



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
PROYECTO SUR OESTE DE NICARAGUA
IDR-GTZ

PROYECTO SUR OESTE



Diagnóstico de los suelos, vulnerabilidad a deslizamientos de tierra y recursos hídricos superficiales en el municipio Santa Teresa, Carazo



**Elaborado por: Ph.D. Martha Orozco, Ph.D. Efraín Acuña, M.C.
Carlos Zelaya, M.C. César Aguirre**

Managua, Enero de 2006

I. PRESENTACIÓN

Los enfoques de desarrollo copiando modelos generados en otras latitudes, han llevado a formular e implementar estrategias basadas en el desarrollo comunitario, reforma agraria, revolución verde, la participación de los pobres, tecnologías apropiadas, entre otras. Más recientemente Nicaragua, al igual que otros países pobres de América Latina, se ha visto seriamente afectada por las políticas de ajuste estructural y por la aplicación de políticas de liberalización y globalización.

Los resultados de la aplicación de tales enfoques, políticas y estrategias indican que lejos de traer el tan esperado desarrollo, ha provocado mayor pobreza e inequidad, sobre todo en la población rural. Además, como resultado de la visión antropocéntrica y de corto plazo, centrada principalmente en la solución de los problemas mediante la tecnología, nos vemos ahora confrontados a una acelerada degradación de los recursos; esto no sólo evidencia los límites del crecimiento, sino también una reacción del medio ambiente que no estaba prevista.

El municipio Santa Teresa no escapa a esta realidad, ya que a pesar que éste posee ventajas tales como la presencia de áreas con suelos fértiles y remanentes de bosque de trópico seco, el Refugio de Vida Silvestre Chococente, entre otras, se observa un marcado deterioro de la base de recursos (suelos, bosques, fuentes de agua) y pobreza generalizada tanto en el área rural como urbana. El manejo inapropiado al cual han sido sometido durante décadas sus recursos naturales (principalmente suelos y bosques), junto a políticas económicas inadecuadas y los numerosos fenómenos naturales (sequías, huracanes y tormentas tropicales) que han afectado el territorio, ha traído como consecuencia serios problemas sociales, económicos y ambientales que ponen en riesgo la posibilidad de alcanzar un desarrollo sostenible en el municipio.

Lo anterior señala que los verdaderos obstáculos para el desarrollo no se eliminan con medidas aisladas que dejan intacta la estructura económica, social y política existente. Por el contrario, los enfoques emergentes de desarrollo sustentable con base en el territorio y a diferentes escalas espaciales, ayudan a analizar de una manera integral las estrategias y acciones, que incluyen el uso y manejo sostenible de los recursos naturales. Además, señalan la necesidad de promover una efectiva coordinación institucional y crear los espacios para la plena participación de los diferentes actores en la ejecución, monitoreo y evaluación de las estrategias, que permita la construcción de nuevos criterios de análisis y evaluación.

El nuevo enfoque territorial de desarrollo, al que apuntan las agencias internacionales y sus contrapartes nacionales -las entidades gubernamentales y no gubernamentales-, en el caso de Nicaragua parece dirigirse al nivel municipal y la elaboración de los Planes de Ordenamiento Territorial Municipal (POTEM) es parte de esa iniciativa. Se pretende que los POTEM sean instrumentos de planificación del desarrollo, que contemplen una propuesta concertada para la mejor distribución de las actividades en el espacio, tomando en cuenta sus potencialidades, limitantes y conflictos, la mejor organización funcional del territorio y la posibilidad de usos múltiples, que permita mejorar la calidad y nivel de vida de los habitantes.

La metodología propuesta por INETER - MARENA para la elaboración de los planes de ordenamiento territorial comprende tres grandes fases: la **fase de diagnóstico** que incluye la recopilación de información, el reconocimiento territorial, la elaboración de los diagnósticos sectoriales y la elaboración de un Diagnóstico Integrado; la **fase de pronosis o prospectiva** que abarca la formulación de escenarios alternativos, el establecimiento del escenario de consenso y la definición del Modelo Territorial; y la **fase de Planificación o programación** en la cual la alternativa seleccionada se concreta en actuaciones y proyectos, planes de acción y en instrumentos técnicos, financieros, institucionales o normativos.

En aras de apoyar la formulación del POTEM de Santa Teresa, en el año 2004 se dio inicio a un proceso para la elaboración de este instrumento de planificación, en el cual participan la Alcaldía de Santa Teresa, el Proyecto Suroeste (IDR-GTZ) y cuentan con el apoyo técnico - metodológico de entidades tales como la Universidad Nacional Agraria (UNA), el Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM) y el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, entre otros. Específicamente, a la UNA le correspondió participar en el diagnóstico del subsistema recursos naturales, al estudiar los recursos hídricos superficiales, suelos y amenazas a deslizamientos de tierras, con el propósito de generar información básica que sirva de insumos para las siguientes fases del proceso de elaboración del POTEM.

El presente documento es una versión sencilla de la información generada en dicho estudio. El *primer capítulo* aborda las características de los suelos del municipio y el respectivo "Mapa de Series de Suelos"; esta descripción incluye las restricciones, potencialidades y alternativas de manejo. Luego se evalúan los suelos según el grado de limitaciones y repuestas al manejo, lo cual se representa en el "Mapa de Clases de Capacidad de Uso de la Tierra". Seguidamente, se hace una confrontación entre el uso actual y la capacidad de uso de la tierra para identificar las áreas que se encuentran en conflicto.

En el *segundo capítulo* se analizan los factores intrínsecos y extrínsecos (detonantes) que determinan los deslizamientos de tierra y al final se presenta el mapa indicativo de vulnerabilidad del territorio municipal ante este fenómeno.

El *tercer capítulo* describe el estado de los recursos hídricos superficiales que incluye la red de drenaje, cuencas hidrográficas y sus parámetros morfométricos, calidad de las aguas de los ríos principales y el balance hídrico de los suelos del municipio.

En el *cuarto capítulo* se presenta una síntesis territorial de los recursos hídricos superficiales, suelos y vulnerabilidad ante los deslizamientos de tierra, así como una propuesta de estrategias y acciones para atacar las restricciones y aprovechar las oportunidades y potencialidades de los recursos analizados.

II. SUELOS, CAPACIDAD DE USO Y CONFLICTOS DE USO DE LA TIERRA EN EL MUNICIPIO SANTA TERESA

2.1. Introducción

El ordenamiento del territorio que contribuya a alcanzar un desarrollo sostenible es el anhelo de las alcaldías, instituciones estatales y organizaciones no gubernamentales; sin embargo, la carencia de información confiable y actualizada acerca del uso más apropiado de la tierra ha repercutido negativamente, ya que ha dificultado la elaboración de políticas, planes y proyectos de desarrollo. Se debe evaluar la forma en que se están usando los recursos naturales, puntualizando los problemas más destacados y delimitando las áreas críticas, para poder priorizar las actividades y acciones.

Esta problemática justifica el diagnóstico del estado actual de los recursos naturales. En el presente capítulo se describe el estado de los suelos, la capacidad de uso de la tierra y los conflictos de uso en el municipio Santa Teresa. El proceso de actualización 30 años después del Estudio de Catastro, permitió identificar y delimitar las áreas críticas o en proceso de degradación, producto del manejo inapropiado de este recurso en los últimos 50 años y a condiciones socioeconómica que han favorecido dicho proceso. El análisis de estos cambios proporciona elementos de juicio para priorizar estrategias y acciones, durante las subsiguientes fases del proceso de elaborar el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Por supuesto que esto implicaría consensuar estrategias y acciones con los actores locales, para luego incluirlas en dicho Plan.

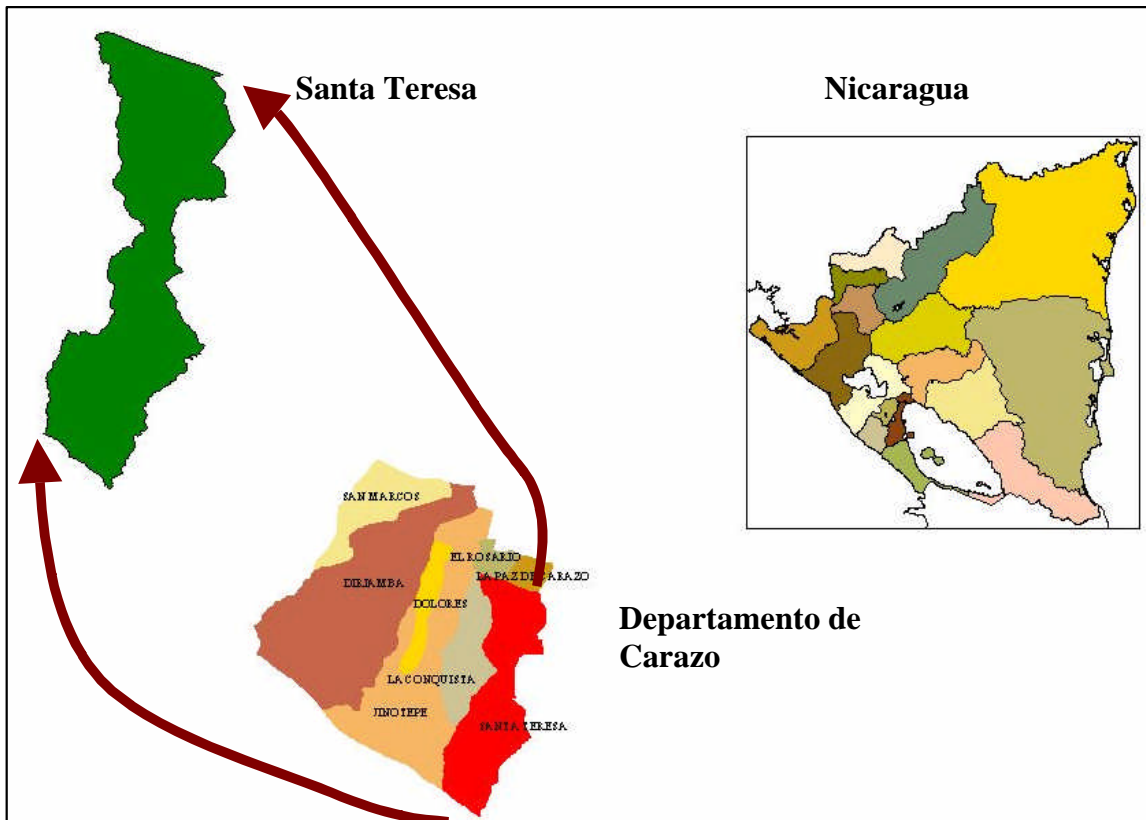
La actualización de la información de suelos y capacidad de uso de la tierra fue realizada mediante un estudio a nivel de semidetalle, donde se realizaron observaciones de campo en todo el territorio municipal, con una relación de 1 observación por cada km² en la parte alta y media, y 1 observación por cada 5 km² en la parte baja del municipio (Cordillera de Brito). Los resultados incluyen la descripción de los suelos a nivel de series y las clases de capacidad de uso de la tierra; esta información puede ser usada en la planificación a nivel de municipio, microcuencas, comunidades y aporta elementos a nivel de finca.

Al documento se anexan los mapas de uso actual, fases de series de suelos, clases de capacidad de uso de la tierra y confrontación de usos. Adicionalmente hay un CD con la base de datos completa en ArcView.

2.1.1. Ubicación y algunas características del área de estudio

a. Ubicación y extensión

El municipio Santa Teresa forma parte del departamento de Carazo (ver gráfico) localizado en la parte suroeste de Nicaragua. Se encuentra a 53 km de la Capital sobre la Carretera Panamericana. Está ubicado entre las coordenadas geográficas 11°30' y 11°49' de latitud norte, y entre los 85°05' y 85°11' de longitud oeste; tiene una extensión de 214 Km². Limita al norte con los municipios La Paz y El Rosario; al sur con el Océano Pacífico; al este con los municipios Nandaime, Belén y Tola; al oeste con los municipios La Conquista y Jinotepe.



b. Relieve

El municipio presenta cotas que van desde los 50 hasta 600 msnm. Los puntos más altos se localizan en los lugares conocidos como Cerro La Pita, Los Prados y Los Parrales, registrándose altitudes de hasta 615 msnm.

b. Clima

El clima se define como semi – húmedo (Sabana tropical), con una precipitación media anual de 900 mm; aunque en casos de temporales fuertes se han registrado hasta 1400 mm, como en el caso del Huracán Mitch. La temperatura media anual en el municipio de Santa Teresa varía entre 26 y 27 grados centígrados.

2.2. Descripción de los suelos del Municipio Santa Teresa

2.2.1. Serie de suelos San Rafael (SR)

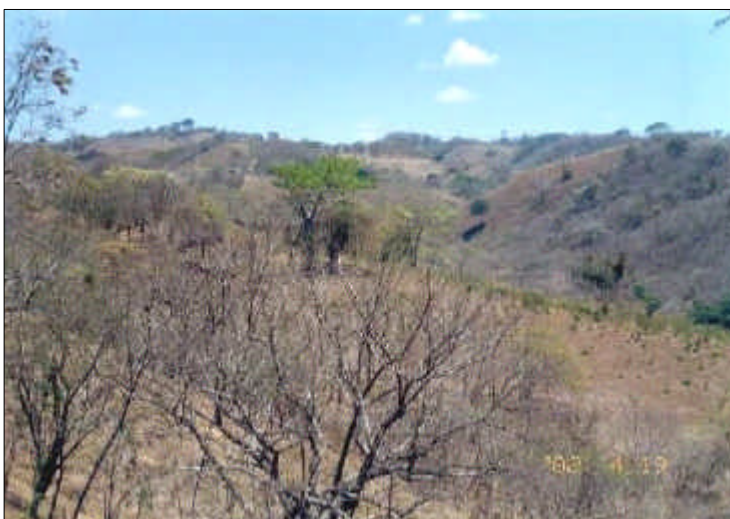
Características de la Serie: Consiste de suelos rojizos que se encuentran en paisajes colinados a escarpados, en pendientes que van desde 4 a más de 50%, en una zona de vida de Bosque Tropical Seco. Son profundos a muy superficiales, bien drenados, con texturas franco-arcillosas o arcillosas en la superficie y arcillosos en el subsuelo. Se caracterizan por un horizonte A oscuro, sobre un horizonte Bt rojizo; ocupan una extensión de 85.6 km² (40. % del área municipal). En algunas áreas presentan piedras en la superficie y en el perfil. Son usados con pastos, tacotal, matorral y bosque, y en menor medida por agricultura de subsistencia.

Se **localizan** en la parte sur del municipio; algunas comunidades que se encuentran en esta serie son Ochomogo, Los Gómez, El Jabillo, El Terrero, La Pita, El Eslabón y La Pitilla.

Foto 1. Perfil de suelo Serie San Rafael



Foto 2. Paisaje de la Serie San Rafael



El **problema** de estos suelos se relaciona a la disminución de la cobertura vegetal causada por la agricultura migratoria, las quemas la deforestación, el sobre pastoreo; todo esto ha favorecido la erosión, la pérdida de materia orgánica y la disminución de su fertilidad natural.

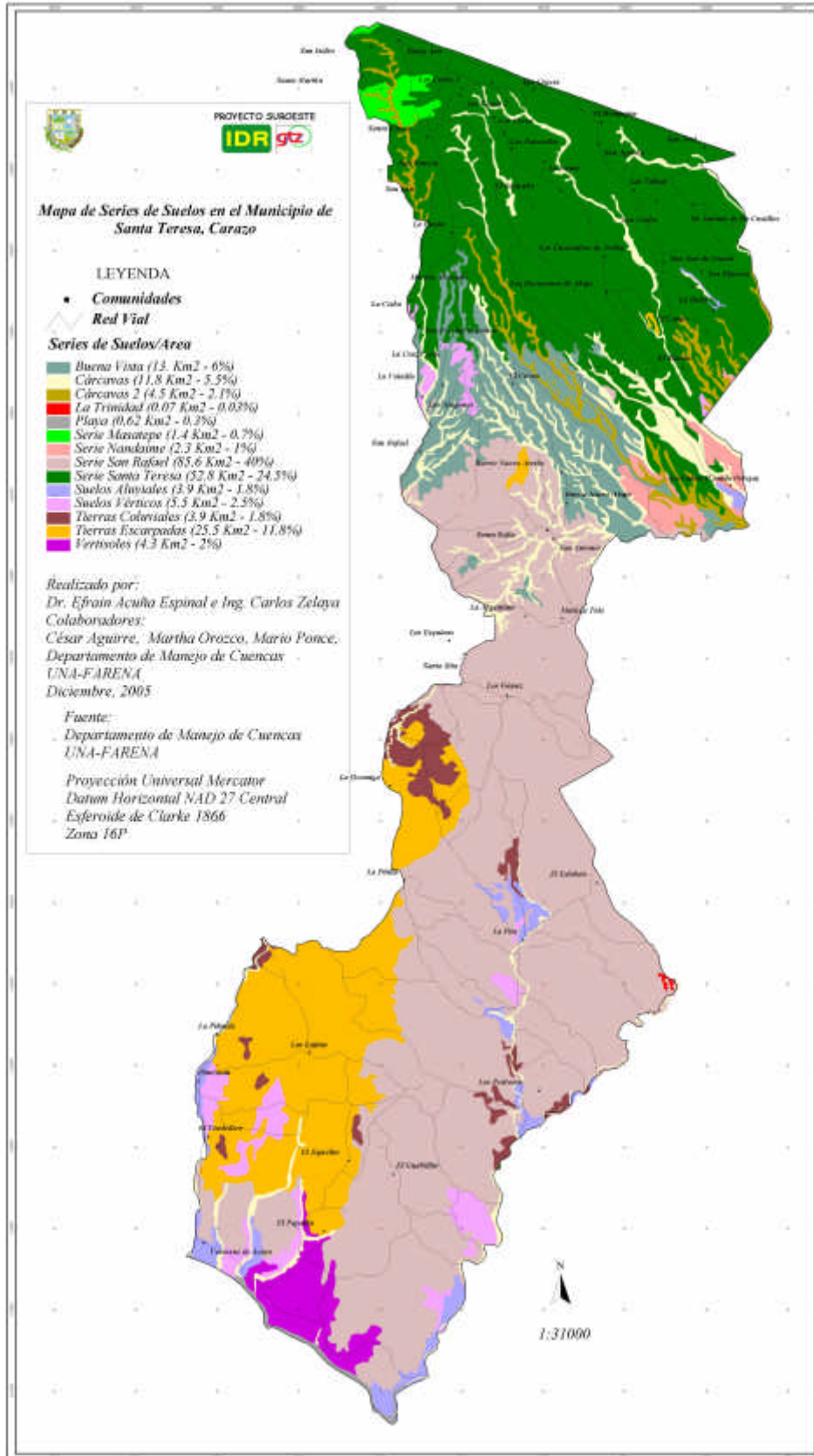
Los suelos superficiales, en áreas escarpadas y con baja precipitación anual, tienen poca capacidad de retención de humedad y baja producción de biomasa; además, la pobre vegetación incide en que el agua de lluvia no penetre y se escurra rápidamente, provocando a su vez el arrastre de gran parte de la capa superficial del suelo y el poco abastecimiento a las fuentes de agua superficiales y subterráneas. Mientras que en época seca el agua se escasea aun más, reduciéndose su disponibilidad tanto para consumo humano como animal.

Por otro lado, los suelos en pendientes de 30 a 50% se pueden saturar de agua con las lluvias torrenciales y generar deslizamientos en masa.

Se estima que una parte considerable de la serie se encuentra utilizada por encima de su capacidad natural; cabe señalar que el uso y manejo inadecuado de la tierra alrededor del Area Protegida de Chococente, pone en riesgo su futuro. Todo lo anterior sugiere que las áreas mas criticas deberían destinarse únicamente a la forestería, la protección de la vida silvestre y el ecoturismo.

Tabla 1. Fases de la Serie San Rafael

Fase	Descripción
<i>SRc</i>	Suelos franco arcillosos o arcillosos, profundos y bien drenados, con erosión laminar moderada, en pendientes de 4 a 8 %, con una extensión de 2.79 km ² . Usados actualmente con pastos y matorrales; son aptos para pastos, cultivos perennes y especies forestales, con prácticas de conservación de suelos.
<i>SRd</i>	Suelos franco arcillosos o arcillosos, profundos, bien drenados, con erosión laminar severa, en pendientes de 8 a 15%, con una extensión de 11.1 km ² . Usados actualmente con pastos y matorrales; son aptos para pastos, cultivos semiperennes, perennes y especies forestales. Para cultivos semiperennes hay que establecer fajas de cultivos de cobertura, utilizar mulch, y abono verde; para cultivos perennes sembrarlos en curvas de niveles y terrazas individuales. Con manejo agroecológico se pueden usar con sistemas agroforestales.
<i>SRe</i>	Suelos franco arcillosos o arcillosos, bien drenados, moderadamente profundos, con erosión laminar fuerte, en pendientes de 15 a 30%, con una extensión de 15.78 km ² . Su uso actual es de granos básicos, caña de azúcar, pastos y bosque. Son aptos para pastos, frutales y forestales. Para su manejo se requiere prácticas de pastoreo rotativo, carga animal controlada, asociación con árboles forrajeros. Para cultivos perennes y forestales es necesario siembra en callejones con terrazas individuales y cultivos en fajas que ofrezcan buena cobertura.
<i>SRf</i>	Suelos arcillosos, superficiales, bien drenados, con erosión laminar severa, en pendientes de 30 a 50%, con piedras en la superficie. Cubren una extensión de 56 km ² . Actualmente están usados con maíz y frijol o tacotal. Son aptos para la protección de la vida silvestre y ecoturismo.



2.2.2. Serie de suelos Santa Teresa (ST)

Características de la Serie: Consiste de suelos café oscuros, originado de cenizas volcánicas en una zona de vida Bosque Subtropical Húmedo transición a Tropical Cálido, de textura franco-arcillosa en la superficie y arcillosa en el subsuelo, son profundos a moderadamente superficiales, bien drenados. Se presentan en relieves planos, de ligera a fuertemente ondulados, colinados y escarpados, en pendientes que van de 2 a 50%. Son usados con caña de azúcar, musáceas, sorgo, maíz, frijol, arroz de secano, pastos, frutales y forestales; cubren una extensión de 52.8 km² (24.5 % del área municipal).

Estos se **localizan** en la parte norte de Santa Teresa; algunas comunidades que se encuentran en esta serie son Santa Teresa, Los Cortez, Las Tablas, San José, Los Encuentros, San Jerónimo, El Congo, Ojo de Agua, y La Unión.

Foto 3. Perfil de suelo Serie Santa Teresa



Foto 4. Suelo erosionado Serie Santa Teresa



Los **problemas** que enfrentan estos suelos se relacionan con factores tales como su posición en el relieve, la disminución de la cobertura vegetal, su poco peso y las prácticas inadecuadas de labranza, los cuales han favorecido la erosión, la pérdida de materia orgánica y la disminución de su fertilidad natural; todo esto ha traído como consecuencia la disminución de su capacidad productiva. Además, el diseño de caminos a favor de la pendiente ha favorecido que estos se convirtieran en

caminos-cauces, algunos de los cuales llevan buena parte de la escorrentía a las áreas pobladas situadas mas abajo, incluyendo las ciudades de Santa Teresa y Nandaime. En pendientes mayores al 30% presentan potencial de deslizamientos en masas de medio a bajo.



Foto 5. Paisaje de la Serie Santa Teresa

Tabla 2. Fases de la Serie Santa Teresa

Fase	Descripción
<i>STb</i>	Son suelos en pendientes de 2 a 4%, profundos, bien drenados, franco arcillosos en la superficie y arcillosos en el subsuelo, con erosión laminar leve; ocupan una extensión de 4.8 km ² . Usados actualmente con caña, granos básicos musáceas y café; éstos tienen buena aptitud para maíz y caña de azúcar de riego y moderadamente bien adaptados a cultivos anuales. Para su uso requieren de prácticas simples de conservación de suelos, tales como cultivos en contorno, barreras vivas, labranza mínima.
<i>STc</i>	Suelos profundos en pendientes de 4 a 8%, bien drenados, franco arcillosos en la superficie y arcillosos en el subsuelo, con erosión laminar leve, moderada y fuerte; cubren una extensión de 21.6 km ² . Actualmente se usan con caña, granos básicos, pasto y especies forestales. Están bien adaptados para maíz y caña de azúcar, y moderadamente bien adaptados para cultivos anuales. Su manejo requiere de un sistema de terrazas, reforzados con prácticas simples, tales como cultivos en contorno, barreras vivas, labranza mínima, cultivos de cobertura, abonos verdes, mulch y fertilización con N y P. Con manejo agroecológico se pueden usar con cultivos anuales asociados.
<i>STd</i>	Suelos profundos en pendientes de 8 a 15%, bien drenados, franco arcillosos en la superficie y arcillosos en el subsuelo, con erosión laminar leve, moderada y severa; ocupan una extensión de 13.96 km ² . Usados actualmente con caña de azúcar, granos básicos y pastos. Son aptos para pastos y cultivos semiperennes (caña de azúcar); se recomiendan prácticas complejas de conservación de suelos. Con manejo agroecológico se pueden usar con sistemas agroforestales.
<i>STe</i>	Suelos profundos, en pendientes de 15 a 30%, bien drenados, con erosión laminar moderada, fuerte y severa; cubren una extensión de 5.5 km ² . Su uso actual es sorgo, maíz, pastos, arroz de secano, frijol y caña de azúcar. Estos son aptos para pastos, cultivos semiperennes y cultivos perennes. El manejo de pastos requiere regular la carga animal, pastoreo rotativo, y asociación con frutales y especies forestales forrajeras. Para cultivos semiperennes se requieren prácticas de conservación intensivas, cultivos de cobertura, en fajas, aplicación de abonos verdes y fertilizantes. Con manejo agroecológico se pueden usar con sistemas agroforestales.
<i>STf</i>	Suelos moderadamente profundos, arcillosos, bien drenados, en pendientes de 30 a 50%, severamente erosionados; ocupan una extensión de 6.88 km ² . Son usados actualmente con pastos y tacotal. Su aptitud es para protección de la vida silvestre o el ecoturismo.

2.2.3. Serie de suelos Buena Vista (BV)

Características de la Serie: Consiste de suelos café oscuros y franco arcillosos en la superficie y arcillosos en el sub suelo; tienen drenaje moderado. Se encuentran en relieves que van de ligeramente ondulados a colinados, en pendientes entre 2 y 30%. Se han desarrollado a partir de una roca volcánica denominada toba (conocida comúnmente como piedra cantera). Son usados con granos básicos, pastos y tacotales; cubren una extensión de 13 km² (6 % del área municipal).

Se **localizan** al sur del municipio en los alrededores de las comunidades Buena Vista del Socorro, La Cruz Verde, El Cacao y parte de La Ceiba; generalmente se encuentran al pie de la Cordillera Brito entre los suelos de las series San Rafael y Suelos Vertisoles.



Foto 6. Perfil Serie Buena Vista

Los **problemas** de estos suelos están relacionados con la disminución de la cobertura vegetal, causada por extracción de leña, las quemas y el sobre-pastoreo, lo cual los han dejado desprotegidos de la erosión. Por tanto, su principal restricción se debe a la erosión de moderada a severa, que ha provocado la disminución de la materia orgánica y su fertilidad natural.



Foto 7. Paisaje Serie Buena Vista

Tabla 3. Fases de la Serie Buena Vista

Fase	Descripción
BVb	Suelos arcillosos, moderadamente profundos, en pendientes de 2 a 4%, con drenaje moderado; su extensión es de 1.19 km ² . Están usados con pasto matorraloso y cultivos anuales como maíz, sorgo y arroz de secano. Son patos para pastos, maíz, arroz y sorgo, pero se deben manejar con sistemas de terrazas con desagües empastadas, labranza en contorno, uso de fertilizantes altos en fosfatos, uso de mulch y abonos verdes.
BVc	Suelos arcillosos, en pendientes de 4 a 8%, en relieves moderadamente ondulados, drenaje moderado, pero con erosión laminar moderada; su extensión es de 3.69 km ² . Están usados con pastos, tacotal, maíz, sorgo y arroz de secano. El uso y manejo recomendado es similar al BVb.
BVd	Suelos arcillosos en pendientes de 8 a 15%, moderadamente profundos, con erosión laminar moderado, drenaje moderado; ocupan una extensión de 6.47 km ² . Se usan con pasto, tacotal, maíz, sorgo; son aptos para pastos y forestal. Con manejo agroecológico estos suelos pueden usarse con sistemas agroforestales.
BVe	Suelos arcillosos, en relieves colinados, en pendientes de 15 a 30 %, moderadamente profundos, con erosión laminar severa. Tienen una extensión de 1.68 km ² y son usados con pasto y tacotal. Son aptos para cultivos perennes (frutales) y especies forestales. Con manejo agroecológico pueden ser usados con sistemas agroforestales.

2.2.4. Serie de suelos Nandaime (NN)

Características de la Serie: Son suelos café rojizos a café rojizos oscuros, en una planicie de ligeramente a fuertemente ondulada con pendientes de 2 a 30%, en una zona de vida de Bosque Húmedo Subtropical a Sub-húmedo; de texturas franco-arcillosas en la superficie y arcillosas en el subsuelo, profundos y bien drenados. Cubren una extensión de 2.3 km² (1 % del área municipal); son usados con sorgo, caña, tacotal y pastos.

Se **localizan** en las planicies ligera a fuertemente onduladas al sureste del municipio y de la comunidad de La Cruz Verde.

Los **problemas** de estos suelos están relacionados con la disminución de la cobertura vegetal y las prácticas inadecuadas de labranza, factores que han favorecido los procesos de erosión, pérdida de la materia orgánica y su fertilidad natural, compactación, contaminación, y en general una disminución de su capacidad productiva.



Foto 8. Perfil de suelo Serie Nandaime

Además, al igual que en la Serie Santa Teresa el diseño de caminos a favor de la pendiente favoreció que éstos se convirtieran en caminos-cauces, que llevan gran parte de la escorrentía a las áreas pobladas situadas mas abajo, incluyendo la ciudad de Nandaime.



Foto 8. Paisaje de la Serie Nandaime

Tabla 4. Fases de la Serie Nandaimé

Fase	Descripción
<i>NNb</i>	Suelos profundos en pendientes de 2 a 4%, franco arcillosos en la superficie y arcillosos en el subsuelo, bien drenados, moderadamente erosionados; cubren una extensión de 0.84 km ² . Son usados actualmente con sorgo, caña de azúcar y pastos. Están bien adaptados para maíz y sorgo y moderadamente adaptado para yuca, frijol y pobremente adaptado para banano. Para su manejo requieren de un sistema de terrazas, con siembras en curvas de nivel, barreras vivas, cultivos de cobertura, mulch y abonos verdes. Con un enfoque agroecológico se pueden usar con cultivos anuales asociados.
<i>NNc</i>	Suelos profundos, en pendientes de 4 a 8 %, con erosión laminar leve y fuerte. Ocupan una área de 0.43 km ² ; usados actualmente con pastos. Su vocación es pastos, cultivos semiperennes y perennes; para su manejo son necesarias prácticas de conservación, tales como pastoreo rotativo, asocio de árboles leguminosas con pastos, siembra de frutales o especies forestales en terrazas individuales en curvas de nivel. Con manejo agroecológico se pueden usar con sistemas agroforestales.
<i>NNd</i>	Suelos franco arcillosos o arcillosos, superficiales, con drenaje moderado, fuertemente erosionados, en pendientes de 15 a 30%. Ocupan una extensión de 0.98 km ² . Son usados actualmente con sorgo y pasto; su aptitud es para pastos y cultivos perennes. Para su manejo los pastizales deben tener pastoreo rotativo y estar asociados con árboles forrajeros; con manejo agroecológico se pueden usar con sistemas agroforestales.

2.2.5 Serie Masatepe (MS)

Características de la Serie: Consiste de suelos derivados de cenizas volcánicas, en un relieve ligeramente ondulado, en pendientes que van de 2 a 8%. Son suelos profundos, bien drenados, pobres en P, de textura franco-arcillosa a franca en la superficie y de franco a franco-arenosa en el subsuelo; presentan una capa dura fracturada llamada talpetate entre los 60 y 80 cm. Cubren una extensión de 1.4 km, que representa 0.7 % del área municipal.

Se **localizan** al nor-oeste de la ciudad Santa Teresa, en la localidad conocida como El Borío. Son usados con café, frutales, maíz o frijol; no obstante, están adaptados a la mayoría de los cultivos anuales de surco, tanto mecanizados como cultivos anuales asociados.

Debido a que son derivados de cenizas volcánicas estos suelos son muy livianos; por tanto, sus **problemas** se relacionan a la alta susceptibilidad que presentan frente a la



Foto 9. Perfil de suelo Serie Masatepe

erosión inducida por el viento, el agua y la labranza. Adicionalmente, la presencia de talpetate no fracturado en el interior del suelo puede dificultar la infiltración del agua de lluvia y por consiguiente favorecer la concentración de escorrentía superficial, la cual es capaz de formar cárcavas en cortas distancias. La erosión acelerada se convierte en una amenaza para la infraestructura productiva y de asentamientos humanos. Por otro lado, la fertilidad natural alta, la cercanía a la ciudad Santa Teresa y el clima agradable, favorece el crecimiento poblacional sobre estas áreas, que a su vez provoca una fuerte presión sobre la tierra.

Foto 10. Paisaje de la Serie Masatepe



Tabla 5. Fases de la Serie Masatepe

Fase	Descripción
<i>MSc</i>	Suelos franco a franco-arcillosos, en pendientes de 4 a 8%, con erosión laminar moderada. Cubren una extensión de 0.51 km ² . Son usados con café, maíz y frijol. Están moderadamente adaptados a la mayoría de los cultivos anuales de surco, así como cultivos anuales mecanizados o cultivos anuales asociados con manejo agroecológico.
<i>MSd</i>	Suelos franco a franco-arcillosos, en pendientes de 8 a 15%, con erosión laminar moderada. Cubren una extensión de 0.1 km ² . Son usados con café, maíz y frijol; están moderadamente adaptados a la mayoría de los cultivos semi perennes, o cultivos anuales asociados con manejo agroecológico.

2.2.6. Suelos Vertisoles (V)

Características de los Vertisoles: Consiste de suelos profundos, negros o grises, arcillosos pesados, con drenaje moderado a imperfecto, los cuales son conocidos popularmente como "sonsocuites". Actualmente están usados con bosque secundario; cubren un área de 4.3 km², que representa el 2 % del área municipal.

Se localizan en áreas planas con pendientes de 0 a 4%, al sur del municipio cerca de las costas del Océano Pacífico de Nicaragua, incluyendo parte del Área Protegida Chococente.

El **problema** de estos suelos tiene que ver con el tipo de arcilla que poseen, puesto que se vuelven muy duros en seco y muy pegajosos cuando están mojados, lo que hace más complejo su manejo y aprovechamiento. Además, es posible que aquellos vertisoles que se encuentran a orillas del mar presenten problemas de salinidad; mientras que algunas áreas vecinas a los suelos de la Serie San Rafael muestran altos contenidos de piedras en la superficie.



Foto 11. Perfil de Suelos Vertisoles



Foto 12. Paisaje de Suelos Vertisoles

2.2.7. Tierras Misceláneas

Se denominan “tierras misceláneas” aquellos suelos que no presentan la suficiente homogeneidad para clasificarse dentro de una serie de suelos. Estos pueden encontrarse en relieves de planicies con sedimentos recientes o depósitos de materiales arrastrados por derrumbes o deslizamientos, en relieves de colinados a escarpados, pero con profundidades menores de 50 cm al material madre. En algunos casos pueden estar en áreas depresionales permanentemente saturadas de agua.

Las tierras misceláneas identificadas en el municipio son: Misceláneos Quebrados, Playas, Afloramiento Rocosos, Tierras muy Superficiales, Suelos Aluviales, Cárcavas y Suelos Vérticos. Cubren una extensión de 60.34 km², que representa el 27.52 % del área municipal.

a. Suelos Vérticos (VC)

Son similares a los Vertisoles pero se diferencian de estos últimos por presentar drenaje moderado y grietas menos anchas en el verano y con una profundidad menor de 50 cm. Se han desarrollado en planicies uniformes a moderadamente onduladas, en pendientes de 0 a 8%. Son usados con pastos, tacotal y agricultura de subsistencia. Cubren una extensión de 5.5 km², que representa el 2.5 % del área municipal. Presenta problemas de erosión favorecidos por el sobrepastoreo, quemas y deforestación, los cuales que han traído como consecuencia la disminución de su fertilidad natural y de su capacidad productiva.

Foto 13. Suelo Vértico agrietado



Fases de los suelos Vérticos (VC)

VCa: suelos de textura arcillosa pesada en la superficie, en pendientes de 0 a 2%, con drenaje pobre. Presentan una extensión de 0.69 km². Usados actualmente con pastos, arroz y caña de azúcar. La vocación de estos es cultivos tales como arroz, caña de azúcar, pastos tolerantes a problemas de drenaje, así como para especies forestales que se adapten a esas condiciones.

VCb: suelos de textura arcillosa pesada en la superficie, con drenaje imperfecto, en pendientes entre 2 y 4%. Ocupan una área de 3.01 km²; con usos similares a los anteriores. La vocación de estos es cultivos tales como arroz, caña de azúcar, pastos tolerantes a problemas de drenaje, así como para especies forestales que se adapten a esas condiciones.

VCc: suelos textura arcillosa pesada, en pendientes de 4 a 8 %, con drenaje imperfecto y erosión severa. Presentan una extensión de 0.39 km². El uso y manejo recomendado es igual al anterior, pero con medidas especiales de conservación de suelos.

b. Suelos Aluviales (TX)

Características: Estos son suelos generalmente fértiles, que se han formado en las partes bajas de las riberas de ríos, a partir de las diferentes capas de sedimentos depositados por las corrientes de agua que bajan desde las tierras altas cercanas. Por lo general, son áreas angostas y alargadas, que presentan mucha variación en drenaje y textura (desde arenosa a franco - arcillosa) en distancias cortas. Cubren un área de 3.9 km², que equivale a 1.8 % del área municipal; muchos están siendo usados con pastos, tacotales o bosque secundario. No se recomienda el establecimiento de viviendas en estas áreas, debido a los riesgos de inundaciones o movimientos en masas desde las tierras altas en periodos de muchas lluvias.

Fases de los Suelos Aluviales

TXa: suelos aluviales, de textura moderadamente gruesa y media, en pendientes entre 0 y 2 %. Abarcan una extensión de 1.2 km². Son usados con pastos, matorrales, tacotales y bosque; son aptos para pastos tolerantes a sequías y forestales.

TXb: suelos aluviales indiferenciados, en pendientes entre 2- 4 %; tienen una extensión de 1.67 Estos suelos son usados con cultivos de subsistencia y pastos; son aptos para arroz de riego, caña de azúcar, pastos tolerantes a sequías, cultivo de malanga y quequisque.

c. Tierras escarpadas (Q)

Consiste de suelos muy variados que se caracterizan por encontrarse en lugares accidentados, con pendientes que van de 30 a más de 50 %; son bien drenados y presentan texturas desde arenosas hasta arcillosas. La mayor parte de éstos se encuentran muy erosionados. Debido a sus limitaciones de pendiente y escasa profundidad, dichas tierras son aptas únicamente para forestales y protección de la vida silvestre. Se localizan en las comunidades de La Hormiga, Las Lajitas y La Piñuela. Cubren un área de 25.5 km², que equivale a 11.8 % del área municipal. Estos terrenos presentan potencial de deslizamiento de moderada a alto.

Foto 14. Perfil de Tierras Escarpadas



Fase de las Tierra miscelánea quebradas (Q)

Qe: suelos moderadamente profundos a superficiales, franco arenosos, con sustrato arenoso franco, erosión laminar severa, en pendientes de 15 a 30%, con alta susceptibilidad a la erosión. Tienen una extensión de 4.7 km². Son usados con pastos, matorrales, tacotales y cultivos de subsistencia; son aptos para cultivos perennes y forestales.

Qf: suelos moderadamente superficiales a muy superficiales, francos en la superficie y franco arenosos a franco arcillosos en el sub-suelo, en pendientes de 30 a 45; muy pedregosas (60-70%), bien drenados, con erosión laminar severa. Ocupan una extensión de 20.8 km². Actualmente están usados con pastos, matorrales y tacotales; su vocación de uso es forestal.

Qg: suelos de textura arenosa-franco en el suelo y franco-arenosos en el subsuelo, en pendientes mayores de 45 %, con drenaje rápido, fuertemente erosionados. Ocupan una extensión de 1.5 km²; su uso actual es sorgo, pastos, matorrales, tacotales y bosques. Se recomiendan usarlos para protección de la vida silvestre y ecoturismo.



Foto 15. Paisaje de Tierras Escarpadas

d. Tierras coluviales (TC)

Son áreas con suelos formados a partir de sedimentos depositados por corrientes de lodo y piedras, que vinieron desde las partes altas aledañas. Cubren una extensión de 3.9 km², que representa el 1.8 % área municipal. Al igual que los suelos aluviales, éstos presentan altos riesgos para establecer infraestructura, debido al peligro de movimientos en masas o derrumbes desde las tierras altas en periodos de mucha lluvia. por estar ubicadas en áreas de conos de desecación o abanicos coluviales.

f. Cárcavas (CV):

Comprende las tierras a orillas de las quebradas o causes de los ríos, en pendientes que varían de 15 a más de 50%. Donde las pendientes exceden a 50% el escurrimiento superficial es rápido y los suelos son generalmente superficiales. Muy pocas de estas áreas conservan su vegetación natural, por lo que han sido afectadas por una erosión severa. Tienen una extensión de 16.3 Km², que equivale a 7.6 % del área municipal. Se debe evitar la construcción de viviendas en dichas áreas, debido a su alto riesgo de erosión y deslizamientos de masas de tierras o derrumbes, en épocas de mucha lluvia.



Foto 16. Paisaje de Cárcavas

g. Playas (M1):

Estas se localizan al sur del municipio en las costas del Océano Pacífico de Nicaragua. Cubren una extensión de 0.62 km², que representa un 0.3 % del área municipal. El potencial de esta área es protección de la vida silvestre y el ecoturismo; el "Refugio de Vida Silvestre Chococente" es uno de los lugares de desove de tortugas marinas más importantes de Centro América.

2.3. Clases de Capacidad de Usos de la Tierra en el Municipio Santa Teresa

a. Tierras de la Clase I: Comprende tierras con pocas limitaciones o sin ellas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas a la zona. Abarca una extensión aproximada de 2.9 km² (1.35 % del área municipal).

b. Tierras de la Clase II: Incluye tierras con leves limitaciones tales como la erosión laminar y compactación que, solas o combinadas, reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de conservación de suelos. Abarca una extensión aproximada de 34.93 km² (16.25 % del área municipal).

c. Tierras de la Clase III: Presentan limitaciones moderadas, solas o combinadas, que restringen la elección de cultivos anuales mecanizados; las restricciones incluyen pendiente de 4 a 8%, erosión moderada, textura arcillosa o franco arenosa y drenaje moderadamente rápido, por lo cual requieren prácticas intensivas de conservación de suelos y agua. Ocupan un área de 26.83 km², que corresponde a un 12.48 % del área municipal.

d. Tierras de la Clase IV: Presentan fuertes limitaciones tales como pendiente de 8 a 15 %, erosión severa, textura arcillosa o arenosa en suelo y subsuelo, drenaje imperfecto ó pedregosidad, que solas o combinadas, restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Los cultivos anuales se pueden desarrollar sólo de manera ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y agua. Cubren una extensión de 34.32 km², que corresponde a 15.97 % del área municipal.

e. Tierras de la Clase V: Comprende tierras con severas limitaciones (textura arcillosa pesada, mal drenaje, sales ó piedras en la superficie) para cultivos anuales, semipermanentes o permanentes, que restringen su uso a pastos o bosque. Cubren un área de 9.82 km², representa el 4.57 % del área municipal.

f. Tierras de la Clase VI: Suelos con limitaciones muy severas que restringen su uso a la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como pastos, café y frutales, pero con prácticas intensivas de conservación suelos y agua; las restricciones pueden ser erosión severa, compactación, pendiente de 15 a 30%, alta pedregosidad, textura arcillosa pesada en el suelo y subsuelo o mal drenaje. Abarcan una extensión de 65.25 km², que corresponde a un 30.36 % del área municipal.

g. Tierras de la Clase VII: Suelos superficiales con limitaciones muy severas tales como alta pedregosidad, erosión muy severa ó pendientes de 30 a 50%, que permiten solo el manejo forestal en casos de cobertura boscosa. Si el uso actual es diferente al bosque se debe procurar la restauración forestal mediante la regeneración forestal natural. Comprenden una extensión de 23.48 km², que representa 10.93 % del área municipal.

h. Tierras de la Clase VIII: Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna, debido al alto riesgo ambiental que implican estos usos. Son áreas con suelos superficiales ó pedregosos en terrenos escarpados, por lo cual deben destinarse a la preservación de la vida silvestre, protección de

áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica. Ocupan un área de 17.38 km², que corresponde a 8.09 % del área municipal.

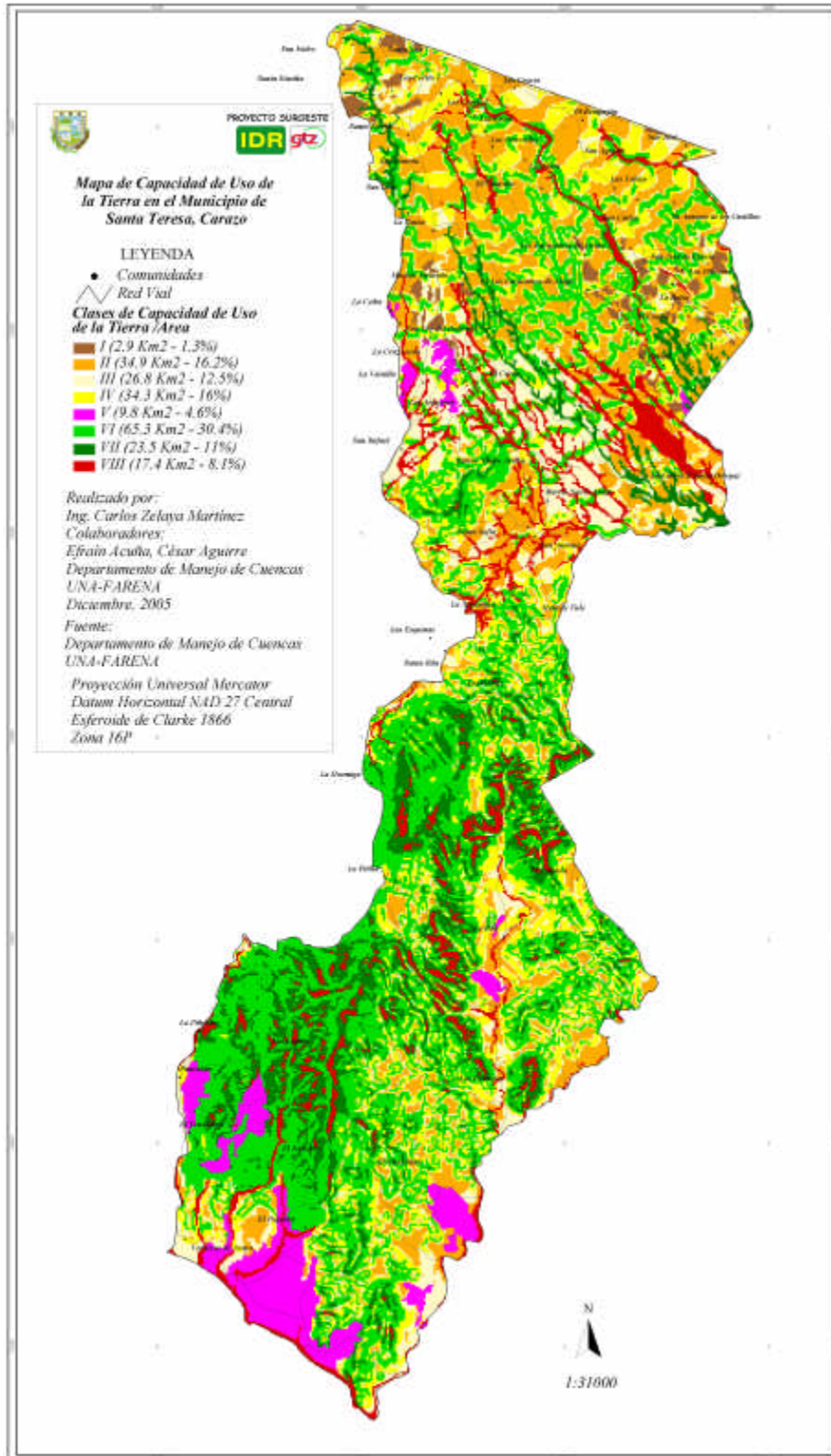


Tabla 6. Resumen de características, restricciones, uso y manejo recomendable de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra en el municipio Santa Teresa.

Clase	Características de la clase	Restricciones	Uso y manejo recomendable
I, II	Suelos profundos a moderadamente profundos, bien drenados, planos a casi planos, textura media y buena fertilidad.	Clase II: Erosión laminar y compactación ligera	I: Actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas. II: requiere prácticas de CSA
III	Suelos moderadamente profundos, bien drenados, ondulados, de textura media a moderadamente arcillosa, de fertilidad moderada	Erosión leve y moderada laminar y en surco; algunas áreas severamente compactadas por labranza	Cultivos anuales con prácticas intensivas de CSA, pasto, o sistemas agroforestales.
IV	Suelos poco profundos a superficiales, moderados a imperfectamente drenados, ligeramente planos, textura arcillosa en suelo y subsuelo.	Erosión laminar moderada y fuerte, surco y cárcavas; algunas áreas compactadas o con mal drenaje	Ocasionalmente cultivos anuales con prácticas intensivas de CSA, pasto, perennes y semiperennes.
V	Suelos profundos, pobremente drenados, planos, arcillosos, con ocasionales inundaciones y presencia de sales.	Suelos superficiales, inundables, salinos y sódicos	Pastos tolerantes a saturación de agua y sales. Estanques para tilapia y forestal.
VI	Suelos moderadamente profundos a superficiales, de textura media a fina, bien drenados, pero están en pendientes fuertemente onduladas.	Fuertes pendientes, erosión severa y baja fertilidad.	Producción forestal, cultivos perennes con prácticas intensivas de CSA.
VII	Suelos muy superficiales, bien drenados, fuertemente ondulados a escarpados, de cualquier textura y piedras en la superficie y en el perfil; algunas áreas severamente erosionadas	Muy superficiales, excesivas piedras en la superficie, erosión severa y baja fertilidad.	Manejo forestal, restauración forestal (mediante regeneración natural).
VIII	Suelos muy superficiales, bien drenados, fuertemente ondulados a escarpados, textura variada, piedras en la superficie y en el perfil, algunos severamente erosionadas	Muy superficiales, excesivas piedras en la superficie y erosión severa	Preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, belleza escénica, ecoturismo.

Tabla 7. Recomendación de prácticas de manejo y conservación de suelos y agua según la Clase de Capacidad de Uso

Descripción de las prácticas	CLASES						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Labranza en contorno		X	X	X			
Labranza con equipos dentados	X	X	X	X			
Labranza mínima	X	X	X	X	X	X	
Labranza en fajas		X	X	X		X	
Alomillado, surcado, trillado	X	X	X	X		X	
Reciclaje de residuos de cosecha	X	X	X	X		X	
Fertilización con base en análisis de suelo	X	X	X	X	X	X	
Utilización de enmiendas minerales	X	X	X	X	X	X	
Utilización de enmiendas orgánicas	X	X	X	X	X	X	
Siembra de cultivos en asocio	X	X	X	X		X	
Siembra de cultivos en relevo	X	X	X	X		X	
Siembra de cultivos en fajas	X	X	X	X		X	
Siembra de cultivos en rotación	X	X	X	X		X	
Siembra de cultivos intercalados	X	X	X	X		X	
Siembra de abonos verdes	X	X	X	X		X	
División de potreros	X	X	X	X	X		
Establecimiento de cercas vivas	X	X	X	X	X		
Siembra de pastos mejorados	X	X	X	X	X		
Producción de pasto de corta	X	X	X	X	X	X	
Establecimiento de bancos de proteína	X	X	X	X	X	X	
Aprovechamiento de estiércol y efluentes	X	X	X	X	X		
Tratamiento de aguas servidas	X	X	X	X	X		
Sistemas silvopastoriles	X	X	X	X	X		
Siembra de bosques de protección							X
Reforestación de protección de acuíferos	X	X	X	X	X	X	X
Siembra de cortinas rompevientos			X	X	X	X	
Diseño y mantenimiento de caminos	X	X	X	X	X	X	
Evacuación de aguas de caminos	X	X	X	X	X	X	
Diseño y protección de taludes			X	X	X	X	
Acequias de ladera			X	X		X	

Descripción de las prácticas	CLASES						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Canal de guardia		X	X	X	X	X	
Cajas de retención			X	X		X	
Gavetas de infiltración			X	X		X	
Terrazas individuales			X	X		X	
Terrazas de banco			X	X		X	
Terrazas de huerto			X	X		X	
Canal de infiltración		X	X	X	X	X	
Surcos en contorno en pastizales					X		
Muros de piedra		X	X	X		X	
Diques en contorno (melgas)			X				
Sistemas de riego		X	X	X	X	X	
Control de cárcavas					X	X	X
Control de inundaciones			X	X	X	X	
Barreras vivas		X	X	X		X	

Fuente: Cubero, 2001.

2.4. Confrontación de la Capacidad de Uso con el Uso Actual de la Tierra en el Municipio Santa Teresa

Las Clases de Capacidad de Usos de la Tierra indican la vocación de uso para un territorio; sin embargo, el uso que se le podría estar dando en la realidad puede ser diferente. Esta contradicción entre el uso actual y el ideal se conoce como *Conflictos de Uso de la Tierra*; tal como se muestra en la siguiente tabla pueden diferenciarse 5 categorías de conflictos:

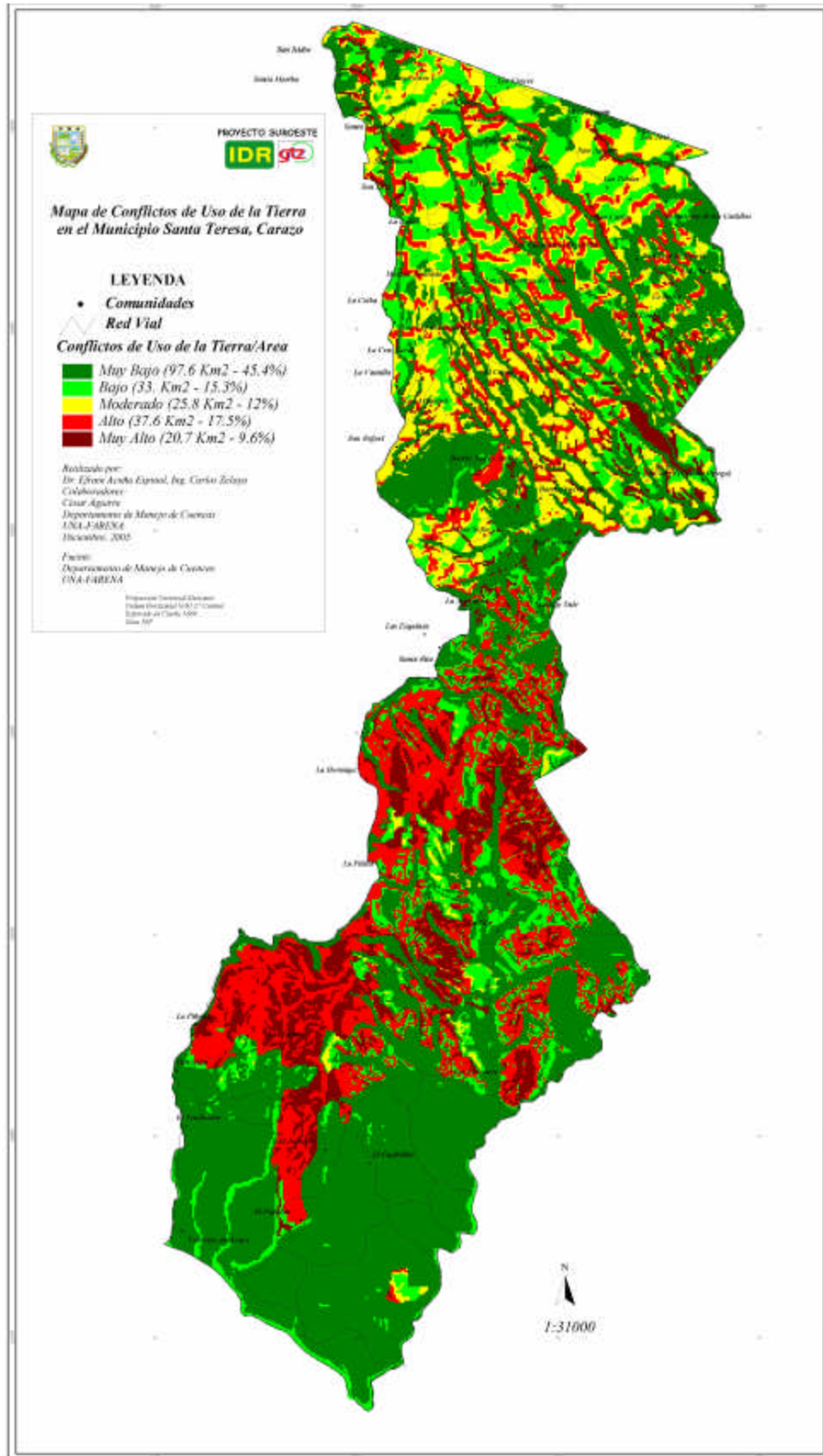
Tabla 8. Categorías de conflictos de uso de la tierra

Conflicto de Uso	Descripción
Muy Bajo	Cuando el uso actual corresponde con la capacidad de uso de la tierra o uso potencial. Abarca una extensión de 97.67 km ² , 45.44 % del área municipal.
Bajo	Cuando el tipo de suelo puede llegar a tener este uso potencial pero con algunas limitaciones. Abarca una extensión de 33.01 km ² , 15.36 % del área municipal.
Moderado	El uso potencial del suelo presenta limitaciones marcadas para el uso o usos que se estén practicando. Abarca una extensión de 25.88 km ² , 12.04 % del área municipal.
Alto	Cuando se está cultivando tierras cuyo potencial no es agrícola (por ejemplo clase VI) y que mas bien lo que debería de tener es una cubierta vegetal protectora o áreas boscosas manejadas. Abarca una extensión de 37.66 km ² , 17.52 % del área municipal.
Muy Alto	Cuando las tierras son muy escarpadas y se practica agricultura; estas tierras deberían ser áreas de protección o bosques sin intervenir. Abarca una extensión de 20.72 km ² , 9.64 % del área municipal

Foto 17. Ejemplo de Tierras cuyo uso corresponde con la capacidad de uso o uso potencial de la tierra.



Foto 18. Ejemplo de Tierras usadas con pasto, pero su capacidad de uso es bosque o protección de la vida silvestre (conflicto muy alto).



III. VULNERABILIDAD ANTE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL MUNICIPIO SANTA TERESA

Elaborado por: Dr. Efraín Acuña

3.1. Introducción

La ocurrencia de los desastres naturales ha sido de gran interés para el hombre desde tiempos memoriales. Actualmente, en Nicaragua estos hechos han tomado mucha importancia debido a la frecuencia con que estos se han venido manifestando (Volcán Casitas, Cerro Musún, entre otros).

El estudio sistemático de las amenazas naturales en Nicaragua es relativamente reciente; sin embargo, su evaluación, cuantificación y cartografía ha logrado un desarrollo bastante rápido en los últimos años. Tanto el Gobierno como las Organizaciones no Gubernamentales, proponen la realización de estudios de vulnerabilidad a deslizamientos de tierras en el país a todos los niveles.

Tales estudios tienen el objetivo fundamental de proteger la vida de los pobladores de las comunidades más pobres que se encuentren en situación de riesgo. Se trata de medir el grado de potencialidad o vulnerabilidad ante fenómenos naturales (por ejemplo, por eventos lluviosos extraordinarios) tales como deslizamientos de tierra como el ocurrido en el volcán Casitas.

Se espera que los resultados de estos estudios lleven a los gobiernos municipales y autoridades competentes a buscar nuevas herramientas y alternativas en la gestión de riesgos ante fenómenos naturales, de cara a la población con la que trabajan directamente, sin descuidar la garantía de una producción de alimentos suficiente para el alivio de sus necesidades. Por otra parte, la sistematización de los estudios de desastres naturales se ha venido realizando con la incorporación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales se han convertido en una herramienta muy importante para la evaluación de las amenazas, la detección de la vulnerabilidad de una zona o región, y el riesgo mediante la combinación rápida de un conjunto de variables edáficas, climáticas, geológicas y antrópicas.

El presente estudio tiene por objetivo zonificar las áreas vulnerables ante el fenómeno de deslizamientos de tierra en el municipio de Santa Teresa, a través de mapas indicativos que sirvan de insumo para la prevención y mitigación de desastres, y de esta manera optimizar la calidad y seguridad de vida de las comunidades y sus pobladores.

La metodología utilizada se basó en el método Heurístico geomorfológico, el cual consiste en la combinación de mapas temáticos calificados, con la ayuda de la herramienta SIG, (Ruiz y Molina, 2001). El procedimiento para la obtención del mapa de amenaza relativa de ocurrencia de deslizamiento se dividió en dos partes: la primera encaminada a obtener el **mapa de susceptibilidad por factores intrínsecos** a la generación de fenómenos de remoción en masa, en donde se involucra información *geológica, de pendiente y de drenaje* y la segunda encaminada a obtener un **mapa de factores extrínsecos** que son contribuyentes o **detonantes**, en donde se tiene en cuenta el *uso potencial y el actual del suelo (conflicto de uso), el clima, la erosión y la existencia de vías*.

3.2. Susceptibilidad a los Deslizamientos por Factores Intrínsecos

El **mapa de susceptibilidad por factores intrínsecos** a la generación de fenómenos de remoción en masa, se obtuvo mediante la superposición de los mapas de litología afectada por fracturamiento, densidad de drenaje y el mapa de pendientes.

3.2.1. Mapa de densidad de drenaje

La red de drenaje se obtuvo de los mapas topográficos y del análisis de imágenes de satélite (Lansat, 2002). El mapa de densidad de drenaje se generó con la división del área del municipio en microcuencas, mediante el cálculo de la densidad drenaje en cada una de estas unidades a través la fórmula:

$$Dd = Lc / A,$$

Donde: Dd = Densidad drenaje de la microcuenca

Lc = Longitud total de todas las corrientes de la microcuenca.

A = Área total de la microcuenca

La susceptibilidad a deslizamientos es inversamente proporcional a la densidad de drenaje; es decir a *mayor densidad de drenaje* en una microcuenca *menor susceptibilidad* a los deslizamientos; mientras que, a una *menor densidad de drenaje* por microcuenca corresponde una *mayor susceptibilidad* a los deslizamientos. Se asume que a mayor evacuación del agua por escorrentía superficial, hay menos probabilidad de que ocurran deslizamientos de tierra.

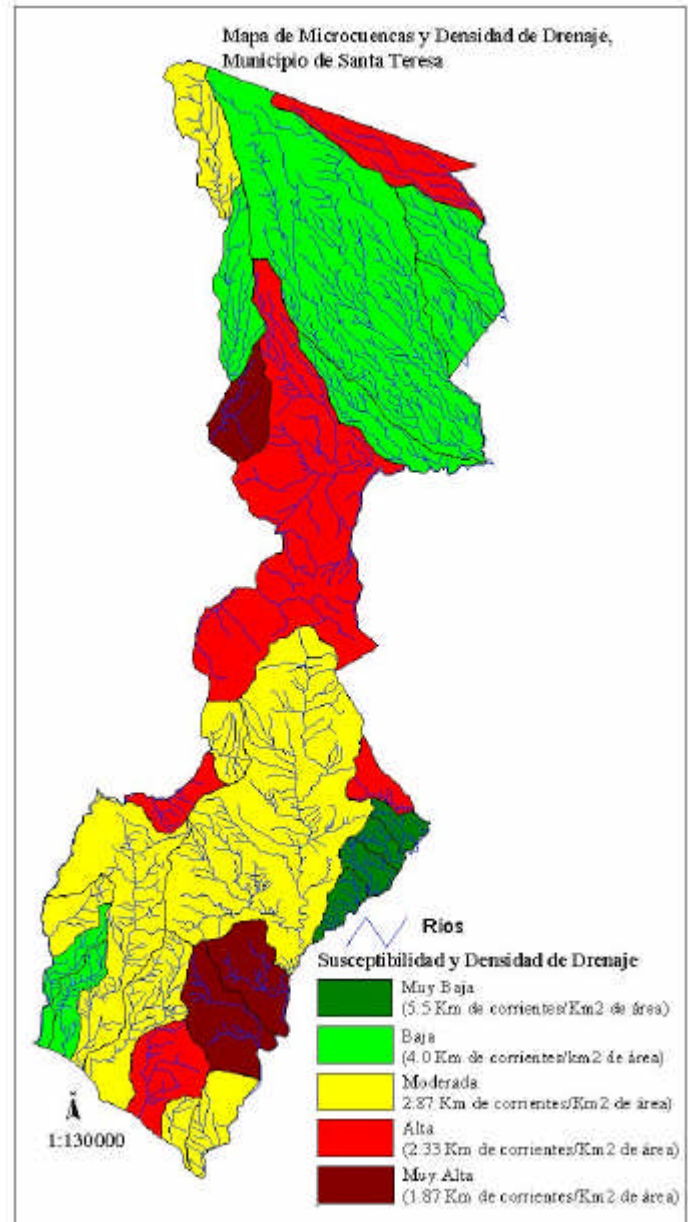


Figura 1. Mapa de densidad de drenaje y su aporte a los deslizamientos de tierra.

3.2.2. Mapa de unidades litológicas

La litología superficial del municipio se obtuvo de los mapas geológicos nacionales de Catastro, (1971). Las unidades litológicas fueron calificadas de acuerdo a las características físicas de las formaciones geológicas, principalmente su permeabilidad, de manera que la unidad litológica que **presente mayor inestabilidad** será la más susceptible a ocasionar deslizamientos y viceversa.

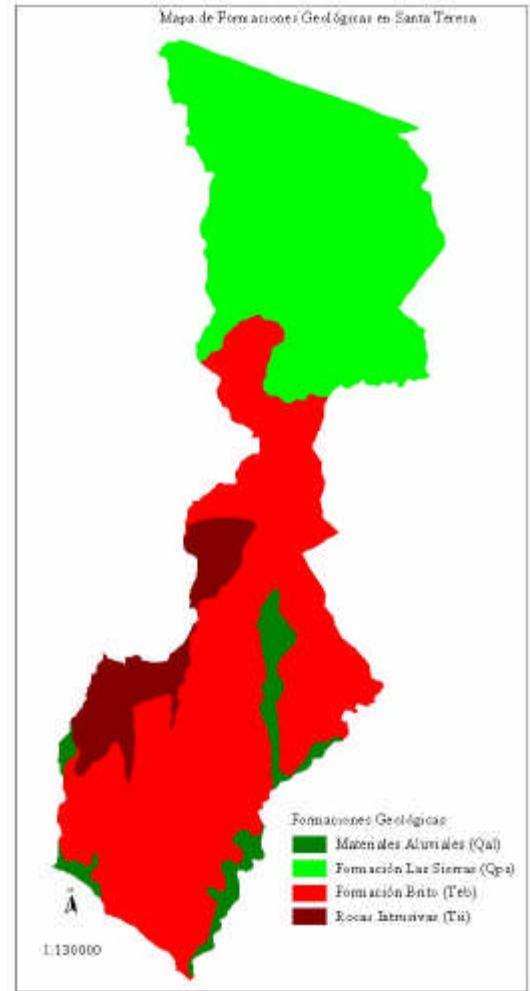


Figura 2. Mapa de formaciones geológicas y su aporte a los deslizamientos de tierra

Tabla 1. Formaciones geológicas y su aporte a los deslizamientos de tierra.

Formación Geológica	Características	Susceptibilidad a deslizamientos
<i>Cuaternario Aluvial</i>	Esta formada por materiales aluviales residuales producto de la sedimentación de los ríos. Los materiales son gruesos y de alta permeabilidad; están ubicadas en las partes de más baja pendiente.	Muy baja
<i>Las Sierras</i>	La parte correspondiente a este municipio está compuesta principalmente de toba andesítica-dacítica, toba aglomerática y toba lítica, muy permeables, originando suelos de moderada a alta permeabilidades diferentes porcentajes de pendientes.	Baja
<i>Brito</i>	Esta formada principalmente de rocas sedimentarias tales como areniscas, aglomerados tobáceos, calizas y margas, es la formación más grande que cubre el municipio.	Alta
<i>Rocas intrusivas</i>	Consiste principalmente de granitos y granodioritas impermeables; la parte meteorizada forma suelos superficiales de grano grueso en las laderas y profundos en la parte estable.	Muy Alta

3.2.3. Mapa de litología afectada por fracturamiento

Este mapa se obtuvo mediante la superposición del mapa de densidad de estructura o fallas y el mapa de unidades litológicas. El mapa de litología afectada por fracturamiento fue calificado de acuerdo a la influencia de las fallas por unidades litológicas, con sus niveles de susceptibilidad a deslizamientos, de manera que los valores más altos corresponden a la **litología más inestable** y con mayor densidad de estructuras o fallas, obteniéndose un mapa con cinco niveles de susceptibilidad a generar deslizamientos.

Las principales fallas geológicas del municipio de Santa Teresa fueron recopiladas de los mapas geológicos de Catastro (1971). El mapa de densidad estructural se generó mediante la división del área del municipio en microcuencas y mediante el cálculo de la densidad estructural en cada una de estas unidades; el cálculo se hizo mediante la siguiente fórmula:

$$De = Le / A$$

Donde:

De = Densidad estructural de la microcuenca

Le = Longitud total de todas las estructuras o fallas que se encuentran dentro de la microcuenca.

A = Área total de la microcuenca

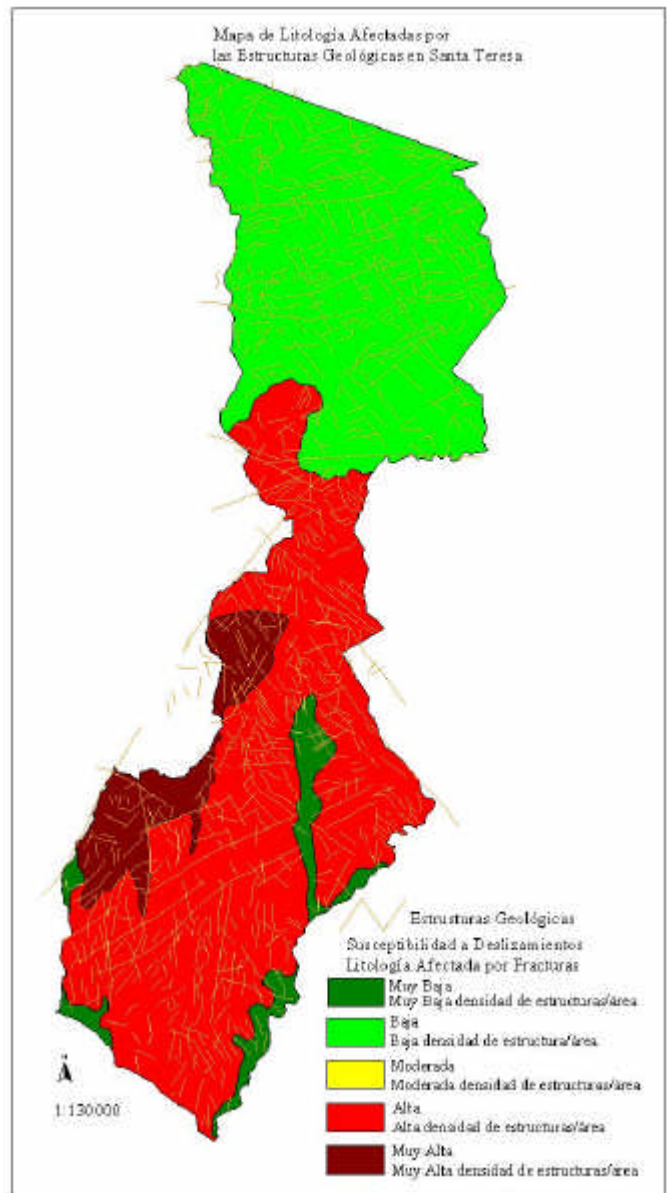


Figura 3. Mapa de litología afectada por fracturas o fallas y su aporte a los deslizamientos de Tierra.

3.2.4. Mapa de pendientes

El mapa de pendientes se elabora a partir del mapa topográfico a escala 1:50,000, para lo cual se digitalizan las curvas a nivel con espaciamiento cada 20 metros; de estas curvas se elaboró un modelo de elevación digital del terreno, y de este se elaboró y calificó el mapa de pendiente usando la escala que se describe en la tabla 2.

El mapa de pendientes generado se reclasificó en cinco niveles de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra, en donde el valor alto y muy alto corresponde a las pendientes mayores de 15%.

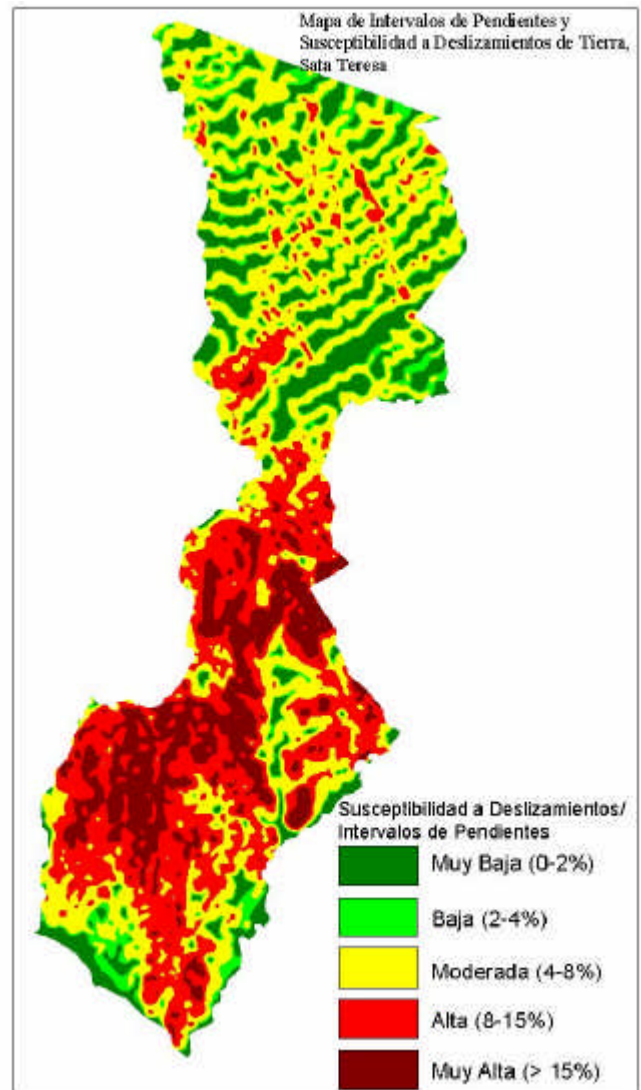


Figura 4. Mapa de pendientes y su aporte a los deslizamientos de tierras.

Tabla 2. Intervalos de pendientes, formas del terreno y la susceptibilidad deslizamientos de tierra.

Letra	Intervalo (%)	Forma del terreno	Nivel de susceptibilidad	Calificación
A	0-2	Plano casi plano	Muy bajo	1
B	2-4	Suavemente inclinado	Bajo	2
C	4-8	Inclinado	Moderado	3
D	8-15	Moderadamente escarpado	Moderado	3
E	15-30	Escarpado	Alto	4
F	30-45	Muy escarpado	Muy alto	5
G	>45	Extremadamente escarpado	Muy alto	5

3.2.5. Mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra por los Factores Intrínsecos

Elaborado y calificados los mapas antes señalados, se realizó una sobre posición de los mismos para obtener el *mapa de susceptibilidad a deslizamientos por los Factores Intrínsecos* (fig. 5).

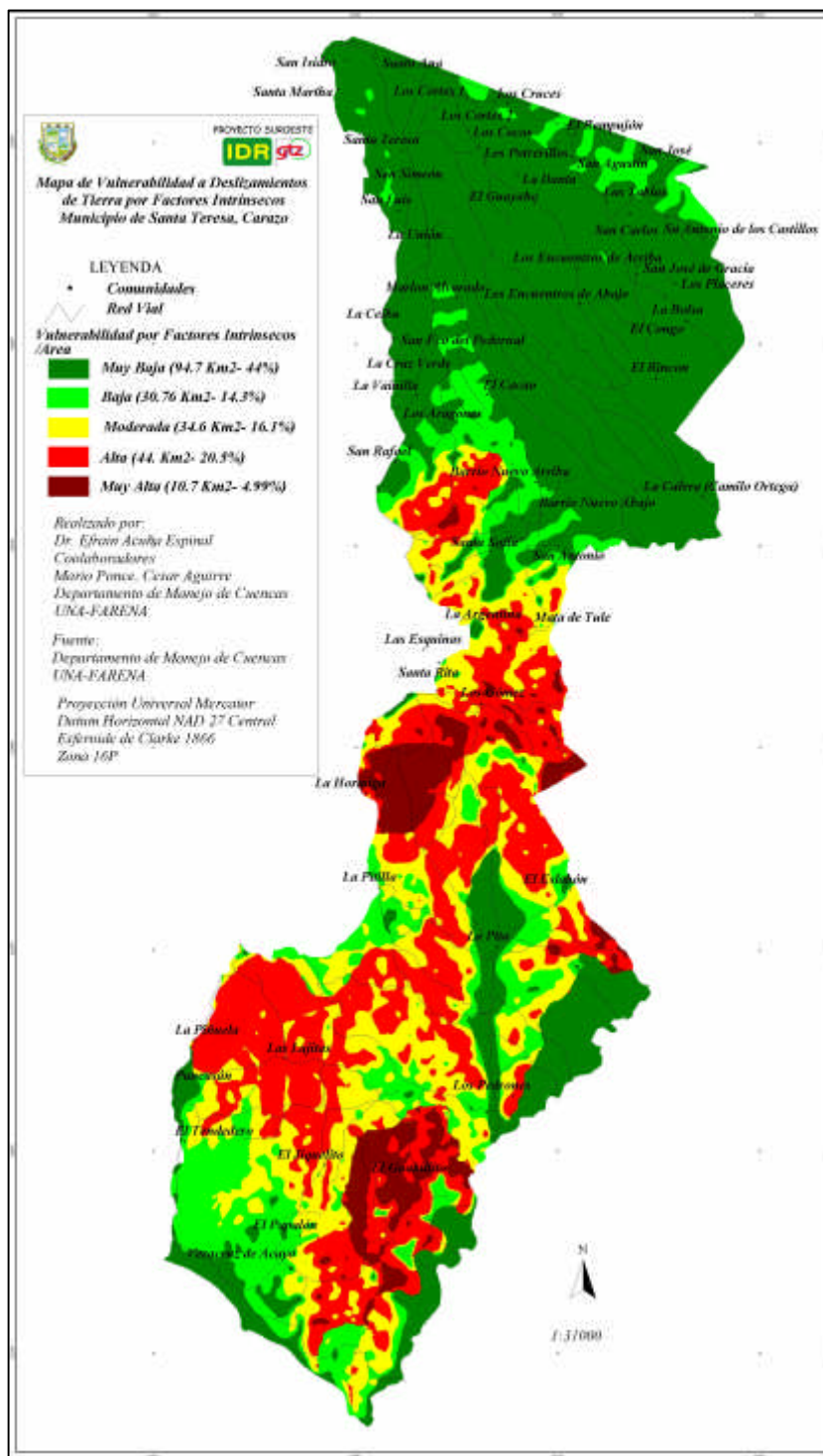


Figura 5. Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos de tierra por factores intrínsecos.

En este mapa queda de manifiesto la susceptibilidad de las características propias del municipio a los deslizamientos de tierra; es posible apreciar que aproximadamente el 25% del área total del municipio presenta una *alta a muy alta vulnerabilidad* a este fenómeno. Estas áreas se concentran principalmente en áreas con pendientes mayores de 30%, alta densidad de estructuras, rocas impermeables y baja densidad de drenaje.

Cabe destacar que la mayoría de estas áreas de alta a muy alta vulnerabilidad a los deslizamientos corresponden a zonas deprimidas desde el punto de vista socio-económico. Sus habitantes cuentan con casas humildes construidas principalmente al pie de las laderas o a mitad de la pendiente, lo cual incrementa la vulnerabilidad ante cualquier evento extraordinario que active los factores detonantes.

3.3. Susceptibilidad a Deslizamientos por los Factores Detonantes o Extrínsecos

Este mapa se obtiene mediante la superposición de los mapas de conflictos de uso del suelo, erosión estimada y el de clima; cada una de estas coberturas se calificó según la siguiente tabla.

Tabla 3. Definición de los niveles de Amenaza

Niveles de Susceptibilidad	Clasificación
Muy Bajo	1
Bajo	2
Moderado	3
Alto	4
Muy Alto	5

3.3.1. Mapa de erosión estimada de suelos

El método utilizado para el cálculo de la pérdida de suelos fue la **Ecuación Universal de Pérdida de Suelos** (EUPS) ideado por Wischmeier y Smith (1978). Cuando se trabaja a nivel de cuencas, es el método que mejor se adapta ya que recoge los principales parámetros físicos causantes de la erosión hídrica y presenta una menor complejidad en su aplicación (Mendoza, 2002).

Según Wischmeier y Smith (1978), el valor de pérdida de suelo (*A*) es un indicador ambiental de extrema utilidad, ya que permite comparar diferentes zonas y realizar estudios temporales dentro de una zona determinada, y en definitiva, predecir y conocer la evolución del fenómeno de la erosión hídrica. La EUPS estima la cantidad de suelo perdido por unidad de superficie y tiempo, a través de relacionar seis factores que a continuación se describen.

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A = Pérdida de suelo promedio anual en [t/ha/año]

R = Erosividad de las lluvias en [MJ/ha*mm/hr]

K = Erodabilidad del suelo en [t/haMJ*ha/mm*hr]

LS = Topografía (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente), adimensional

C = Ordenación de los cultivos (cobertura vegetal), adimensional

P = Prácticas de conservación (conservación de la estructura del suelo), adimensional.

Para el cálculo se distinguen dos tipos de información que dependen de su evolución en el tiempo; por una parte, la información sin variación (estática) correspondiente al relieve del terreno (LS) y la que describe las características de los suelos (K), ya que sus dinámicas temporales son lo suficientemente lentas como para experimentar cambios considerables en períodos cortos de tiempo. Por otra parte, la información meteorológica (R) y la de usos y coberturas vegetales del suelo (C), que es considerada como dinámica en el tiempo, especialmente la primera, que presenta cambios temporales y espaciales muy frecuentes. El modelo conceptual que se generó y empleó para la determinación y predicción del fenómeno de erosión hídrica actual en todo el municipio es el siguiente.

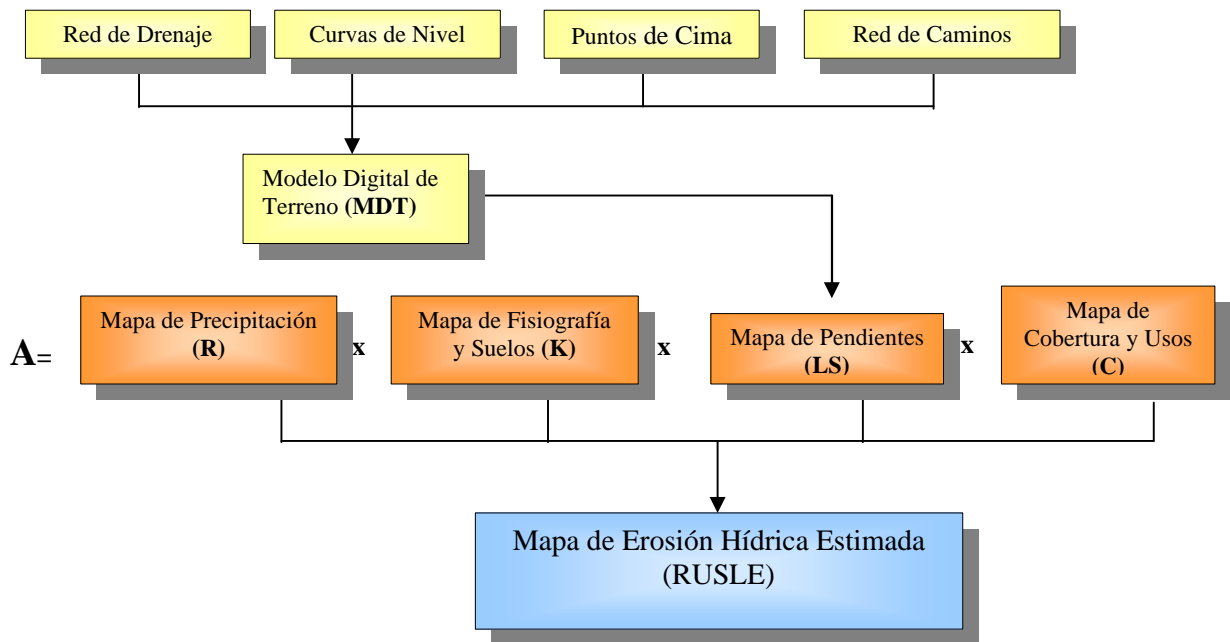


Figura 6. Modelo conceptual para predicción de Erosión Hídrica Actual Estimada (Mendoza, 2002)

El grado de erosión es considerado como un factor detonante o contribuyente a la ocurrencia de fenómenos de deslizamientos. Sin embargo, los valores de erosión (figura 7) son calificados de forma inversa al grado de erosión existente, asignándole un valor de 5 a aquellas áreas que presentan un nivel muy bajo de erosión y 1 a aquellas que presentan un nivel muy alto de erosión (figura 8).

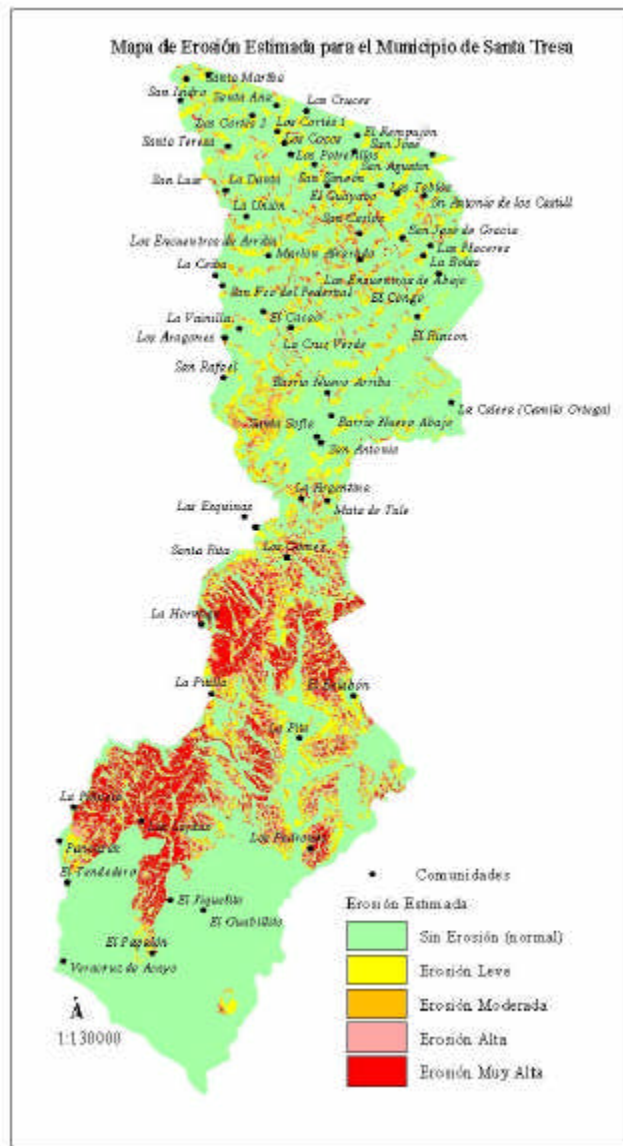


Figura 7. Mapa de erosión estimada y su aporte a los deslizamientos de Tierra

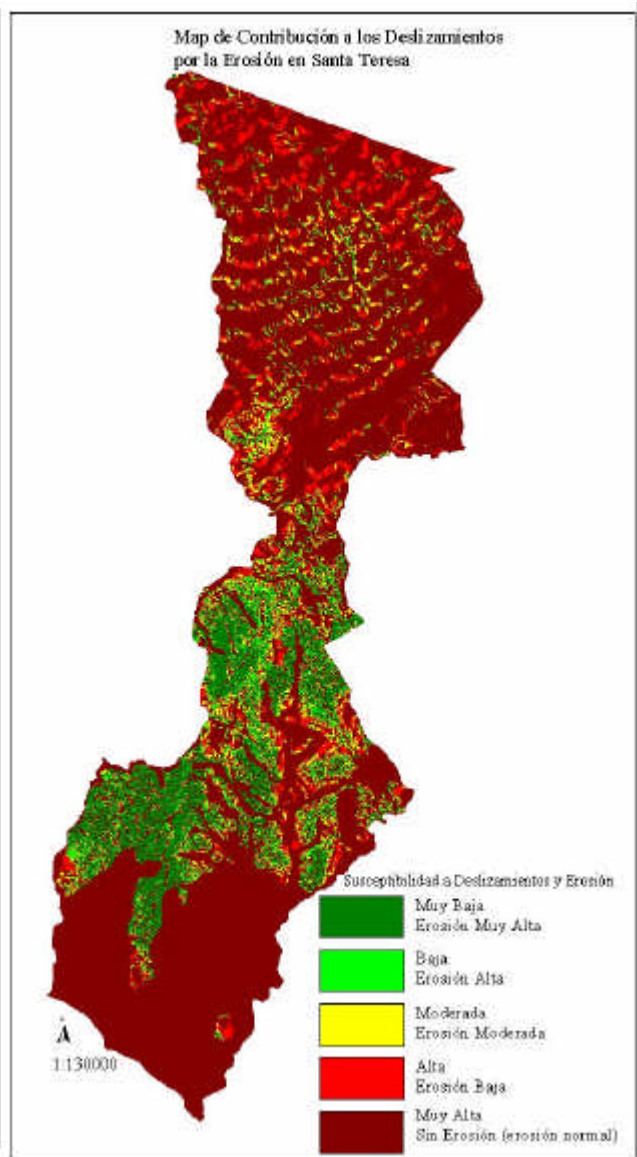


Figura 8. Mapa de erosión y su contribución a los deslizamientos de tierra

3.3.2. Mapa de conflictos de uso de los suelos

El mapa de conflictos de uso de los suelos es generado a partir de la superposición del mapa de uso actual y el mapa de uso potencial de los suelos. El resultado es un mapa de conflicto que refleja el buen o mal uso de este recurso. El grado de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra es calificado tal como se muestra en la tabla 6.

Entre mayor sea el conflicto de uso definido, mayor será la susceptibilidad a que se presenten deslizamientos de tierra. Los diferentes niveles de conflictos de usos son una calificación de la intervención del hombre sobre el paisaje y puede ser traducido en factor detonante de tipo antrópico. Para el municipio se ha definido tres tipos de conflictos, tal como se aprecia en el mapa.

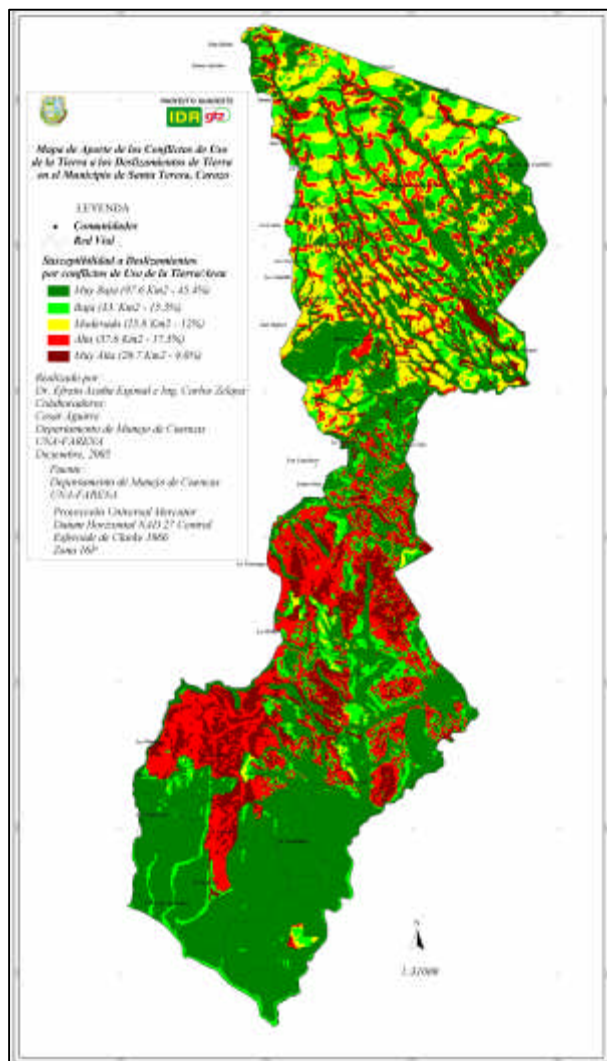


Figura 9. Mapa de uso de la tierra y su contribución a los deslizamientos de tierra.

Tabla 4. Descripción de los conflictos de uso y su aporte a deslizamientos de tierra.

Conflicto de Uso	Descripción	Susceptibilidad a deslizamientos
Muy Bajo	Cuando el uso actual corresponde con la capacidad de uso de la tierra o uso potencial	1
Bajo	Cuando el tipo de suelo puede llegar a tener este uso potencial pero con algunas limitaciones	2
Moderado	El uso potencial del suelo presenta limitaciones marcadas para el uso o usos que se estén practicando	3
Alto	Cuando se está cultivando tierras cuyo potencial no es agrícola (por ejemplo clase VI) y que mas bien lo que debería de tener es una cubierta vegetal protectora o áreas boscosas manejadas	4
Muy Alto	Cuando las tierras son muy escarpadas y se practica agricultura; estas tierras deberían ser áreas de protección o bosques sin intervenir	5

3.3.3. Mapa de clima

El mapa de clima también es calificado de acuerdo al nivel de amenaza por inestabilidad, considerando al clima seco como el nivel de amenaza mas bajo, por cuanto se presenta menor precipitación; el nivel de amenaza se incrementa hasta calificar al clima húmedo, el cual se tiene como el nivel más alto de amenaza.

El clima del municipio Santa Teresa el grado de amenaza se ha considerado como de *moderada*, para una precipitación promedio de 1350 mm/año, en 30 años de registro de la estación meteorológica de Campos Azules, y *alta* para una precipitación promedio de 1410 mm/año en el mismo periodo de registro en la estación meteorológica de Nandaime.

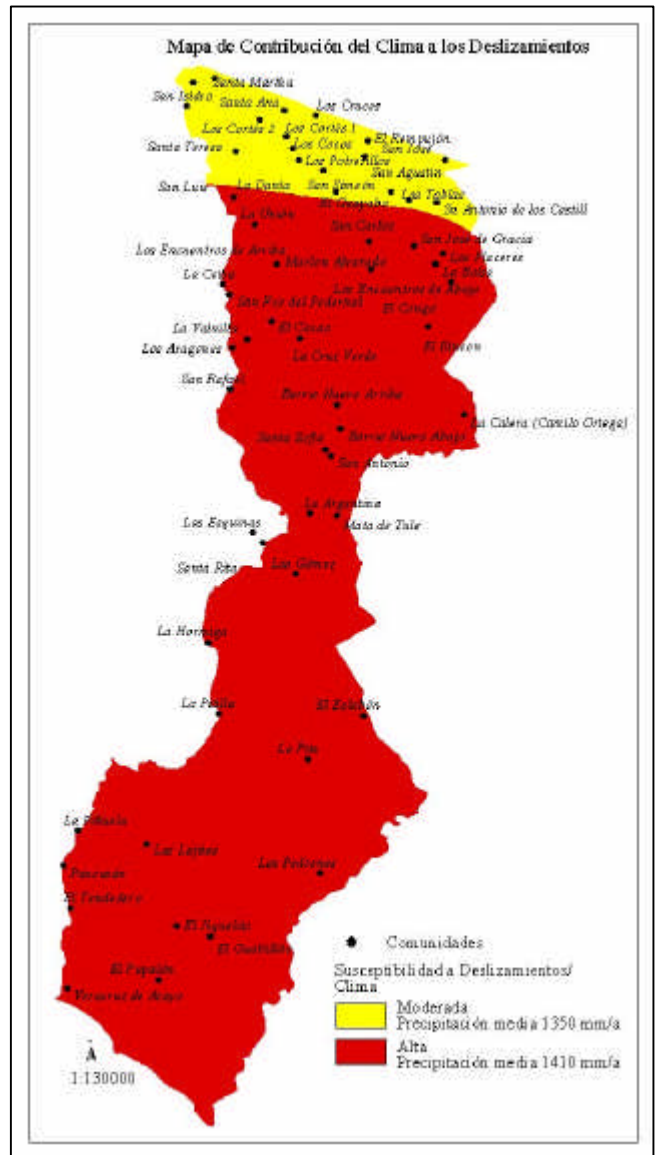


Figura 10. Mapa de clima y su contribución a los deslizamientos de tierra.

3.3.4. Mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra de los factores extrínsecos

Por otro lado, una vez calificadas todas las coberturas de los diferentes factores considerados en este acápite se realizó una sobre posición de éstas y se obtuvo el *mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra de los factores extrínsecos* (figura 11). El mapa de los factores detonantes nos muestra que aproximadamente el 23% del área total del municipio muestra vulnerabilidad alta a muy alta.

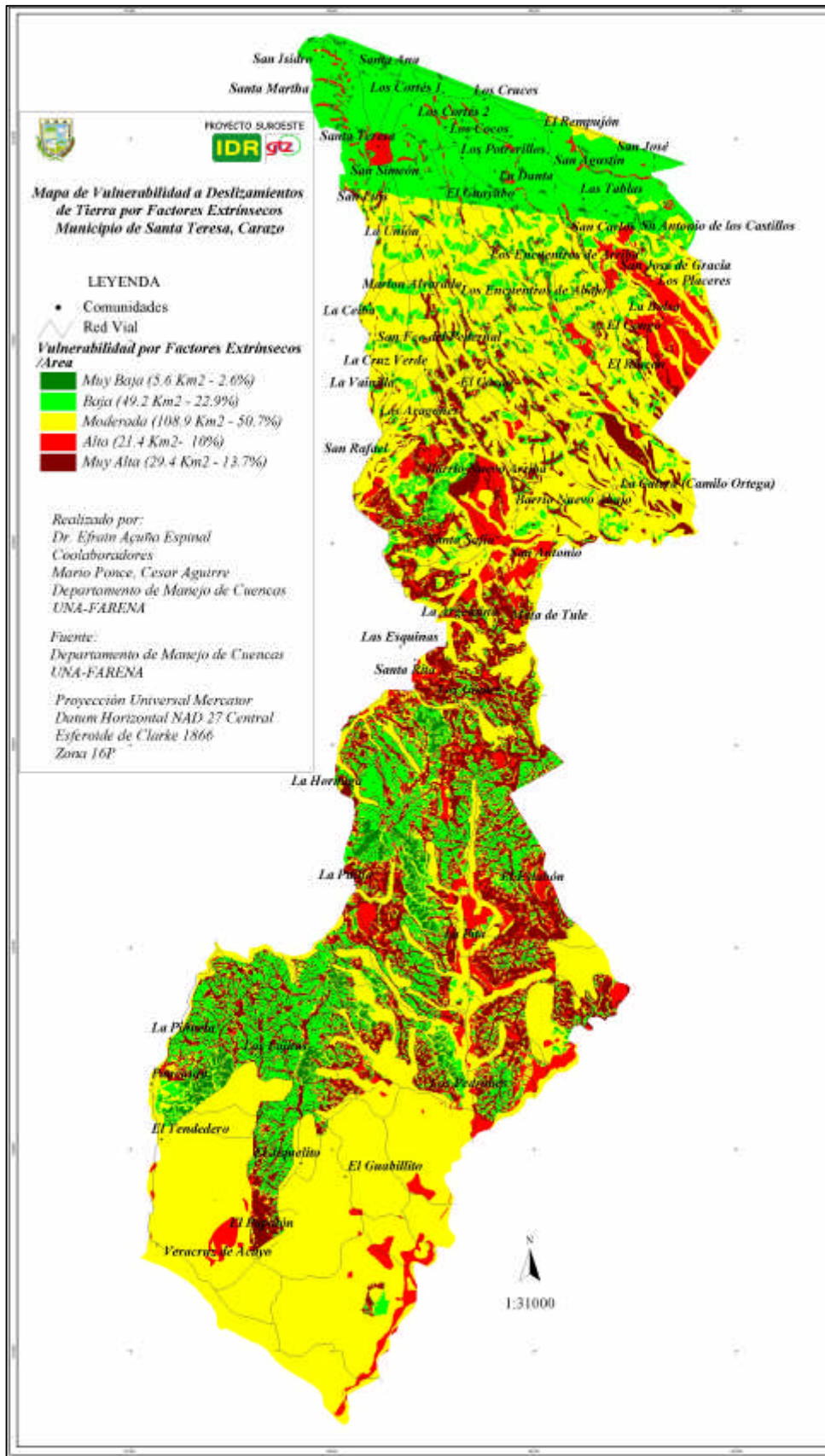


Figura 11. Mapa de vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra por factores extrínsecos.

3.4. Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos de tierra en el municipio Santa Teresa

Luego de haber estimado la susceptibilidad a los deslizamientos de tierra por los factores intrínsecos e extrínsecos se aplicó el modelo conceptual (figura 12) que contempla ambos factores que intervienen en el fenómeno. En el modelo se muestran todos los procedimientos que incluyen operaciones y tratamiento de datos en ArcView[®], mediante los cuales fueron procesadas y calificadas cada una de las coberturas, hasta generar los mapas de **susceptibilidad y amenaza** por fenómenos de deslizamientos para finalmente obtener el mapa de **amenaza relativa** (figura 13).

Cabe destacar que una vez obtenido el mapa de áreas vulnerables a los deslizamientos de tierra (figura 13) se hizo una comprobación de campo, para comparar el modelo con aquellas áreas del municipio que manifiesten procesos de deslizamientos ya ocurridos o que estén en proceso. Es decir, se busca indicios que corroboren que existen procesos de deslizamientos activos que puedan representar deslizamientos potenciales en el futuro, con la activación de cualquiera de los factores detonantes en el área.

Los resultados demuestran que las áreas vulnerables son principalmente:

1. Laderas deforestadas con agricultura de cultivos limpios y pastos,
2. Áreas con Litología poco permeable (rocas intrusivas) y pendientes mayores de 15%,
3. Sitios donde hay mayor densidad de fracturamiento y rocas sedimentarias de la Formación Brito.

Las áreas calificadas de *alta y muy alta susceptibilidad* representan *aproximadamente el 6% del área total*, el de moderada susceptibilidad es de 20.7% y de bajo a muy bajo es de mas del 73.6%.

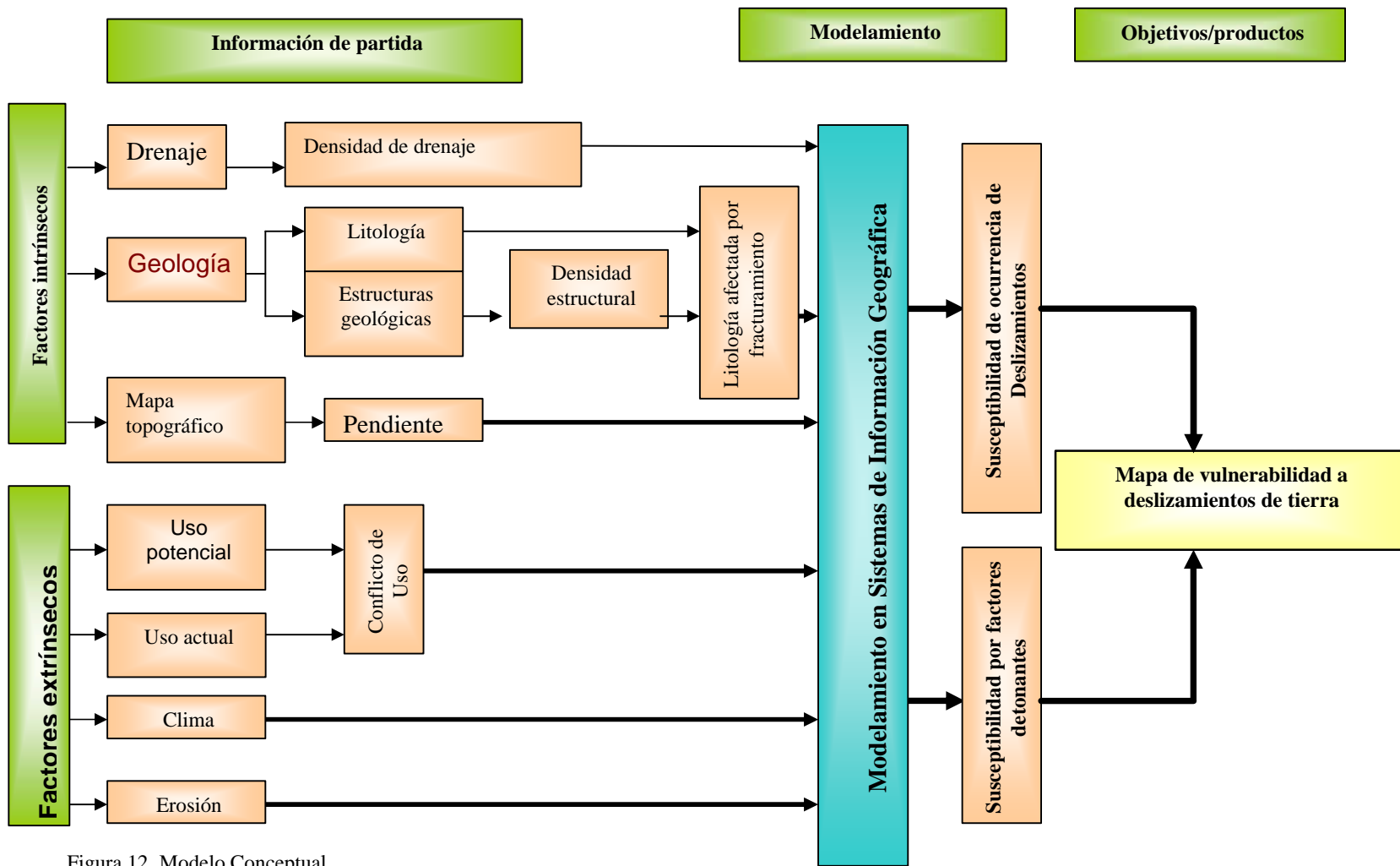


Figura 12. Modelo Conceptual

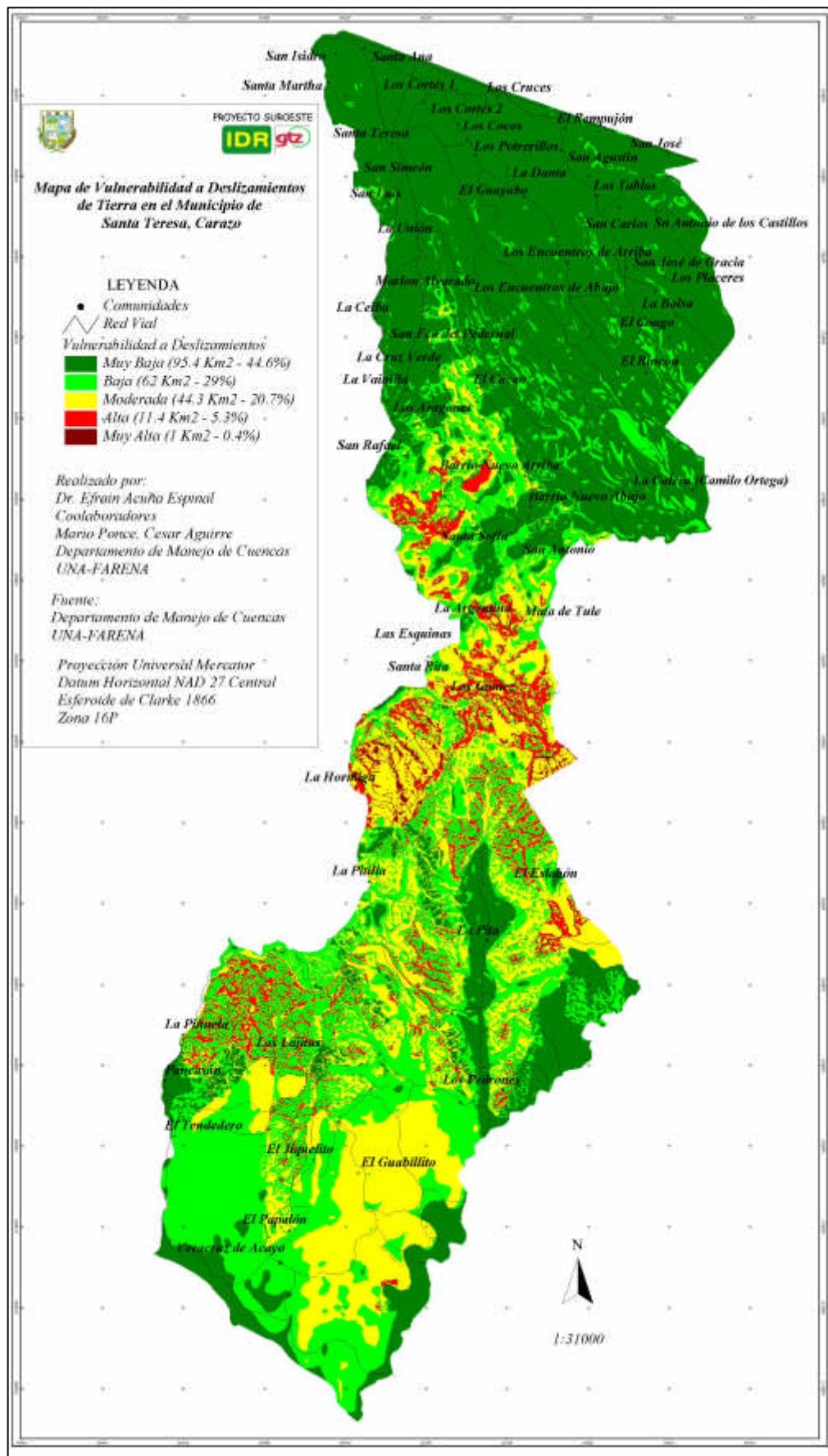


Figura 13. Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos de tierra en Santa Teresa, Carazo.

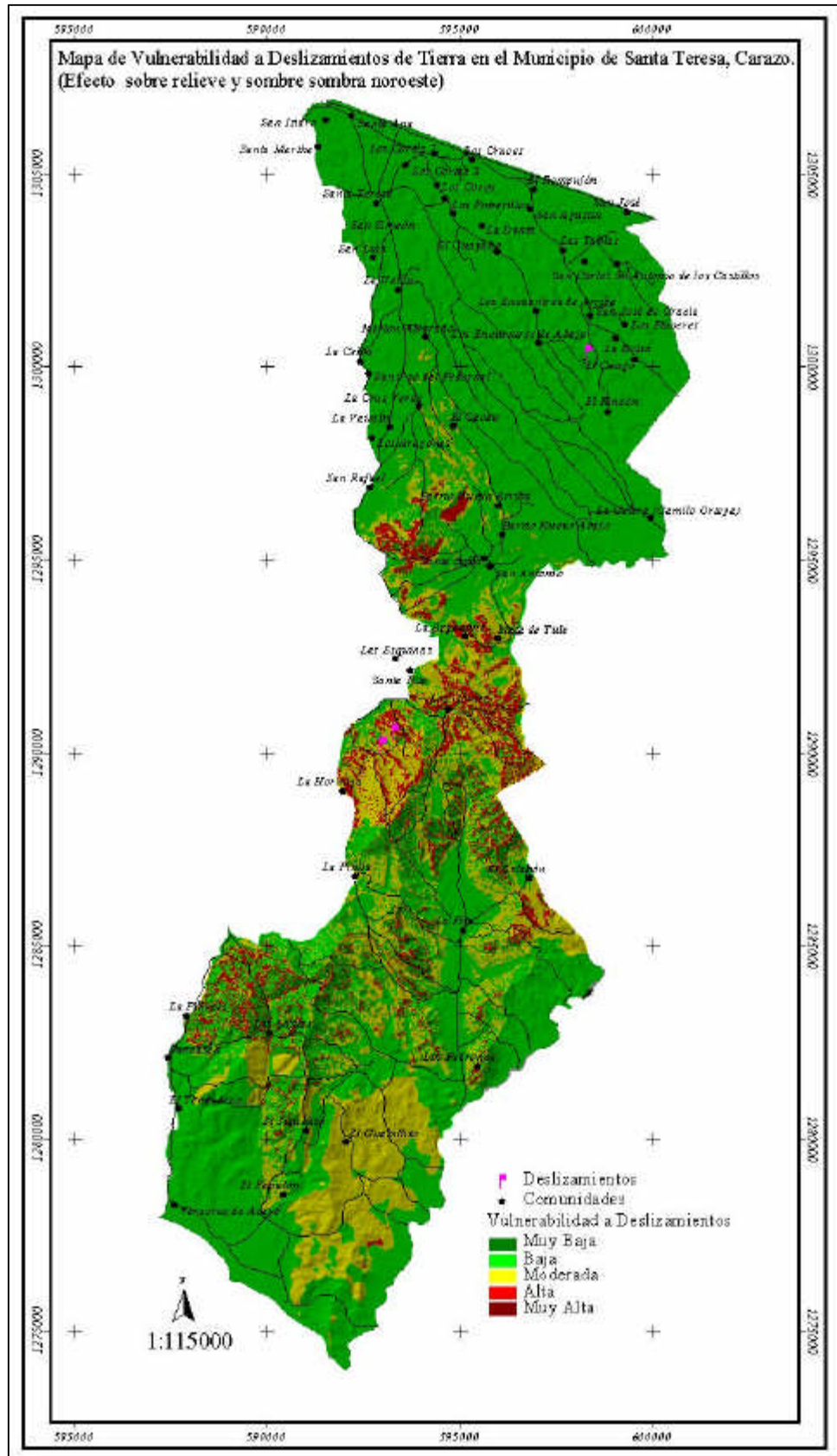


Figura 14. Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos y registro de deslizamientos anteriores.

Los *sitios de mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos* son los cerros La Pitilla, El Tule, El Gallo y áreas de laderas aledañas. Las comunidades que se encuentran en las cercanías de estos sitios son La Hormiga y La Piñuela. Así como también Los Cerros El Pedernal, La Palmera, El Cargadero, Mata de Piñuela, El Quebrachal, Monte Oscuro, los cuales se encuentran sobre rocas de la formación geológica Brito, principalmente en laderas muy inclinadas con pendientes comprendidas entre los intervalos de 30 a 45% y mayores de 45%. Las comunidades que se ubican en estas vecindades comprenden Los Gómez, El Jabillo, Las Lajitas.

Para la comprobación de las áreas más vulnerables a los deslizamientos de tierra se realizaron recorridos de campo, con el objetivo de geo-referenciar deslizamientos ocurridos en eventos anteriores o relacionados con el huracán Mitch (1998). En estos recorridos se encontraron al menos tres huellas de deslizamientos (ver figura 14 y 15), dos de los cuales se encuentran en las cercanías del cerro La Pitilla al lado noreste, aproximadamente a un kilómetro de la casa de la familia Parrales y otros vecinos.

Estos eventos no causaron ningún daño humano, ya que no hay casas ni infraestructura en el sitio. Se trata de eventos pequeños en áreas de impacto reducido, con flujos pequeños de lodo y piedras. Los suelos de estas áreas son moderadamente profundos con muchas piedras sobre la superficie y dentro del perfil, los cuales están siendo usados con pastos.

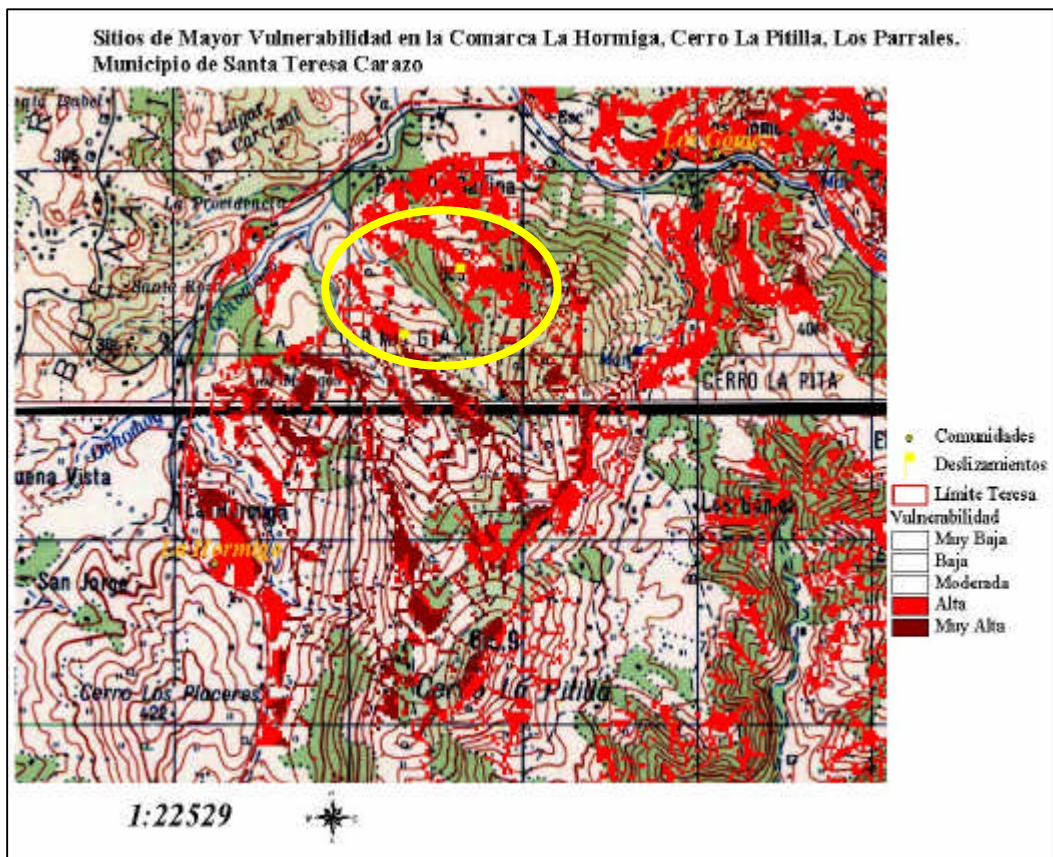
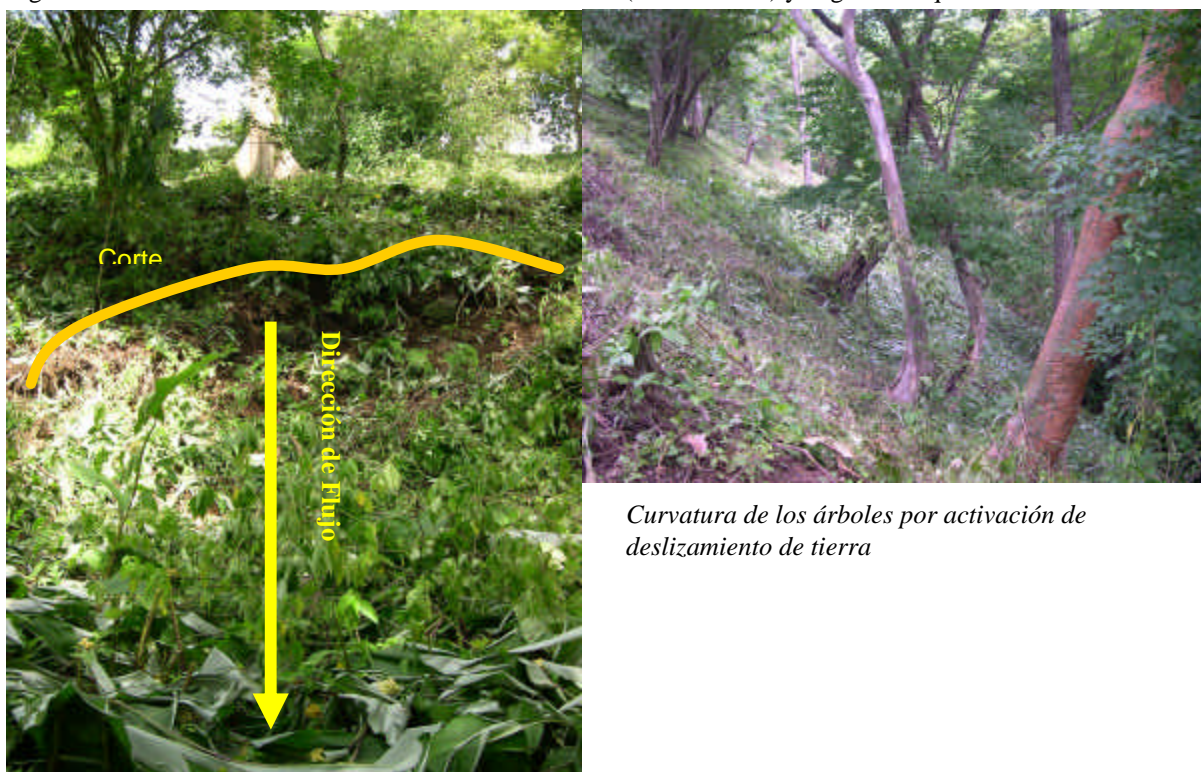


Figura 15. Ampliación de las áreas más vulnerables a los deslizamientos en el cerro la Pitilla y deslizamientos anteriores.

El tercer evento registrado se ubica en las vecindades de El Corozo, el cual ocurrió principalmente por efectos de la pendiente del terreno, ya que este presenta una inclinación superior al 45%. En las vecindades a este evento no hay casas de habitación cercanas. También hay que destacar aquí que se evidencia que los fenómenos de deslizamientos están activos, ya que hay árboles que así lo manifiestan, tal como se observa en la siguiente figura.

Figura 16. Deslizamiento en las vecindades de El Corozo (Santa Teresa) y vegetación que muestra en la misma



zona otro deslizamiento activo.

Hay que destacar que la contribución de los factores intrínsecos o las condiciones de vulnerabilidad de los factores intrínsecos y la contribución de los factores detonantes, así como los eventos acaecidos anteriormente coinciden con las áreas potencialmente de moderada y alta vulnerabilidad, al menos en el cerro la Pitilla (cerro Los Parrales). También, el mapa modelado nos muestra las áreas potenciales que deberían considerarse para la gestión y mitigación de riesgos.

La predicción de las áreas donde pueden ocurrir los deslizamientos de tierra, está directamente relacionada con los problemas ambientales que ha venido sufriendo el municipio, tales como la deforestación, la eliminación de la cubierta vegetal en los paisajes de ladera y tierras con pendientes de moderadamente escarpadas a muy escarpadas, la utilización de la tierra por encima de su capacidad natural. De esta manera, podemos afirmar que hay un alto grado de confiabilidad del mapa modelado y la realidad encontrada en el campo.

En las zonas clasificadas como de alta a muy alta vulnerabilidad a los deslizamientos se hace necesaria su restauración, a través de técnicas de conservación de suelos y de regeneración natural, con el fin de brindar una mejor cobertura a los suelos frágiles. La exposición a los

factores detonantes de estas áreas hace que la amenaza a los deslizamientos sea más efectiva en el corto plazo, exponiéndose a los pobladores que habitan en las márgenes de las mismas o dentro de estas áreas.

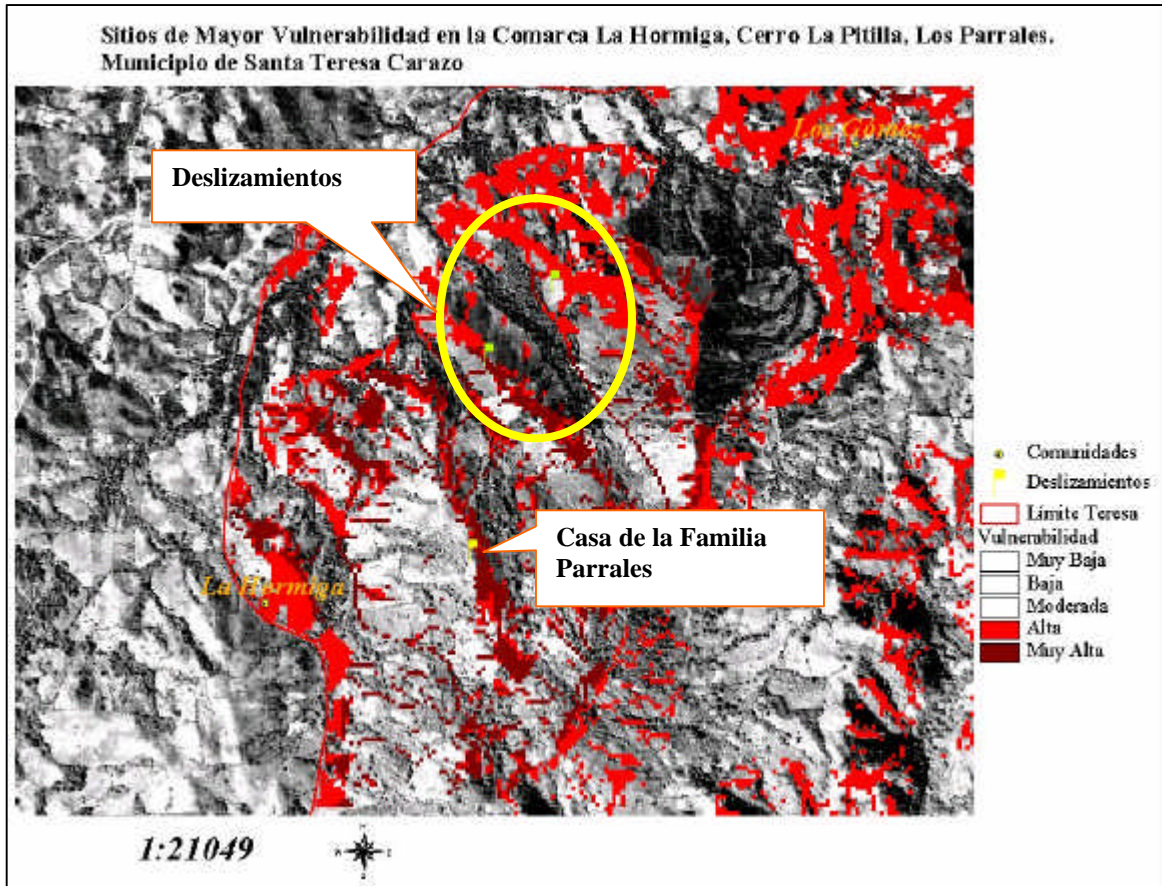
En resumen, la agricultura y el sobre pastoreo en suelos marginales en laderas que implican cambio de cobertura y explotación del suelo más allá de su capacidad natural, son factores muy determinantes que dan mayores probabilidades de que ocurran fenómenos de deslizamientos de tierra en el municipio de Santa Teresa.

Las zonas calificadas de alta y muy alta vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra corresponden principalmente a áreas de laderas de las elevaciones o cerros más importantes del municipio. Son estas mismas áreas en donde se ha registrado eventos anteriores, lo cual corrobora que al darse eventos de lluvias extraordinarios (como factor detonante), pone en riesgo a la población que vive en las inmediaciones de estas áreas.

Por otro lado, el uso de los sistemas de información geográfico (SIG) para la evaluación de los fenómenos de deslizamientos de tierra son de gran utilidad; los resultados obtenidos son comparativamente válidos y validables con la realidad observada en el campo, por lo que el modelado de escenarios de vulnerabilidad a los deslizamientos se convierte en una herramienta de gran utilidad para la prevención y mitigación de desastres.

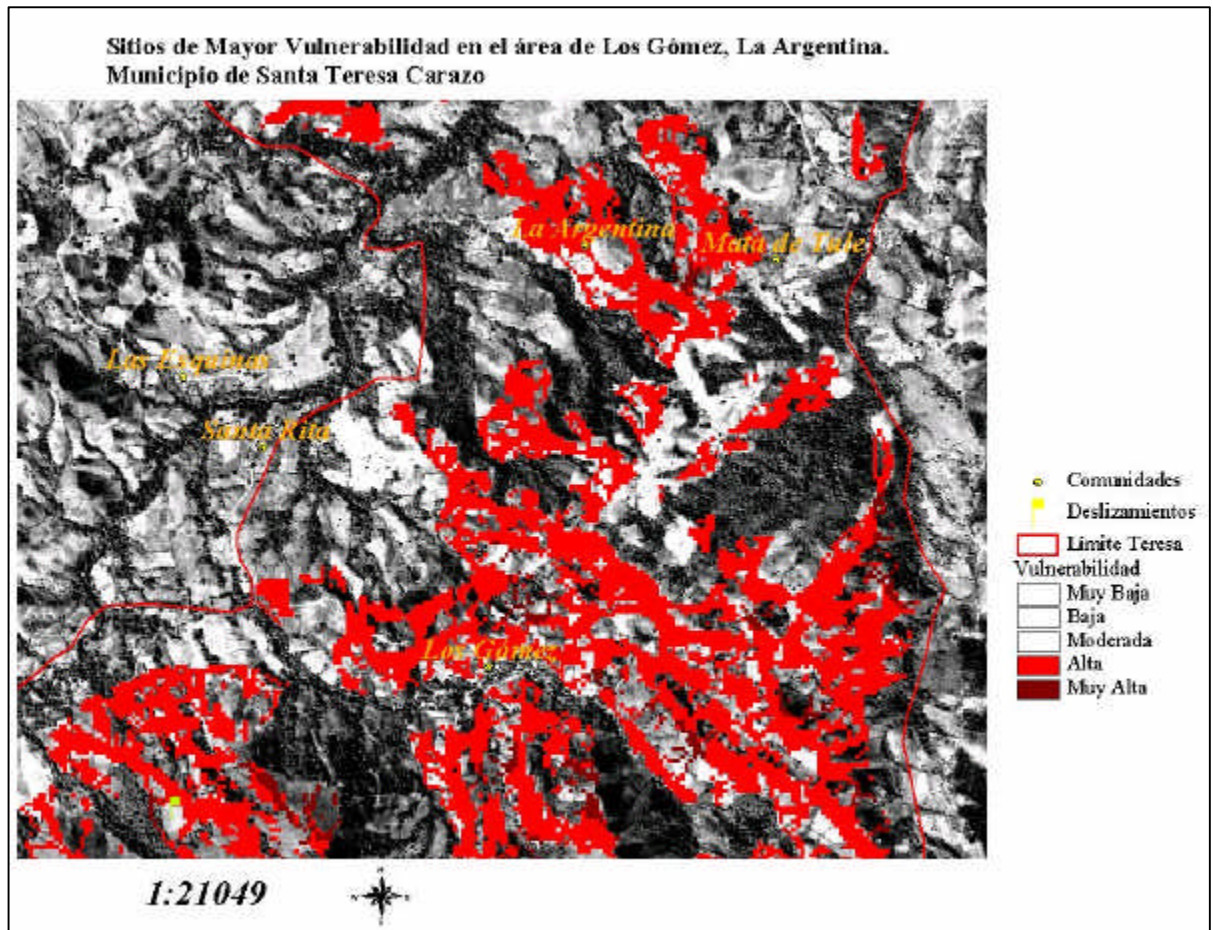
Anexos

Anexo 1.



Vista de los sitios de mayor vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra en las vecindades del cerro La Pitilla sobre imágenes de satélite e inserto la casa de la Familia Parrales.

Anexo 2



Vista de los sitios de mayor vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra en las vecindades de Los Gómez y La Argentina sobre imágenes de satélite

III. RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES DEL MUNICIPIO SANTA TERESA

3.1. Introducción

La caracterización básica de un territorio a nivel de cuenca se inicia con la determinación de los parámetros geomorfológicos, que describen la estructura física del ámbito territorial. Entre los más importantes figuran: la forma, tamaño o área, longitud máxima, ancho máximo, pendiente del cauce principal, pendiente media, red de drenaje (forma, tipo, grado de bifurcación), altura máxima, etc. Algunos de estos parámetros tales como forma de drenaje, pendiente media, entre otros, sirven de base para considerar peligros a desastres naturales.

Después de la caracterización preliminar de la cuenca es importante pasar a la etapa de diagnóstico, con el objetivo de conocer o evaluar la vocación, capacidad, estado o situación integral de la cuenca, con todos sus componentes, elementos y actores, que produce la cuenca como unidad, que servicios o externalidades son los que determinan su importancia. Este se puede presentar en cuatro componentes: biofísico, socioeconómico, tecnológico-productivo e institucional legal.

3.2 Características Morfométricas

3.2.1. Parámetros de forma

Para caracterizar la forma de las microcuencas se utilizó el Coeficiente de Forma y el Coeficiente de Gravelius. Cuando el coeficiente de forma es muy inferior a 1 o el coeficiente de Gravelius es muy superior a 1, indica que la cuenca tiene una forma alargada con cierta irregularidad. Cuanto más cercano este el Índice de Compacidad a la unidad, se considera que la cuenca tiene una forma más circular y que por tanto es más compacta. En la tabla 1, se presentan los coeficientes tanto de Gravelius como de forma para cada una de las microcuencas enmarcadas dentro del territorio del municipio de Santa Teresa. De la tabla 1 se observa que las siete primeras microcuencas tienen una forma alargada, las cuatro siguientes son de forma oblonga, con cierta irregularidad todas ellas, y las menos compactas. Trece microcuencas son ovaladas con cierta irregularidad y la compacidad no es muy alta. De todas las microcuencas, la del río El Chacocente es la que más se acerca a la circularidad, siendo ésta la más compacta.

Teniendo en cuenta que cuanto más redonda es una cuenca más tarda en llegar los caudales máximos a la desembocadura, por lo que las formas oblongas, ovaladas y redonda que presentan en su mayoría las microcuencas del municipio, indican que los escurrimientos recorren más cauces secundarios hasta llegar a uno principal; así pues, la duración del escurrimiento es superior o sea que el agua permanece más tiempo en el área de captación. Sin embargo en las microcuencas de formas alargadas, permiten que la respuesta a los eventos lluviosos sea más rápido ya que los escurrimientos recorren menos distancia hasta el cauce principal, por lo que el agua permanece menos tiempo en su área de captación.

Tabla 1. Índice de Compacidad de las microcuencas del municipio de Santa Teresa, Carazo

Microcuenca	Área (km²)	Perímetro km	Longitud (km)	I_g	C_f	Forma
El Jabillito	4,65	14,15	5,66	1,84	0,15	Alargada
Santa Teresa	4,49	15,29	5,86	2,02	0,13	Alargada
El Tempate	5,66	15,09	6,24	1,78	0,15	Alargada
La Vainilla	6,08	18,67	7,39	2,12	0,11	Alargada
Chilamate Colorado	10,70	21,96	9,74	1,88	0,11	Alargada
El Tendedero	1,46	8,01	4,13	1,86	0,09	Alargada
El Guanacaste	7,88	18,82	8,23	1,88	0,12	Alargada
Negro	3,77	12,03	5,83	1,74	0,11	Oblonga
Los Tufos de Talolinga	2,39	9,11	4,28	1,65	0,13	Oblonga
Los Medina	40,97	36,45	16,30	1,59	0,15	Oblonga
Altos Ochomogo	21,96	27,89	9,67	1,67	0,23	Oblonga
El Indio	4,31	9,66	3,48	1,30	0,36	Ovalada
Sin nombre (El Sol)	0,83	4,24	2,07	1,30	0,19	Ovalada
La Pita	37,36	32,77	13,33	1,50	0,21	Ovalada
Chiquito	16,69	20,44	9,07	1,40	0,20	Ovalada
Afluente Escalante 1	0,97	5,27	2,18	1,50	0,20	Ovalada

Microcuenca	Área (km²)	Perímetro km	Longitud (km)	I_g	C_f	Forma
Afluyente Escalante 2	0,91	4,25	1,72	1,25	0,31	Ovalada
Afluyente Escalante 3	0,89	5,10	2,59	1,51	0,13	Ovalada
El Abejonal	3,08	8,73	3,52	1,39	0,25	Ovalada
Pancasán	1,98	6,95	3,16	1,38	0,20	Ovalada
El Brasil	3,61	9,44	2,95	1,39	0,42	Ovalada
Afluyente Escalante 4	0,94	4,76	2,19	1,37	0,20	Ovalada
Las Nilas	5,68	11,84	4,97	1,39	0,23	Ovalada
Las cuevas	3,34	8,52	3,79	1,30	0,23	Ovalada
El Chacocente	4,70	9,51	4,00	1,23	0,29	Redonda

I_g: Índice de Gravelius

C_f: Coeficiente de forma

Tabla 2 Caracterización morfológica de las microcuencas del municipio de Santa Teresa, Carazo

Microcuenca	Superficie	Forma	Relieve	Red drenaje
La Vainilla	Superficie S= 6,08 Km ² Perímetro P= 18,67 Km	Longitud de la cuenca L= 7.39 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.11 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 2.12	Pendiente media de la microcuenca S= 6.13% Elevación media Em = 285 m	Pendiente del cauce principal: S= 2.54 Longitud del río principal: L= 7.68 Km Longitud total de los ríos: L _i = 7.81 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.3 Densidad de corriente: Dc=0.5 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
Chiquito	Superficie S= 16.69 Km ² Perímetro P= 20.44 Km	Longitud de la cuenca L= 9.07 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.20 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.40	Pendiente media de la microcuenca S= 8.46% Elevación media Em = 270 m	Pendiente del cauce principal: S= 3.42 % Longitud del río principal: L= 7.07 Km Longitud total de los ríos: L _i = 10.07 Km Densidad de drenaje: Dd= 0.6 Densidad de corriente: Dc= 0.1 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 1 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
Los Medinas	Superficie S= 40.97Km ² Perímetro P= 36.45Km	Longitud de la cuenca L= 16.3 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.15 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.59	Pendiente media de la microcuenca S= 7.16% Elevación media Em = 275 m	Pendiente del cauce principal: S= 5.35 % Longitud del río principal: L= 5.32 Km Longitud total de los ríos: L _i = 8.45 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.7 Densidad de corriente: Dc= 0.6 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 4 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica

Microcuenca	Superficie	Forma	Relieve	Red drenaje
Negro	Superficie S= 3.77Km ² Perímetro P= 12.03 Km	Longitud de la cuenca L= 5.83 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.11 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.74	Pendiente media de la cuenca S= 25.42% Elevación media Em = 183 m	Pendiente del cauce principal: S= 2.29 % Longitud del río principal: L= 5.32 Km Longitud total de los ríos: L _i = 8.45 Km Densidad de drenaje: Dd= 2.2 Densidad de corriente: Dc= 0.8 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
El Guanacaste	Superficie S= 7.88 Km ² Perímetro P= 18.82 Km	Longitud de la cuenca L= 8.23 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.12 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.88	Pendiente media de la microcuenca S= 8.93% Elevación media Em = 220 m	Pendiente del cauce principal: S= 4.57 % Longitud del río principal: L= 7.54 Km Longitud total de los ríos: L _i = 16.57 Km Densidad de drenaje: Dd= 2.1 Densidad de corriente: Dc= 1.1 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 3 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
El Sol (Sin Nombre)	Superficie S= 0.83 Km ² Perímetro P= 4.24 Km	Longitud de la cuenca L= 2.07 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.19 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.30	Pendiente media de la microcuenca S= 10.75% Elevación media Em = 150 m	Pendiente del cauce principal: S= 2.81 % Longitud del río principal: L= 1.34 Km Longitud total de los ríos: L _i = 2.29 Km Densidad de drenaje: Dd= 2.8 Densidad de corriente: Dc= 3.6 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica

Microcuenca	Superficie	Forma	Relieve	Red drenaje
El Indio	Superficie S= 4.31 Km ² Perímetro P= 9.66 Km	Longitud de la cuenca L= 3.48 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.36 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.30	Pendiente media de la microcuenca S= 15.7% Elevación media Em = 200 m	Pendiente del cauce principal: S= 2.34 % Longitud del río principal: L= 2.66 Km Longitud total de los ríos: L _i = 4.59 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.1 Densidad de corriente: Dc= 0.9 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
Santa Teresa	Superficie S= 4.49 Km ² Perímetro P= 15.29 Km	Longitud de la cuenca L= 5.86 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.13 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 2.02	Pendiente media de la microcuenca S= 8.94% Elevación media Em = 435 m	Pendiente del cauce principal: S= 4.53 % Longitud del río principal: L= 5.2 Km Longitud total de los ríos: L _i = 5.2 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.2 Densidad de corriente: Dc= 0.2 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 1 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
El Tempate	Superficie S= 5.66 Km ² Perímetro P= 15.09 Km	Longitud de la cuenca L= 6.24 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.15 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.78	Pendiente media de la microcuenca S= 22.98% Elevación media Em = 95 m	Pendiente del cauce principal: S= 1.14 % Longitud del río principal: L= 5.63 Km Longitud total de los ríos: L _i = 10.44 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.8 Densidad de corriente: Dc= 0.7 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica

Microcuenca	Superficie	Forma	Relieve	Red drenaje
La Pita	Superficie S= 37.36 Km ² Perímetro P= 32.77 Km	Longitud de la cuenca L= 13.33 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.21 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.50	Pendiente media de la microcuenca S= 38.66% Elevación media Em = 170 m	Pendiente del cauce principal: S= 8.26 % Longitud del río principal: L= 12.26 Km Longitud total de los ríos: L _i = 45.32 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.2 Densidad de corriente: Dc= 0.6 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 3 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
Los Tufos de Talolinga	Superficie S= 2.39 Km ² Perímetro P= 9.11 Km	Longitud de la cuenca L= 4.28 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.13 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.65	Pendiente media de la microcuenca S= 18.16% Elevación media Em = 46 m	Pendiente del cauce principal: S= 3.21 % Longitud del río principal: L= 3.62 Km Longitud total de los ríos: L _i = 3.62 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.5 Densidad de corriente: Dc= 0.4 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 1 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
El Jabillito	Superficie S= 4.65 Km ² Perímetro P= 14.15 Km	Longitud de la cuenca L= 5.66 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.15 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.84	Pendiente media de la microcuenca S= 35.72% Elevación media Em = 250 m	Pendiente del cauce principal: S= 3.99 % Longitud del río principal: L= 5.64 Km Longitud total de los ríos: L _i = 13.43 Km Densidad de drenaje: Dd= 2.9 Densidad de corriente: Dc= 1.5 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica

Microcuenca	Superficie	Forma	Relieve	Red drenaje
Chilamate Colorado	Superficie S= 10.70 Km ² Perímetro P= 21.96 Km	Longitud de la cuenca L= 9.74 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.11 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.88	Pendiente media de la microcuenca S= 26.64% Elevación media Em = 190 m	Pendiente del cauce principal: S= 3.02 % Longitud del río principal: L= 8.30 Km Longitud total de los ríos: L _i = 10.84 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.0 Densidad de corriente: Dc= 0.3 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
Las Cuevas	Superficie S= 3.34 Km ² Perímetro P= 8.52 Km	Longitud de la cuenca L= 3.79 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.23 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.30	Pendiente media de la microcuenca S= 27.14% Elevación media Em = 280 m	Pendiente del cauce principal: S= 6.75 % Longitud del río principal: L= 3.37 Km Longitud total de los ríos: L _i = 4.19 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.3 Densidad de corriente: Dc= 0.9 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
El Chacocente	Superficie S= 4.70 Km ² Perímetro P= 9.51 Km	Longitud de la cuenca L= 4.0 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.29 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.23	Pendiente media de la microcuenca S= 21.83% Elevación media Em = 65 m	Pendiente del cauce principal: S= 3.81 % Longitud del río principal: L= 3.76 Km Longitud total de los ríos: L _i = 7.93 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.7 Densidad de corriente: Dc= 1.1 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica

Microcuenca	Superficie	Forma	Relieve	Red drenaje
Las Nilas (sin nombre)	Superficie S= 5.68 Km ² Perímetro P= 11.84 Km	Longitud de la cuenca L= 4.97 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.23 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.39	Pendiente media de la microcuenca S= 14.61% Elevación media Em = 75 m	Pendiente del cauce principal: S= 5.24 % Longitud del río principal: L= 4.29 Km Longitud total de los ríos: L _i = 7.14 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.3 Densidad de corriente: Dc= 0.7 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
El Brasil	Superficie S= 3.61 Km ² Perímetro P= 9.44 Km	Longitud de la cuenca L= 2.95 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.42 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.39	Pendiente media de la microcuenca S= 8.58% Elevación media Em =235 m	Pendiente del cauce principal: S= 1.89 % Longitud del río principal: L= 3.26 Km Longitud total de los ríos: L _i = 5.88 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.9 Densidad de corriente: Dc= 1.1 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
Altos del Río Ochomogo	Superficie S= 21.96 Km ² Perímetro P= 27.89 Km	Longitud de la cuenca L= 9.67 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.23 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.67	Pendiente media de la microcuenca S= 18.40% Elevación media Em = 270 m	Pendiente del cauce principal: S= 1.53 % Longitud del río principal: L= 8.85 Km Longitud total de los ríos: L _i = 31.98 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.5 Densidad de corriente: Dc= 1.0 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 3 Morfología de la Red de Drenaje: Subparaleo

Microcuenca	Superficie	Forma	Relieve	Red drenaje
El Tendedero	Superficie S= 1.46 Km ² Perímetro P= 8.01 Km	Longitud de la cuenca L= 4.13 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.09 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.86	Pendiente media de la microcuenca S= 21.32% Elevación media Em = 120 m	Pendiente del cauce principal: S= 7.61 % Longitud del río principal: L= 3.12 Km Longitud total de los ríos: L _i = 3.12 Km Densidad de drenaje: Dd= 2.1 Densidad de corriente: Dc= .07 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 1 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
El Abejonal	Superficie S= 3.08 Km ² Perímetro P= 8.73 Km	Longitud de la cuenca L= 3.52 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.25 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.39	Pendiente media de la microcuenca S= 16.95% Elevación media Em = 85 m	Pendiente del cauce principal: S= 2.55% Longitud del río principal: L= 2.81 Km Longitud total de los ríos: L _i = 4.77 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.5 Densidad de corriente: Dc= 1.0 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
Pancasán	Superficie S= 1.98 Km ² Perímetro P= 6.95 Km	Longitud de la cuenca L= 3.16Km Coeficiente de Forma C _F = 0.20 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.38	Pendiente media de la microcuenca S= 29.84% Elevación media Em = 165 m	Pendiente del cauce principal: S= 11.66% Longitud del río principal: L= 2.64 Km Longitud total de los ríos: L _i = 3.30 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.7 Densidad de corriente: Dc= 1.5 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Subparalelo

Microcuenca	Superficie	Forma	Relieve	Red drenaje
Afluente Escalante 4	Superficie S= 0.94 Km ² Perímetro P= 4.76 Km	Longitud de la cuenca L= 2.19 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.20 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.37	Pendiente media de la microcuenca S= 24.75% Elevación media Em = 68 m	Pendiente del cauce principal: S= 9.9% Longitud del río principal: L= 1.79 Km Longitud total de los ríos: L _i = 1.79 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.6 Densidad de corriente: Dc= 1.1 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 1 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
Afluente Escalante 1	Superficie S= 0.97 Km ² Perímetro P= 5.27 Km	Longitud de la cuenca L= 2.18 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.20 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.50	Pendiente media de la microcuenca S= 19.79% Elevación media Em = 90 m	Pendiente del cauce principal: S= 7.46% Longitud del río principal: L= 1.50 Km Longitud total de los ríos: L _i = 1.50 Km Densidad de drenaje: Dd= 1.1.5 Densidad de corriente: Dc= 1.0 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 1 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica
Afluente Escalante 2	Superficie S= 0.91 Km ² Perímetro P= 4.25 Km	Longitud de la cuenca L= 1.72 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.31 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.25	Pendiente media de la microcuenca S= 32.42% Elevación media Em = 92 m	Pendiente del cauce principal: S= 7.46 % Longitud del río principal: L= 1.26 Km Longitud total de los ríos: L _i = 2.04 Km Densidad de drenaje: Dd= 2.3 Densidad de corriente: Dc= 3.3 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 2 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica

Microcuenca	Superficie	Forma	Relieve	Red drenaje
Afluente Escalante 3	Superficie S= 0.89 Km ² Perímetro P= 5.10 Km	Longitud de la cuenca L= 2.5 Km Coeficiente de Forma C _F = 0.13 Coeficiente de Gravelius C _{GR} = 1.51	Pendiente media de la microcuenca S= 36.99% Elevación media Em = 115 m	Pendiente del cauce principal: S= 6.66% Longitud del río principal: L= 2.01 Km Longitud total de los ríos: L _i = 2.01 Km Densidad de drenaje: Dd= 2.2 Densidad de corriente: Dc= 1.1 Ordenación de cursos según Horton-Strahler: Orden 1 Morfología de la Red de Drenaje: Dendrítica

3.2.2. Parámetros de relieve

Los parámetros de relieve como la elevación media y la pendiente media de las microcuencas se presentan en la tabla 2; los gráficos que caracterizan la elevación media de las microcuencas con mayor área en el municipio se presentan en las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6. El resto de los gráficos se pueden ver en anexos. Según la curva hipsométrica se definen las microcuencas como maduras, con poca erosión. La pendiente media de una cuenca es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de la misma y permite hacer comparaciones entre cuencas (Guilarte, 1978). Este concepto trata de representar las infinitas pendientes que pueden existir dentro de la cuenca y está estrechamente relacionado con los fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie, guardando una relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la recarga del acuífero (el cual mantiene el caudal base de los arroyos).

Las microcuencas tienen una pendiente media entre 6.2% y 40%, lo cual favorece la escorrentía, sobretudo en aquellas que la pendiente superan el 15% de inclinación. Sin embargo, habrá que resaltar la cobertura boscosa que todavía ocupa superficies importantes en el territorio, favorece la infiltración debido a la interceptación de la lluvia por la vegetación.

La actividad antrópica y más específicamente la actividad agropecuaria en casi toda el área de las microcuencas, evidentemente ha ido en detrimento de la cobertura vegetal, favoreciendo el escurrimiento superficial y potenciando algunos procesos erosivos. Parece ser que la intervención todavía no tiene una magnitud que modifique significativamente el balance escorrentía/infiltración y por ello deben extremarse las actividades de vigilancia y control en el área, sobretudo en cuanto a la calidad del agua.

En la microcuenca Los Medina, la cobertura del suelo está representada en gran parte por cultivos, principalmente caña de azúcar, frijol y maíz. En la microcuenca La Pita el uso predominante es la asociación de pasto, cultivos anuales, tacotal, bosque de galería y bosque de latifoliado abierto y cerrado. En la microcuenca que corresponde a la parte alta del río Ochomogo el uso predominante es pasto más tacotal y bosque de galería. En El Chilamate Colorado ocupa su mayor área el bosque latifoliado cerrado y la asociación de pasto más cultivos anuales más tacotal.

El uso predominante de la microcuenca del río Guanacaste es pasto con cultivos, cultivos anuales y bosque de galería. El uso predominante en la microcuenca del río El Chiquito es cultivos anuales, pasto asociado con árboles y cultivos anuales, y una pequeña área ocupada por bosque de galería; esta situación favorece los escurrimientos superficiales.

Figura 1. Curva Hipsométrica de la microcuenca del Río Los Medina

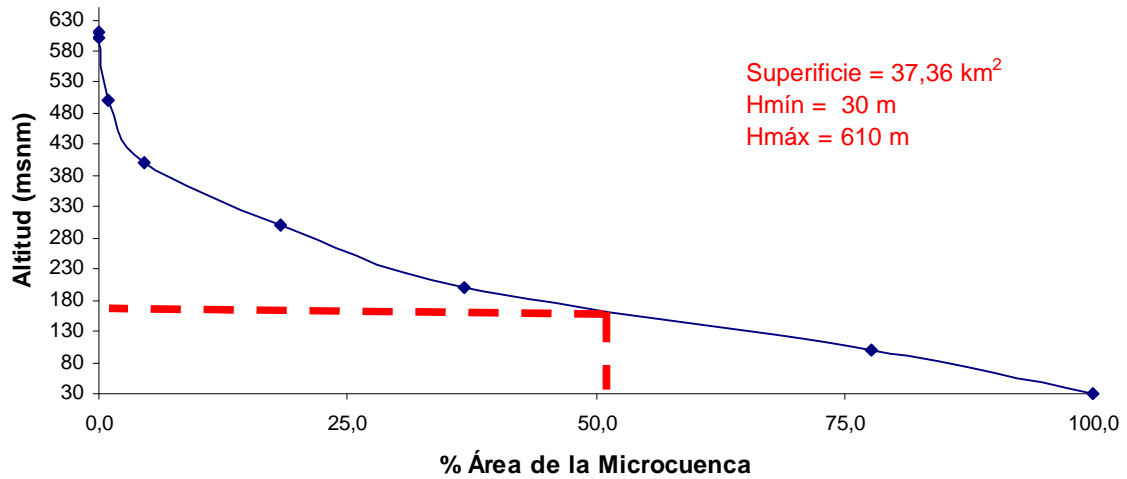
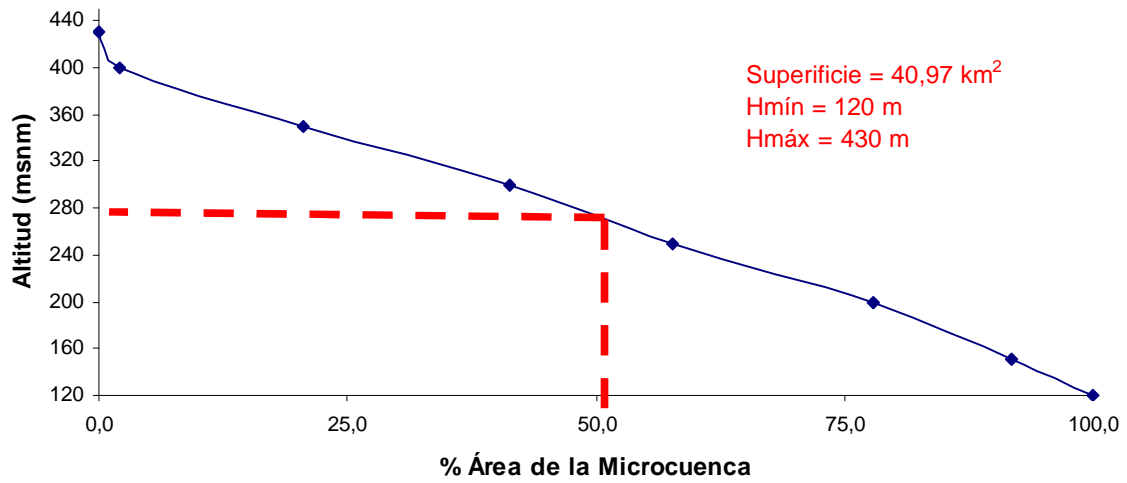


Figura 2. Curva Hipsométrica de la microcuenca del Río La Pita

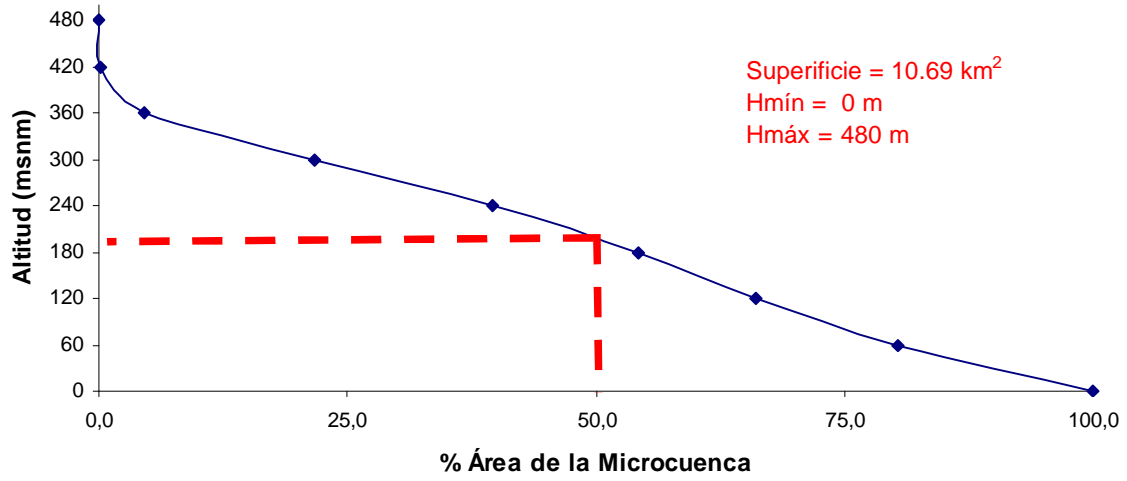


Figura 3. Curva Hipsométrica de la microcuenca del Río Chilamate Colorado

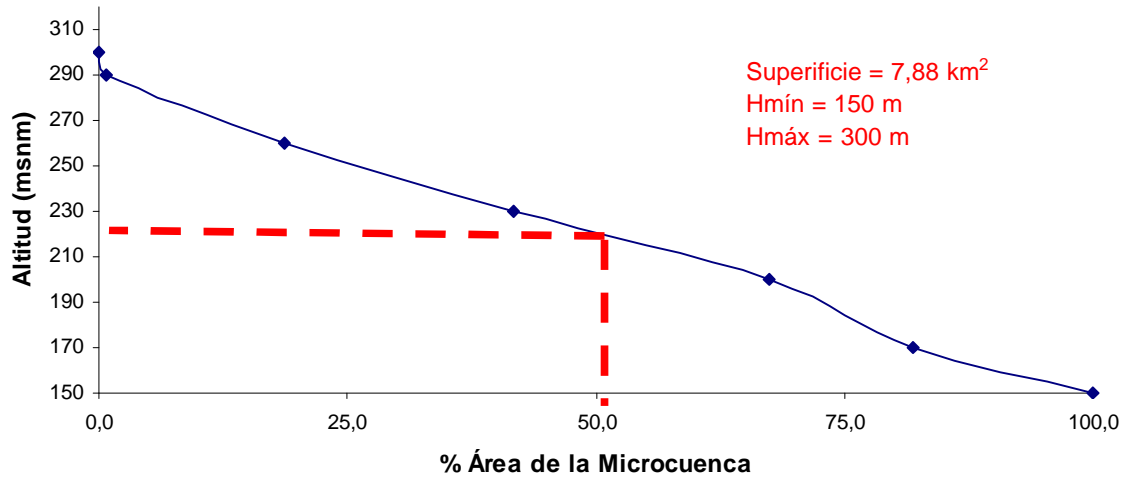


Figura 4. Curva Hipsométrica de la microcuenca del Río Guanacaste

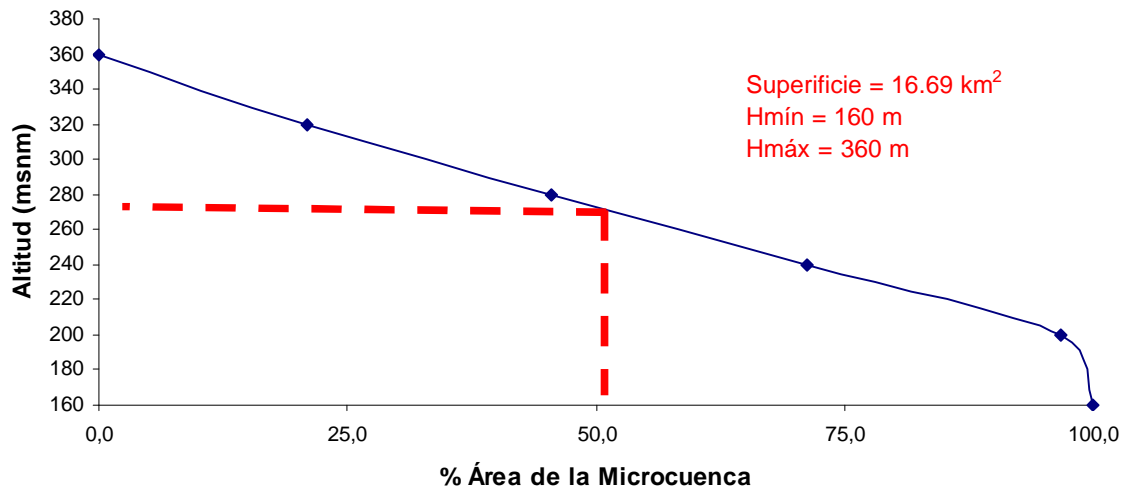


Figura 5. Curva Hipsométrica de la microcuenca del Río Chiquito

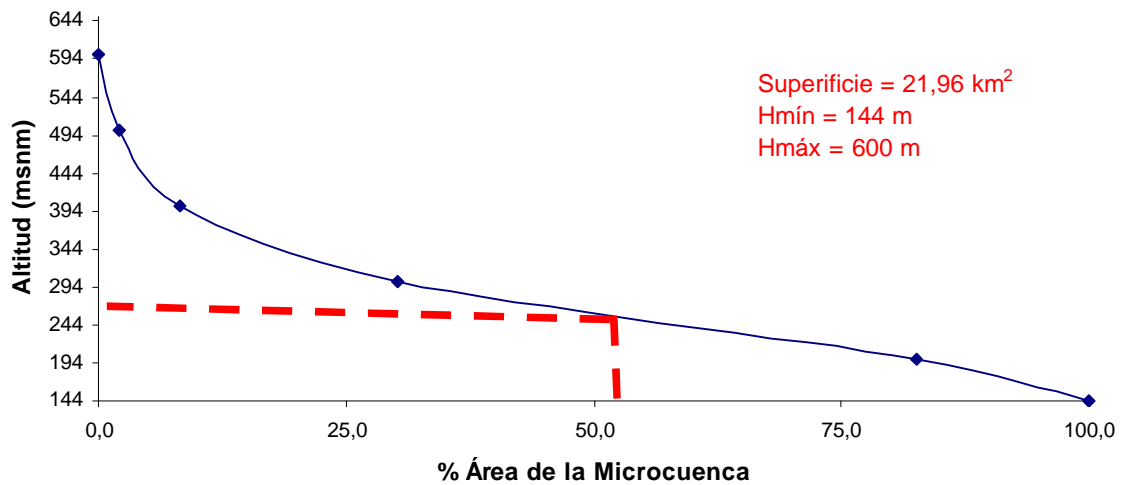


Figura 6. Curva Hipsométrica de la microcuenca del Alto del Río Ochomogo

3.2.3. Orden y número de corrientes

En general, las microcuencas presentan un patrón de drenaje dendrítica (tributarios en forma de árbol). Solamente la microcuenca de la parte Alta del río Ochomogo y el río El Chacocente presentan un patrón de drenaje subparalelo (tributarios dispuesto en ángulo de 45°). Según Horton-Strahler, el orden de corrientes varía según la microcuenca; en su mayoría predomina el orden de corriente 1 y 2. La Pita, El Guanacaste y la parte alta del río Ochomogo presentan

un orden de corriente 3 y solamente el río Medina tiene orden 4. La jerarquización no se ha realizado de manera exhaustiva (marcando todos los surcos), sino a partir de los cauces principales (ver mapa de red de drenaje).

En el tabla 2 se presenta el orden, número y longitud de corrientes que predominan en estas cuatro microcuencas. En la tabla 3 se presentan el número de orden, longitud del cauce principal y la longitud total de todos los tributarios para esta microcuencas. El cauce principal de Los Medina tiene una pendiente media de 5.35 % y una longitud de 14.4 kilómetros. La longitud total de todos los tributarios de la red de drenaje es de 71.46 kilómetros. La Pita tiene un cauce principal con pendiente media de 8.26% con una longitud de 12.26 kilómetros. La longitud total de todos los tributarios de su área de captación es de 45.32 kilómetros. El cauce principal de la microcuenca del río El Guanacaste tiene una pendiente media de 4.57% y una longitud de 7.54 kilómetros. La longitud total de todos los tributarios de la red de drenaje es de 16.57 kilómetros. El cauce principal de la microcuenca de la parte alta del río Ochomogo tiene una pendiente media de 1.53%, una longitud de 8.85 kilómetros. La longitud total de todos los tributarios de la red de drenaje es de 31.98 kilómetros

Tabla 3. Número de orden y longitud de las corrientes de la red hidrográfica de las microcuencas con mayor número de orden del municipio de Santa Teresa

Microcuenca	Orden de corrientes	Número de corrientes	Longitud de corrientes (km)
Los Medinas	1	14	48.2
	2	4	19.3
	3	2	3.5
	4	1	0.4
	Total	21	71.4
La Pita	1	14	32.1
	2	5	10.3
	3	1	2.9
	Total	22	45.3
Parte Alta Ochomogo	1	18	21.3
	2	3	6.2
	3	1	4.4
	Total	22	31.9
El Guanacaste	1	6	10.3
	2	2	3.2
	3	1	3.0
Total			16.5

3.2.4. Red De Drenaje

La red de drenaje esta conformada por varios ríos que nacen en el municipio de Santa Teresa pero que drenan en diferentes sitios fuera del municipio. Principalmente drenan al Río Ochomogo, Río Escalante, Río Acayo, Río Grande y al mar. En la tabla 4 se presentan los ríos que drenan en cada sitio.

Tabla 4. Principales ríos y sus afluentes en el municipio de Santa Teresa

Ríos	Afluentes
Río Ochomogo	Jabillito, Alto de Ochomogo, El Guanacaste, El Indio, El Sol, El Negro, Los Medina y Chiquito
Río Escalante	Afluente escalante 1, 2, 3 y 4, La Pita, Las Nilas, Abejonal,
Río Acayo	Pancasán, El Tendedero, Las Cuevas
Río Grande	El Vainilla, Santa Teresa y Brasil
Mar	Los Tufos de Taolinga, Chilamate Colorado, Tempate, El Chacocente

Los tributarios que forman la red de drenaje de estas microcuencas son afluentes temporales en los cuales circula agua sólo en época lluviosa (ver mapa de red de drenaje). Las microcuencas se clasifican como exorreicas y se pudieron identificar 26 microcuencas dentro del territorio municipal (ver mapa de microcuencas y tabla 5).

Tabla 5 Microcuencas que ocupan mayor área en el territorio del municipio de Santa Teresa.

Microcuenca	Km²
Altos de Ochomogo	21.96
Chilamate Colorado	10.70
Chiquito	16.69
Los Medinas	40.97
La Pita	37.36
Guanacaste	7.88

3.2.5. Densidad de corrientes y densidad de drenaje

La densidad de corrientes de la microcuenca Los Medina es de 0.6 corrientes/Km², la cual representa la eficiencia de drenaje, ésta se obtiene de la relación entre el número de corrientes y el área de la subcuenca; la densidad de drenaje es 1.7 Km. de corriente/Km² de área. En la microcuenca La Pita la densidad de corrientes es de 0.6 corrientes/Km² y densidad de drenaje es 1.2 Km. de corriente/Km² de área. La microcuenca Guanacaste tiene una densidad de

corrientes de 1.1 corrientes/Km² y la densidad de drenaje es 2.1 Km de corriente/Km² de área. La microcuenca Altos de Ochomogo tiene una densidad de corrientes de 1.0 corrientes/Km² y la densidad de drenaje es 1.5 Km. de corriente/Km² de área.

Según Sánchez (1991), la densidad de drenaje es un parámetro revelador del régimen y de la morfología de la microcuenca porque relaciona la longitud de los cursos de agua con el área total. Altos valores reflejan un fuerte escurrimiento, en consecuencia su magnitud esta indirectamente relacionada con la infiltración, con la erodabilidad del suelo, con la litología y la cobertura vegetal. Esto puede afirmar que terrenos permeables se caracterizan por baja densidad de drenaje

Dado que el valor de densidad de drenaje se encuentra por debajo de cinco (densidad de drenaje baja), indica que en las microcuencas existe una buena cobertura vegetal y alta permeabilidad. Este valor de densidad de drenaje pudiera explicarse inicialmente por la cobertura boscosa, cultivos anuales (caña de azúcar), presente en las microcuencas.

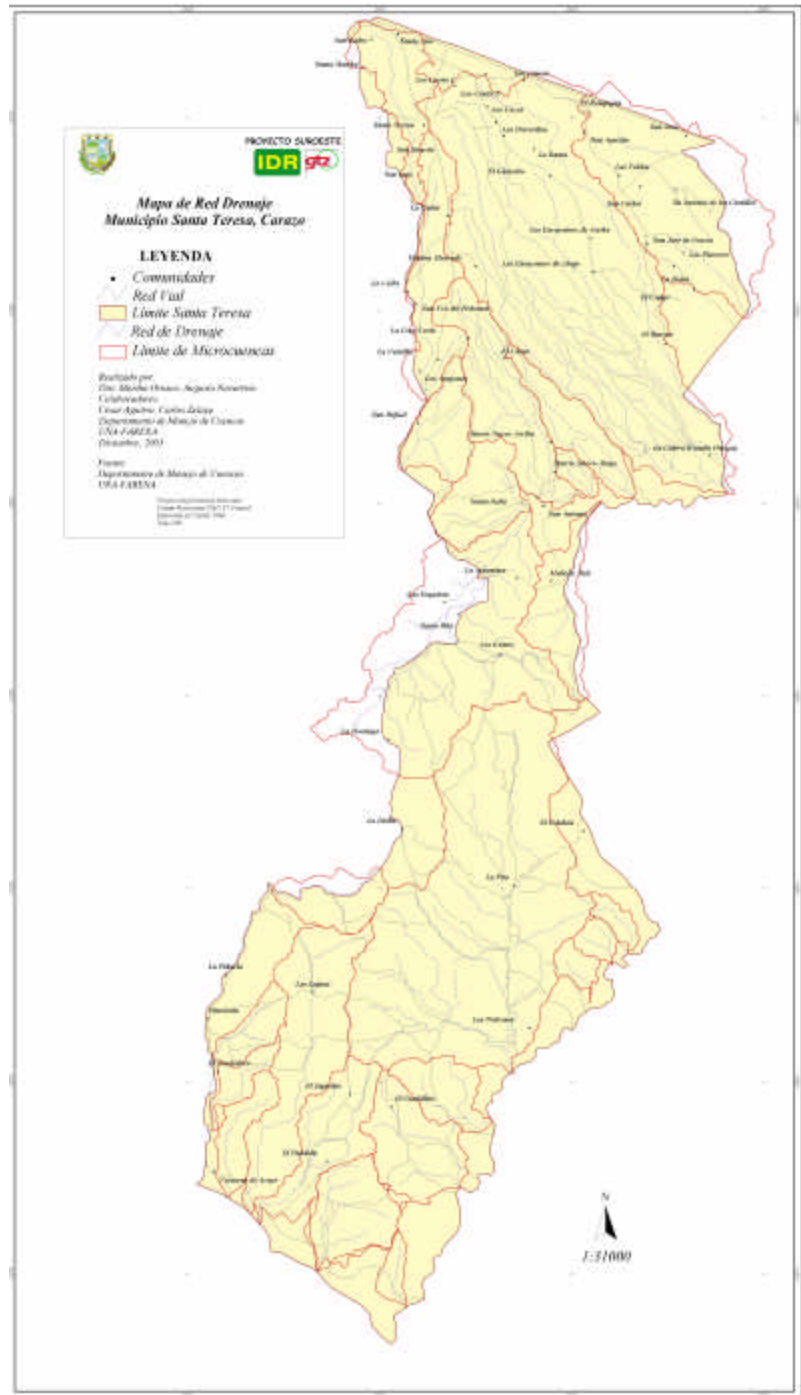
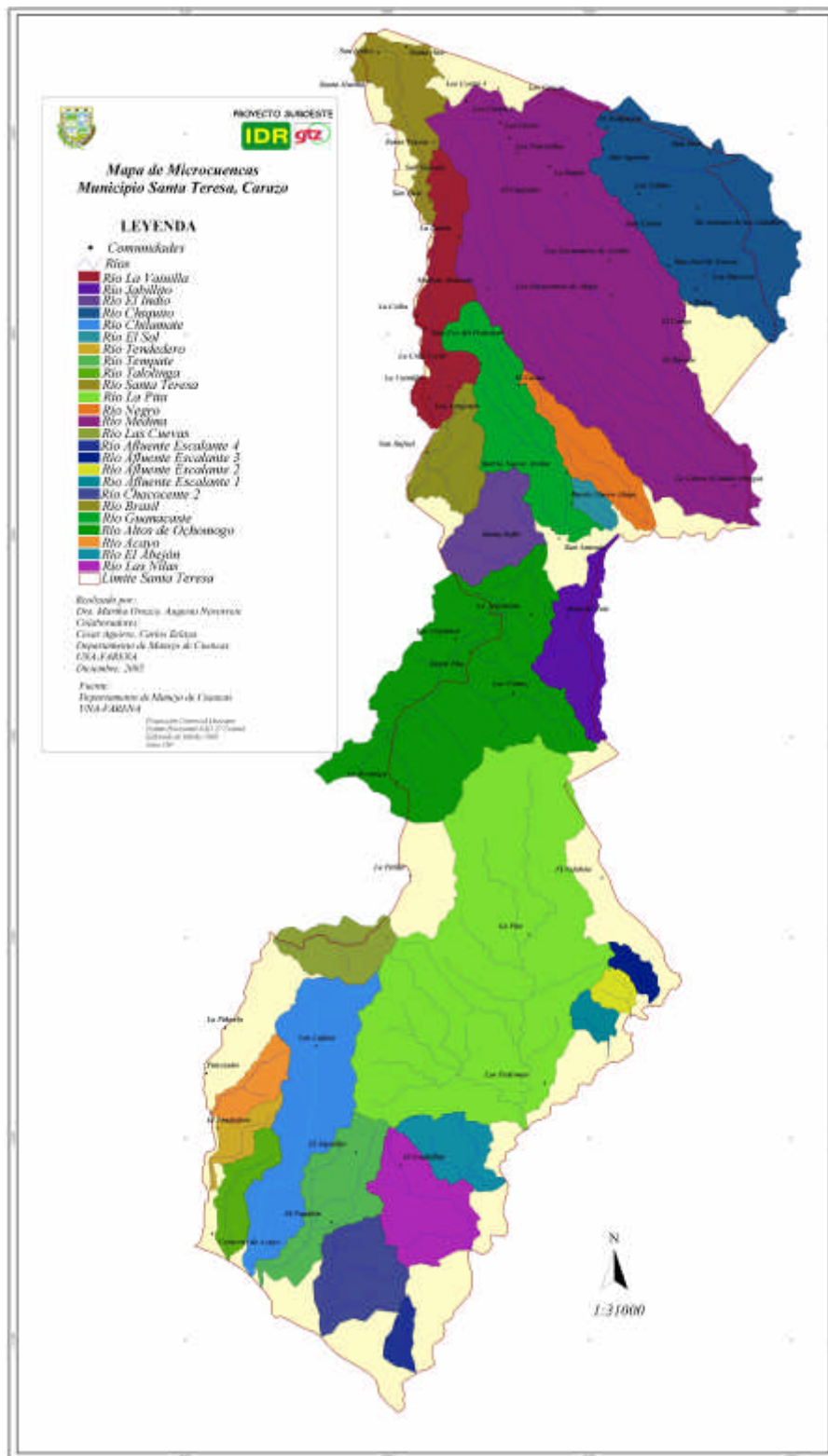


Figura 7. Mapa Red de Drenaje Municipio Santa Teresa

Figura 8. Mapa de Microcuencas Municipio Santa Teresa



3.2.6. Aforo de corrientes

En este acápite se presentan los caudales circulantes en los cinco sitios de muestreo de agua. Se utilizó para ello la *relación velocidad/superficie*, ésta comprende la medición de la velocidad media de la corriente y el área de la sección transversal del canal, calculándose el caudal a partir de la fórmula:

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = A(\text{m}^2) \times V(\text{m}/\text{s})$$

Una forma sencilla de calcular la velocidad consiste en medir el tiempo que tarda un objeto flotante en recorrer, corriente abajo, una distancia conocida.

A veces la información necesaria con respecto a las corrientes es el caudal máximo y se puede efectuar una estimación aproximada utilizando el método velocidad/superficie. La profundidad máxima del caudal en una corriente, se puede deducir de la altura de los residuos atrapados en la vegetación de los márgenes o de señales más elevadas de socavación o de depósitos de sedimentos en la orilla. Una vez que se conoce la profundidad máxima de la corriente, se puede medir el área de la sección transversal correspondiente del canal y calcular la velocidad.

En los dos momentos en que se determinó el caudal de los sitios en estudio, se observó un flujo continuo (no presencia de aguas estancadas). Se observa en la tabla 6 como disminuyó el caudal en el segundo muestreo realizado en enero del 2006; esto se debe a que finalizó la etapa lluviosa y por ahora está fluyendo el agua que se escurre por flujo subsuperficial, que todavía mantiene el nivel freático alto en estos ríos y por tanto el caudal circulante de los mismos.

Tabla 6. Caudal circulante en los cinco sitios de muestreo de agua en el municipio de Santa Teresa, Carazo.

Sitio	Q (m ³ /seg)
<i>Muestreo noviembre de 2005</i>	
Barrio Nuevo	0,19
Encuentros	0,12
Encuentros 2	0,57
La Pita	0,33
La Pita 2	0,77
<i>Muestreo de enero 2006</i>	
Barrio Nuevo	0,17
Encuentros	0,06
Encuentros 2	0,34
La Pita	0,18
La Pita 2	0,20

3.2.7. Caudales máximos

Los caudales máximos de cada una de las microcuencas que están dentro del municipio Santa Teresa, se calcularon a partir de un evento de precipitación de 100 mm. En la tabla se presenta el número de curva ponderado, así como el caudal máximo de cada microcuenca.

Tabla 7. Caudales máximos en las microcuencas del municipio Santa Teresa, generados a partir de una precipitación de 100 mm.

Microcuenca	Area (ha)	NC	Q (m ³ /seg)
La Vainilla	608,35	77	45.8
El Jabillito	465,01	56	14.4
El Indio	430,85	70	35.1
Chiquito	1669,49	73	38.7
Chilamate Colorado	1069,63	38	6.2
El Sol	83,36	76	45.4
El Tendedero	145,65	44	12.8
Tempate	565,75	50	15.8
Las Cuevas	334,45	30	0.7
Altos del río Ochomogo	2195,98	56	15.3
Santa Teresa	449,37	68	32.2
El Brasil	361,13	71	36.4
Los Tufos de Talolinga	239,04	51	13.7
La Pita	3735,62	55	14.5
El Negro	376,94	75	42.8
Afluente Escalante 4	94,06	55	12.8
Afluente Escalante 3	89,48	56	13.7
Afluente Escalante 2	90,45	57	14.9
Afluente Escalante 1	96,89	56	13.5
Medina	4097,27	70	34.8
El Chacocente	470,25	60	20.7
Pancasán	197,59	38	8.0
Abejonal	308,40	55	13.5
Las Nilas	567,75	57	15.2
El Guanacaste	788,32	73	39.5

El número de curva es directamente proporcional al escurrimiento. Un número de curva igual a 100 indica que toda la lluvia escurre, y un número de curva igual a 1 indica que toda la lluvia

se infiltra, por lo que los números de curva representan coeficientes de escorrentía. Las microcuencas La Vainilla, El Indio, Chiquito, El Sol, El Brasil, El Negro, Santa Teresa, Medina y El Guanacaste tienen valores de número de curva entre 68 y 77 (ver tabla 7); estos valores indican que estas microcuencas cuentan con cierta cobertura vegetal, representada por cultivos anuales y caña de azúcar, que contribuye solo en parte a la infiltración del agua de lluvia, favoreciendo una alta escorrentía superficial, poca o muy poca recarga del acuífero, así como el aumento de la erosión de los suelos.

Además, del complejo suelo-vegetación juega un papel importante en los escurrimientos, la pendiente o lo inclinado del relieve. Así pues en las microcuencas El Indio, El Sol, Santa Teresa y El Negro, que presentan una pendiente media de 15.7%, 10.7%, 8.9% y 25.42% respectivamente (ver tabla 2), se favorece una mayor escorrentía llegando a presentar caudales de 35.1 m³/seg, 45.4 m³/seg, de 32.2 m³/seg y 42.8 m³/seg respectivamente (ver tabla 7).

El uso que el ser humano dé a la tierra puede, bien sea facilitar la regulación y el almacenamiento del agua de lluvia en el suelo o crear en éste condiciones favorables al rápido escurrimiento, por lo general asociado con perjudiciales avenidas que afectan territorios dentro o fuera del municipio (como por ejemplo las avenidas que afectan la ciudad de Nandaime), desaprovechándose el agua que de otro modo hubiera enriquecido el manto acuífero. La disminución de la cobertura vegetal en las microcuencas, provoca que se incrementen los caudales de las crecidas y los riesgos de inundación, así como una mayor erosión y transporte de sedimentos. Con una administración adecuada de los recursos hídricos, se persigue el objetivo de regular y controlar las precipitaciones pluviales que llegan al suelo.

Por otro lado, en el resto de microcuencas que tienen números de curvas con valores entre 68 y 77, en ellas las pendientes son menores del 8.5%, por lo que se considera que hay una mayor incidencia en los altos valores de caudal la poca cobertura vegetal en las mismas; de acuerdo a lo anterior, se requiere una mayor cobertura vegetal para evitar grandes pérdidas de agua y suelo, por escorrentías y erosión.

De manera general, es posible decir que en estas microcuencas no se aprovechan las precipitaciones caídas, por lo que el manejo adecuado de las mismas es fundamental para disminuir las escorrentías rápidas que se origina en ellas.

En las microcuencas que presentan número de curva menor de 60 hay una mayor infiltración de agua, lo cual puede ser debido a que hay más cobertura vegetal que protege al suelo, favoreciendo la infiltración y por tanto la erosión se ve reducida; esto da como resultado valores menores de caudales, tal como se observa en la tabla 7. En todos los cursos de agua que tienen abundante agua y de superior calidad, se presentan en tierras cubiertas de árboles; la buena estructura y porosidad del suelo favorece la filtración y el almacenamiento máximo de agua, reduciéndose la erosión.

Cabe destacar que el déficit de agua presente en todo el municipio Santa Teresa, a partir que se inicia la época seca (segunda semana de noviembre a finales del mes de abril), justifica que los caudales de agua en lugar de salir fuera del municipio, se deberían aprovechar ya sea para uso doméstico, agrícola o recarga del mismo acuífero.

3.3. Balance Hídrico de los suelos más representativos del municipio

Los datos climáticos procesados para la elaboración de los balances hídricos corresponden a la estación pluviométrica de Nandaime, ya que es la que tiene mayor área de influencia sobre el municipio debido a su ubicación geográfica; los datos que hemos considerado son los datos pluviométricos, y temperatura. También hemos tomado el valor de la capacidad de reserva de agua disponible (CRAD) para cada tipo de serie de suelos identificadas en el municipio.

3.3.1. Balance hídrico Serie de suelos Santa Teresa (ST)

En la tabla 8, 9 y 10 se presentan los balances hídricos para la serie de suelos de Santa Teresa en pendientes b, c y d, los cuales reflejan los meses con ganancias de agua por lluvia y las pérdidas por evaporación, escorrentía, así como la variación de las reservas de agua en el suelo. El déficit de agua en Santa Teresa b, c y d, es 510 mm/año, 550 mm/año y 531 mm/año respectivamente. El CRAD es de 200.16, 150.84 y 177.28 mm respectivamente. El exceso de agua para estos suelos es de 322 mm/año.

Balance hídrico Suelos Santa Teresa b

Tabla 8. Balance hídrico (mm) de la serie de suelo Santa Teresa (b), municipio Santa Teresa

Mes	P	ETP	P-ETP	PPA	RES	VRES	ETR	DEF	EXC
Enero	7	122.6	-115	-269	52	-40	47	75	0
Febrero	1.8	125.6	-123	-392	28	-24	25.8	99	0
Marzo	5.6	159.3	-153	-545	13	-15	20.6	138	0
Abril	17.9	177.9	-160	-705	5	-8	25.9	152	0
Mayo	212	185.7	26	-367	31	26	186	0	0
Junio	246	152	94	-93	125	94	152.8	0	0
Julio	143.5	151.8	-8	-8	192	67	210.5	0	0
Agosto	160.3	147.7	12	0	200	8	147.7	0	4
Septiembre	287	134.8	152	0	200	0	134.8	0	152
Octubre	295.9	129.6	166	0	200	0	129.6	0	166
Noviembre	75.5	121.4	-45	-45	159	-41	116.5	4	0
Diciembre	14	123.9	-109	-154	92	-67	81	42	0
Total año	1467.3	1732.3	-263				1278.2	510	322

P: Precipitación; ETP: Evapotranspiración; P-ETP: Precipitación menos Evapotranspiración Potencial; PPA: Pérdida Potencial Acumulada; RES: Reserva; VRES: Variación de la reserva; ETR: Evapotranspiración Real; DEF: Déficit; EXC: Exceso

Los meses en que se presenta déficit de agua son desde la segunda semana del mes de diciembre hasta el mes de abril. Las reservas más los excedentes de agua se inician en los meses que se corresponden a la época lluviosa (mayo a noviembre); la precipitación esta por encima de la evapotranspiración real (figura 9). En diciembre se da inicio a la utilización de la reserva del suelo por la vegetación, ya que las precipitaciones son muy pocas.

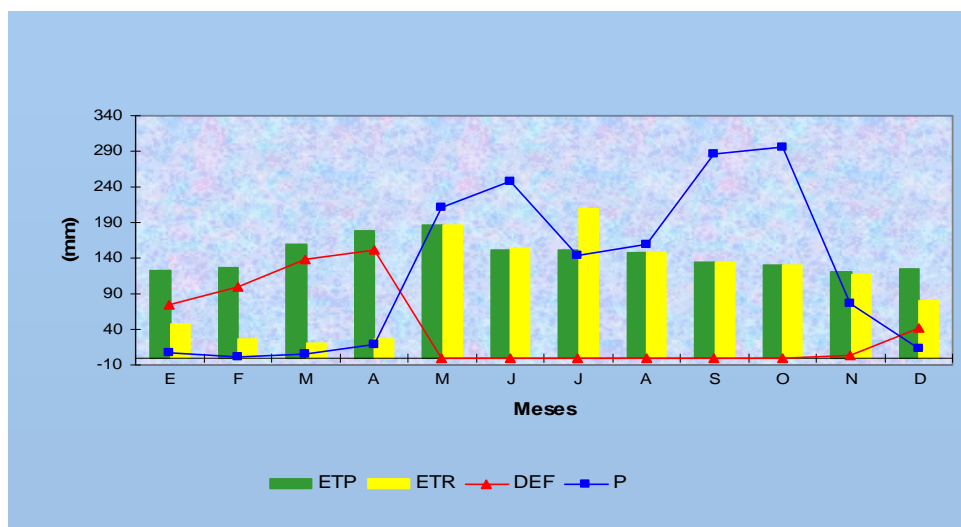


Figura 9. Períodos de exceso o deficiencia de agua para la serie de suelo Santa Teresa (b)

Balance hídrico Serie de suelo Santa Teresa c

Tabla 9. Balance hídrico (mm) de la serie de suelo Santa Teresa (c), municipio Santa Teresa

Mes	P	ETP	P-ETP	PPA	RES	VRES	ETR	DEF	EXC
Enero	7	122.6	-115	-269	24	-29	36	86	0
Febrero	1.8	125.6	-123	-392	10	-14	15.8	109	0
Marzo	5.6	159.3	-153	-545	3	-7	12.6	146	0
Abril	17.9	177.9	-160	-705	1	-2	19.9	152	0
Mayo	212	185.7	26	-252	27	26	186	0	0
Junio	246	152	94	-31	121	94	152.8	0	0
Julio	143.5	151.8	-8	-8	142	21	164.5	0	0
Agosto	160.3	147.7	12	0	150	8	147.7	0	4
Septiembre	287	134.8	152	0	150	0	134.8	0	152
Octubre	295.9	129.6	166	0	150	0	129.6	0	166
Noviembre	75.5	121.4	-45	-45	111	-39	114.5	6	0
Diciembre	14	123.9	-109	-154	53	-58	72	51	0
Total año	1467.3	1732.3	-263				1186.2	550	322

P: Precipitación; ETP: Evapotranspiración; P-ETP: Precipitación menos Evapotranspiración Potencial; PPA: Pérdida Potencial Acumulada; RES: Reserva; VRES: Variación de la reserva; ETR: Evapotranspiración Real; DEF: Déficit; EXC: Exceso.

En la figura 10, se observa que los meses en que se presenta déficit de agua ocurre desde mediados del mes de diciembre hasta el mes de abril. Este déficit inicia una vez que las precipitaciones son muy pocas (ver tabla 9). Al iniciar las precipitaciones en el mes de mayo, inicia las reservas de agua en el suelo por lo que el déficit es nulo, manteniéndose así hasta a mediados del mes de noviembre. El almacenamiento (reservas más excedentes de agua), se corresponden a la época lluviosa (mayo a noviembre); en estos meses la precipitación esta por encima de la evapotranspiración real. La utilización de la reserva del suelo por las plantas inician en diciembre culminando ésta en abril, una vez que inicia la etapa lluviosa.

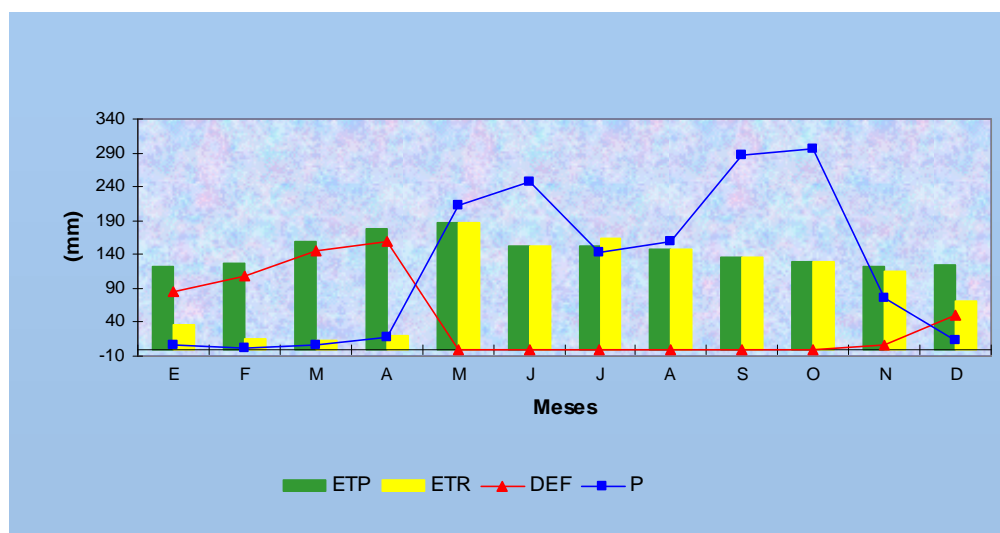


Figura 10. Períodos de exceso o deficiencia de agua para la serie de suelo Santa Teresa (c)

Balance hídrico Serie de suelo Santa Teresa d

En la figura 11, se observa que los meses en que se presenta déficit de agua son desde mediados del mes de diciembre hasta el mes de abril. Este déficit inicia una vez que las precipitaciones son muy pocas (ver tabla 10). Al iniciar las precipitaciones en el mes de mayo, inicia las reservas de agua en el suelo por lo que el déficit es nulo, manteniéndose así hasta finales del mes de noviembre. El almacenamiento (reservas más excedentes de agua), se corresponden a la época lluviosa (mayo a noviembre); en estos meses la precipitación esta por encima de la evapotranspiración real. La utilización de la reserva del suelo por las plantas inician en diciembre culminando ésta en abril y una vez que inicia la etapa lluviosa.

Tabla 10. Balance hídrico (mm) de la serie de suelo Santa Teresa (d), municipio Santa Teresa

Mes	P	ETP	P-ETP	PPA	RES	VRES	ETR	DEF	EXC
Enero	7	122.6	-115	-269	38	-36	43	79	0
Febrero	1.8	125.6	-123	-392	19	-19	20.8	104	0
Marzo	5.6	159.3	-153	-545	8	-11	16.6	142	0
Abril	17.9	177.9	-160	-705	3	-5	22.9	155	0
Mayo	212	185.7	26	-315	29	26	186	0	0
Junio	246	152	94	-63	123	94	152.8	0	0
Julio	143.5	151.8	-8	-8	169	46	189.5	0	0
Agosto	160.3	147.7	12	0	177	8	147.7	0	4
Septiembre	287	134.8	152	0	177	0	134.8	0	152
Octubre	295.9	129.6	166	0	177	0	129.6	0	166
Noviembre	75.5	121.4	-45	-45	137	-40	115.5	5	0
Diciembre	14	123.9	-109	-154	74	-63	77	46	0
	1467.3	1732.3	-263				1236.2	531	322

P: Precipitación; ETP: Evapotranspiración; P-ETP: Precipitación menos Evapotranspiración Potencial; PPA: Pérdida Potencial Acumulada; RES: Reserva; VRES: Variación de la reserva; ETR: Evapotranspiración Real; DEF: Déficit; EXC: Exceso

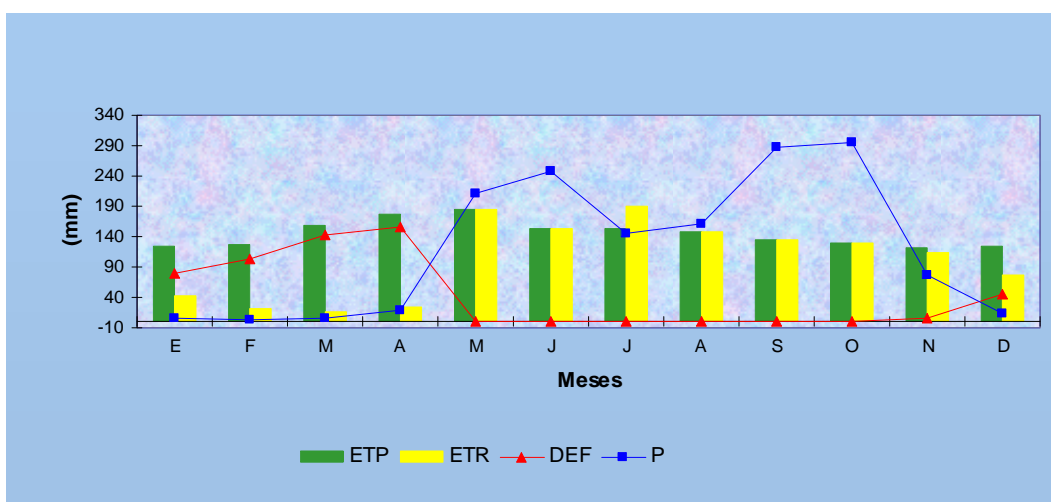


Figura 11. Períodos de exceso o deficiencia de agua para la serie de suelo Santa Teresa (d)

3.3.2. Balance hídrico Serie de suelos San Rafael (SR)

En la tabla 11 y 12 se presentan los balances hídricos para la serie de suelos de San Rafael con pendientes d y e, en las cuales se reflejan los meses con ganancias de agua por lluvia y las pérdidas por evaporación, escorrentía, así como la variación de las reservas de agua en el suelo. Se puede conocer los periodos con déficit y excesos de agua. El déficit de agua en San Rafael d y e, es 597 mm/año, y 660 mm/año respectivamente. El exceso para cada una de los suelos es de 334 y 397 mm/año, y el CRAD es de 108 y 45 mm, respectivamente

Balance hídrico San Rafael d

El déficit de agua se da desde noviembre hasta abril. Noviembre-diciembre (meses que prácticamente llueve muy poco o poco ver tabla 11, figura 12), Al igual que la serie Santa Teresa en mayo inicia la época lluviosa, donde se produce la reserva en el suelo hasta el mes de noviembre. Se observa también en la figura 12 que en los periodos de noviembre a abril, las plantas utilizan la reserva del suelo que se ha acumulado.

Tabla 11. Balance hídrico (mm) de la serie de suelo San Rafael (d), municipio Santa Teresa

Mes	P	ETP	P-ETP	PPA	RES	VRES	ETR	DEF	EXC
Enero	7	122.6	-115	-269	8	-17	24	98	0
Febrero	1.8	125.6	-123	-392	2	-6	7.8	117	0
Marzo	5.6	159.3	-153	-545	0	-2	7.6	151	0
Abril	17.9	177.9	-160	-705	0	0	17.9	160	0
Mayo	212	185.7	26	-150	26	26	186	0	0
Junio	246	152	94	0	108	82	152	0	12
Julio	143.5	151.8	-8	-8	100	-8	151.5	0	0
Agosto	160.3	147.7	12	0	108	8	147.7	0	4
Septiembre	287	134.8	152	0	108	0	134.8	0	152
Octubre	295.9	129.6	166	0	108	0	129.6	0	166
Noviembre	75.5	121.4	-45	-45	71	-37	112.5	8	0
Diciembre	14	123.9	-109	-154	25	-46	60	63	0
Total año	1467.3	1732.3	-263				1131.4	597	334

P: Precipitación; ETP: Evapotranspiración; P-ETP: Precipitación menos Evapotranspiración Potencial; PPA: Pérdida Potencial Acumulada; RES: Reserva; VRES: Variación de la reserva; ETR: Evapotranspiración Real; DEF: Déficit; EXC: Exceso

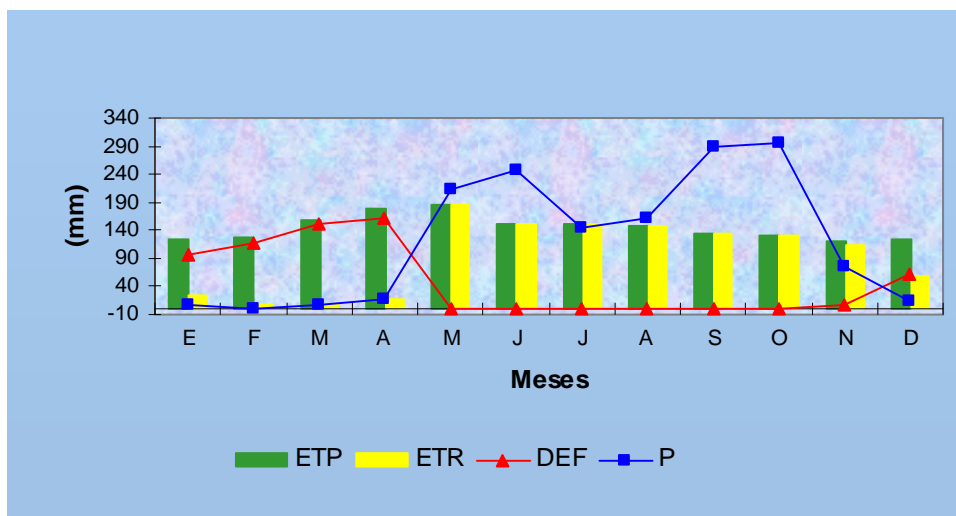


Figura 12. Períodos de exceso o deficiencia de agua para la serie de suelo San Rafael (d)

Balance hídrico San Rafael e

Los periodos con déficit inician en noviembre y terminan en mayo (ver tabla 12 y figura 13). La utilización de la reserva del suelo se da de noviembre a abril (meses en que la Evapotranspiración Real es mayor que la precipitación). El Almacenamiento máximo (reserva más excesos) se dan en los meses de septiembre y octubre.

Tabla 12. Balance hídrico (mm) de la serie de suelo San Rafael (e), municipio Santa Teresa

Mes	P	ETP	P-ETP	PPA	RES	VRES	ETR	DEF	EXC
Enero	7	122.6	-115	-269	0	-1	8	114	0
Febrero	1.8	125.6	-123	-392	0	0	1.8	123	0
Marzo	5.6	159.3	-153	-545	0	0	5.6	153	0
Abril	17.9	177.9	-160	-705	0	0	17.9	160	0
Mayo	212	185.7	26	-23	26	26	186	0	0
Junio	246	152	94	0	45	19	152	0	75
Julio	143.5	151.8	-8	-8	37	-8	151.5	0	0
Agosto	160.3	147.7	12	0	45	8	147.7	0	4
Septiembre	287	134.8	152	0	45	0	134.8	0	152
Octubre	295.9	129.6	166	0	45	0	129.6	0	166
Noviembre	75.5	121.4	-45	-45	16	-29	104.5	16	0
Diciembre	14	123.9	-109	-154	16	-15	29	94	0
Total año	1467.3	1732.3	-263				1402.4	660	397

P: Precipitación; ETP: Evapotranspiración; P-ETP: Precipitación menos Evapotranspiración Potencial; PPA: Pérdida Potencial Acumulada; RES: Reserva; VRES: Variación de la reserva; ETR: Evapotranspiración Real; DEF: Déficit; EXC: Exceso

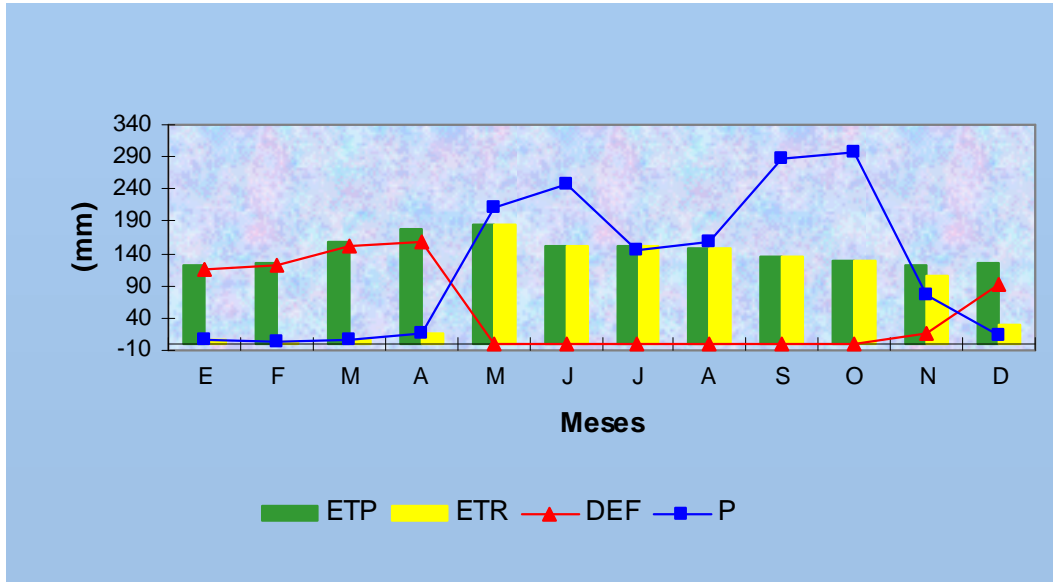


Figura 13. Períodos de exceso o deficiencia de agua para la serie de suelo San Rafael (e)

3.3.3. Balance hídrico serie de suelo Buena Vista (BV)

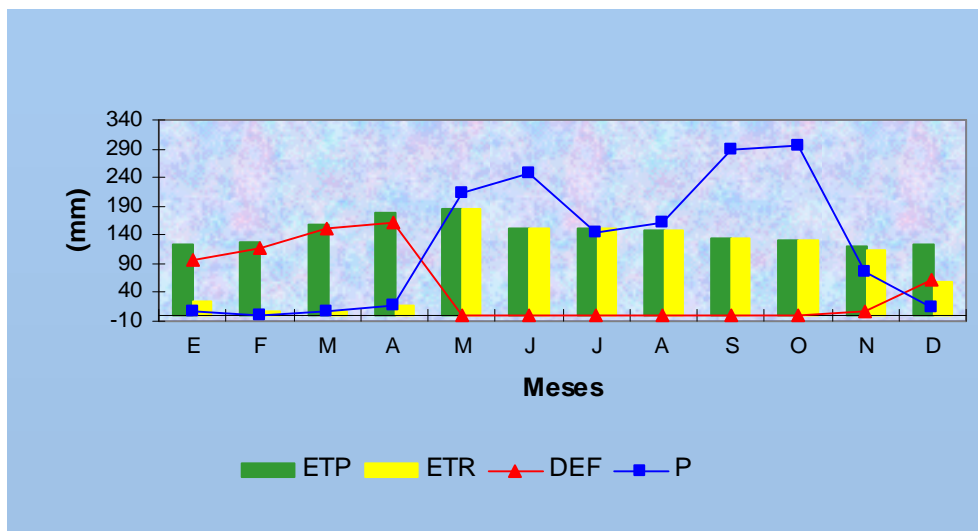
En la tabla 13 se presenta el balance hídrico para la serie de suelos de Buena Vista; aquí se indica los meses con ganancias de agua por lluvia y las pérdidas por evaporación, escorrentía, así como la variación de las reservas de agua en el suelo. Se puede conocer los periodos con déficit y excesos de agua. El déficit de agua en esta serie es 535 mm/año. El exceso es de 322 mm/año. El CRAD para esta serie es de 172.01 mm

Tabla 13. Balance hídrico (mm) de la serie de suelo Buena Vista, municipio Santa Teresa

Mes	P	ETP	P-ETP	PPA	RES	VRES	ETR	DEF	EXC
Enero	7	122.6	-115	-269	36	-34	41	81	0
Febrero	1.8	125.6	-123	-392	17	-19	20.8	104	0
Marzo	5.6	159.3	-153	-545	7	-10	15.6	143	0
Abril	17.9	177.9	-160	-705	2	-5	22.9	155	0
Mayo	212	185.7	26	-307	28	26	186	0	0
Junio	246	152	94	-58	122	94	152.8	0	0
Julio	143.5	151.8	-8	-8	164	42	185.5	0	0
Agosto	160.3	147.7	12	0	172	8	147.7	0	4
Septiembre	287	134.8	152	0	172	0	134.8	0	152
Octubre	295.9	129.6	166	0	172	0	129.6	0	166
Noviembre	75.5	121.4	-45	-45	132	-40	115.5	5	0
Diciembre	14	123.9	-109	-154	70	-62	76	47	0
Total	1467.3	1732.3	-263				1228.2	535	322

:P: Precipitación; ETP: Evapotranspiración; P-ETP: Precipitación menos Evapotranspiración Potencial; PPA: Pérdida Potencial Acumulada; RES: Reserva; VRES: Variación de la reserva; ETR: Evapotranspiración Real; DEF: Déficit; EXC: Exceso

Figura 14. Períodos de exceso o deficiencia de agua para la serie de suelo Buena Vista



Los periodos con déficit inician a mediados de noviembre y terminan prácticamente en mayo, mes en que inicia la época lluviosa (figura 14). La utilización de la reserva del suelo se da durante los meses de diciembre hasta abril (meses en que la Evapotranspiración Real es mayor que la precipitación). El Almacenamiento máximo (reserva más excesos) se dan en los meses de septiembre y octubre.

3.3.4. Balance hídrico serie de suelo Masatepe (MS)

En la tabla 14 se presenta el balance hídrico para la serie de suelos Masatepe, en el cual se determinan los meses con ganancias de agua por lluvia y las pérdidas por evaporación, escorrentía, así como la variación de las reservas de agua en el suelo; se puede conocer los periodos con déficit y excesos de agua. El déficit de agua en estos suelos es de 585 mm/año; el exceso es de 322 mm/año y el CRAD para esta serie es de 120.64 mm.

El déficit de agua inicia en noviembre y finaliza en abril (ver tabla 14); la reserva del suelo comienza en el mes de mayo que es cuando inicia el invierno; los mayores excedentes se dan en el mes de junio, septiembre y octubre, que es cuando se registran las máximas precipitaciones (30 años de registro). Se observa también en la figura 15 que en los periodos de noviembre a abril, las plantas utilizan la poca reserva del suelo que se ha podido acumular.

Tabla 14. Balance hídrico (mm) de la serie de suelos Masatepe, municipio Santa Teresa

Mes	P	ETP	P-ETP	PPA	RES	VRES	ETR	DEF	EXC
Enero	7	122.6	-115	-269	12	-21	28	94	0
Febrero	1.8	125.6	-123	-392	4	-8	9.8	115	0
Marzo	5.6	159.3	-153	-545	1	-3	8.6	150	0
Abril	17.9	177.9	-160	-705	0	-1	18.9	159	0
Mayo	212	185.7	26	-179	26	26	186	0	0
Junio	246	152	94	0	120	94	152	0	0
Julio	143.5	151.8	-8	-8	112	-8	151.5	0	0
Agosto	160.3	147.7	12	0	120	8	147.7	0	4
Septiembre	287	134.8	152	0	120	0	134.8	0	152
Octubre	295.9	129.6	166	0	120	0	129.6	0	166
Noviembre	75.5	121.4	-45	-45	82	-38	113.5	7	0
Diciembre	14	123.9	-109	-145	33	-49	63	60	0
	1467.3	1732.3	-263				1143.4	585	322

P: Precipitación; ETP: Evapotranspiración; P-ETP: Precipitación menos Evapotranspiración Potencial; PPA: Pérdida Potencial Acumulada; RES: Reserva; VRES: Variación de la reserva; ETR: Evapotranspiración Real; DEF: Déficit; EXC: Exceso

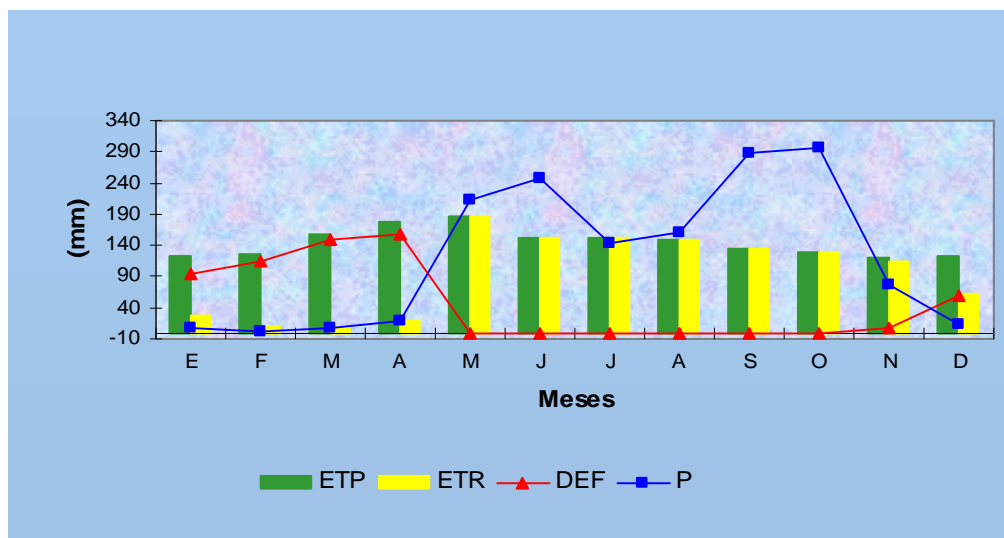


Figura 15. Períodos de exceso o deficiencia de agua para la serie de suelo Masatepe

3.3.5. Balance hídrico Tierras escarpadas (Q)

En la tabla 15 se presenta el balance hídrico de las tierras escarpadas (Q). El déficit en estos suelos es de 638 mm/año y el exceso de 375, siendo los meses de septiembre y octubre en los que se dan las máximas precipitaciones. El CRAD es de 67.2 mm.

Tabla 15. Balance hídrico (mm) de la serie de suelo Q, municipio Santa Teresa

Mes	P	ETP	P-ETP	PPA	RES	VRES	ETR	DEF	EXC
Enero	7	122.6	-115	-269	1	-5	12	110	0
Febrero	1.8	125.6	-123	-392	0	-1	2.8	122	0
Marzo	5.6	159.3	-153	-545	0	0	5.6	153	0
Abril	17.9	177.9	-160	-705	0	0	17.9	160	0
Mayo	212	185.7	26	-61	26	26	186	0	0
Junio	246	152	94	0	67	41	152	0	53
Julio	143.5	151.8	-8	-8	59	-8	151.5	0	0
Agosto	160.3	147.7	12	0	67	8	147.7	0	4
Septiembre	287	134.8	152	0	67	0	134.8	0	152
Octubre	295.9	129.6	166	0	67	0	129.6	0	166
Noviembre	75.5	121.4	-45	-45	34	-33	108.5	12	0
Diciembre	14	123.9	-109	-154	6	-28	42	81	0
	1467.3	1732.3	-263				1090.4	638	375

P: Precipitación; ETP: Evapotranspiración; P-ETP: Precipitación menos Evapotranspiración Potencial; PPA: Pérdida Potencial Acumulada; RES: Reserva; VRES: Variación de la reserva; ETR: Evapotranspiración Real; DEF: Déficit; EXC: Exceso

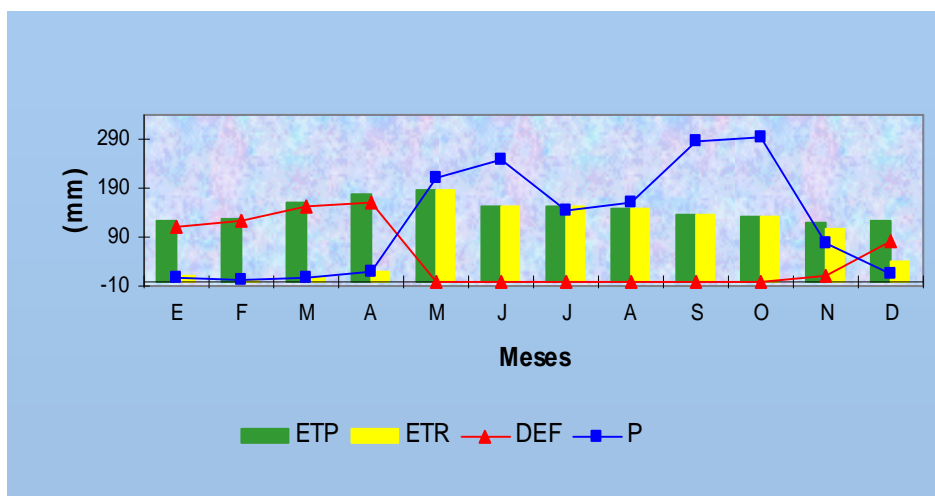


Figura 16. Períodos de exceso o deficiencia de agua para la serie de suelo Q

Se observa en la figura 16 que en los periodos de noviembre a abril las plantas utilizan la poca reserva del suelo que se ha podido acumular, periodo en que se da el déficit de agua en el suelo. Este déficit termina una vez que inicia la época lluviosa, donde se dan los máximos excedentes en los meses de junio, septiembre y octubre.

Dada la problemática de déficit de agua que hay en el municipio se sugiere buscar alternativas de captación de agua, tanto para uso domestico, aguar el ganado y muy especialmente para la recarga del acuífero, ya que en los meses de marzo y abril se presentan los mayores valores de

déficit de agua; los niveles freáticos bajan significativamente provocando que la población padezca por falta del vital líquido, principalmente en las microcuencas que drenan al mar.

3.4. Calidad del agua de los principales ríos del municipio

3.4.1. Calidad físico – química del agua

Las variables físico-químicas más empleadas para determinar la utilización del agua bajo el punto de vista higiénico, alimenticia e industrial son: el pH, la alcalinidad, dureza, Oxígeno disuelto, fósforo, nitrógeno, demanda biológica de Oxígeno (DBO), turbiedad, sólidos totales, sólidos disueltos y conductividad eléctrica. A partir de ello se han creado índices que constituyen las clasificaciones cualitativas y cuantitativas. Estos índices tienen el propósito de simplificar la información para que pueda ser útil para la toma de decisiones; se concentran en los factores ambientales claves y comunican información sobre la calidad del medio afectado. En el presente estudio se priorizaron los análisis fisicoquímicos de pH, DBO y DQO.

3.4.1.1. Análisis de pH

El pH está definido como la concentración de iones hidrógenos en el agua. En general, los valores de pH encontrados en todos los sitios de monitoreo evaluados son considerados adecuados. En el primer muestreo el rango osciló entre 7.7 y 7.9, los valores más altos corresponden al río La Pita (ver figura 17). En el segundo muestreo el rango osciló entre 7.2 y 7.7, siendo el río La Pita el que presentó los valores más altos (7.6-7.7).

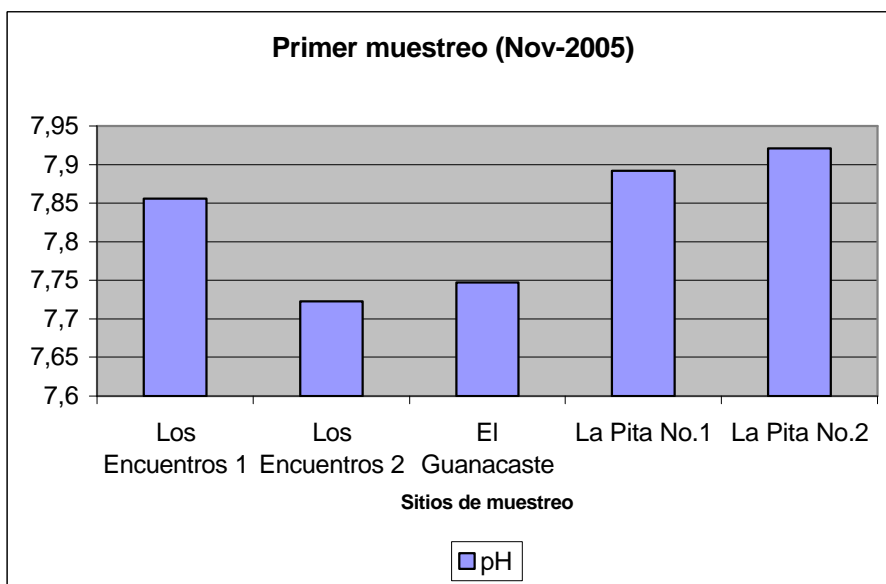


Figura 17. Valores de pH del agua, muestreo noviembre 2005

Los valores altos de pH presentados en el río La Pita puede atribuirse a la influencia del material parental (roca subyacente) en el área de la microcuenca. El agua de la escorrentía

subsuperficial disuelve iones alcalinos, que posteriormente son arrastrados a las aguas del río, dando los valores de pH ligeramente mayores con respecto a los afluentes del río Ochomogo.

Por otra parte, el rango de variación de pH en el segundo muestreo (ver figura 18) es más amplio; quizás esto se explique por el hecho que en el primer muestreo el agua de las lluvias que recién habían escurrido, llevaron hasta el cauce iones disueltos desde distintos tipos de materiales superficiales; sin embargo, una vez que las lluvias cesan queda únicamente el flujo subsuperficial, marcando de manera mas clara la influencia del tipo de roca de cada microcuenca bajo estudio.

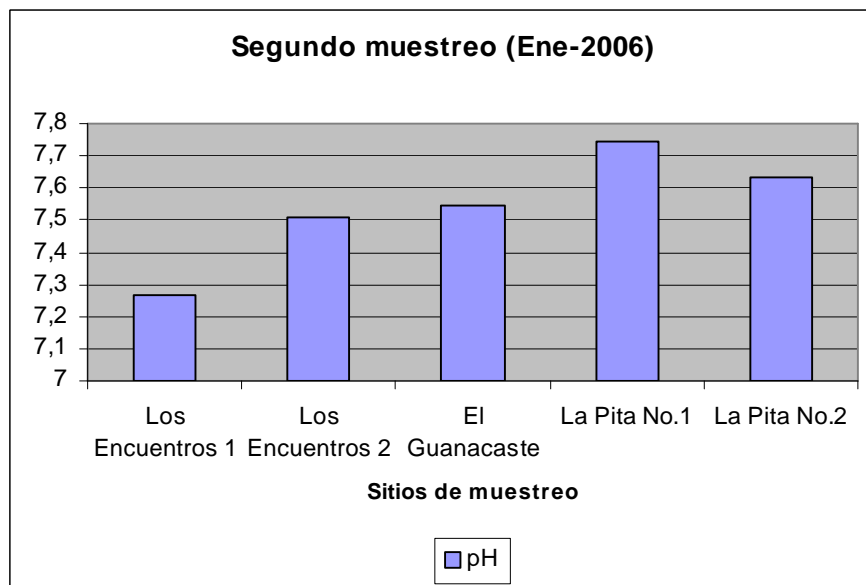


Figura 18. Valores de pH del agua, muestreo enero 2006

3.4.1.2. Análisis de DBO y DQO en las aguas

Los microorganismos tales como las bacterias son responsables de descomponer los desechos orgánicos. Cuando la materia orgánica como plantas muertas, hojas, recortes de pasto, boñiga, aguas negras e incluso desechos de comida, está presente en el suministro de agua, permite que las bacterias inicien el proceso de descomposición de dichos desechos. Cuando esto sucede, mucho del oxígeno disuelto disponible lo consumen las bacterias aeróbicas, robándoles el oxígeno a otros organismos acuáticos que lo necesitan para vivir.

La *Demanda Biológica de Oxígeno* (DBO) es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica existente de forma bioquímica aerobia. Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el suministro de agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer ese desecho; en este caso, la demanda de oxígeno será alta (debido a todas las bacterias) y por tanto el nivel de la DBO será alto. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO empezarán a bajar. En la tabla 16 se presentan los parámetros para la interpretación de resultados de DBO

Generalmente, cuando los niveles de DBO son altos, hay una reducción en los niveles de Oxígeno Disuelto. Esto sucede debido a que la demanda de oxígeno por parte de las bacterias es alta y ellas están tomando el oxígeno del oxígeno disuelto en el agua. Producto que hay menos oxígeno disuelto disponible en el agua, los peces y otros organismos acuáticos tienen la posibilidad de no sobrevivir. Si no hay materia orgánica en el agua, no habrá muchas bacterias presentes para descomponerla y, por ende, la DBO tenderá a ser menor y el nivel de Oxígeno disuelto tenderá a ser más alto.

Tabla 16. Parámetros de interpretación de resultados de Demanda Biológica de Oxígeno en agua superficiales.

Nivel DBO (ppm)	Calidad del Agua
1 - 2	Muy Buena: No hay mucho desecho orgánico presente en la muestra de agua
3 - 5	Aceptable: Moderadamente Limpia
6 - 9	Mala: Algo Contaminada. Generalmente indica que hay materia orgánica presente y que las bacterias están descomponiendo este desecho.
10 o más	Muy Mala: Muy Contaminada: Contiene desecho orgánico.

Durante el primer muestreo encontramos valores de DBO de 9.44 ppm en el sitio Los Encuentros 1, lo cual nos lleva a suponer que el agua estaba algo contaminada con desechos orgánicos. Aguas abajo, en el sitio correspondiente a Los Encuentros 2 (cercano a la desembocadura del río Medina en el río Ochomogo) encontramos valores de 3.39 por lo que podemos afirmar que estos desechos disminuyen significativamente en el curso del río aguas abajo. Los valores de DBO encontrados en los otros tres sitios de muestreo, indica aguas de muy buena calidad en dichos ríos (ver figura 19).

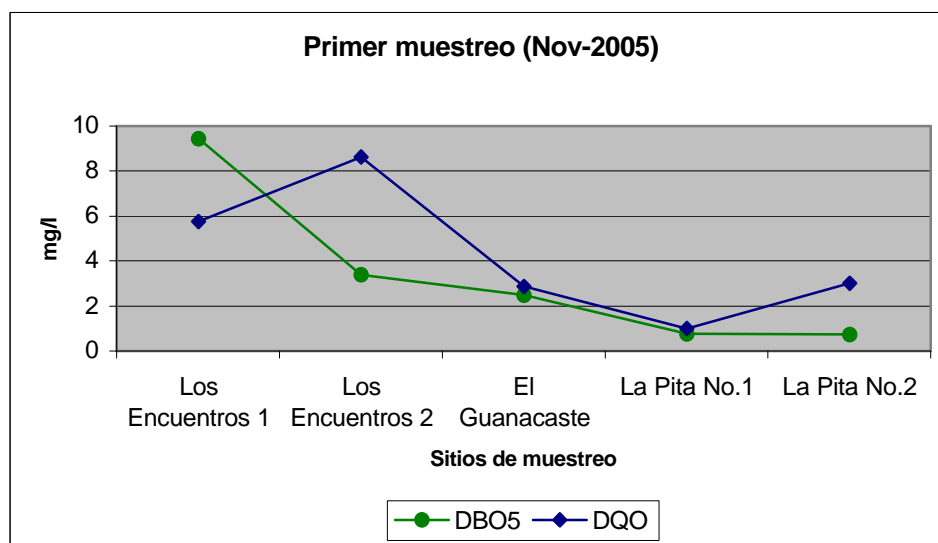


Figura 19. Valores de DBO del agua, muestreo noviembre 2005

Para el segundo muestreo, la calidad del agua en base a la DBO de los cinco sitios evaluados, se clasifica como muy buena, debido a que sus valores nunca exceden a 2 ppm. Esto quiere decir que había muy poca materia orgánica en el agua y por tanto muy poca actividad bacteriana (ver figura 20).

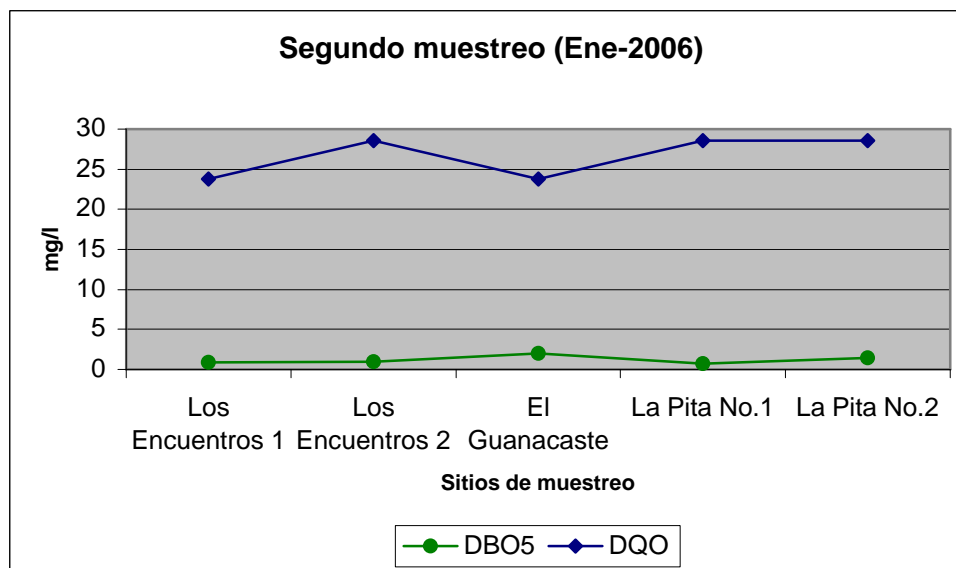


Figura 20. Valores de DBO del agua, muestreo noviembre 2005

Las mediciones de DBO son usadas como indicadores de contaminación. Sin embargo, también se puede medir la Demanda Química de Oxígeno que indica además del material biodegradable, el material no biodegradable presente. La demanda química de oxígeno (DQO), es la cantidad de oxígeno que se necesitará para oxidar toda la materia orgánica presente en el agua. La relación entre DBO y DQO nos indicará el tipo de vertido y su posibilidad de depuración:

- $DBO/DQO > 0.6$, es un vertido orgánico, fácilmente depurable de forma biológica.
- $DBO/DQO < 0.2$, es un vertido inorgánico, imposible de depurar de forma biológica.

Los valores de la DQO han de estar en relación con los de la DBO; si la DQO es mucho mayor que la DBO, una parte importante de la materia orgánica presente en el agua no será fácilmente biodegradable.

Las relaciones DBO/DQO que se observaron durante el primer muestreo nos indican que toda la materia orgánica presente en el agua es fácilmente depurable de forma biológica. Aun en el primer sitio de Los Encuentros, donde se obtuvo un valor muy alto de desechos orgánicos, al relacionarlo con la DQO nos muestra que toda la contaminación es fácilmente biodegradable.

En el segundo muestreo las relaciones DBO/DQO en los cinco sitios de monitoreo nos muestran que aunque existe muy poca contaminación, estos contaminantes no son biodegradables.

3.4.2. Análisis de la calidad biológica del agua de los principales ríos

Para analizar la perturbación sufrida en un ecosistema acuático, los métodos tradicionalmente utilizados han sido los físico-químicos, pero estos ofrecen tan solo información puntual del estado del agua. Actualmente, los análisis biológicos que se efectúan con base a organismos están siendo fuertemente implementados, ya que dan información de lo que aconteció días y horas antes de la toma de la muestra. Además, el análisis biológico es más económico que el físico-químico, debido a los altos costos que han tenido en los últimos años los equipos y reactivos del laboratorio (Alba-Tercedor, 1996). Es aceptado que el análisis biológico no reemplaza la información físico-química, pero ambos convergen y se complementan (García, 2003).

De todas la metodologías que usan bioindicadores, la más utilizada se basa en el estudio de macro-invertebrados acuáticos, debido a que son relativamente grandes y tienen un ciclo de vida largo, que los hace permanecer en el agua el tiempo suficiente para detectar la perturbación, por lo que son sensitivos a los impactos de fuentes difusas y puntuales. Los macro-invertebrados acuáticos son muy diversos y con una amplia gama de tolerancia frente a la contaminación, y pueden ser usados para medir el impacto de la contaminación térmica. Además, su muestreo es fácil y existen técnicas de colectas estandarizadas de medición que no requieren equipos costosos (Alba-Tercedor, 1996).

Los macro-invertebrados son organismos que se observan a simple vista. Normalmente, poseen un tamaño mayor a 0.5 mm. Dentro de este grupo se encuentran Poríferos, Hidrozoos, Turbellarios, Oligoquetos, Hirudíneos, Insectos, Arácnidos, Crustáceos, Gasterópodos y Bivalvos. Estos viven en lagos y ríos enterrados en el fondo, sobre rocas y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada. Algunos nadan libremente dentro del agua o sobre la superficie (Roldán, 1992). Ejemplo de estos organismos son los insectos como los pertenecientes a Trichóptera, Ephemeroptera, Plecóptera, Díptera, Coleóptera, Megalóptera y Hemíptera.

El objetivo de emplear este método fue generar información básica que permita determinar las tendencias de la calidad del agua, en sitios específicos dentro del municipio. Los resultados obtenidos pueden servir como el diagnóstico de línea base para un futuro programa de monitoreo de la calidad de las aguas, que contribuyan a la toma de decisiones para implementar acciones de manejo sostenible en las cuencas. Además, permite identificar las zonas dentro del municipio que se deban priorizar, para ejecutar acciones de manejo para la conservación del agua y de los demás recursos naturales.

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macro-invertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y del tiempo que se requiere invertir. El método solo requiere identificar a los macro-invertebrados hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia / ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuridae, reciben un puntaje de 10; en cambio las más tolerantes a la contaminación, por ej: Tubificidae recibe una puntuación de 1 (Armitage et al, 1992). La suma de los puntajes de todas las familias da el puntaje total

BMWP. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxon) esto es, el puntaje total BMWP dividido por el número de los taxa. Los valores ASPT van de 0 a 10; un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicará condiciones graves de contaminación.

En Nicaragua no existe hasta el momento suficiente información para calibrar este método de bioindicadores a las cuencas nacionales, pero basados en el conocimiento que actualmente se tiene en Costa Rica y Colombia de los diferentes grupos de macro invertebrados hasta el nivel de Familia, *se propone utilizar el método BMWP/Col como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos de montaña* (Ver tabla 17). Se hace énfasis en este punto, pues es en esta región donde se ha trabajado más intensamente y por lo tanto, la información se considera confiable (Roldán, 1988, 1992,1997,1999). Zúñiga de Cardozo et al (1997) fueron los primeros quienes hicieron una adaptación de este método para algunas cuencas del Valle del Cauca, Colombia. Recientemente García 2003, en el río Tascalapa, Yoro, Honduras ha evaluado y calibrado este método como indicadores de la calidad del agua.

Tabla 17. Puntajes dados para las diferentes familias de macro invertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col (Colombia).

Familias	Puntaje
Perlidae, Oligoneuridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Lampiridae, Odontoceridae, Blepharoceridae, Psephenidae, Hidridae, Chordodidae, Lymnessiidae “hidracáridos”, Polythoridae, Gomphidae.	10
Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Dytiscidae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae, Gyrinidae.	9
Veliidae, Gerridae, Philopotamidae, Simulidae, Pleidae, Trichodactylidae, Saldidae, Lestidae, Pseudothelphusidae, Hebridae, Hydrobiidae.	8
Baetidae, Calopterygidae, Glossosomatidae, Corixidae, Notonectidae, Leptohiphidae, Dixidae, Hyalellidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Psychodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae, Caenidae.	7
Ancylidae, Lutrochidae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Limnychidae, Neritidae, Pilidae, Megapodagrionidae, Corydalidae.	6
Hydropsychidae, Gelastocoridae, Belostomatidae, Nepidae Pleuroceridae, Tabanidae, Thiaridae, Pyralidae, Planorbidae.	5
Chrysomelidae, Mesovelidae, Stratiomidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae.	4
Hirudinea (Glossiphoniidae, Cyclobdellidae), Physidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Tipulidae, Ceratopogonidae.	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae.	2
Oligochaeta (Tubificidae).	1

La tabla 18 muestra las cinco clases de calidad del agua, resultantes de sumar la puntuación obtenida por las familias encontradas en un ecosistema determinado. El total de los puntos se designan como valores BMWP/Col. El puntaje total BMWP dividido por el número de los taxa es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio y se le conoce como ASPT (Armitage et al, 1992). De acuerdo con el puntaje obtenido en cada situación, se

califican las distintas clases de agua, asignándole a cada una de ellas un color determinado. Este color es el que se usa luego para marcar los ríos y corrientes en el mapa de la región estudiada.

Tabla 18. Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas.

Clase	Calidad	BMWP/Col	ASPT	Significado	Color
I	Buena	>150 101-120	9 -10	Aguas muy limpias, Aguas no contaminadas o poco alteradas	Azul
II	Aceptable	61-100	7 - 9	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	5 - 7	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	3 - 5	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	0 - 3	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Nota: Una escala similar esta propuesta en la Ley de Aguas de Costa Rica, 2003

El principal criterio establecido para seleccionar los sitios de muestreo en el municipio Santa Teresa fueron el tamaño e importancia de las microcuencas del municipio. Un punto de muestreo se ubicó en la parte alta de la cuenca y otro en la parte baja, para tratar de abarcar un transecto bastante amplio y considerar posibles fuentes de contaminación a lo largo del afluente.

La fecha de muestreo fue también otro factor a considerar. La primera fecha fue durante el ciclo agrícola conocido como postrera, en la cual se suponen actividades como aplicación de pesticidas y fertilizantes. La segunda fecha fue después de la época lluviosa, tratando así, de mostrar el efecto de la retirada de la lluvia y el no uso de agroquímicos.

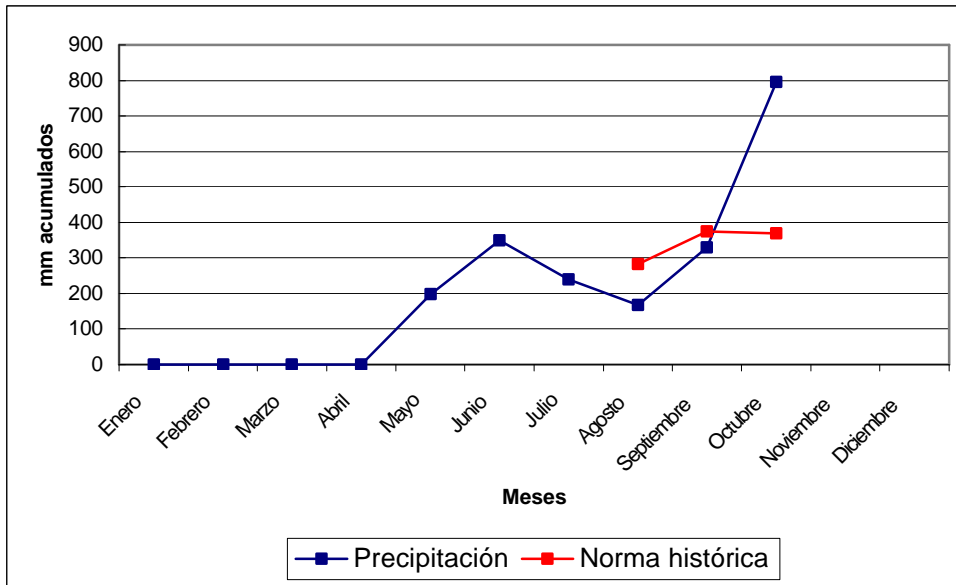
3.4.2.1. Primer muestreo: Noviembre 2005

El primer muestreo, que inicialmente estaba programado para el mes de septiembre, se realizó en la tercera semana de Noviembre del 2005, debido a los problemas de accesibilidad y el riesgo muy elevado de las crecidas, lo cual impidió que se realizara el muestreo en el cauce de los ríos.

Hay que hacer notar que el año 2005 fue especialmente muy lluvioso, con numerosos huracanes, tormentas y depresiones tropicales. Los registros históricos de INETER, mencionan que durante el mes de Julio, el territorio nacional fue afectado por ocho ondas tropicales de las cuales la número 18 y 19 estuvieron asociadas al huracán Denis; en el mes de Agosto hubieron 6 ondas tropicales, de las cuales la número 34 y 35 estuvieron asociadas al huracán Katrina; en Septiembre ocurrieron fuertes lluvias producto de 8 ondas tropicales, de las cuales la numero 45 y 46 fueron por influencia indirecta del huracán Rita. En el mes de

Octubre los acumulados de precipitación superaron la norma histórica (ver figura 21). La onda tropical 47 asociada a los huracanes Stan y Wilma y la afectación directa del Huracán Beta, fueron los principales responsables de las fuertes precipitaciones.

Figura 21. Comportamiento de la precipitación en relación a la norma histórica



Es de esperarse que estas intensas lluvias tuvieran alguna afectación en la calidad del agua y en las poblaciones de macro-invertebrados. En primer lugar muchos productores no lograron sembrar o no sembraron toda el área acostumbrada, debido a que los prolongados períodos de lluvia no se los permitió; ésto tuvo una incidencia directa en las cantidades de agroquímicos que normalmente se pueden esperar que ocurran en este período.

En segundo lugar, hubieron crecidas en los ríos que lavaron fuertemente el sustrato donde se alojan comúnmente las poblaciones de macro-invertebrados, así como también lavaron cualquier elemento tóxico o contaminante en la corriente de los ríos.

Las familias identificadas en el primer muestreo en su mayor parte corresponden a las que son indicadoras de **calidad de agua aceptable** (ver figura 22), predominado aquellas con valores BMWP de 7 como las Baetidae y Libellulidae con 6. El número total de familias fue de 12 para los cinco puntos.

El punto denominado La Pita 1 fue el sitio de menor biodiversidad con solamente cuatro familias. Sin embargo, en la parte baja (La Pita 2) este se número se incrementa. Los bajos valores de biodiversidad en todos los sitios de muestreo



probablemente sean consecuencias de los fuertes aguaceros que caracterizaron el mes antecedente (Octubre de 2005).

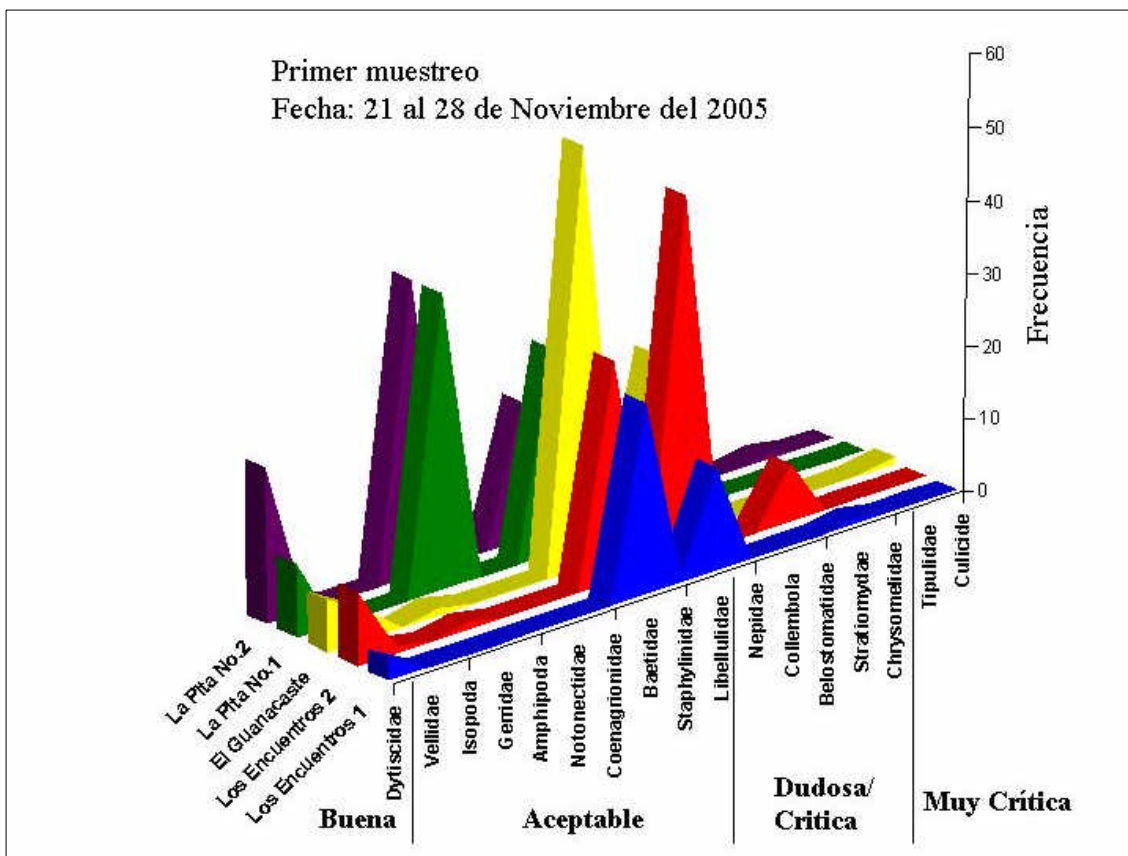


Figura 22. Familias de macro-invertebrados y calidad del agua, noviembre 2006

3.4.2.2. Segundo muestreo: enero 2006

Las familias identificadas en el segundo muestreo en su mayor parte corresponden a las que son indicadoras de **calidad de agua aceptable** (ver figura 23), predominando aquellas con valores BMWP de 7 como las Baetidae y Libellulidae con 6; se nota un crecimiento significativo de la familia Coenagrionidae, la cual tiene un puntaje BMWP de 7. El número total de familias fue de 12.

El sitio con menor biodiversidad fue La Pita 1 (5 familias), donde en esta ocasión no encontramos especímenes de la familia Libellulidae; sin embargo, llegamos a encontrar con mayor frecuencia a la familia Dytiscidae que son indicadoras de buena calidad de agua.

Otra observación importante es que en los afluentes del río Ochomogo (Los Encuentros 1 y 2, y El Guanacaste) no encontramos camarones (Amphipoda), encontrándose únicamente en los afluentes del río Escalante (río La Pita 1 y 2); de acuerdo a literatura consultada, el camarón requiere de pH alcalino y presencia de calcio en el agua, elemento que es vital para que ellos puedan desarrollar su exoesqueleto, ya que ellos mudan varias veces durante su ciclo de vida. En las figuras 17 y 18 de pH es posible notar que en ambas fechas de muestreo, los valores

más altos se presentaron en el río La Pita. Pero, también se puede agregar el hecho que los ríos Ochomogo y Escalante tiene diferentes destinos; el primero drena al lago de Nicaragua y el Escalante drena directamente al Océano Pacífico, lo cual facilita que algunas especies de camarón suban río arriba.

El camarón es una especie muy sensible a la presencia de pesticidas agrícola en el agua de los ríos, por lo que las poblaciones de camarón se convierten en un buen indicador de aguas libres de contaminación por pesticidas.

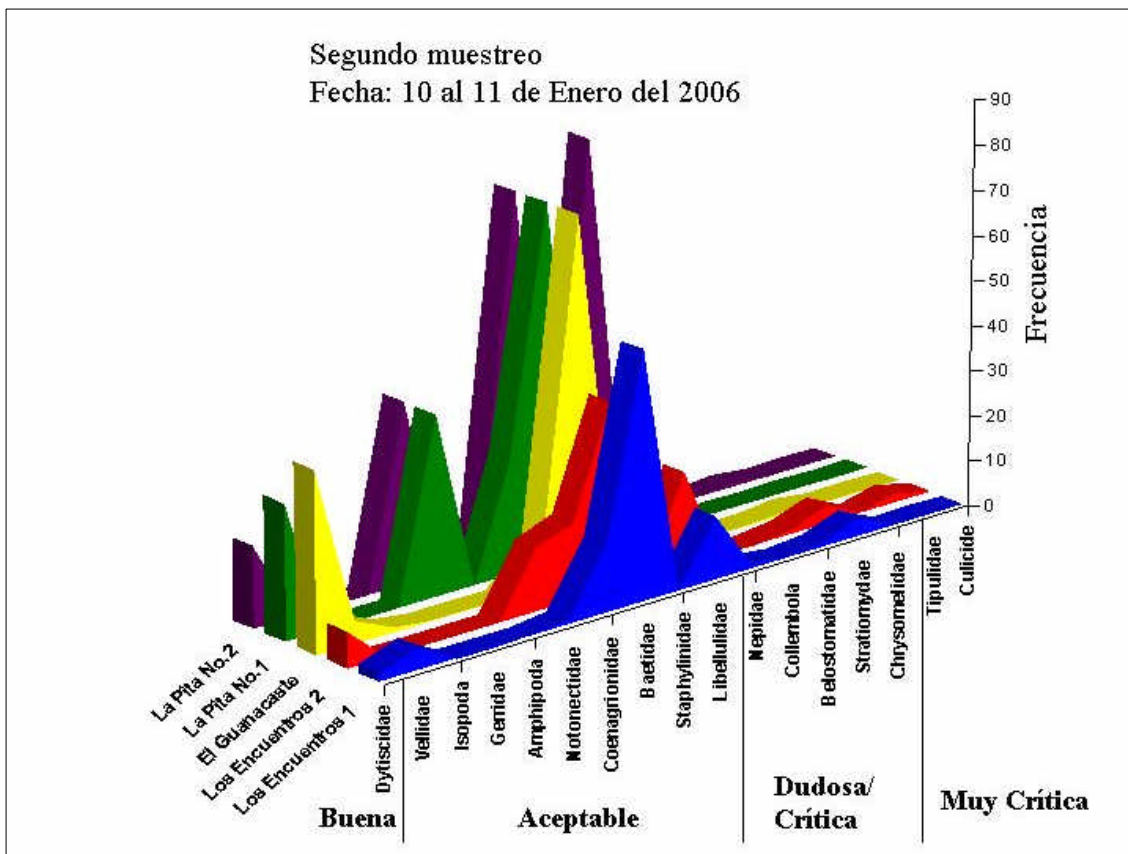


Figura 23. Familias de macro-invertebrados y calidad del agua, enero 2006

3.4.3. Análisis bacteriológico del agua

Las bacterias que se encuentran en el agua pueden agruparse en tres categorías. Bacterias naturales del agua, bacterias del suelo y bacterias de origen intestinal. Las dos primeras clases de bacterias generalmente no tienen importancia sanitaria, mientras que los organismos de origen intestinal son responsables de enfermedades de origen hídrico. Entre los organismos de origen intestinal se encuentran los provenientes de la flora normal del intestino del hombre y de los animales de sangre caliente, considerándolas indicadores de contaminación (Roldán, 1992).

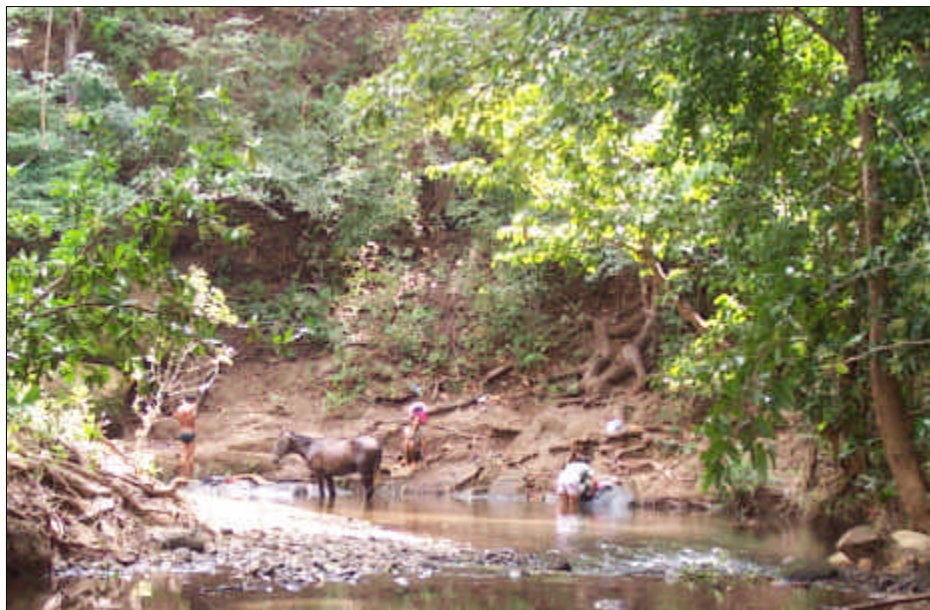
En los análisis rutinarios de laboratorios no se acostumbra a diferenciar cada uno de estos organismos, ya que se les considera a todos de forma colectiva, como miembros del grupo coliforme, dándole la misma importancia desde el punto de vista sanitario. La determinación de la presencia del grupo coliforme constituye el indicio más delicado y fidedigno de polución, así como de la eficacia de la purificación y de la potabilidad del agua.

Específicamente los coliformes fecales, bacterias de origen intestinal que se encuentran asociados al tracto digestivo de los mamíferos, incluyendo a los humanos, es un indicador de presencia de materia fecal reciente en el cuerpo de agua. Esto nos indica que puede existir una alta probabilidad de encontrar bacterias fecales patógenas.

Los coliformes pueden entrar directamente a los ríos por medio del desecho directo de mamíferos y de aves (o en sitios permanentes de aguar ganado), por escorrentía que arrastra estos desechos desde los campos de potreros y por vertidos puntuales (corrales muy próximos a las fuentes de agua).

De acuerdo a los resultados de laboratorio sobre coliformes totales y fecales encontramos que en todos los sitios de muestreo y en ambas fechas (Noviembre 2005 y Enero 2006) presentaron presencia de **coliformes fecales positivo** y niveles de **coliformes totales muy altos** (mayores o iguales a 1,600 NPM/100ml), muy por encima del nivel máximo permitido que es de 4 NMP/100ml cuando se trata de aguas para uso doméstico. El valor máximo permisible de coliformes fecales según las normas de calidad del agua para consumo humano (Norma regional CAPRE) debe ser negativo.

Entre las causas directas e indirectas observadas está el hecho que una buena parte del área de las cuencas bajo estudio, están dedicadas a la ganadería extensiva y se acostumbra aguar el ganado directamente en las fuentes. Otra de las causas es la materia fecal de cerdos y caballos que se bañan en el río y consumen el agua directamente en el río.



3.4.4. Evaluación de la integridad física de los sitios de muestreo

Para evaluar la calidad del entorno del sitio de muestreo se utilizó el *índice de integridad física de la estación de monitoreo*, según adaptación de la metodología elaborada por la Environmental Protection Agency (EPA, 2001) modificada por García 2003.

Este índice se obtiene a través de la medición de diferentes parámetros de hábitat, asignándole un puntaje a cada parámetro y calificando de acuerdo a las categorías que aparecen en la tabla 19.

Tabla 19. Categorías para la clasificación de la integridad física de los sitios de muestreo

Clasificación	Puntaje
Óptimo	20 - 16
Sub - óptimo	10 - 15
Marginal	5 - 10
Pobre	0 - 5

Los resultados encontrados se muestran en la tabla 20; de manera general los cinco puntos de muestreo presentan una **calidad Sub – óptima**, con puntajes que varían entre 13.4 y 15.7. El parámetro del hábitat mas afectado en todos los puntos de muestreo resultó ser el ancho de la vegetación riparia con una calificación de Pobre, lo cual indica que el bosque de galería que sirve de protección en la ribera del río tiene un ancho menor de 6 metros o está ausente debido a las actividades humanas.

Tabla 20. Resultados de la evaluación de la calidad del entorno del sitio de muestreo

Parámetros del hábitat	La Pita 1	La Pita 2	Encuentros 1	Encuentros 2	El Guanacaste
Substratos disponibles para la fauna	14	15	10	8	15
Perturbación de los hábitat disponibles	15	20	15	17	20
Velocidad Profundidad	20	17	20	20	20
Deposición de sedimentos	10	20	10	10	15
Flujo del canal	15	10	10	20	10
Alteración del canal	20	20	20	20	20
Frecuencia de hábitat	15	15	20	10	20
Estabilidad del canal	15	15	18	18	14
Protección por vegetación	5	15	15	15	15
Ancho de la zona riparia	5	10	5	5	5
Total puntaje	13,4	15,7	14,3	14,3	15,4

De acuerdo al puntaje total, el sitio La Pita 1 presentó el menor puntaje; sin embargo, ninguno de los puntos alcanza el valor de 16 puntos para que pueda llegar a ser considerado de una calidad Óptima.

De acuerdo a lo anterior, se sugiere establecer un programa de reforestación en estas riberas con el fin de proteger las fuentes de agua. Cabe señalar que la ley 462 “*Ley de conservación, fomento y desarrollo sostenible del sector forestal*”, en su artículo número 27 designa estas áreas como *Áreas Forestales de Protección Municipal* y delega a las alcaldías municipales, la responsabilidad y el cuidado de dichas áreas. Por considerarlo de mucho interés a continuación se transcribe textualmente el artículo de dicha Ley.

Sección 5 - Áreas Forestales de Protección Municipal

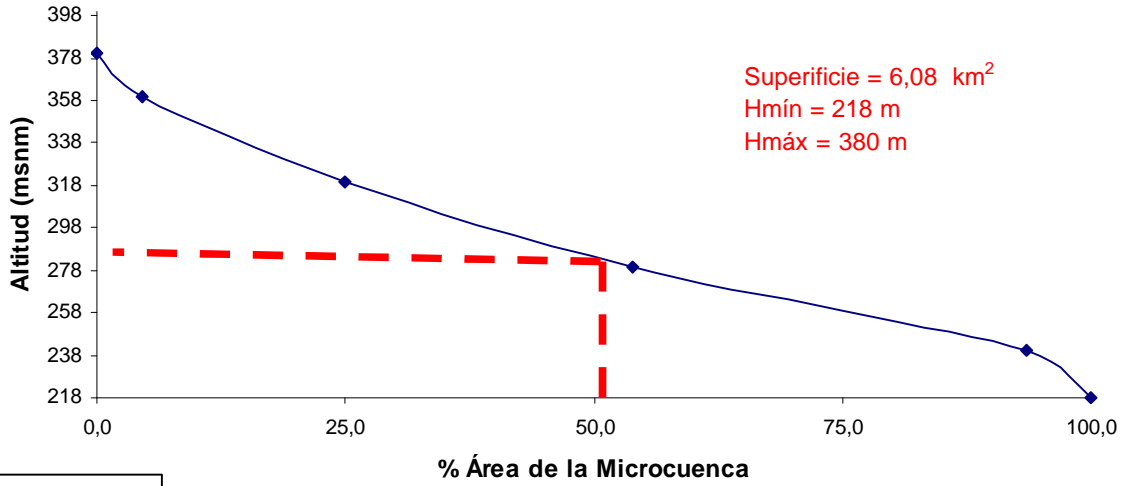
Arto. 27. Son Áreas Forestales de Protección Municipal, bajo la responsabilidad y el cuidado de las municipalidades, las ubicadas:

1. En una distancia de 200 metros medida horizontalmente de la marca máxima de marea o fluctuación del cuerpo de agua a partir de las costas de los lagos, embalses naturales, embalses artificiales y fuentes de agua.
2. En una distancia de 50 metros medidos horizontalmente a cada lado de los cauces y de los ríos.
3. En áreas con pendientes mayores de 75 %.

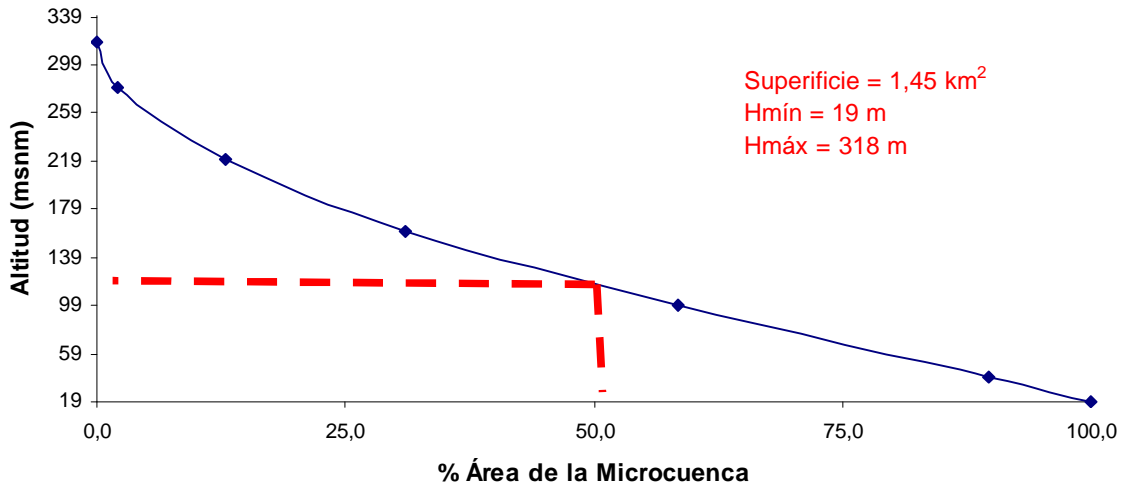
En estas áreas se prohíbe el corte de árboles en cualquiera de sus modalidades y se prohíbe el aprovechamiento forestal de la tala rasa, el uso de plaguicidas y la remoción total de la vegetación herbácea.

ANEXOS

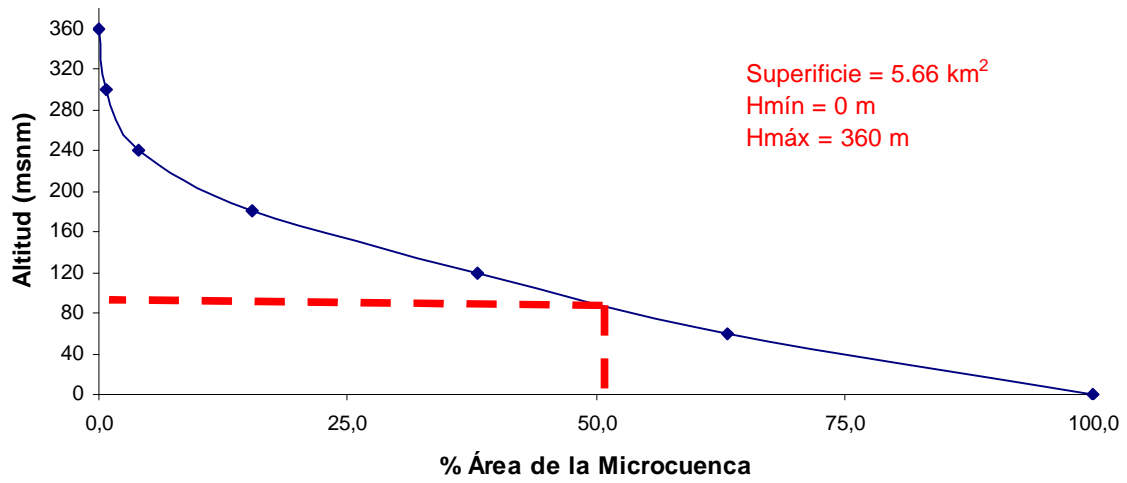
Curvas isométricas de las microcuencas del Municipio Santa Teresa



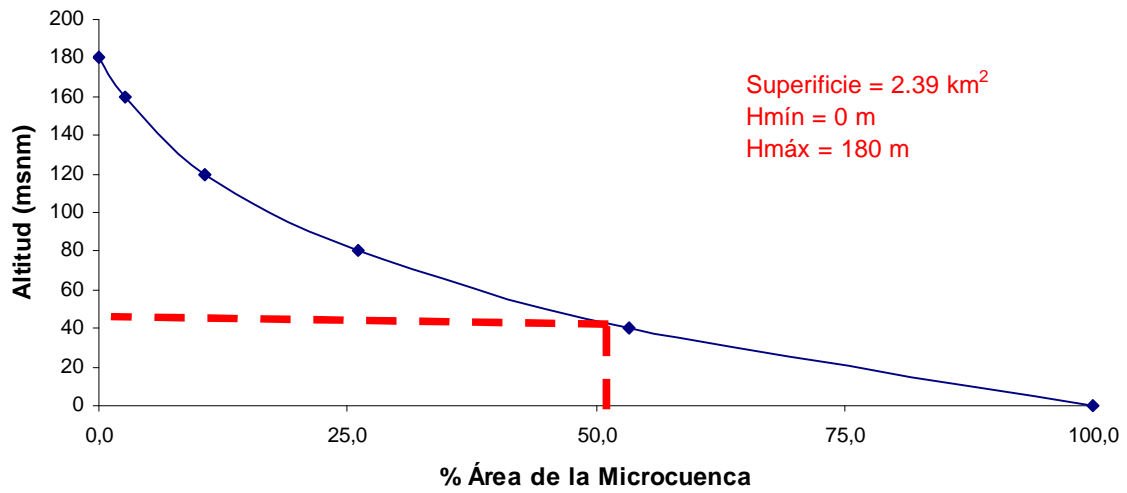
Vainilla



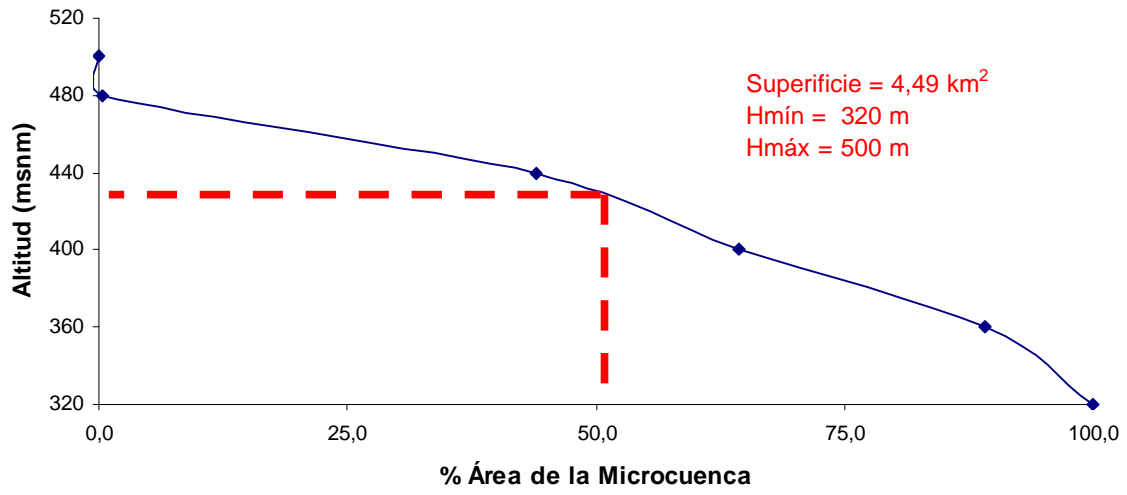
Tendedero



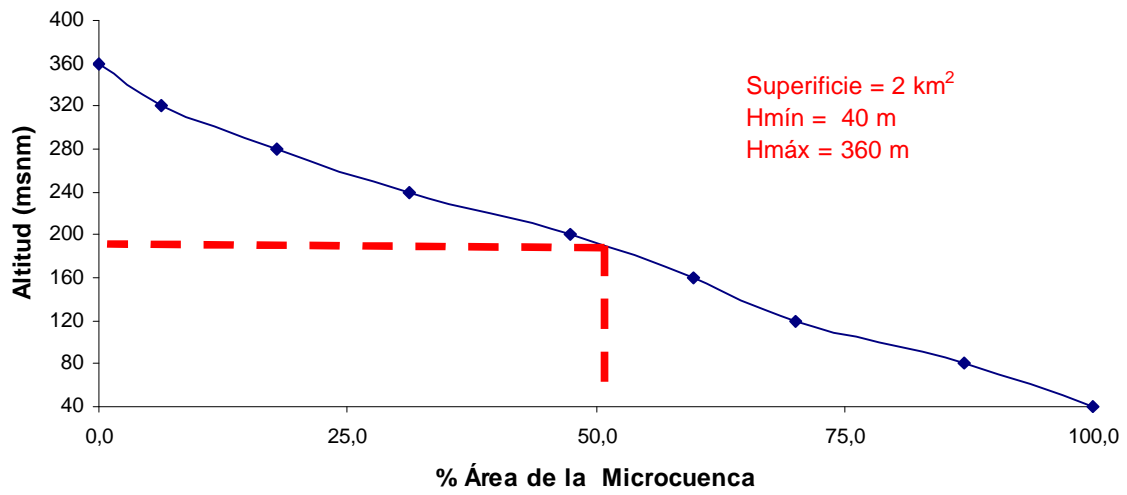
Tempate



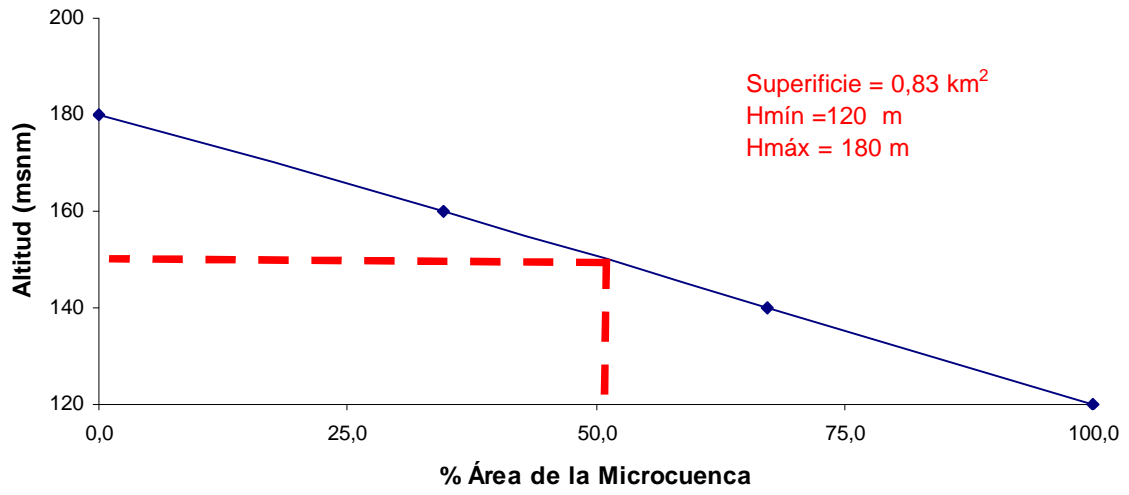
Talolinga



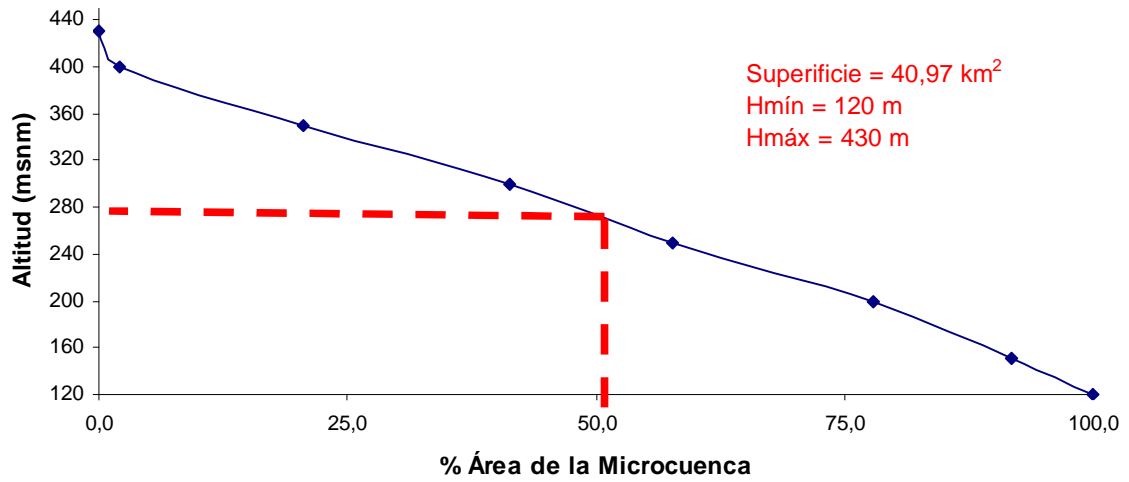
Santa Teresa



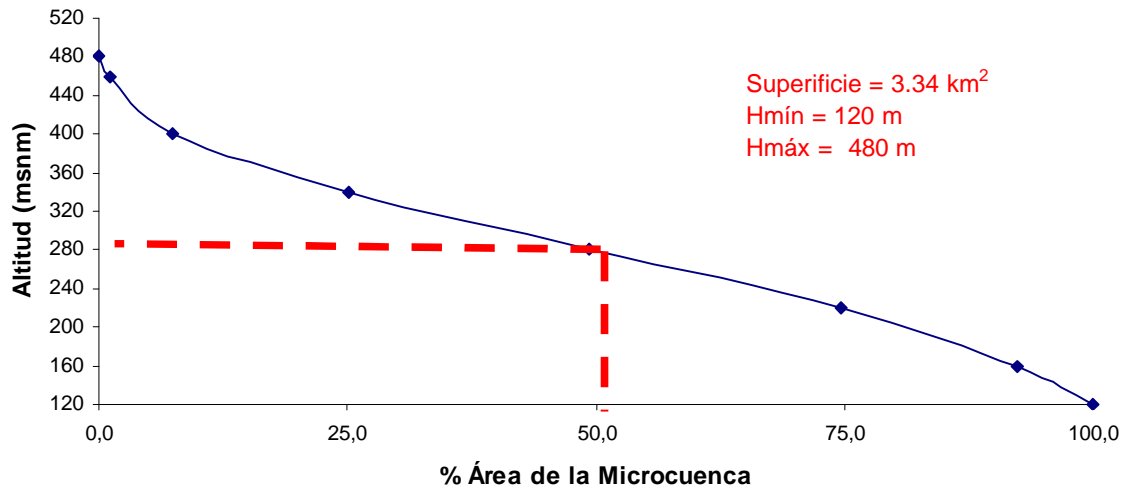
Pancasán



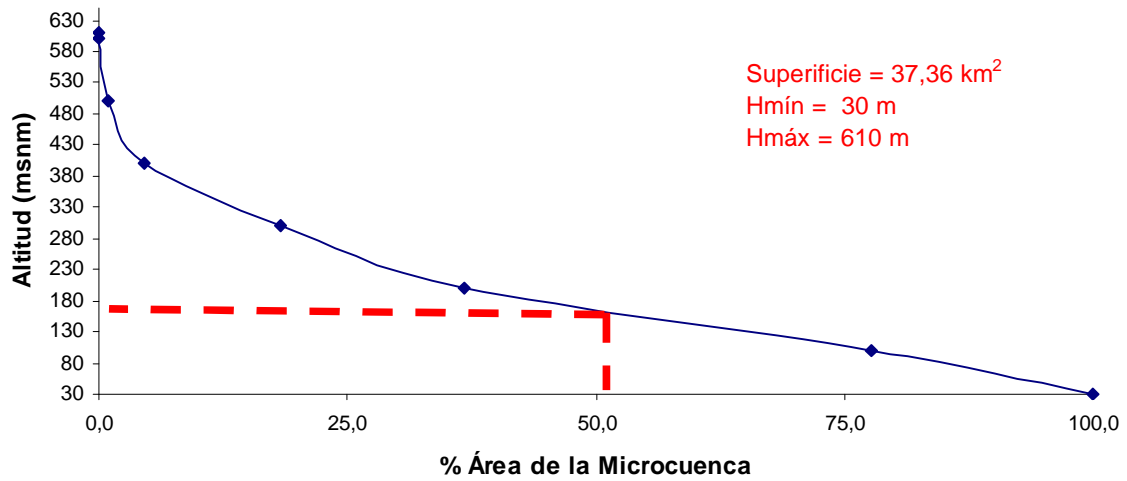
El Sol



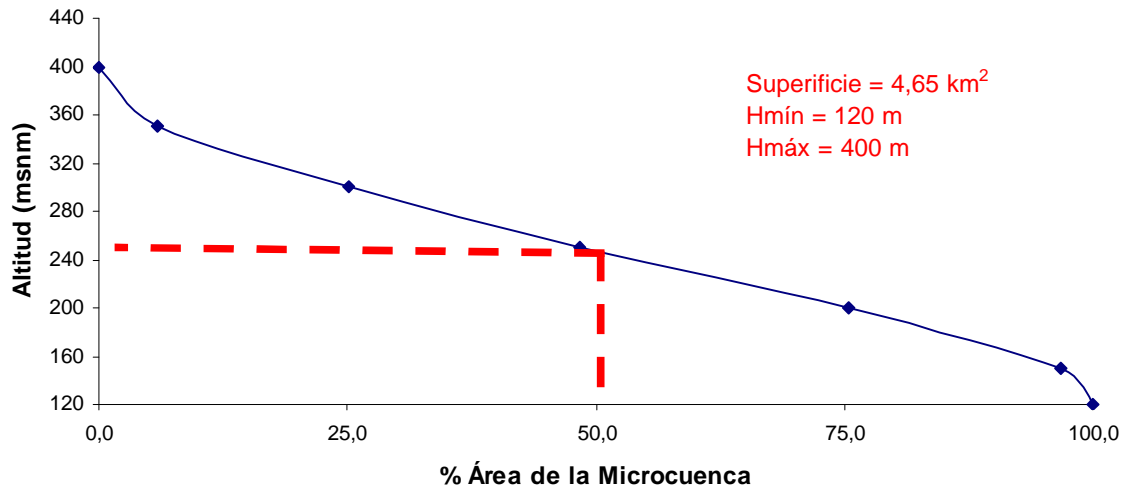
Los Medinas



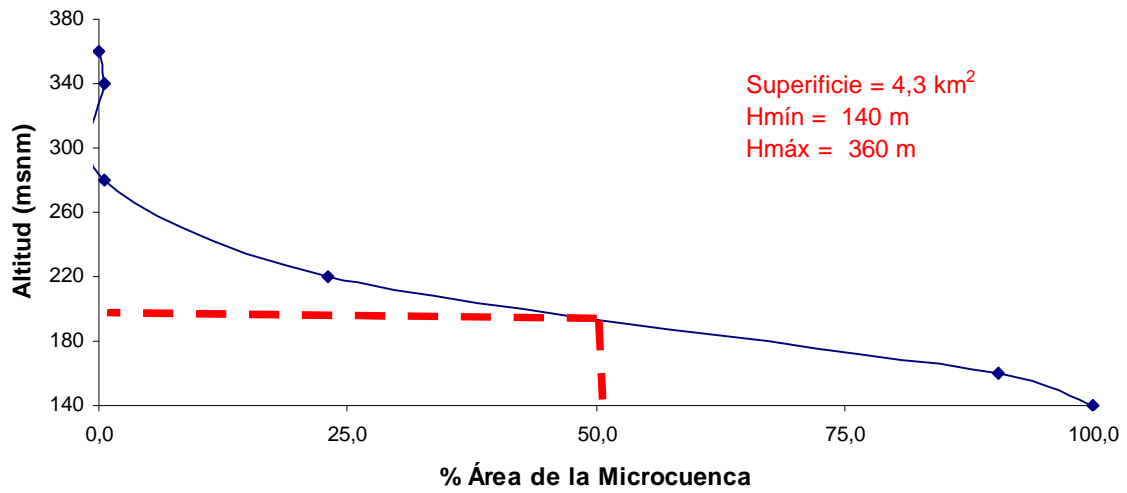
Las cuevas



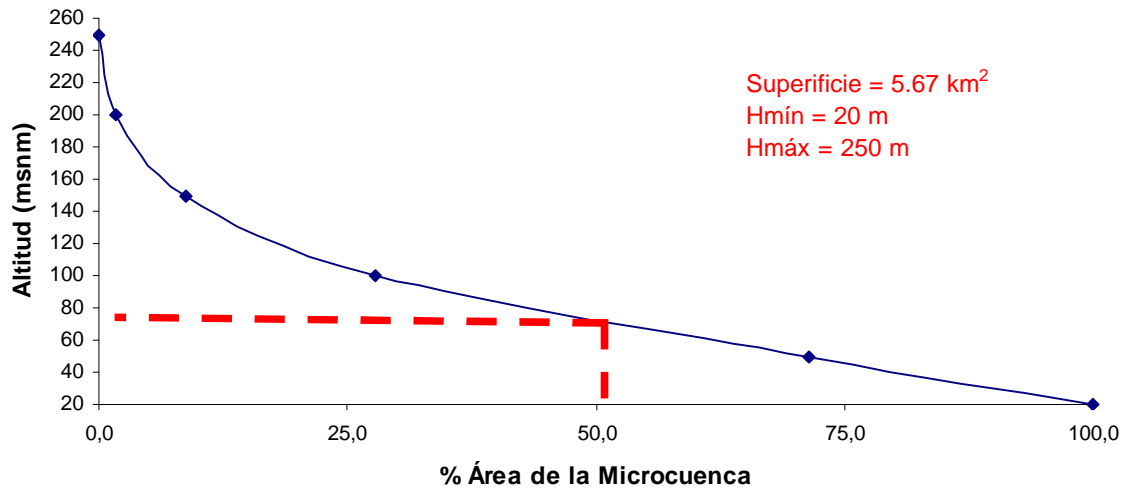
La Pita



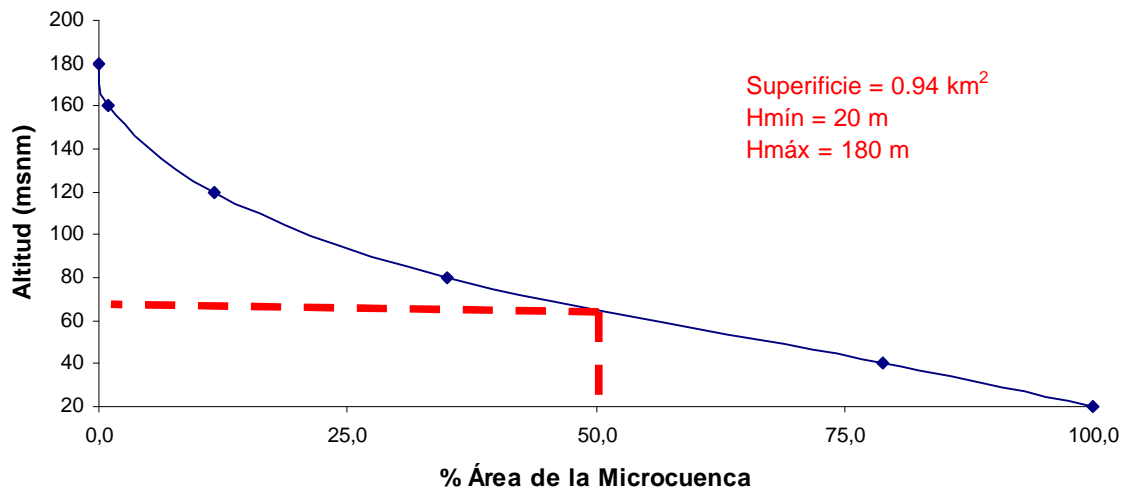
Jabillo



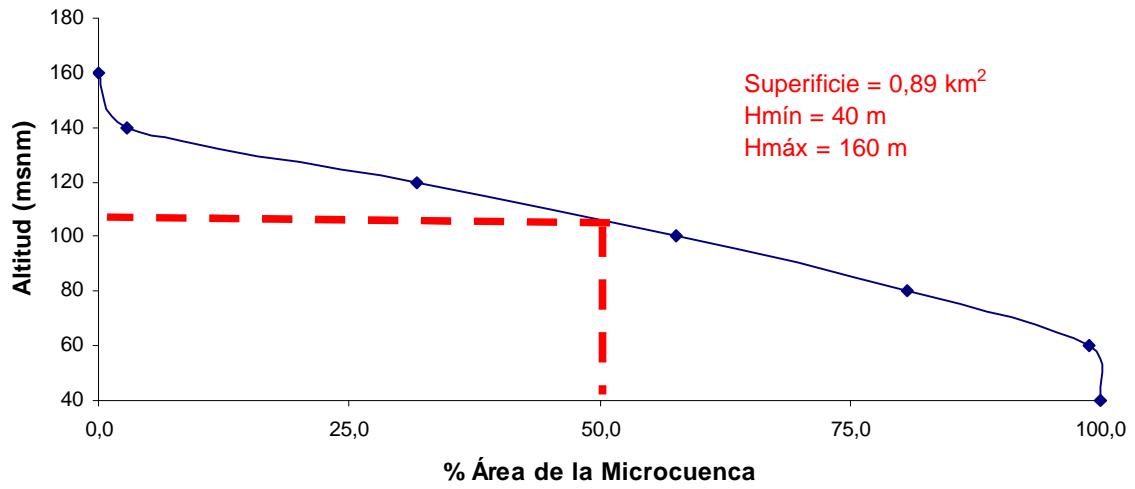
Indio



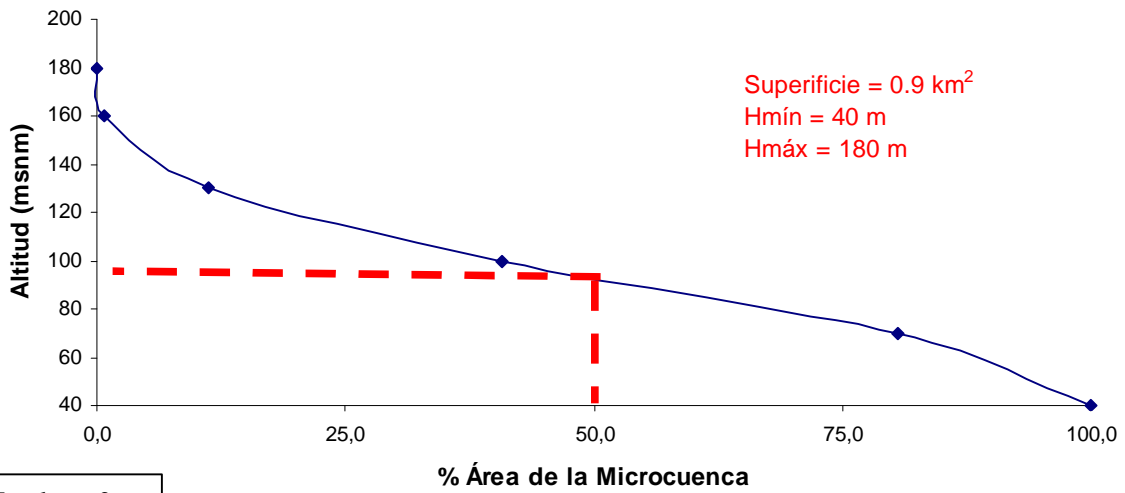
Escmed



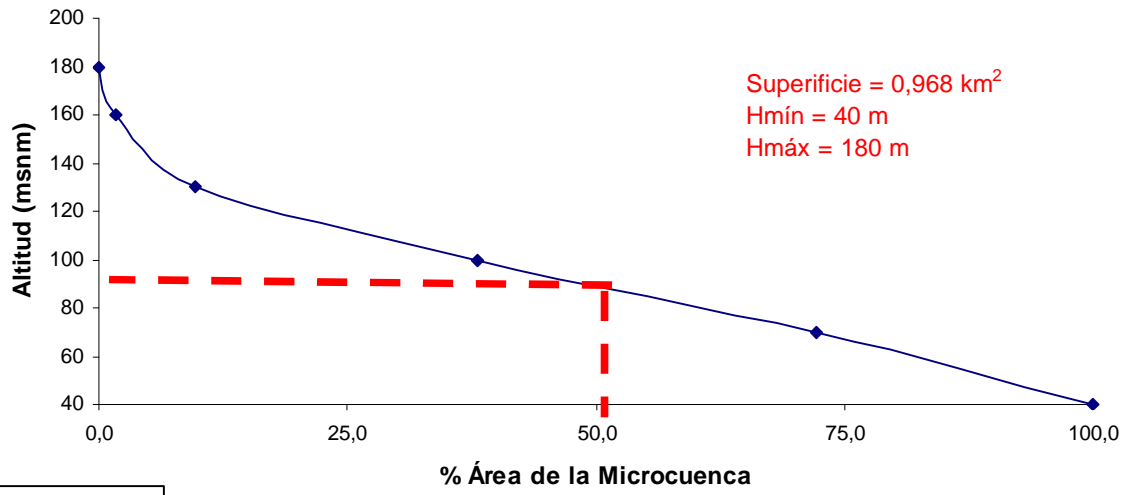
Escalante 4



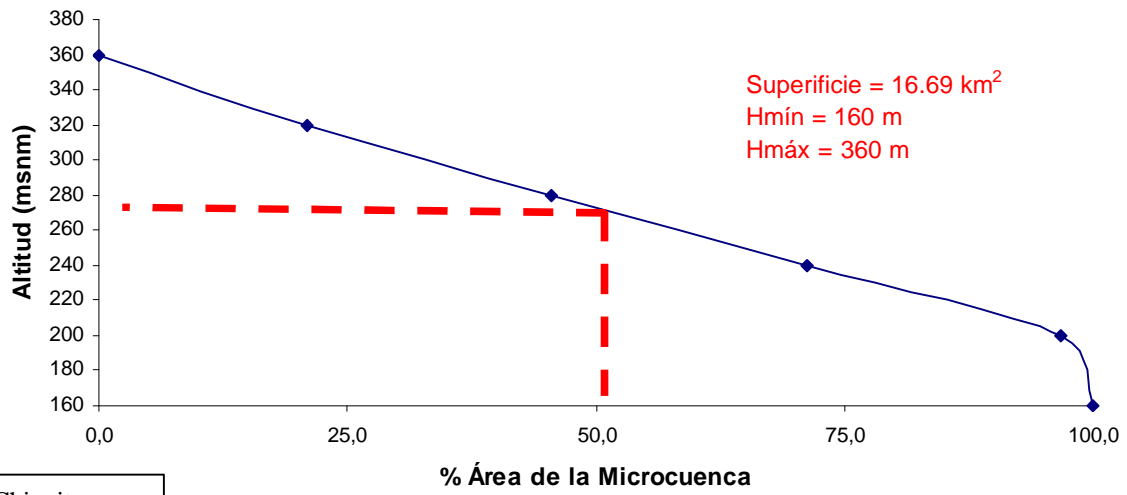
Escalante 3



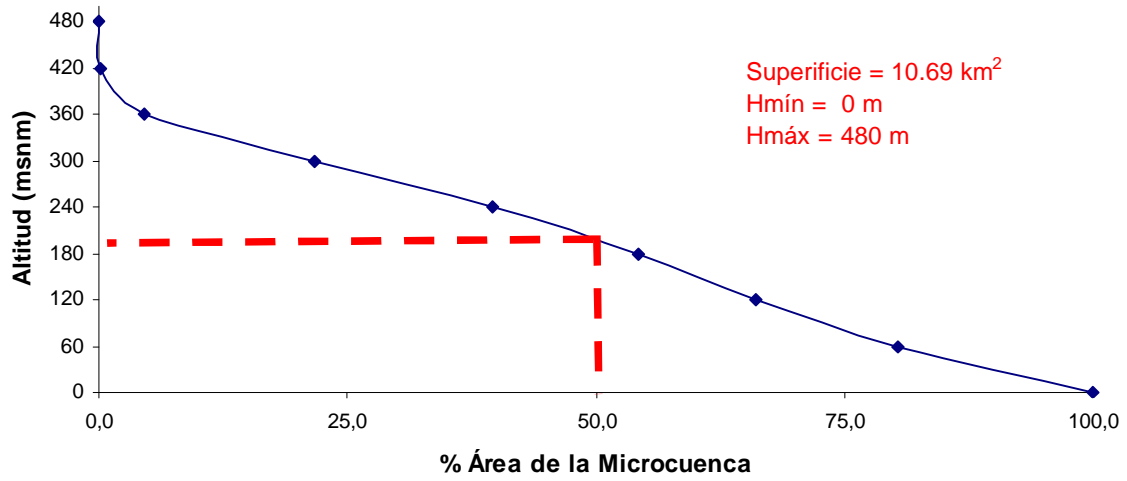
Escalante 2



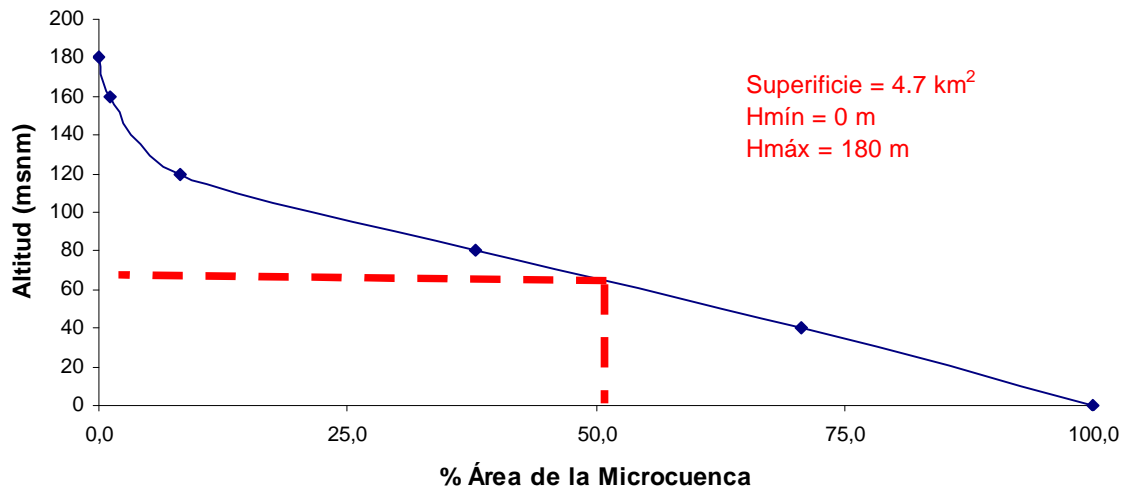
Escalante 1



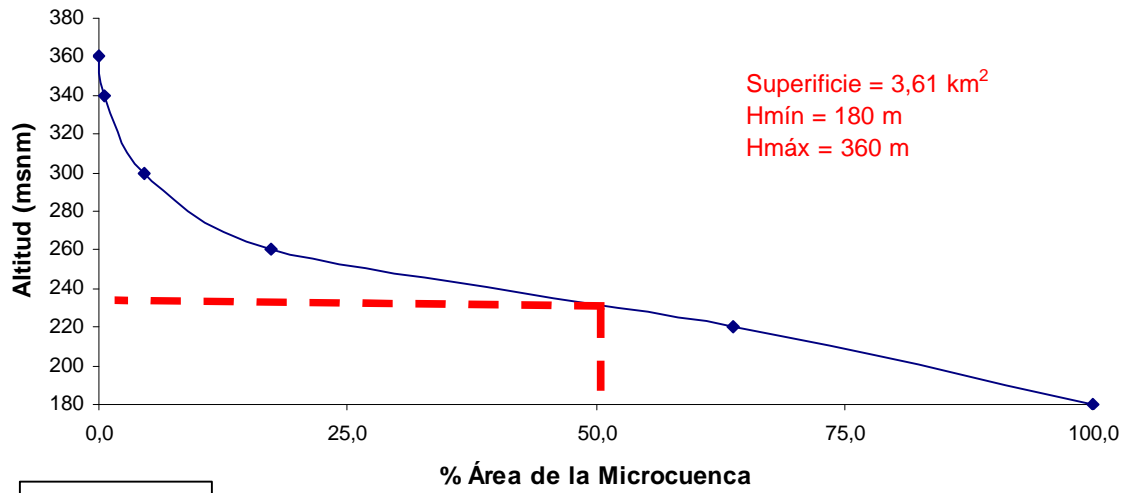
Chiquito



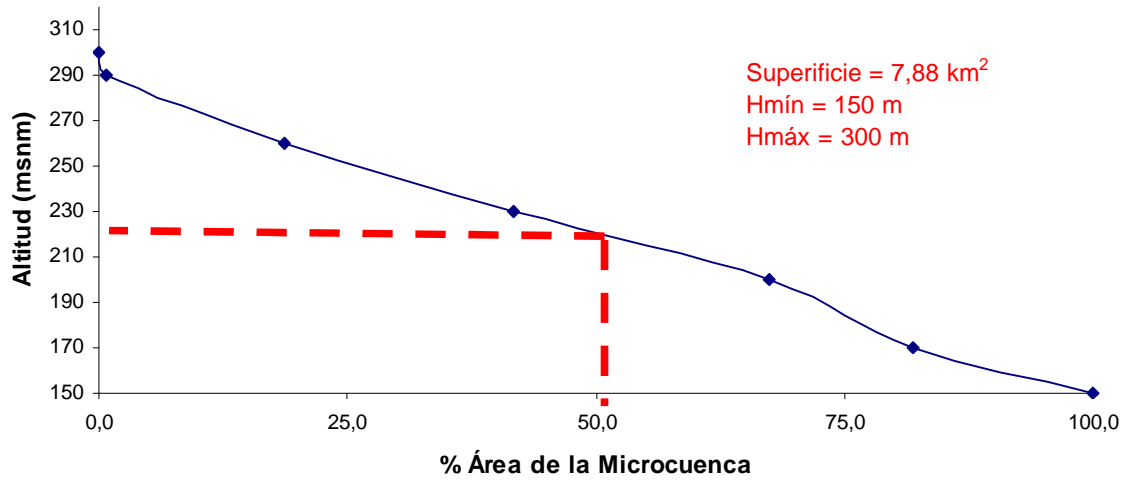
Chilamate



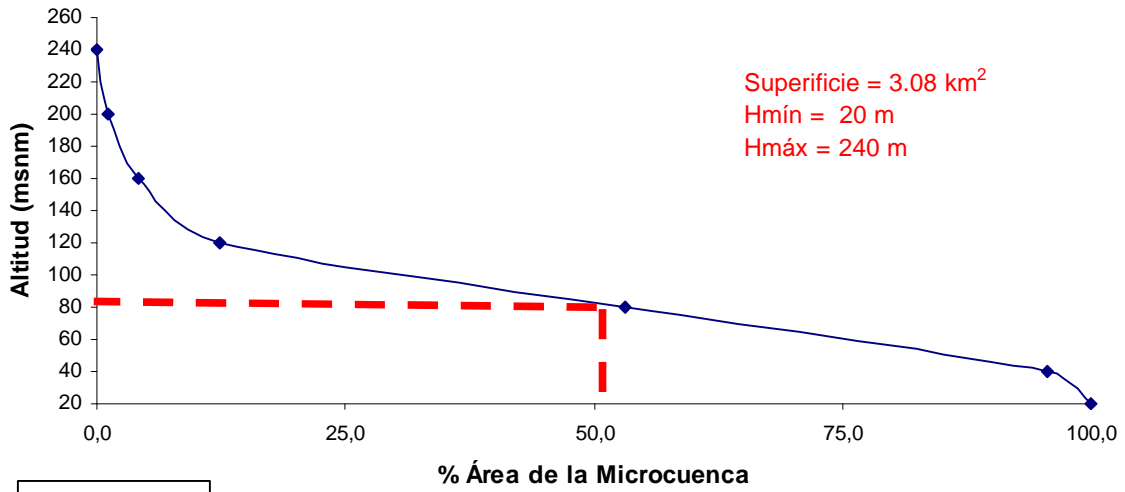
Chacocente



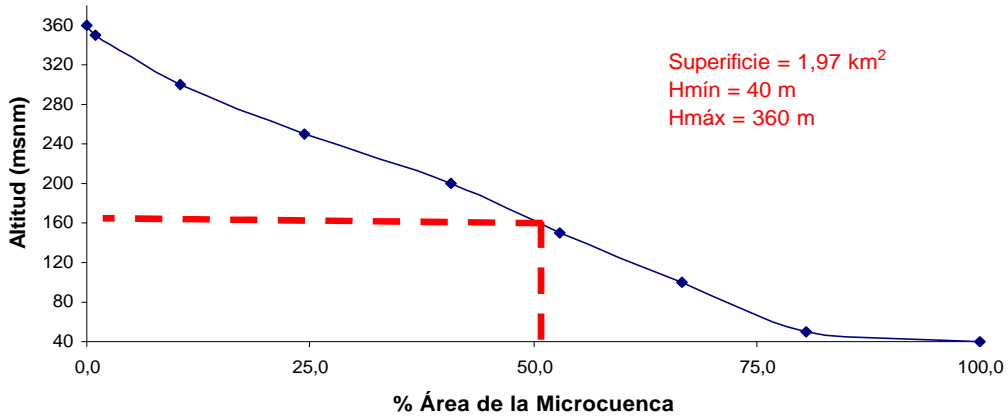
Brasil



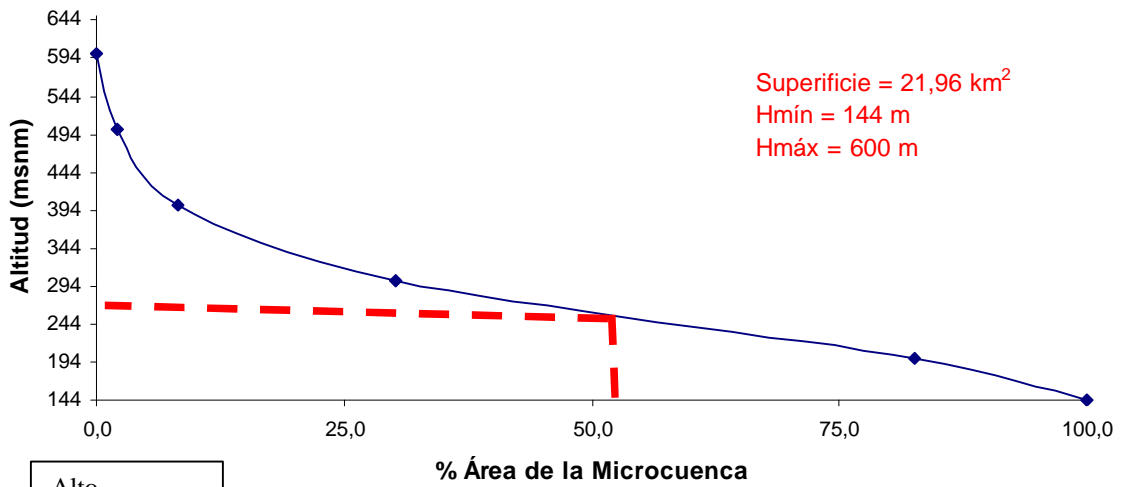
Barrio Nuevo



Abejonal



Pancasan



Alto
Ochomogo

IV. SINTESIS DE LA PROBLEMÁTICA DEL RECURSO SUELO, AMENAZAS A DESLIZAMIENTOS Y RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES Y ESTRATEGIAS PARA ENFRENTARLAS

4.1. Síntesis de las restricciones y oportunidades del recurso suelos, amenazas a deslizamientos y recursos hídricos superficiales

Problemas/restricciones	Oportunidades
Recurso suelos	
<ul style="list-style-type: none"> • Conflictos de uso por utilización de las tierras por encima de su capacidad natural. • Suelos erosionados debido a la agresividad de las lluvias, susceptibilidad del suelo, la deforestación y prácticas de manejo inadecuadas. • Baja disponibilidad de nutrientes N y P debido al origen volcánico de los suelos, la erosión y la disminución de la Capacidad de Intercambio de Cationes • Compactación de suelos por labranza inadecuada y el sobrepastoreo • Perdida de la materia orgánica debido a la erosión, las quemadas y la excesiva labranza 	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos con potencial agropecuario y forestal • La diversidad de suelos y ecosistemas permite la diversificación de actividades productivas • Presencia de entidades que promueven tecnologías de conservación de suelos.
Amenazas naturales	
<ul style="list-style-type: none"> • Alrededor del 25 % del área del municipio es vulnerable a deslizamientos de tierra por factores intrínsecos (geología, pendiente, fallas y estructuras) • Alrededor del 23 % del área municipal es vulnerable por factores extrínsecos (clima, uso de tierras por encima de su capacidad, intensidad y cantidad de lluvias) • Un poco mas del 6% del área del municipio es potencialmente vulnerable a los deslizamientos de tierras. • Ubicación de viviendas en infraestructura en áreas vulnerables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura organizativa a nivel municipal para la prevención y mitigación de desastres naturales. • Metodologías validadas para la prevención y mitigación • Creciente sensibilización de tomadores de decisión y habitantes de áreas vulnerables sobre la importancia de estar preparado ante este fenómeno.

Problemas/restricciones	Oportunidades
Recurso hídricos superficiales	
<ul style="list-style-type: none"> • Déficit de agua para los cultivos en el periodo de verano. • Deterioro de los márgenes de los ríos y arroyos por la influencia de las actividades antrópicas. • Reducción significativa del caudal base de los ríos debido a la disminución de la infiltración del agua de lluvia. • Contaminación de las aguas de los ríos con coliformes. • Poca información y tecnologías sobre manejo sostenible de recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • La capacidad de depuración de las aguas • Buena calidad biológica de las aguas de los ríos. • Condiciones de relieve de las microcuencas ofrecen oportunidades para el establecimiento de sistemas de embalse y microrriego, aprovechando la gravedad.

4.2. Estrategias y alternativas para el manejo de los suelos, las amenazas a deslizamientos y los recursos hídricos superficiales del municipio Santa Teresa

Una vez descrito y analizados los aspectos abordados en este estudio, el siguiente paso consiste en establecer las medidas para tratar de superar las restricciones y aprovechar las oportunidades. En vista que la problemática que enfrentan los recursos suelos, los recursos hídricos superficiales y el fenómeno de deslizamientos de tierra es diversa y compleja, se justifica que las estrategias y acciones para hacerles frente sean también diversas, multifacéticas y multisectoriales; no obstante, es posible definir dos niveles de estrategias:

Estrategias generales: dirigidas a superar problemas o deficiencias que afectan directa o indirectamente el uso y manejo de estos recursos, pero cuyo abordaje trasciende incluso los recursos naturales y la escala municipal.

Estrategias específicas: que incluyen un conjunto de acciones directas con la población afectada para enfrentar de la mejor manera las situaciones planteadas.

No obstante, vale la pena recalcar que la definición y particularización de las estrategias y líneas de acción deben realizarse en cada territorio en particular. Esto significa que es necesario pasar por un proceso participativo de consensuar los problemas y necesidades en cada territorio, así como las alternativas de solución más apropiadas. Por tanto, las estrategias y alternativas que a continuación se describen, son sólo una propuesta que debe ser discutida y mejorada.

Estrategias	Alternativas y líneas de acción
<i>Promover un uso de la tierra de acuerdo a su capacidad natural</i>	<p>Elaborar el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal de manera participativa y consensuada.</p> <p>Promover ordenanzas municipales que den fortaleza legal a este Plan de Ordenamiento Territorial y eviten el deterioro de los recursos naturales.</p> <p>Difundir este plan entre los diferentes sectores y actores sociales que trabajan en el municipio.</p> <p>Desarrollar capacidades de los actores locales para el manejo de conflictos en el manejo de recursos naturales</p>
<i>Articular la producción agropecuaria con los otros sectores de la economía</i>	<p>Apoyar el desarrollo de la agroindustria a micro, pequeña, mediana y gran escala.</p> <p>Identificar y potenciar las cadenas productivas potenciando la agregación de valor a los productos en el lugar origen.</p> <p>Fomentar la constitución de estructuras de cooperación comercial productiva local.</p>
<i>Promover la diversificación productiva y de fuentes de ingresos</i>	<p>Fomentar la reconversión productiva del sector de agricultura comercial a rubros rentables y con posibilidades de comercialización rentable.</p> <p>Fomentar iniciativas de diversificación de fuentes de ingreso. Manejo de patio e incentivo a la creación de micro y pequeñas empresas rurales.</p> <p>Incentivar empresas rurales no agrícolas que generen empleo.</p> <p>Apoyar a productores que generan externalidades o beneficios ambientales (pago por servicios ambientales). Potenciar la reforestación de fincas.</p> <p>Incentivar el desarrollo de iniciativas que valoricen los servicios ambientales del medio rural (ecoturismo, conservación y producción del agua, reforestación, reservas privadas naturales, producción orgánica, captura de CO₂....).</p>
<i>Avanzar significativamente en el ordenamiento y legalización de la propiedad rural</i>	<p>Fomentar la clarificación de los registros de propiedad.</p> <p>Modernizar e institucionalizar el sistema de contratos agrarios y mercado de tierras.</p> <p>Frenar el proceso de reconcentración de tierras evitando la especulación.</p>

Estrategias	Alternativas y líneas de acción
<i>Aumentar la productividad del sector agropecuario y forestal</i>	<p>Favorecer el acceso de todos los productores a los servicios de apoyo a la producción (crédito, resultados de investigación, asistencia técnica, comercialización y transformación) adecuado y coherente entre sí, adaptados a sectores sociales y territorios específicos.</p> <p>Dar contenido específico a las necesidades de capacitación y mejoramiento tecnológico en el ámbito agrícola, pecuario y forestal, así como de las pequeñas industrias locales.</p>
<i>Fomentar la investigación para el mejoramiento de los sistemas agrarios</i>	<p>Caracterizar e investigar los problemas de erosión</p> <p>Monitoreo de la calidad del agua</p> <p>Mejoramiento genético de especies adaptables a la zona (granos básicos, hortalizas, frutales, forrajes, pastos, productos exportables no tradicionales).</p> <p>Fortalecer el conocimiento local sobre el manejo de los recursos naturales</p>
<i>Promover una ganadería sostenible</i>	<p>Incorporar sistemas de pastura de corte para alimentación de verano.</p> <p>Establecimiento de bancos forrajeros para mejorar la alimentación del ganado.</p> <p>Incluir árboles dispersos en las áreas de pastoreo.</p> <p>Fomentar el uso de especies arbóreas en la alimentación del ganado en época seca.</p> <p>Regular el pastoreo de ganado, especialmente en áreas con mayor pendiente.</p>
<i>Validar, sistematizar y difundir prácticas de mejoramiento de la fertilidad física, química y biológica.</i>	<p>Incorporación de rastrojos.</p> <p>Eliminar las quemas agrícolas.</p> <p>Sistemas alternativos de labranza.</p> <p>Manejo de la regeneración natural.</p> <p>Establecimiento de sistemas agroforestales que incluyan plantas leguminosas.</p> <p>Aplicación de fertilizantes orgánicos (compost, estiércol) e inorgánicos (urea, fertilizante completo).</p> <p>Prácticas de conservación de suelos: curvas a nivel, terrazas.</p> <p>Reconstruir la capa arable de los suelos (incorporación de abonos orgánicos).</p>

Estrategias	Alternativas y líneas de acción
<i>Sistematizar, validar y difundir prácticas de almacenamiento y aprovechamiento del agua.</i>	<p>Prácticas sencillas para la cosecha y aprovechamiento de agua de lluvia.</p> <p>Perforación de pozos y sistemas de riego artesanales.</p> <p>Diseño y manejo de unidades de mini-riego con enfoque de manejo de microcuencas.</p> <p>Promover el manejo de una capa arable que infiltre y retenga más agua de lluvia</p>
<i>Preparar condiciones para la prevención y mitigación de deslizamientos de tierras</i>	<p>Promover la restauración de las áreas de alta vulnerabilidad a deslizamientos, mediante la reforestación y el manejo de la regeneración natural.</p> <p>Reubicar las viviendas e infraestructura ubicadas en las áreas de alta vulnerabilidad a deslizamientos de tierra.</p> <p>Fomentar los sistemas agroforestales y silvopastoriles en áreas de ladera.</p> <p>Implementar sistemas de alerta en comunidades con áreas vulnerables a los deslizamientos.</p> <p>Establecer rutas de escape, lugares de acogida y de destino en caso de eventos lluviosos extraordinarios.</p>
<i>Gestión integrada de las microcuencas del municipio</i>	<p>Elaborar planes de manejo de las microcuencas del municipio, priorizando aquellas que presentan los mayores problemas de conflictos de uso de la tierra.</p> <p>Promover acciones de restauración de las márgenes de los ríos y arroyos.</p> <p>Crear una red para la toma de muestras de agua para el análisis y control de la calidad del agua a través del monitoreo de macroinvertebrados (camarón, libélulas, crustáceos).</p>
<i>Proteger reservas naturales municipales y fomentar el ecoturismo</i>	<p>Apoyar la gestión para declarar reservas naturales en tierras clase VIII y áreas alta vulnerabilidad a deslizamientos de tierra.</p> <p>Reforestar fuentes de agua y laderas.</p> <p>Fomentar el ecoturismo.</p> <p>Elaborar y aplicar planes de manejo adecuado.</p> <p>Fortalecer los derechos locales de tenencia sobre la tierra, vida silvestre, herencia cultural, acceso a los destinos y otros activos turísticos.</p> <p>Apoyo para mejorar la calidad de servicios al turismo (suministro de insumos y transporte).</p>

V. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Acevedo, A. Manual de Hidráulica. Ed. Harla. México.

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Washington, C. (1993) Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. 434p.

Alba Tercedor, J (2000). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Apuntes del curso "Estado ecológico de las aguas superficiales: métodos de medida y criterios de gestión en ríos". Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ), Zaragoza, España.

Armitage, P. D. y G. E. Petts., 1992. Biotic score and prediction to assess the effects of water abstractions on river macroinvertebrates for conservation purposes. *Aquatic Conserv. Marine and Freshw. Ecosyst.* 2: 1-17.

Boul, S.W.; Hole, F.D.; McCracken, R.J. & Southard, R.J. 1997. *Soil Genesis and Classification*. Fourth Edition. Iowa State University Press / Ames. 527 pag.

Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua. 1971. Estudio de Suelos de la Región Pacífico de Nicaragua. Tercera Parte. Managua. 713 pag.

Catastro e inventario de Recursos Naturales. 1971. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Managua. 39 pag.

COSUDE (2002). Proyecto ALARN (Apoyo Local Para el Análisis y Manejo de los Riesgos Naturales). Instrumentos de apoyo para análisis y la gestión de riesgos naturales. 46p.

Elbersen G.W.; Benavides S.T. & Botero P.J. 1986. Metodología para levantamientos edafológicos". IGAC, Bogotá. 82 pag.

Forero M.C y León J.C. 1988. Metodología para Levantamiento Edafológicos. Tercera parte. IGAC, Bogota. 194 pag.

García, L.A. 2003. Indicadores técnicos y evaluación de la influencia del uso de la tierra en la calidad del agua, subcuenca del río Tascalapa, Yoro, Honduras. Trabajo de tesis de Magister Scientiae CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Girón, R. 1992. Curso regional itinerante Post-universitario en Hidrología y ciencias del agua. CRICA. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria. Universidad de San Carlos, Guatemala

Hewlett, J.D. 1982. *Principles of forest hydrology*. U. of Georgia Press, Athens, Georgia. US

Jiménez. F (2002). Maestría en manejo de cuencas hidrográficas, manejo de desastres naturales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 288 p

Klingebiel A. A y Montgomery P.H. 1965. "Clasificación o capacidad de uso de las tierras". Manual # 210. Editorial Abeja S.A. México D.F. 28 pag.

Lal, R.; Blum, W.E.H.; Valentine, C. & Stewart, B.A. 1997. *Methods for assessment of soil degradation*. CRS Press, New York. 16 pag.

Landon J.R. 1984. "Boiler Tropical Soil Manual a Handbook for Soil Survey and Agricultural land evaluation in the tropic and subtropic". Booker Agriculture International Limited. London. 450 pag.

Linsley et al, 1985. Hidrología para ingenieros. 2a. Ed. Mc.Graw-Hill. México. 383pp.

- Marín E. 1990. Estudio Agrológico y su aplicación al desarrollo productivo agropecuario región IV. Informe final "Ordenamiento del Sistema Productivo Agropecuario". Ministerio de Agricultura y Ganadería. Managua. 240 pag.
- Martínez A. & Navarro J, 1995. Hidrología Forestal, El Ciclo Hidrológico. 286p.; Manuales y textos universitarios. Valladolid, España.
- Mendoza F. y Gutiérrez D. (2002). Integración de SIG y MDT para predicción de erosión hídrica actual y potencial en un distrito de riego proyectado en zonas de ladera. Universidad distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. 103 p.
- Montes. M (2000). Utilización de un SIG en la estimación del riesgo de erosión hídrica en la cuenca, Santa Catarina, Querétaro, México. 9 p.
- Oporta, J.; López, A. M. & Roquero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2^{da} Edición. Mundi-Prensa. Madrid. 849 pag.
- Prat, N y A. Muné, 1999. Delimitación de regiones ecológicas de la cuenca del Ebro. Universidad de Barcelona, Departamento de Ecología. Barcelona.
- Reilly, J.P.; Trutmann, P.; Rueda, A., y Grupo de Salud de Suelo. 2002. Guía Salud del Suelo. PASOLAC/PROSESUR. 162 pag.
- Rodríguez, I.; Aguirre, C. y Mendoza R. B. 2003. Actualización del estado del recurso suelo y capacidad de uso de la tierra de los municipios de Santa Teresa y Nandaime. Mimeo. Universidad Nacional Agraria/Proyecto Sur Oeste IDR-GTZ. Managua. 75 pag.
- Rodríguez. M, Sánchez. J, (1995) Distribución espacio-temporal de las pérdidas de suelo en Andalucía utilizando tecnología SIG. e imágenes de satélite. 15 p.
- Rodríguez, F. 1981. Elementos de escurrimiento superficial. UACH. Chapingo, México. 225 pp.
- Roldán, G., 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos en el Departamento de Antioquia. Edit. Presencia, Bogotá. Colombia.
- Ruiz P. G y Molina L.J. (2001). Aplicación de SIG en la Evaluación de la Amenaza Relativa por fenómenos de Remoción en Masa en el Municipio de El Líbano, Tolima, Colombia. 111 p.
- Soil Survey Staff. 1999. "Soil Taxonomy A Basic Sistem Of Soil Classification For Making And Interpreting Soil Surveys". 2th Edition. USDA. 869 pag.
- Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. (1978.) Predicting Rainfall Erosion Losses. Agriculture Handbook 537. United States Department of Agriculture. Science and Education Administration, 58 p.
- Zinck J. A. (1996). Susceptibilidad de los Suelos a la Remoción en Masa con referencia espacial a las Montañas Tropicales Húmedas. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences ITC. Netherlands. 48 p.
- Zúñiga de Cardozo & M. de Hernández., 1997. Indicadores ambientales de la calidad del agua en la cuenca del río Cauca. En: Seminario "Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua". Universidad del Valle. Colombia.