, originados por la simple ocupación de una actividad, de carácter irreversible generalmente, y que se manifiesta por la destrucción del suelo, por la disminución de su potencialidad productiva, degradación de la cobertura vegetal y alteración del drenaje; e impactos producidos por escorrentías superficiales, deslizamientos, etc., controlables por opciones tecnológicas adecuadas.

Estas incidencias e impactos visibles tanto en Santo Tomás como en el resto del país requieren de una planificación que culmine en la ordenación del territorio con unidad de cuenca. Este proceso debe abarcar la definición de objetivos, el inventario de los recursos, su análisis y



diagnóstico y la selección de los distintos instrumentos que sean eficaces para el logro de los objetivos establecidos. La realidad a estudiar deberá comprender los aspectos naturales, físicos y bióticos, económicos y sociales, institucionales y políticos, ya que éstos se condicionan e influyen unos sobre otros.

El concepto de SIG nace para crear un solo entorno donde se puedan manipular todos estos datos distribuidos espacialmente (con dimensiones físicas y ubicación geográfica) y la información asociada a ellos, plasmándolo gráficamente.

Como se ve, se puede generar infinidad de información, siendo una de las partes más importantes su levantamiento y recopilación:

- localización de actividades industriales, agropecuarias, forestales, de extracción de material, turísticas y de servicios,
- las áreas de conservación y protección y de manejo restringido,
- áreas de tratamiento de desechos sólidos,
- vías de comunicación,
- obras para el aprovechamiento del recurso hídrico,
- población (densidad de población),
- zonas de amenaza.

La Unidad de Planificación es el medio donde se tiene que seguir almacenando y desarrollando toda esta información de forma que empiece a reducir el riesgo desde la propia alcaldía al aumentar conocimiento y reducir su vulnerabilidad.

Para lograr este fin se ha capacitado a dicha Unidad en el manejo del programa Arcview, herramienta utilizada en el presente trabajo para el análisis de la información referente a susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Con la capacitación (*ver Anexo 4: Capacitación SIG*) y el traspaso de la información recopilada se pretende que la alcaldía de Santo Tomás tenga a su disposición los medios para continuar con el trabajo de ordenamiento. Al tratarse de una herramienta con muchas posibilidades se continuará con la capacitación para un manejo más completo de la información.



Fotografía 8.1.- Capacitación de Karina Ascencio en SIG.

se  
su

Entre las acciones que se pueden empezar a desarrollar en Santo Tomás:

- Traspaso de toda la información perteneciente al departamento de catastro de la Alcaldía, junto con el parcelario del municipio.
- Aspectos poblacionales en cuanto al número de familias en cada cantón, actividad económica, distribución de género y edad, etc., de manera que se empiece a tener información útil para un análisis de vulnerabilidad.
- Traspaso de la información referente a las consecuencias de los terremotos del 2001 que aparecen en el Plan de Desarrollo y Reconstrucción como análisis de las zonas más vulnerables.
- Ubicación de industrias, canteras, botaderos y demás actuaciones de impacto sobre el municipio.
- Localización de las áreas propiedad de la municipalidad con el fin de proyectar en ellas usos comunales y poder planificar la estrategia de la ampliación urbanística.
- Censo poblacional que permita dar a conocer a los propietarios de lotes el uso al que están destinados según el Plan de Usos y Ocupación del Suelo.
- Inventario de pozos, manantiales y tanques junto con las características de los mismos y su ubicación para una primera aproximación a la gestión del agua en Santo Tomás.

## **8.4. Análisis de la susceptibilidad sobre zonificación existente**

La ordenación del terreno y las actividades que el hombre realiza en él deben adecuarse a las condiciones físicas del terreno. La cartografía de los aspectos físicos del terreno son por sí solos una herramienta para adecuar las actividades del hombre en el terreno: ordenamiento territorial.

El análisis de susceptibilidad realizado para el municipio de Santo Tomás se ha creado mediante la interpolación de seis cartografías: pendiente, uso del suelo, geológico, fracturación, orientación de laderas y geomorfológico (*ver Anexo 1: Mapas*). Del Mapa de Susceptibilidad resultante se divide la región en tres áreas de diferente tendencia a la inestabilidad de laderas, resultando los siguientes rangos: Baja, Media y Alta. Cada rango define unas condiciones de uso del terreno sobre las áreas definidas en el Plano de Zonificación.

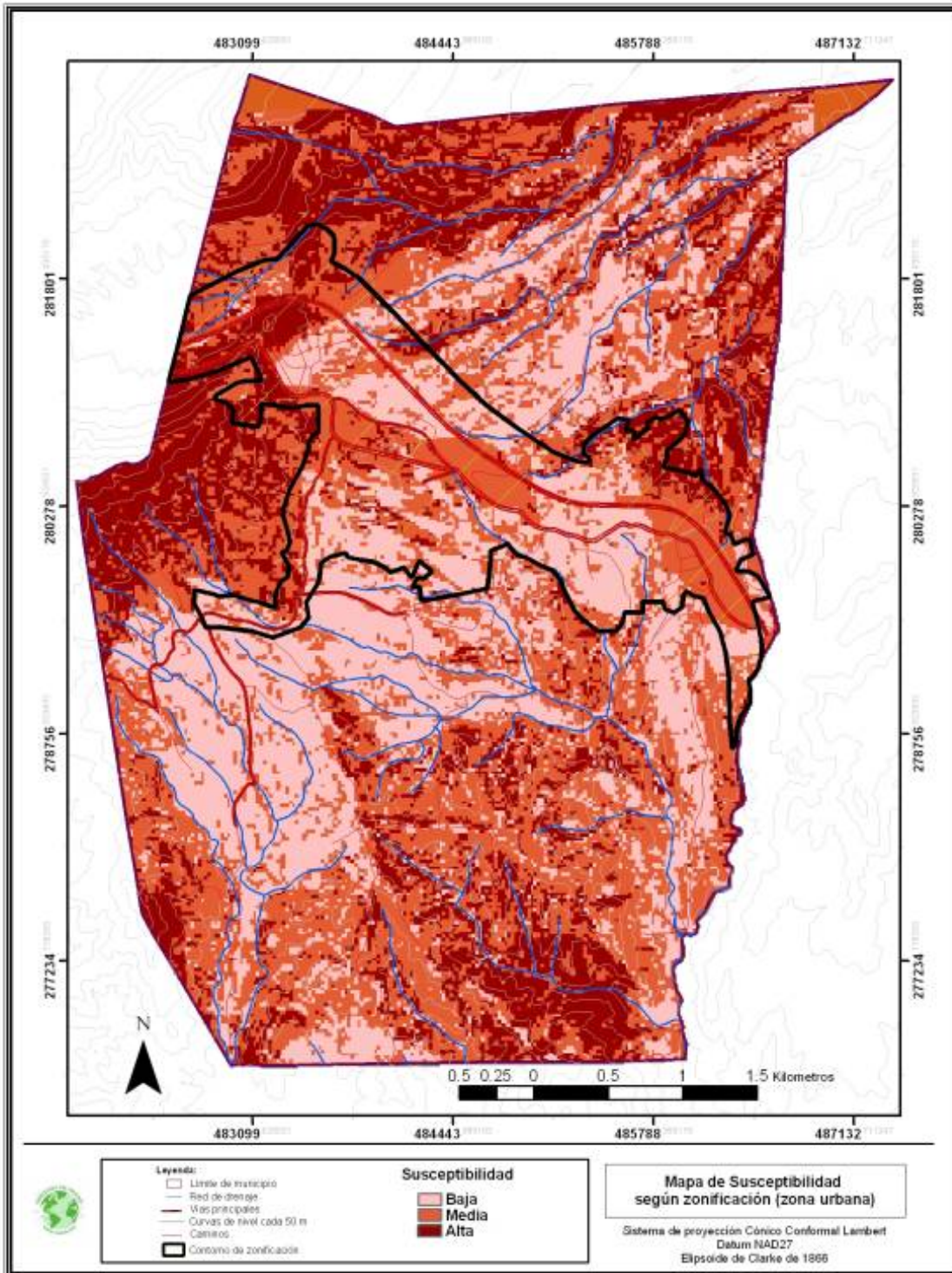


Figura 8.1. – Mapa de Susceptibilidad y Zona Urbana.

Teniendo en cuenta el mapa de SUSCEPTIBILIDAD y la zonificación propuesta como ÁREA URBANA en el Plano de Zonificación obtenemos las siguientes recomendaciones:

- Serán zonas no edificables o con restricciones importantes las que presentan una susceptibilidad considerada alta. En estas áreas se debería tener un control especial antes de otorgar cualquier permiso de construcción, movimiento de tierras o extracción de material, con obligada visita por parte de la Unidad de Planificación y del Viceministerio de Vivienda. De igual forma se harán cumplir todos los requisitos técnicos que la legislación vigente indique (*ver Apartado 8.2.: Línea de actuación: legislativa*). Se recomienda reubicar las viviendas o actividades que actualmente ocupan el terreno.
- Serán zonas con restricciones a la hora de edificar y extraer material las áreas consideradas como de susceptibilidad media. Presentan características que las hacen propensas a los movimientos del terreno por lo que se tendrán en cuenta las medidas de mitigación que preserven el terreno. Las actividades que se desarrollen en él estarán sujetas a recomendaciones particulares para cada actividad y área concreta.
- Serán zonas con mayor vocación a los asentamientos las áreas consideradas como de susceptibilidad baja. Las condiciones del terreno son más favorables para los asentamientos por ser menos propensas a las inestabilidades. Se considerarán como prioritarias a la hora de planificar el desarrollo urbano del municipio con un control de las actividades que se desarrollen en las mismas.

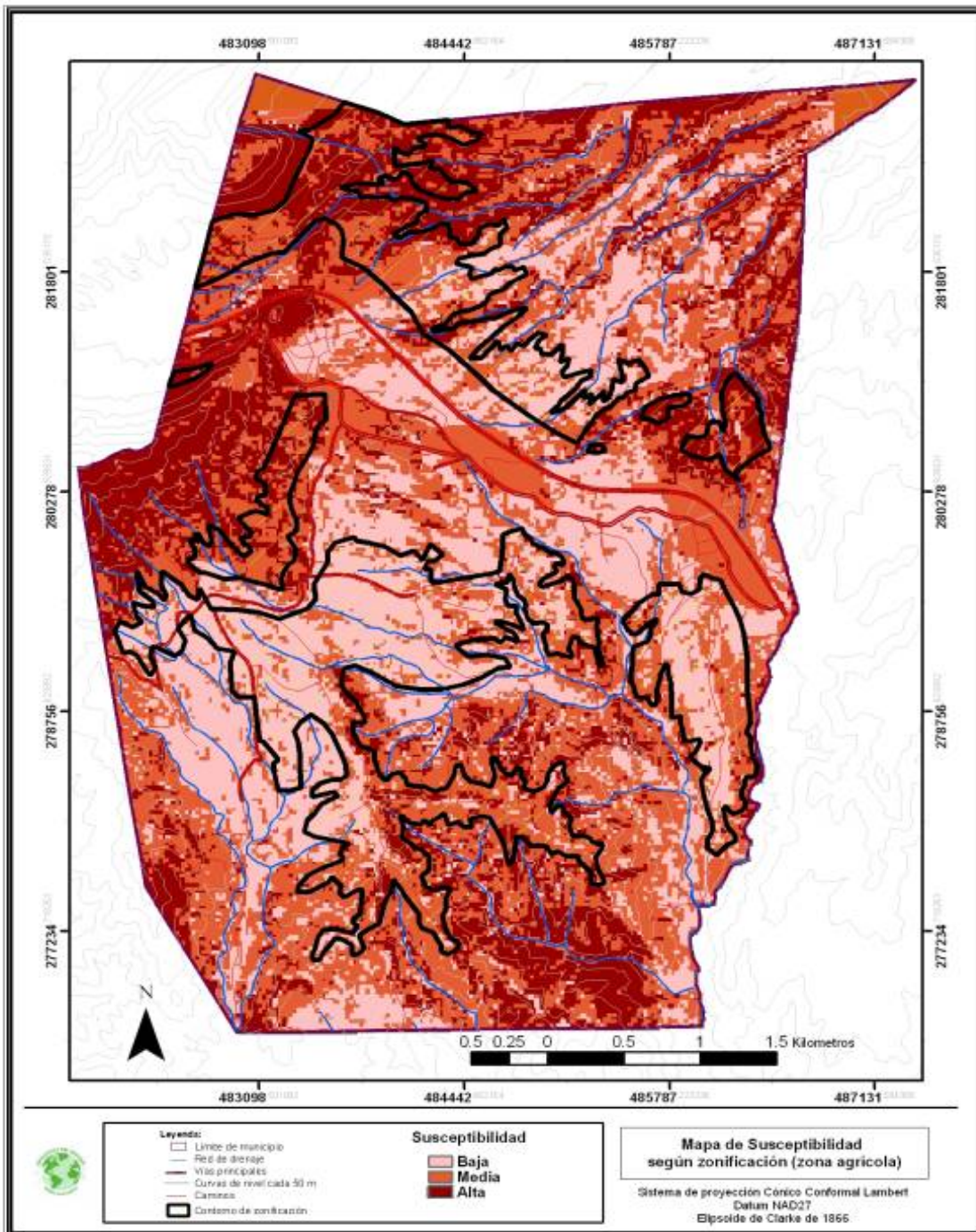


Figura 8.2.- Mapa de Susceptibilidad y Zona Agrícola.

Teniendo en cuenta el mapa de SUSCEPTIBILIDAD y la zonificación propuesta como ÁREA AGRÍCOLA en el Plano de Zonificación obtenemos las siguientes recomendaciones:

- Las zonas con alta susceptibilidad tienen vocación para bosques y café con sombra. Se recomienda desarrollar planes de reforestación y restringir totalmente el uso habitacional.
  
- En las zonas con susceptibilidad media se recomienda establecer prácticas de siembra de pastos mejorados y árboles de usos múltiples y frutales. Para evitar la erosión y aumentar la infiltración los cultivos anuales deben ir acompañados de las siguientes prácticas: barreras vivas, barreras muertas, terrazas, construcción de desagües y cultivo en contornos (*ver Anexo 3: Conservación de Suelos*). Se permitirá uso habitacional con restricciones importantes.
  
- Las zonas de baja susceptibilidad son las más aptas para los cultivos anuales, permanentes y bosques. Como medidas de prevención para la formación de cárcavas se recomienda la construcción de desagües y cultivo en contornos. El uso habitacional se llevará mediante un control de sus actividades.

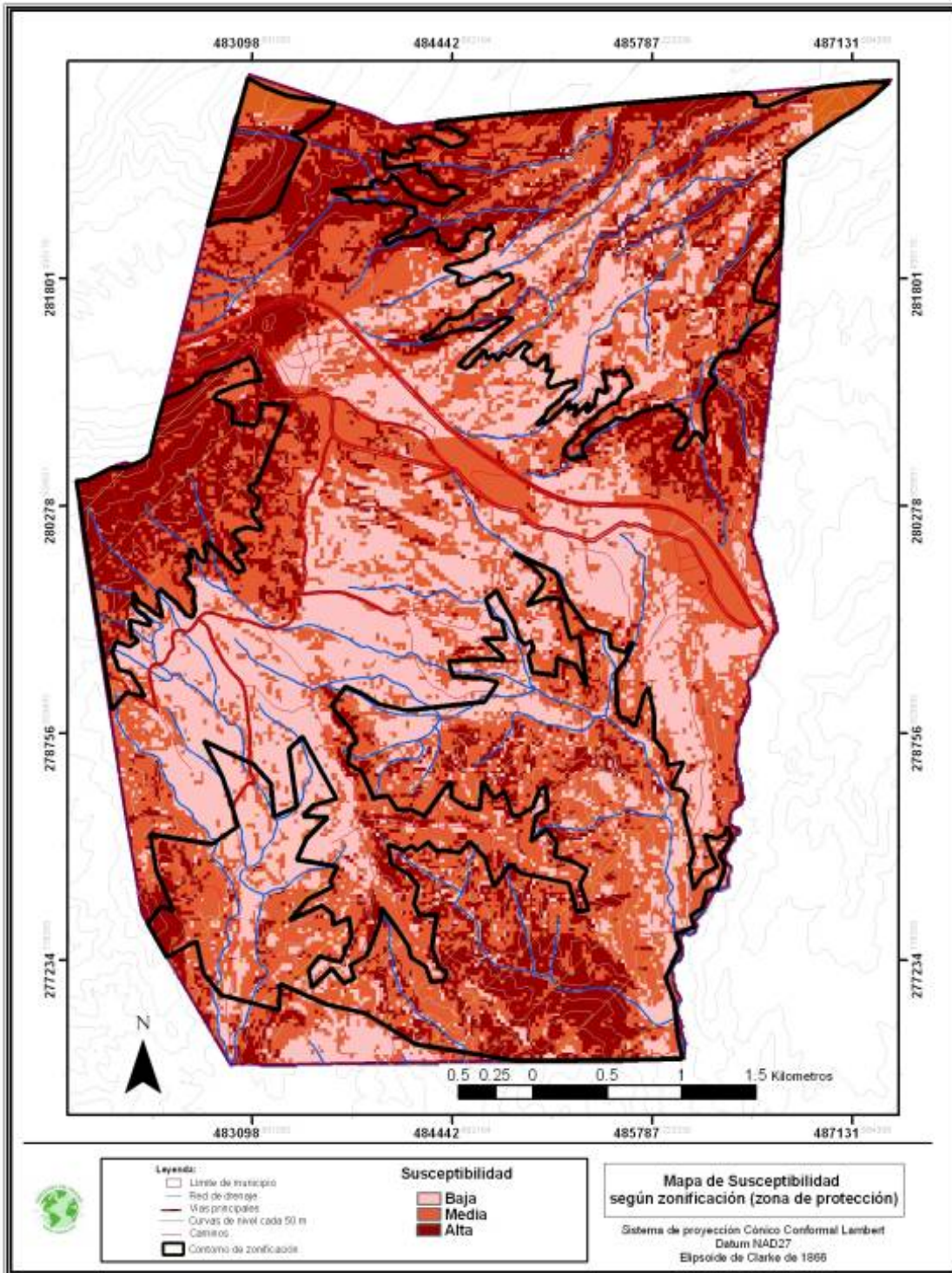


Figura 8.3.- Mapa de Susceptibilidad y Zona de Protección Ambiental.

Teniendo en cuenta el mapa de SUSCEPTIBILIDAD y la zonificación propuesta como **ÁREA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL** en el Plano de Zonificación obtenemos las siguientes recomendaciones:

- Las zonas de alta susceptibilidad presentan potencial para bosque de conservación. Se recomienda establecer planes de reforestación con vegetación autóctona y restringir totalmente el uso agropecuario.
- En las zonas con susceptibilidad media se recomienda combinar la conservación de los bosques naturales asociados con frutales y planes de reforestación. El uso agropecuario tendrá un control especial en cuanto al sistema de cultivo y las medidas de prevención.
- En las zonas con baja susceptibilidad se recomienda el uso combinado de prácticas de cultivo que prevengan la erosión con árboles forestales de uso múltiple y frutales. De igual forma se deben establecer planes de reforestación.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Mijares, F. J. 2001. Fundamentos de hidrología de superficie. Limusa, Noruega Editores.
- Baxter, S. 1984. Léxico estratigráfico de El Salvador. Cel. El Salvador.
- Centella, A.. 1998. Escenarios climáticos de referencia para la República de El Salvador.
- COSUDE. 2002. Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales en el –ambito municipal de Nicaragua. Guía para el especialista.
- Chacón Montero, José. 1992. Metodología para la cartografía regional de movimientos de ladera y riesgos asociados mediante un sistema de información geográfica. (III - Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables)
- Gonzalez de Vallejo, Luis. 2002. Ingeniería geológica. Prentice Hall
- Hernández, Walter. 2004. Caracterización geomecánica de los depósitos tierra blanca joven, caldera de Ilopango, El Salvador.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. 1991. Manual de ingeniería de taludes.
- Legislación Ambiental. Republica El Salvador. 2003
- Mata, Roger. 2002. Los riesgos geológicos en la ordenación territorial.
- Ministerio de Medio Ambiente de España. 1998. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión.
- MOP. 1961. Anales del servicio Geológico Nacional de El Salvador.
- Rivas, Jorge Armando- Lemus, Rolando. 2003. Análisis de amenazas naturales y elaboración de propuesta de reducción de riesgos en el municipio de Santo Tomás.
- Rubio, J. Estudio Geológico de la cuenca del río El Convento.
- SACDEL. 2002. Plan de Desarrollo y Reconstrucción Municipio de Santo Tomás.
- SACDEL. 2003. Plan de Usos y Ocupación del Suelo. Ordenanza Reguladora de los Usos del Suelo.
  
- Salazar, C. H. 1985. Evapotranspiración potencial en El Salvador. Comité Regional de recursos hidráulicos.
- Senciales Gonzalez, J.M. 1999. [Redes fluviales, Metodología de análisis. Estudios y Ensayos, nº 34. Universidad de Málaga.](#)
- Solana, Cristina. 2003. Cooperación para la Gestión del Riesgo. Municipio de Santa Tecla.
- Torrecilla, Carolina – Ramírez, Isabel. 2002. Diagnósis e inventario de la susceptibilidad a las amenazas gravitatorias en las áreas afectadas por los terremotos del 2001 en el volcán de Usulután.
- Torrecilla, Carolina. 2003. Diagnóstico y caracterización de amenazas geológicas en la Micro Región Sur de Cuscatlán.
- Torrecilla, Carolina – Barrio, Jesús. 2003. Análisis geológico ambiental para el desarrollo comunitario de la APS en el municipio de Jucuarán.
- Vargas, G. 1999. Guía Técnica para la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza por Movimientos en Masa. Cooperación Colombo Alemana Gtz, Colombia.

# Lineamientos Geoambientales para la Ordenación Territorial. Caracterización de Amenazas y Mapas de Peligrosidad en el Municipio de Santo Tomás

Coordinación del Proyecto: Jesús Barrio Lozano

Técnico en SIG: Carlos Fernández Lavado

Ejecutor:



Beneficiario:



Contraparte:



Financiador:



FEBRERO 2004