



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad de Humanidades y Ciencias Jurídicas
Departamento de Geografía

**Técnicas de análisis espacial para la priorización de sitios de conservación
de suelos, en la unidad hidrológica Tipitapa - Tisma en el periodo de
agosto - noviembre del año 2021**

Monografía para optar al grado de
Licenciado en Geografía

Autores

Osmany Alexander Calero

Roland Antonio Fuentes

Tutora

Msc. Ingrid Úbeda Trujillo

Managua, diciembre 2021



DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría y por ser la luz que guía mi camino.

A mis padres, Gloria Elena Calero y Silvio Antonio Pérez, por ser pilar fundamental en los procesos de construcción de cada una de las etapas de mi vida y todo el esfuerzo que hicieron para que esto llegara a ser posible.

A la memoria de mi abuela María Lourdes Ramírez, por sus imprescindibles consejos que sirvieron de motivación para haber llegado hasta aquí.

A mi familia en general por siempre estar al tanto de mis procesos académicos y depositar confianza en que soy capaz de lograr lo que me proponga.

Osmany Alexander Calero.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias primeramente a Dios por permitirme alcanzar una meta más en mi vida y por darme la fortaleza para superar los obstáculos con sabiduría. Por poner en mi camino las personas que me han servido de soporte y de ejemplo.

A mis padres por todo el cariño y el esfuerzo que realizaron siempre para lograr proporcionarme la ayuda y la posibilidad de haber cumplido esta meta en mi vida.

Agradezco a mi asesora Msc. Ingrid Úbeda, por habernos guiado en el transcurso de este trabajo y enseñarnos a tener una visualización más profunda en el mundo académico.

A mis amigos por darme siempre la confianza, motivación y seguridad de que todo lo podría lograr.

Al Ingeniero Gonzalo Bonilla, Wilmer y José Cruz del área de ordenamiento Territorial del INETER por proporcionarnos la información necesaria que posibilitaba el desarrollo de esta investigación y por la ayuda catedrática de explicarnos el dinamismo del tema en estudio.

Osmany Alexander Calero

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi hermano por su gran apoyo fue el motor que me permitió seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Por creer en mi aun cuando muchos dijeron que sería en vano la confianza y esperanza que me brindaba, su tozudez fue el responsable de que gire mi vida otorgando las herramientas necesarias para iniciar.

Le dedico la culminación de este trabajo a mi esposa quien me brindo su amor y apoyo incondicional en todos los aspectos, cuya presencia fue fundamental para lograr la etapa final de este trabajo. Muchas gracias por ser participe en mi vida y proyecto. Te amo.

Dedicado a la memoria de un gran amigo José Gutiérrez.

Roland Fuentes Santos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis maestros por su enseñanza, paciencia y brindarme la sabiduría en cada etapa de mi formación profesional para lograr culminar una meta más en mi vida.

Muy agradecido con mi asesora y tutora Msc. Ingrid Úbeda quien con su conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo, por haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino al largo de mi carrera universitaria, gracias por haber cultivado buenos valores en mi persona.

Profundo agradecimiento a los ingenieros Gonzalo Bonilla, Willmer Rodriguez y José Cruz por el conocimiento brindado y ayuda mentora para el desarrollo de esta investigación.

A mis amistades cercanas que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias por su buena voluntad.

Roland Fuentes Santos.

CARTA AVAL

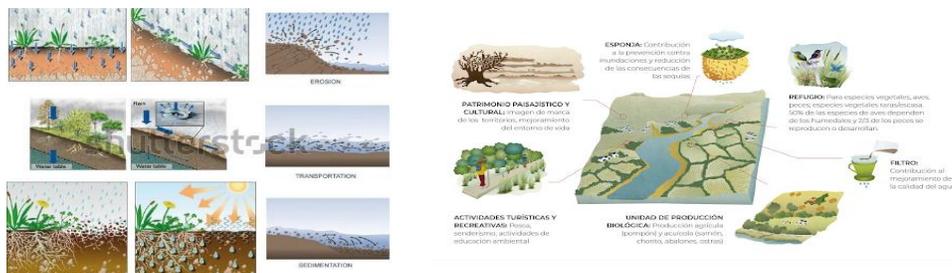
RESUMEN

En la unidad hidrológica Tipitapa-Tisma, las variables relacionadas con el factor topográfico, las coberturas de la tierra, la erosividad de la lluvia, al igual que la erodabilidad del suelo y las prácticas de conservación; generan erosión hídrica. Se realizó la investigación con el objetivo de seleccionar los sitios para la conservación de suelos a través de acciones participativas, para ello, se tomó como base la estimación de la erosión hídrica y la determinación de los niveles de susceptibilidad de los suelos, aplicando el modelo de estimación de pérdida de suelo USLE. Los resultados indicaron que la erosión hídrica en la unidad hidrológica se clasifica en un nivel de intensidad media. Los rangos oscilan de 12 a 25 Tn/ha en el 50% del área. Por otro lado, también existen zonas clasificadas con nivel de erosión alto, estos ocupan el 17% del área total. Por tanto, debido a las tasas de erosión, se determinó que la susceptibilidad en el área de estudio, es alta. Los sitios mayormente afectados por la erosión, corresponden a 7 comunidades ubicadas en la parte alta de la unidad hidrológica, para estas comunidades se propuso acciones participativas de índole educativo, regulatorio y ambiental, para contribuir al cuidado y conservación de los suelos.

Palabras claves: SIG, USLE, susceptibilidad, Sitios Ramsar, Manejo adecuado del Suelo.

- Los valores de erosión hídrica, posibilitan identificar las zonas con mayores niveles de afectación.
- Los niveles de intensidad de erosión, ayudan a determinar los sitios más vulnerables.
- Implementar prácticas de conservación contribuye a mantener suelos protegidos, rendimientos en los cultivos y sostenibilidad en el ambiente.

Resumen Grafico.



(Olha,s.f. Shutterstock)

Contenido

DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO.....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO.....	
CAPÍTULO 1	1
<u>1.1</u> Introducción	1
<u>1.2</u> Planteamiento del problema	2
<u>1.3</u> Justificación	4
<u>1.4</u> Objetivos	6
CAPÍTULO 2	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Marco teórico	10
2.3 Marco legal	30
2.4 Preguntas directrices	31
CAPÍTULO 3	32
<u>3.1</u> Metodología.....	32
3.1.1 Paradigma según el problema de investigación.....	32
3.1.2 Tipo de investigación según su nivel de conocimiento.....	32
<u>3.2</u> Creación del MDE.....	33
<u>3.3</u> Delimitación del área en estudio.....	34
3.4 Caracterización físico geográfica	49
<u>3.5</u> Población	49
<u>3.6</u> Geología Local.....	56
CAPÍTULO 4	60
4.1 Análisis de resultados	60

4.1.1 Erosión hídrica en la unidad hidrológica Tipitapa-Tisma mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicando el método USLE ...	60
4.2 Niveles de susceptibilidad de los suelos del área en estudio.....	66
4.3 Acciones participativas para la conservación de suelos de los sitios con altas tasas de erosión de suelos.....	69
4.4 Acciones de índole educativo	70
4.5 Acciones Regulatorias	71
4.6 Ambiental.....	72
Capítulo 5.....	73
5.1 Conclusiones.....	73
5.2 Recomendaciones	74
5.3 Bibliografía	75
5.4 Anexos	79

Índice de figuras

Cuadro 1: Normativas de suelos	30
Cuadro 2: Normativas de humedales	31
Tabla1: Estaciones pluviométricas	36
Tabla 2: Comarcas y comunidades del Municipio de Tisma	51
Tabla 3: Comunidades seleccionadas para aplicar acciones participativas	70
Gráfico 1 Niveles porcentuales de erosión	¡Error! Marcador no definido.
Esquema 1 Proceso de cálculo de USLE.....	47
Figura 1: Modelo Digital de Elevación	34
Figura 2 Erosividad de la Lluvia. Elaboración propia.....	38
Figura 3 Factor de Erodabilidad del Suelo. Elaboración propia	40
Figura 4: Factor topográfico LS. Elaboración propia	43
Figura 5: Mapa de pendientes. Elaboración propia	43
Figura 6 Mapa de Coberturas del Suelo. Fuente INETER, Elaboración propia.....	46
Figura 7 Área de estudio Elaboración propia	50
Figura 8 Mapa de niveles de Erosión Hídrica. Elaboración Propia.....	63
Figura 9 Áreas con mayores pérdidas de suelo. Elaboración Propia	64
Figura 10: Comunidades con mayor afectación por las pérdidas de suelo. Elaboración Propia	65
Figura 11: Sitios seleccionados para implementar practicas.....	69

CAPÍTULO 1

Introducción

La erosión del suelo es uno de los principales conflictos ambientales a nivel mundial, la degradación de los ecosistemas afectados involucra indirectamente un impacto económico y social, mientras que los efectos que presenta en el recurso suelo son variados y muchos de ellos se asocian a la pérdida de productividad (Brunel & Seguel, 2011).

En Nicaragua la degradación de los suelos llega a un momento alarmante que amenaza no solo a la producción, sino también a la salud y conservación ambiental (Zelaya Carlos, 2015). El inadecuado uso de los suelos para los distintos sistemas productivos en las diversas regiones del país, está incrementando los niveles de susceptibilidad a erosión. MOREIRA (1983), expresa que la susceptibilidad es el riesgo de degradación por erosión que puede sufrir una unidad de tierras, por tanto, no hacer uso de mecanismos de protección al suelo, incrementaría los impactos de este fenómeno erosivo. La aplicación de sistemas de conservación a los suelos, tiene varias ventajas, entre ellas: contribuye a la seguridad alimentaria al incrementar los rendimientos de cultivos; incrementa y conserva la retención de agua en el suelo, mejora la calidad del suelo, la recuperación del paisaje y la vida silvestre (FAO, 2002).

El documento tiene como objetivos aplicar técnicas de análisis espacial para la priorización de sitios de conservación de suelos en la unidad hidrológica Tipitapa, por tanto, está estructurado en tres capítulos. En el primero, se estimó la erosión hídrica en la unidad hidrológica Tipitapa-Tisma mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la aplicación de la Ecuación de Pérdida de Suelo (USLE). En el segundo, se determinaron los niveles de susceptibilidad de los suelos del área en estudio. Y en el tercero se proponen acciones participativas para la conservación de suelos de los sitios con altas tasas de erosión de suelos.

Planteamiento del problema

La erosión hídrica es un conflicto que afecta calidad y productividad del suelo, debido a que se genera pérdida de nutrientes, de materia orgánica, se reduce las tasas de infiltración y de retención del agua. Además, pérdidas de servicios ecosistémicos, y la calidad de agua de fuentes subterráneas también es afectada por procesos erosivos (Dominati, Patterson, & Mackay, 2010).

En la unidad hidrológica Tipitapa-Tisma las actividades agrícolas, ganadería extensiva; el cambio en el uso del suelo, la deforestación y el inadecuado manejo de la población al recurso suelo, aumenta la susceptibilidad a los niveles de erosión hídrica (Castillo, 2018). En la localidad se está exento de prácticas de conservación, de manera que se generan un aumento a este conflicto ambiental, puesto que surge un incremento en las posibilidades de pérdida de suelo, ya que, al no haber un plan de manejo, los suelos son altamente vulnerables a los desprendimientos de tierra que disminuyen la capacidad productiva y la calidad de los mismos.

En la unidad hidrológica, la erosión también es un conflicto para los recursos hídricos. El transporte de las capas disgregadas por la precipitación, donde también puede ser arrastrados agroquímicos que contaminen el cuerpo lagunar conocido como “charco de Tisma”, genera condiciones desfavorables para el aprovechamiento de esta de agua, la cual forma parte de un área protegida por poseer humedales de gran importancia.

Debido a los cambios y alteraciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, se producen efectos negativos en la preservación del recurso, esto afecta directamente a los habitantes de la localidad, limitándolos a desarrollar las actividades del sector primario por el desgaste, la pérdida de nutrientes y de fertilidad. Como resultado de esto, se ve afectada la población en el sector comercio y la economía por la baja en la producción. De igual manera, el medio natural por discriminación ambiental.

Según Castillo (2018), de acuerdo a la magnitud e importancia del impacto, los informantes identifican como principal amenaza la pérdida de la calidad del agua, debido al alto uso de agroquímicos y la sedimentación del agua, donde, según explican los entrevistados, los suelos que son arrastrados por las escorrentías llevan consigo alto contenido de fertilizantes y

fungicidas que son usados mayormente, para el cultivo de hortalizas y maní en zonas cercanas al espejo de agua del sistema lagunar. Ruiz (2003), afirma que, el cultivo de arroz y las alteraciones del nivel del agua han tenido un impacto directo.

A raíz de esta situación, surgió la iniciativa de realizar un estudio ligado a la importancia de conocer los niveles de erosión hídrica en la unidad hidrológica Tipitapa- Tisma, donde se busca aplicar una metodología para estimar las pérdidas de suelo, para así valorar los riesgos a los que está expuesta el área en estudio, con el fin de disminuir los niveles de erosión y establecer medidas para la conservación de los suelos y contrarrestar las afectaciones al ambiente.

De acuerdo a la problemática antes descrita, surge las siguientes preguntas de investigación.

¿Cuáles son las tasas de erosión hídrica, y los niveles de susceptibilidad en el área en estudio?

¿Cuáles son los sitios con altas tasas de erosión para establecer propuestas de acciones participativas que reduzcan las tasas erosivas?

Justificación

La protección de los suelos es un tema que se tiene que mantener en primer orden en cuanto a la conservación ambiental. Es de primordial importancia brindarles una seguridad a los recursos que proporciona la madre tierra, y es necesario estar consciente de los daños que se le pueden llegar a generar a cada uno con un manejo inadecuado, es por ello que se tiene que implementar medidas de cuidado y preservación para conservar el estado productivo de los suelos.

En los últimos años, el nivel de explotación de suelo en el sector agropecuario en Tisma ha tenido aumento debido a varios factores, pero uno de los más significativos es el incremento agrícola, ya que los productores están desgastando los recursos para poder producir a mayor volumen y así generar mayores ingresos. La ausencia de métodos de conservación en las labores agrarias de la comunidad, está generando afectación al recurso.

El sitio de estudio abarca un área protegida RAMSAR, que se encuentra dentro del Sistema Lagunar de Tisma, declarado Reserva Natural según Decreto No. 1320 el ocho de septiembre de 1983 (Junta de Gobierno de Reconstrucción Nacional de la República de Nicaragua. 1983) y designado Humedal de Importancia Internacional Sitio RAMSAR # 1141 (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas) el ocho de noviembre del 2001. El humedal RAMSAR comprende 16,850 hectáreas en los Municipios de Tipitapa, Granada y Tisma (RAMSAR. 2017). tomado de (Castillo, 2018).

La conservación, la recuperación y el manejo sostenible de los ecosistemas de humedal son prioritarios por varias razones: por su importancia biológica, definida por la riqueza y diversidad de especies, la productividad, la presencia de fenómenos biológicos y hábitats únicos de fauna y flora con diversos grados de amenaza (Ortiz et ál., 2005).

El Humedal de Tisma es un sitio de conservación, estratégico y de prioridad debido a las funciones biológicas, la belleza escénica, porque es fuente de alimentos para la población aledaña, y es un sitio de migración de aves (Asociación Ambientalista Audubon de Nicaragua, ASAN, 2000), tomado de (Castillo, 2018). Por lo anterior, es relevante evaluar la erosión hídrica con el fin de informar a la población, tanto productores agrícolas, al igual

que familias dedicadas a otras actividades, o bien así a toda la ciudadanía en general, como la agricultura puede ser un principal factor para generar erosión al suelo. Las acciones participativas son propuestas para la reducción de este fenómeno y disminuir las probables pérdidas de servicios ecosistémicos.

Es importante conocer que las actividades agrícolas pueden producir alteraciones al recurso suelo. Los beneficiados en la elaboración del trabajo son los productores agrícolas, las instituciones públicas, y la comunidad académica e investigadores. Los productores debido a que las acciones participativas de conservación están dirigidas especialmente a aquellos sitios con altas tasas erosivas, y que coinciden con fincas agropecuarias. Las instituciones públicas serán también beneficiadas debido a que los datos generados pueden permitir validar la aplicación del Decreto No. 1320. Y la comunidad académica e investigadores que deseen mejorar la aplicación o monitorear otras valorizables del ciclo hidrológico.

Objetivos

General

Emplear técnicas de análisis espacial para priorizar sitios de conservación de suelos en la unidad hidrológica Tipitapa, Tisma en el periodo de agosto - noviembre del año 2021.

Específicos.

- 1) Estimar la erosión hídrica en la unidad hidrológica Tipitapa-Tisma mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE).
- 2) Determinar los niveles de susceptibilidad de los suelos del área en estudio.
- 3) Proponer acciones participativas para la conservación de suelos en los sitios con altas tasas de erosión de suelos.

CAPÍTULO 2

2.1 Antecedentes

El área de estudio carece de documentación que relacione la pérdida de suelo por erosión hídrica mediante la metodología propuesta, sin embargo, a nivel nacional e internacional, se ha realizado trabajos investigativos que coinciden con el tema de investigación, sobre la aplicación del método USLE haciendo uso de las herramientas SIG.

Sierra (2019), en su trabajo investigativo: Influencia de las características morfométricas en la erosión de la cuenca del Río Tamulasco y su efecto en el aporte de sedimentos al Embalse Cerrón Grande, El Salvador, realiza la caracterización morfológica del terreno de la cuenca para establecer la influencia de las características que se ejercen en los procesos erosivos en la cuenca; seguido se calculó la tasa de pérdida de suelo en la cuenca mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). Determinó la producción de sedimentos, de fondo y suspendidos, mediante metodologías convencionales de análisis de calidad de agua. Los análisis realizados mostraron que la cuenca del río Tamulasco se ve influenciada en gran medida por las condiciones de su pendiente más que por la forma misma de la cuenca, también se evidenció que más del 8% del terreno de la cuenca posee tasas de erosión severas, superiores a las 200 Ton/Ha/año, siendo los factores más influyentes en esta condición la longitud y grado de la pendiente, así como la cobertura del suelo.

Reyes (2001), desarrolló el trabajo de tesis en donde realiza la estimación de pérdidas del suelo, utilizando cuatro modelos de predicción, la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), Ecuación Modificada de Pérdida de Suelo (MUSLE), Modelo de Williams e Índice de Fournier. Los resultados brindados por el autor destacan que existe una relación directa entre la erosividad de las lluvias y las pérdidas de suelo, pero que estas pérdidas de suelo suelen ser aceleradas o disminuidas en dependencia del tipo de suelo, topografía y cobertura vegetal. El tipo de cobertura vegetal y su densidad, asociada a las prácticas de conservación, influyen en evitar mayores pérdidas de suelo, a mayor cobertura y prácticas mayor protección al suelo y menores son las pérdidas del suelo.

Hernández y Moncada (2007), en su trabajo investigativo tuvieron como propósito cuantificar el proceso erosivo usando parcela de erosión a nivel de sistemas y mediante un

modelo de predicción (EUPS). Aplicaron la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), en el estiman los factores de erosividad de la lluvia (Factor R), Erodabilidad del suelo (Factor K), la pendiente (Factor LS) las coberturas de la tierra (Factor C) y las prácticas de conservación (Factor P). Las pérdidas de suelo medidas para el año 2005 fueron de 2.18 ton/ha, con un volumen de escorrentía 9835.0 lts y concentración de sedimentos de 91.78 g/lts en los tres sistemas (parcelas). El valor del factor de erosividad (R) fue de 22,053.9 Mj*mm/ha/año, el factor K 0.03, factor LS 18m, factor C 0.001.

Méndez y Espinoza (2008) evaluaron las pérdidas de suelo inducidas por la erosión hídrica en tres cultivos vegetales, presentando una dificultad de topografía muy accidentada debido a que los suelos presentes, tienden a ser más susceptibles a causa de los procesos de erosión hídrica. Las parcelas de erosión fueron ubicadas en un rango de pendiente entre 20 - 44 % con un suelo del tipo Typic Argiustol. Se utilizó la metodología de parcelas de erosión, se establecieron 9 parcelas de las cuales 3 eran de Pasto, 3 de rotación de frijol - maíz con rastrojos y 3 con rotación de frijol - maíz sin rastrojos cultivados en contorno de la pendiente. Las parcelas tienen 50 m de largo y 15 m de ancho, para un área de 750 m². Además, se utilizó la ecuación universal de pérdida de suelo para calcular las pérdidas de suelo potencial, teniendo como variables en estudio: pérdida de suelo, pérdida de agua, y los factores de la EUPS. Obteniendo una conclusión de resultados que los factores que intervienen directamente en las pérdidas de suelo son: la cobertura vegetal, las precipitaciones, textura y la pendiente del terreno. Estos factores influyen de una manera considerable en las pérdidas de suelo.

Canales y Almendares (2010) en su trabajo de graduación presentan como determinar los factores de la RUSLE Y USLE durante la estación lluviosa del 2008, bajo diferentes sistemas de cubierta vegetal (Gramina natural y Bosque nativo). En el estudio se estableció un experimento con parcelas que tiene una dimensión de 50 metros de largo y 15 metros de ancho para un área útil de 750 m² con un área total por tratamiento de 2,250 m². Se demuestra que las mayores pérdidas de suelo se dieron en las parcelas de Gramina natural con un valor promedio de 0.229 t/ha y en las parcelas de Bosque nativo resultaron con pérdidas menores con 0.033t/ha. Se demuestra que la cubierta vegetal tanto de Bosque nativo como de Gramina natural logra disipar la energía cinética de la gota de lluvia protegiendo adecuadamente al

suelo. Los modelos de estimación original y revisado USLE y RUSLE sobre estiman las pérdidas reales determinadas a través de las parcelas de escurrimiento por tanto no se adaptan a la zona tropical.

Se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (E.U.P.S), la cual está compuesta por un total de 6 parámetros como $R = 516.48$ MJmm/ha h, $K = 0.34 - 0.63$ t. ha. h /ha MJ mm, $S = 1.6$, $L = 4.27$ (USLE), $L*S$ (0.34 – 0.39) (RUSLE), $C =$ Grama natural 0.01 y Bosque nativo 0.001, $P =$ no se asumió por no existir práctica.

En el área adyacente al Sistema Sierras de la Ventana de Buenos Aires, Argentina. Donde Marini (2008) determinó el incremento de la superficie agrícola. Dicho análisis llevado a cabo, demuestra que existe un incremento en la superficie dedicada a la actividad agrícola que asciende a 55572 hectáreas (ha), lo que representa un aumento del 27,97 %. El mismo es originado principalmente por la propagación de los cultivos de verano, principalmente de la soja, de significativa expansión en la República Argentina en las últimas dos décadas.

2.2 Marco teórico

Erosión hídrica

El suelo es un proceso, resultado de factores geológicos, climáticos, biológicos y sociales. Es un sistema compuesto de elementos minerales y orgánicos en estado sólido, líquido y gaseoso que interactúan en procesos físicos, químicos y biológicos dando lugar a diferentes niveles de organización tanto espaciales como temporales. A su vez, el suelo se modifica de acuerdo a la forma en que diferentes sociedades lo manejan, según los valores económicos y culturales de estas sociedades (Najera et al, 2018).

El suelo está expuesto a diversos procesos de degradación. Algunos de ellos están directamente ligados a la agricultura, lo que causa disminución del contenido de carbono orgánico en el suelo y de la diversidad biológica del suelo; salinización y sodificación, y contaminación (por metales pesados y plaguicidas o por exceso de nitratos y fosfatos) (Soco, 2009).

La degradación del suelo se puede entender como la pérdida de equilibrio de sus propiedades, lo que limita su productividad. Ella tiene expresión en aspectos físicos (erosión), químicos (déficit de nutrientes, acidez, salinidad, otros) y biológicos del suelo (deficiencia de materia orgánica) (Sánchez, 2013).

La erosión corresponde al proceso de desgaste de la superficie terrestre, provocada por la acción de las fuerzas de la naturaleza, contribuyendo a la transformación del suelo. Por otra parte, se denomina erosión acelerada al proceso de degradación que induce el hombre en los suelos, a través de prácticas incorrectas de uso y manejo. La erosión es considerada un problema en el sector silvoagropecuario, porque el suelo es un recurso no renovable y altamente vulnerable a la acción antrópica y a las condiciones de variabilidad climática y de cambio climático global (Sánchez, 2013).

Según Lal (1988), la susceptibilidad de un suelo a las fuerzas erosivas por el impacto de las gotas de lluvia y por el flujo superficial (escorrentía), es considerada, generalmente, una propiedad inherente de los suelos y tiene un valor constante. Este es el proceso de pérdida de suelo más importante, especialmente para este tipo de suelo que son derivados de cenizas volcánicas.

De acuerdo a IUGS (1997) el término susceptibilidad se define como una evaluación cuantitativa o cualitativa de la clasificación, el volumen (o área) y la distribución espacial de los fenómenos que existen o pueden ocurrir potencialmente en un área, sin tomar en cuenta el tiempo en que ocurran (Fell et al. 2008). Entonces, puede concebirse al concepto de susceptibilidad como la caracterización de las zonas que tienen el potencial de sufrir erosión de acuerdo a la distribución espacial de factores relacionados con los procesos de inestabilidad, sin implicación temporal.

La susceptibilidad del suelo a los movimientos de ladera (S), se define como la favorabilidad del ambiente físico y de los elementos inherentes de las masas de terreno y superficie como la geología, pendiente, geomorfología, usos del suelo, etc., a la ocurrencia de desprendimientos de tierra. Indica la predisposición del terreno a deslizarse, pero no implica el aspecto temporal del mismo (Remondo 2001, Bonachea Pico 2006).

La Erosión Hídrica es un proceso de disgregación y transporte de las partículas del suelo por acción del agua. Se trata de un fenómeno natural y lento, sin embargo, debido al uso intensivo de las tierras agrícolas y al manejo inadecuado, ha sido acelerado como consecuencia de tales actividades (FAO, 1990).

La erosión del suelo es la restricción ecológica más significativa para una producción de agricultura sostenible en tierras de laderas. La mezcla de cultivos anuales y la baja implementación de mejores prácticas de manejo de los sistemas productivos son factores principales que originan una erosión incrementada sobre estas áreas (Oldeman,1991). A nivel mundial, la erosión hídrica es el tipo más importante de degradación de suelos y ocupa aproximadamente 1093 millones de hectáreas (56%) del área total afectada por degradación de suelo inducida por el hombre (FAO, 2002).

- ***Etapas de la Erosión Hídrica***

La escorrentía y la erosión del suelo se inician con el impacto de gotas de lluvia sobre el suelo desnudo. Esta energía desagrega el suelo en partículas muy pequeñas que obstruyen los poros, provocando una selladura superficial que impide la rápida infiltración del agua. Las Etapas en las que ocurre este fenómeno son:

- impacto de la gota de lluvia sobre el suelo desnudo (A)
- sus agregados son desintegrados en partículas minúsculas (B)

- que tapan los poros formando una selladura superficial (C), provocando el escurrimiento superficial del agua de lluvia.

- El agua que escurre carga partículas de suelo que son depositadas en lugares más bajos cuando la velocidad de escurrimiento es reducida (D) (Derpsch, et al., 1991).

El proceso de pérdida de suelo por la erosión es mucho más rápido que el de formación de suelo. Por eso, la pérdida de la capa superficial del suelo disminuye la fertilidad y ocasiona una disminución de los rendimientos de las cosechas. La tierra arrastrada contribuye además a la contaminación y el aterramiento de los ríos (Soco, 2009).

La erosión del suelo es un proceso que consta de dos fases, independientemente del agente que lo efectúa (agua y/o viento): el desprendimiento de las partículas individuales de la masa del suelo y su transporte por agentes erosivos (agua de escurrimiento y/o el viento). Cuando la magnitud de la energía no es suficiente para transportar las partículas ocurre una tercera fase llamada depositación (Kirkby y Morgan, 1984).

La erosión hídrica, tal vez es la forma más importante de erosión. Es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse sobre la tierra y al fluir sobre la superficie de los terrenos en forma de escurrimiento superficial. Si no hubiera escurrimiento superficial no habría erosión en zonas de baja precipitación. Existen cuatro formas principales de erosión hídrica:

1. Erosión por salpicadura: es el desprendimiento y dispersión de las partículas del suelo por las gotas de lluvia (Kirkby y Morgan, 1984).
2. Erosión laminar: es la remoción más o menos uniforme de una capa o lámina delgada de suelo de una superficie determinada de un terreno (FAO, 1967).
3. Erosión en surco: es el desprendimiento y transporte de las partículas de suelo ocasionada por el flujo de agua con sedimentos en las depresiones de la tierra con dirección de la pendiente (FAO, 1967).
4. Erosión en cárcavas: es un incremento en las dimensiones del surco con el movimiento de las corrientes que arrastran los lechos de los surcos y desmoronan sus paredes o taludes. Las cárcavas dividen el terreno haciendo imposible su utilización para la agricultura (FAO, 1967).

Los procesos de erosión hídrica están estrechamente relacionados con las rutas que sigue el agua en su paso a través de la cobertura vegetal y su movimiento sobre la superficie del suelo (Morgan, 1997). Este tipo de erosión es causada por la acción de las gotas de lluvia al impactar una superficie de terreno no debidamente protegida por vegetación. Esta acción separa partículas de los agregados del suelo, las que posteriormente son arrastradas por el escurrimiento superficial de las aguas. La importancia del efecto de las gotas radica en que son capaces de dispersar partículas a distancias de 150 cm del punto de impacto y levantarlas a alturas de 60 cm (Peña, 1992).

Aunque la erosión hídrica es un proceso natural ocasionado fundamentalmente por las lluvias intensas, la topografía, el bajo contenido de materia orgánica del suelo y el porcentaje y tipo de cobertura vegetal, algunas actividades humanas, como las técnicas de cultivo inapropiadas, las modificaciones de las condiciones hidrológicas, la deforestación y marginalización o abandono de tierras, contribuyen a intensificarla y acelerarla (Soco, 2009).

En Nicaragua, la erosión hídrica, es la forma más importante de erosión en la zona de laderas, aproximadamente 7.7 millones de hectáreas de terrenos nacionales presentan diferentes rangos de amenaza e intensidad de erosión (Gutiérrez, 2004).

La erosión se considera la forma más importante de la degradación de suelo en el país; aproximadamente 7.7 millones de hectáreas de territorio nacional presentan grados variables de erosión, 3.6 millones de hectáreas presentan un grado de erosión catalogados de fuertes a severos. Un estudio realizado por el Ministerio de la Construcción y Transporte a lo largo de la carretera que une Managua y las manos; Managua y el Guasaule, revelo que los ríos arrastraron más de 50 millones de toneladas de suelo, equivalentes a 10 cm de capa arable en 50000 hectáreas de terrenos agrícolas (PASOLAC, 1999).

Factores que determinan la erosión hídrica

Los factores son parámetros naturales o artificiales que determinan la magnitud de la perturbación, tal como clima, topografía, suelo, vegetación y manejo (acción antrópica) (FAO, 1997).

Clima: precipitación, evaporación, temperatura, viento y humedad relativa constituyen los elementos climáticos más importantes (Bennett, 1965). De estos elementos, el que tiene más

importancia es la precipitación. Su acción se deja sentir por: la cantidad de agua caída, la época del año en que esta cae, su intensidad y la duración (FAO, 1997). Por lo tanto, la erosividad de una tormenta es función de su intensidad y duración, y de la masa, diámetro y velocidad de las gotas de lluvia (Morgan, 1997).

Suelo: el suelo se representa por su grado de erodabilidad, es decir la susceptibilidad del suelo a ser erosionado (FAO, 1997). La resistencia de un suelo depende, en parte, de su posición topográfica, pendiente y grado de alteración. La erodabilidad varía con la textura del suelo, la estabilidad de los agregados, la resistencia al esfuerzo cortante, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos (Morgan, 1997).

Topografía: las características topográficas que ejercen una marcada influencia sobre la erosión son; el grado de inclinación, longitud y forma de la pendiente, y tamaño y forma de la cuenca (FAO, 1997). La erosión aumenta con frecuencia cuando la longitud de la pendiente es mayor (Bennett, 1965). En determinadas condiciones la variación del largo de la pendiente puede causar mayor efecto sobre las pérdidas de suelo que los cambios en su grado de inclinación (Mancilla, 1995). En cuanto a la forma de la pendiente, esta también juega un rol importante, ya que terrenos con gradientes cóncavas o convexas no tienen similar comportamiento, aunque la pendiente promedio sea la misma (Mancilla, 1995).

Vegetación: el manto vegetal influye sobre la proporción del escurrimiento del agua de lluvia y del arrastre del suelo más que cualquier otro factor físico por separado (Bennett, 1965). La vegetación actúa como una capa protectora o amortiguadora entre la atmósfera y el suelo. Los componentes aéreos como hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia y del agua en movimiento. Cuando el suelo se encuentra cubierto con plantas o residuos, la masa vegetal absorbe la energía de las gotas que caen. El agua caída se escurre lentamente hasta la superficie del suelo donde infiltra con rapidez, pues la cobertura impide el taponamiento de los poros (Derpsch, 2004).

Acción antrópica: las actividades antropogénicas se manifiestan a través del mal uso de los recursos naturales. Entre las actividades humanas relacionadas con la erosión se incluyen la agricultura, pastoreo, minería, silvicultura, recreación, urbanismo y vialidad, entre otras (FAO, 1997).

León, T. (s. f.) & Vandermeer, J (2011) resaltan que buscar un buen manejo del suelo representa un requisito para la sostenibilidad de la producción agropecuaria. Hacen énfasis en revertir procesos erosivos, en replantar las técnicas de labranza, de la reposición de materia orgánica, uso de cultivos de cobertura, además de la rotación de cultivos con leguminosas. Buscando la conservación de los suelos, pues como mencionado, todas las actividades agropecuarias y forestales tienen como base de su producción, el componente suelo. Por lo que la especie humana depende directamente de la disponibilidad de suelos capaces de producir (fértil) para su alimentación y sustento (Gliessman, R. 2002).

En los sistemas agropecuarios el suelo es un recurso de especial relevancia, por ser la base de la producción y entre sus numerosas funciones destacamos: 1. es hábitat de numerosos organismos. 2. sostén y fuente de nutrientes de las plantas. 3. Influye en la mineralización, reciclaje, flujo de nutrientes y energía en especial de materia orgánica. 4. Regula parte del ciclo hídrico y del clima, etc (Gliessman, R. 2002).

La producción agropecuaria requiere en sus procesos de recursos naturales como el suelo. La calidad y cantidad de este recurso y, en consecuencia, la posibilidad de una producción que perdure en el tiempo, está determinada por cómo y con qué intensidad es explotado el suelo y el tipo de tecnologías empleadas. El uso inadecuado de la tecnología es clave para la degradación de los suelos (ej. Labranza intensiva con tractores en zonas de pendiente). La utilización de recursos externos principalmente de origen sintético no contribuye a la nutrición de los suelos, dejándolos infértiles a futuro, lo que promueve la ampliación de la frontera agrícola, reduciendo hábitats naturales importantes para la conservación de la biodiversidad (Corrales, E. 2002).

La producción y algunas prácticas en los sistemas productivos agropecuarios convencionales, generan numerosas consecuencias que pueden degradar la calidad de los suelos, hasta el caso extremo de dejarlos improductivos. Entre estas consecuencias podemos mencionar:

1. La compactación por uso de maquinarias pesadas o sobrepastoreo.
2. La erosión por deforestación e uso intensivo de labranza.
3. Salinización por uso de aguas con altas concentraciones de sales solubles.

4. Contaminación por uso excesivo de pesticidas.
5. Pérdida de materia orgánica y nutrientes, por no ser restituida con los insumos de origen sintético.
6. Pérdida de la diversidad de la biota del suelo, por uso de pesticidas, agroquímicos, y por el constante volteo del suelo al arar, que disturban su hábitat y los deja expuestos a condiciones extremas, entre muchos otros efectos que en general afectan la fertilidad o la estructura básica del suelo para poder producir (Vandermeer, J. 2011; Henríquez, C. y Calbaceta, A. 1999).

En síntesis, la degradación de los suelos es un proceso complejo, en el cual factores naturales y humanos contribuyen a la pérdida de la capacidad de producción del suelo. Las causas del problema surgen tanto de las características naturales del suelo como de la utilización que de él hace el ser humano. Entre las principales causas posibles de identificar se encuentran:

- Características propias del suelo, tales como material de origen, pendiente, profundidad, textura y estructura.
- Frecuencia, intensidad y cantidad de las precipitaciones.
- Adopción de malas prácticas por parte de los agricultores. tales como cultivos en pendiente, exceso de laboreo, escasa fertilización, uso de fertilizantes acidificantes, exceso de plaguicidas, desprotección del suelo, entre otras.

La interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos señalados, incide directamente sobre las características de los suelos, provocando consecuencias en los niveles de acidez, alcalinidad, nutrientes, materia orgánica y otros, que alteran el equilibrio entre sus propiedades y conllevan a su degradación. Esto disminuye su potencial productivo, limitando la rentabilidad de los sistemas agroproductivos, haciéndolos no sostenibles y, por consiguiente, deteriorando la calidad de vida de la población rural (Sánchez, 2013).

Modelo de estimación de pérdida de suelo (USLE)

La aplicación de modelos de erosión se puede realizar con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten obtener los resultados en forma de mapas que muestran la

distribución espacial de la erosión en el área de estudio. Para sustentar este estudio se requiere la producción de los planos de información para cada factor de la ecuación a fin de que sean manipulados a través de la superposición.

El modelo digital del terreno (MDT o MDE) es la base que permite los análisis necesarios para la realización de los estudios del relieve en general. A partir de este es posible determinar las pendientes, las exposiciones del terreno al sol y otros análisis, siempre que sea necesario. El uso de las curvas hipsométricas y puntos de altimetría, con la extensión 3D Analyst, y el método de interpolación TIN (triangular irregular Red), se genera el MDE. Los MDE son estructuras numéricas de datos que representan la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno (Felicísimo, 1994). Los más comunes son los de estructura tipo raster, que consisten en una malla o matriz de celdas cuadradas con la información de elevación en cada celda (Roffe et al. S.f).

El uso de los MDE consiste fundamentalmente en la obtención de variables derivadas de la altimetría. Con la creciente disponibilidad de bases topográficas digitales, aliada a la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se convierte en estratégico el desarrollo de métodos automáticos para la extracción y el análisis de las variables topográficas, para su posterior procesamiento e integración en ambiente computacional. La pendiente, aspecto, curvatura horizontal, la curvatura vertical, y la identificación de canales de drenaje y las cuencas hidrográficas, son variables morfométricas locales provistas de algoritmos específicos para su extracción a partir del MDE (Roffe et al. S.f).

Existen metodologías para estimar los índices de pérdida de suelo, entre ellas una de las principales es: La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), esta está diseñada para determinar las pérdidas potenciales en un lugar determinado. Según Wischmeier y Smith citado por Núñez (2001), la ecuación es un diseño estadístico de regresión múltiple para cinco factores que los investigadores definieron como responsables del proceso de erosión hídrica: clima, suelo, pendiente, cobertura vegetal y prácticas de manejo. Es la ecuación más aceptada en la actualidad, y esta predice las pérdidas de suelo debido a procesos erosivos, especialmente de origen hídrico. La EUPS también está adaptada para la estimación de pérdidas de suelo en otros países, según se explica a lo largo de la descripción de los elementos de la ecuación (Kirkby y Morgan, 1984).

Se pueden emplear métodos de predicción de la erosión tanto para la evaluación del riesgo potencial y actual como para la planificación conservacionista en cuencas hidrográficas. Además, los modelos de predicción de erosión se pueden utilizar para estudios de correlación entre los factores geomorfológicos, grafológicos, hidrológicos, de uso de la tierra y la erosión hídrica. Sin embargo, estos métodos son poco útiles si no son adecuadamente calibrados y validados para las condiciones locales, particularmente los métodos más empíricos como el EUPS (Wischmeier y Smith, 1978). Sin embargo, aunque adecuadamente calibrados, los modelos de erosión aún presentan grandes inexactitudes de predicción, ya que la variabilidad espacial y temporal de sus variables y parámetros es generalmente alta (Chávez y Nearing, 1991).

La aplicación de modelos de erosión se puede realizar con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten obtener los resultados en forma de mapas que muestran la distribución espacial de la erosión en el área de estudio. Para sustentar este estudio se requiere la producción de los planos de información para cada factor de la ecuación a fin de que sean manipulados a través de la superposición (Roffe et al. S.f)

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) fue desarrollada a fines del año 1950 y se volvió ampliamente utilizada en planes de conservación de áreas cultivadas en la década de los años 60. A comienzos del año 1970, la USLE fue aplicada para muchos otros usos del suelo además de los utilizados en áreas cultivadas y para otras aplicaciones aparte de las usadas en los planes de conservación de suelos. La USLE fue actualizada en 1978, pero para en el año 1985, con la reformulación de un tratado de tierras agrícolas y mucha más información de nuevas investigaciones, necesitó una nueva actualización (Juanga, 2010).

La Ecuación Universal de Perdida de Suelo (EUPS) es un método que ha sido ampliamente aplicado en planificación conservacionista de suelo. La erosión laminar y en surco anual promedio de un sitio particular, bajo determinadas condiciones, puede ser pronosticado por medio de la ecuación universal de pérdida de suelo. Esta ecuación es una herramienta muy útil para la evaluación de la severidad de erosión laminar y en surco y determinación de las partículas de control de erosión necesarias para sostener pérdidas de erosión anuales promedios dentro de un nivel aceptable de erosión. Fue diseñada para áreas agrícolas y de construcción, pero puede ser adaptada a otras condiciones (INETER, 2005).

Está diseñada para determinar las pérdidas potenciales en un lugar determinado. Según Wischmeier y Smith citado por Núñez (2001), la ecuación es un diseño estadístico de regresión múltiple para cinco factores que los investigadores definieron como responsables del proceso de erosión hídrica: clima, suelo, pendiente, cobertura vegetal y prácticas de manejo. $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$ Donde: A = Pérdida de suelo promedio anual en (t/ha/año) R = Factor erosividad de las lluvias en (MJ/ha*mm/hr) K = Factor erodabilidad del suelo en (t/ha.MJ*ha/mm*hr) LS = Factor topográfico (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente), adimensional C = Factor ordenación de los cultivos (cubierta vegetal), adimensional P = Factor de prácticas de conservación (conservación de la estructura del suelo), adimensional (Ruiz L & Arauz S. 2010)

La EUPS calcula la pérdida de suelo anual promedio de erosión laminar y en surco sobre un terreno en función de las características de la lluvia, propiedades del suelo, rasgos topográficos, uso de la tierra y prácticas de manejo. En su forma actual sus relaciones y valores de parámetros son casi enteramente derivados de datos experimentales en los Estados Unidos de Norteamérica, por medio de la ecuación:

$$A: R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Dónde: A es la cantidad de material erodado calculado o medido expresado en toneladas por hectárea para una duración de lluvia específica. A tiene las unidades de K, en el periodo de tiempo seleccionado para R.

R es el factor de lluvia en forma de un índice (EI30), que es medido por el poder erosivo de la lluvia expresado en toneladas metro por hectárea hora o en joule por metro cuadrado, una medida de la fuerzas erosivas de la lluvia y escurrimiento asociado; K es el factor de erodabilidad del suelo, es erosión estándar en tonelada por hectárea por unidad de erosividad R, para un suelo específico con una pendiente uniforme de 9% de gradiente y 22.1 m de longitud de pendiente en barbecho limpio labrado, es una medida de la susceptibilidad inherente de la partículas del suelo a la erosión; L es el factor longitud de pendiente, expresa la relación de pérdida de suelo de una pendiente con una longitud dada y la pérdida de suelo de una pendiente con una longitud estándar de 22.13 m, con idénticos valores de erodabilidad y gradiente de pendiente; S es el factor de gradiente de pendiente, expresa la relación de

perdida de suelo de una gradiente de pendiente específica y la pérdida de suelos de una pendiente con gradiente estándar de 9%, bajo otras condiciones similares, definen el efecto de la inclinación de la pendiente sobre la pérdida de suelo por unidad de área; C es el factor combinado de vegetación y manejo, expresa relación de pérdida de suelo de un área con cobertura y manejo específicos a una área similar pero en barbecho continuamente labrado; y P es el factor práctica de conservación de suelo que expresa la relación de pérdida de suelo de un área con cobertura y manejo específico como cultivo en contorno, cultivo en bandas o terrazas a esa con labranza a favor de la pendiente.

Los factores LS, C y P de la ecuación se utilizan para ajustar cuantitativamente los valores de K según las condiciones diferentes a las parcelas experimentales de donde se desarrolló el modelo. El producto de los primeros cuatro factores (R, K, L y S) es el potencial erosivo inherente en el sitio; eso es, la pérdida de suelo que ocurriría en la ausencia de cualquier cobertura vegetal (C) o practica de manejo (P). Los dos últimos factores reducen esta pérdida potencial para compensar los efectos de uso de la tierra, manejo y prácticas especiales (INETER, 2005).

El índice disponible más apto para Nicaragua de potencial erosivo de la lluvia es el parámetro EI (o EI30) desarrollado por Smith y Wischmeier. Para una tormenta dada, este parámetro es igual al producto de la energía de las gotas de lluvia y su intensidad máxima en 30 minutos. Los valores de EI de las tormentas pueden ser sumados para obtener valores anuales o estacionales de la erosividad de un patrón de lluvia.

R es un índice de la erosividad (promedio anual) de la precipitación pluvial para un determinado lugar (por ejemplo, una zona con determinado clima). Las unidades de R son MJmm/ha/h.

R por definición, es un valor promedio anual, creado para la predicción de la pérdida de suelo y es obtenido por la sumatoria de los valores EI30 en el año de las tormentas consideradas erosivas o sea con láminas de precipitación mayor de 12 mm e intensidades mayores de 25 mm/h. Se saca un promedio de los valores de R de 20 a 25 años. Cuando se combina la energía cinética total (E) que posee una lluvia con su máxima intensidad calculada en 30 minutos (I30), se obtiene el EI30 que es una fracción de R.

Factor erodabilidad del suelo (K)

Algunos suelos erosionan más rápidamente que otros bajo idénticas condiciones. Los suelos altos en limo o arena muy fina erosionan más rápidamente. Erodabilidad disminuye a medida que el contenido de partículas de arcilla o arena (excluyendo arena muy fina) incrementan. La materia orgánica del suelo mejora la estructura, infiltración y agregación y disminuye la erodabilidad, pero agregados grandes pueden aun ser transportados por escorrentía de alta velocidad. La permeabilidad del perfil es importante debido a su influencia en la escorrentía.

Wischmeier et al (1974), determinaron las propiedades del suelo con mayor correlación con la erodabilidad del suelo. El factor K para un suelo dado es la pérdida de suelo esperada por hectárea por unidad de eI sobre una parcela unitaria (22.1 m longitud y 9% de gradiente de pendiente, continuamente labrada a favor de la pendiente sin cobertura).

Valores más exactos de K pueden ser obtenidos usando el nomograma de erodabilidad. El Nomograma gráficamente calcula K para un suelo dado en función de la distribución de tamaño de las partículas, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad del perfil. Valores conocidos de este factor de suelo reportado son entre 0.005 y 0.034. El nomograma se basa en la siguiente ecuación, que fue desarrollada de los datos de campo de las parcelas de erosión que se establecieron en los Estados Unidos.

Los valores de K no son constantes, en la medida que se avanza la erosión de un determinado suelo, tiende a disminuir su valor K, debido a la pérdida de las partículas más erosionables, lo que origina un incremento en la proporción de material no erosionable por lo tanto mayor resistencia a la subsiguiente erosión.

Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS)

A medida que la escorrentía se acumula en una pendiente alargada, su capacidad de desprender y transportar se incrementa. La longitud de la pendiente y su inclinación se mide en el lugar en que se intenta calcular la pérdida de suelos.

Los datos topográficos han tenido una gran demanda en los análisis ambientales aplicados a las unidades hidrológicas s. La creciente disponibilidad de bases topográficas digitales, junto con el uso de los SIG, ha impulsado el desarrollo de la extracción automática de las variables

topográficas. En términos operacionales y desde el punto de vista económico, con el uso de las geotecnologías en la caracterización del factor LS, el trabajo de campo es menos intensivo, ahorrando tiempo y recursos. Se recomienda, por tanto, que se concedan mayores esfuerzos al desarrollo de métodos para la obtención de las variables topográficas y el factor LS en ambiente SIG (Moore et al., 1991, Valeriano, 1999), (Roffe et al. s.f).

La intensidad de la erosión hídrica varía en función de la vertiente que el agua recorre a través de sus características la longitud (L) y el grado de la pendiente (S). Estos factores se estudian de forma aislada, pero para su aplicación en la USLE, se analizan conjuntamente, formando el factor topográfico (LS). El LS representa la relación esperada de la pérdida de suelo por unidad de área en una pendiente cualquiera, en comparación con la correspondiente pérdida de suelo en una parcela unitaria estándar de 25 metros de largo con 9% de pendiente (Bertoni y Lombardi Neto, 1999).

El factor LS es uno de los factores más importantes de la USLE, pero es el que presenta más dificultades para su obtención, especialmente cuando se desea estimar la pérdida de suelo en una unidad hidrológica. Esta dificultad está dada por la complejidad del relieve, en el que la pendiente puede ser recta, cóncava, convexa o una combinación de formas (Roffe et al. s.f).

Factor cobertura vegetal (C)

La cobertura de suelo es la más grande defensa contra la erosión de suelo, pero un mantenimiento de variables de sistema de cultivos y manejo también influyen altamente en la habilidad de la superficie de suelo a resistir erosión. Todo esto es combinado en el factor de cobertura y manejo C. Hay un procedimiento para calcular C para un cultivo y sistema de manejo dado con relación a un patrón de lluvia. Tablas regionales de valores de C son disponibles en la literatura, así como para condiciones de sitios de construcción, pastizales y bosque. Valores de C universalmente no validos no existen. Por la gran variedad de cultivos, secuencias y rotaciones de cultivos y manejos, sería necesario la evaluación de valores de C experimentalmente en condiciones locales. Con el uso de tablas de referencia de la literatura especializada en donde producto de ensayos experimentales en regiones similares a las de Nicaragua se han compilado valores del factor C.

Factor prácticas de conservación de suelos (P).

Este factor representa el efecto de mejores prácticas como cultivo en contorno o en bandas. Su valor depende de la pendiente del terreno y puede ser obtenido de tablas. Para estimación de la contribución de sedimentos fuera del área agrícola, sistemas de terrazas son dados un valor de P de 0.2 para compensar por deposiciones en los canales de las terrazas y canales de desagüe. Los valores de P varían entre 0 y 1. La determinación del factor P por efecto de incluir prácticas de conservación de suelos son obtenidos de valores obtenidos en ensayos experimentales. Los límites de longitud de pendiente pueden ser aumentados en un 25% si se mantiene una cobertura efectiva con residuos vegetales de un 50% después de la emergencia de las plántulas

El producto de los primeros cuatro factores (R, K, L y S) es el potencial erosivo inherente en el sitio; eso es, la pérdida de suelo que ocurriría en la ausencia de cualquier cobertura vegetal (C) o practica de manejo (P). Los dos últimos factores reducen esta pérdida potencial para compensar los efectos de uso de la tierra, manejo y prácticas especiales (INETER, 2005).

Prácticas de conservación de suelos

Los suelos sufren una creciente presión por la intensificación de su uso para la agricultura, la silvicultura, el pastoreo y la urbanización. Se estima que la demanda de una población creciente sobre el suelo aumentará un 60% para 2050 (FAO, 2015). Estas presiones, combinadas con usos y prácticas de gestión no sostenibles, así como los fenómenos climáticos extremos, causan una degradación importante del suelo (MAVDT-IDEAM, 2015).

Según la Dirección General de Protección y Sanidad Agropecuaria MAGFOR-DGPSA (2005). Las buenas prácticas de uso de suelo se definen como la aplicación de un conjunto de prácticas de sanidad, que tiene como finalidad reducir a niveles aceptables los riesgos físicos, químicos y microbiológicos en la explotación del cultivo, cosecha y transporte orientadas a asegurar la inocuidad del producto, la protección al medio ambiente y al personal que labora en la explotación.

De esta manera, las medidas preventivas, como la implementación de buenas prácticas de manejo sostenible del suelo, son esenciales para revertir su tendencia a la degradación, y con

ello garantizar la seguridad alimentaria y proteger la prestación de los diferentes servicios ecosistémicos asociados al suelo (FAO & MADS, 2018).

La conservación de suelos es un sistema que complementa y combina obras estructurales, medidas agronómicas, de fertilidad y agroforestales. Este sistema debe aplicarse de la forma más completa posible, si se desea tener éxito tanto en la protección del suelo como en la productividad. Tomando en cuenta esta combinación se puede, al mismo tiempo, lograr los siguientes objetivos (Raudes, M., Sagastume, N. 2009):

- Controlar la erosión: vitando que la corriente arrastre suelo la cantidad de suelo fértil que se pierde en cada invierno y que la corriente se lleva al río u otros depósitos es muy alta, esta pérdida erosiva da como resultado la pérdida de la capa productiva del suelo y la formación de cárcavas, las prácticas de conservación de suelos están orientadas a frenar la velocidad del paso de agua por sobre el suelo (escorrentía).
- Aprovechar mejor el agua: aumentar la infiltración del agua en el suelo. Fuera del suelo se pierde toda el agua de la escorrentía que no logra infiltrarse en el suelo, esta agua no puede ser aprovechada por los cultivos, las obras de manejo de suelo y agua permiten el almacenamiento y/o el aprovechamiento del recurso hídrico, dando un uso sostenible al suelo.
- Mejorar la fertilidad de los suelos y prevenir con más eficiencia las plagas y enfermedades. La conservación de suelos, además de contemplar la construcción de obras físicas para el manejo del mismo, consiste también en la aplicación de medidas que ayuden a mejorar la fertilidad del suelo con el propósito de evitar las pérdidas de suelo por erosión y mejorar el rendimiento de los cultivos.

Para lograr el cumplimiento de estos objetivos, existen numerosas prácticas de conservación, todas giran alrededor de los siguientes cuatro principios, para el manejo de suelos:

1. Proteger la superficie del suelo.

Una cobertura vegetal protege el suelo contra el golpe de las gotas de lluvia y el arrastre del agua de escorrentía. También aumenta la infiltración del agua en el suelo porque, bajo la protección de la cobertura, éste no pierde su buena estructuración por la compactación.

Prácticas: capa de material vegetal muerto (rastrajo o mulch), siembra de abono verde, agroforestería, labranza mínima, siembras en contorno.

2. Reducir el largo de la pendiente.

Hay varias prácticas que reducen el largo de la pendiente y con eso la velocidad de la escorrentía. También ayudan a aumentar la penetración del agua en el suelo y reducen así la cantidad de suelo perdido por los procesos erosivos. Con las obras de reducción o corte de la pendiente, el suelo que arrastra la escorrentía se sedimenta y se mantiene en cada estructura construida.

3. Reducir la inclinación de la pendiente.

Con todos los tipos de terrazas se evita la escorrentía y se aumenta la infiltración del agua en el suelo. Las terrazas, al mismo tiempo, ofrecen una plataforma cultivable.

4. Incorporar materia orgánica al suelo.

Estas prácticas ayudan considerablemente a mejorar la fertilidad del suelo. La materia orgánica se vuelve humus, que funciona como una esponja, lo que favorece mucho a la infiltración del agua en el suelo y su retención, la disponibilidad de nutrientes y también la disminución en la escorrentía en el suelo (Raudes, M., Sagastume, N. 2009).

En ese sentido se busca que los ecosistemas y agroecosistemas puedan ser manejados de forma sostenible, con menores impactos ambientales y sociales y la reducción del uso de insumos externos; situación que repercute de manera directa en la gestión y uso sostenible de los suelos. Para esto, se consideran relevantes los cinco principios ecológicos para la sustentabilidad de los agroecosistemas descritos por (Reijntjes et al., 1992. & Altieri, 1999), indica:

- 1) Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- 2) Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.

- 3) Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- 4) Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- 5) Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

De igual manera se busca que en los bosques, ecosistemas estratégicos y áreas de conservación se incluya la aplicación de buenas prácticas de manejo de los suelos, particularmente en los casos donde la conservación de los suelos se encuentra amenazada por las presiones antrópicas, los fenómenos climáticos y las condiciones naturales extremas (FAO & MADS, 2018).

Principales prácticas para el manejo y uso sostenible del suelo

Como punto primordial, se tiene que tener en cuenta una variable primordial, El usar el suelo según su vocación. En gran medida esta es la clave de seguridad y sostenibilidad del recurso, puesto que la aplicación que a este se le da, será meramente la correspondiente a sus capacidades y posibilidades a adaptación, respecto a sus componentes químicos, físicos y biológicos. La vocación de uso es el primer aspecto a tener en cuenta para el manejo sostenible de los suelos; esto quiere decir que se sugiere usar al suelo en función de lo que se ha recomendado como uso adecuado, según sus condiciones biofísicas. Entre los principales beneficios de usar el suelo según su vocación se encuentran:

- Se conserva a largo plazo, pues se hace su uso en función de las características biofísicas que este puede soportar.
- Se evitan problemas derivados de la sobreutilización y subutilización de los suelos.
- Se previene la erosión.
- Se contribuye a mantener el drenaje natural, la humedad de los suelos y a conservar sus demás propiedades físicas.
- Se previene la pérdida de la fertilidad del suelo y la afectación a sus condiciones químicas y biológicas.

Labranza mínima

La labranza mínima o mínimo movimiento del suelo consiste en intervenir lo menos posible el suelo al momento de cultivarlo, de tal manera que no se interfiera en los procesos naturales que se desarrollan en el (FAO, 2000; Herrera, 2008).

Aplicación de abonos verdes y la cobertura permanente del suelo.

Los abonos verdes consisten en la incorporación al suelo de plantas sembradas o biomasa vegetal no descompuesta con el fin de mejorar la fertilidad y calidad del suelo. Los abonos verdes son capaces de reciclar grandes cantidades de nutrientes en formas asimilables por las demás especies (Caballero et al. 2011; FAO, 2000b).

Los abonos verdes se pueden obtener a partir de plantas que se tumban en el suelo, preferiblemente leguminosas, pues se caracterizan por fijar nitrógeno en el suelo. No cualquier especie vegetal se adapta para ser utilizada como abono verde, ya que deben cumplir con las siguientes características principales (Amado y Wildner 1991; CIAT, 2003; FAO, 2000b).

La cobertura permanente del suelo consiste en mantener el campo de cultivo cubierto con material orgánico verde o seco (vivo o muerto). Se ha podido comprobar que el suelo no debe estar mucho tiempo desnudo, para evitar la influencia directa del sol y la lluvia, causa fundamental de su erosión. Si se va a dejar la tierra sin cultivar un tiempo prolongado, la cobertura del suelo puede combinarse con abonos verdes para la protección y restauración del suelo (Caballero et al. 2011).

Las barreras y cercas vivas.

Las barreras vivas son cultivos que se siembran, principalmente en las laderas, con el propósito de controlar la erosión (FAO, 2011) y mejorar la resistencia del sistema agrícola frente a eventos climáticos, así mismo, contribuyen a la diversificación funcional de los agroecosistemas, aumentando con esto el control biológico de plagas, la polinización y disminuyendo el uso de plaguicidas (Vázquez, 2011).

Las cercas vivas son una forma de establecer un límite, mediante la siembra de una hilera de árboles y/o arbustos a distancias relativamente cercanas, a los cuales se fijan líneas de alambre. El propósito principal de las cercas vivas es el control del movimiento de los

animales y humanos; adicionalmente, pueden proveer leña, forraje, alimento, cortina rompevientos y enriquece el suelo con nutrientes (FAO, 2016), así mismo; en el caso de las plantas arbustivas utilizadas como barreras vivas, contribuyen a prevenir la erosión del suelo.

Pastoreo controlado o rotativo

Consiste en rotar el ganado dentro del terreno, para evitar que los suelos se compacten (especialmente en época de lluvias), de esta manera se permite que el suelo descanse y mejora el rebrote de praderas (FAO, 1998). El pastoreo controlado consiste en mantener a los animales en sitios fijos como corrales, o amarrados a estacas, donde es fácil su alimentación con pasto de corte o el disponible en el lote (Rodríguez y Jacobo, 2012). La forma en que se maneje el pastoreo tiene un impacto importante sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (FAO, 1998).

Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es un conjunto de secuencias, en las cuales se ocupa el suelo con cultivos diferentes que se suceden en el tiempo con la finalidad de mantener la fertilidad del suelo (Kolmans y Vásquez, 1999). La rotación de cultivos tiene como objetivo el desarrollo de sistemas de producción diversificados, que aseguren la sostenibilidad del suelo, promoviendo cultivos que se alternen año a año para mantener la fertilidad de los suelos y reducir los procesos de degradación de suelos por erosión.

Policultivos o cultivos asociados

Los policultivos o cultivos asociados son sistemas de plantación simultánea de diversas especies vegetales en una misma parcela, que han demostrado ser complementarias entre sí y no generan competencias interespecíficas (Herrera, 2008).

Diversificación funcional

La diversificación funcional es el proceso mediante el cual se aumenta el número de especies que hacen parte del agroecosistema y que cumplen una funcionalidad dentro del mismo. En este proceso se tienen tres tipos diferentes de diversificación, a saber: temporal, espacial y genética.

Trinchos y terrazas

Los trinchos son estructuras de guadua, madera o piedra dispuestas en forma de muro, a fin de ayudar a formar terrazas para estabilizar taludes que han sufrido procesos de deslizamientos o en donde hay procesos de cárcavas permitiendo la recuperación de suelo perdido. Los trinchos se usan para estabilizar el terreno, para ayudar a que la vegetación se establezca nuevamente y acabe de estabilizar el talud de forma permanente por el amarre de raíces

Las terrazas consisten en plataformas o escalones construidos a través de la pendiente y separados por paredes verticales protegidas por vegetación. En muchas ocasiones son estructuras de piedra, establecidas en suelos con pendientes, que permiten formar una superficie de terreno horizontal sobre la cual se cultiva sin que escurra el agua. Las terrazas se usan para detener la erosión del suelo cultivable, el arrastre de materia orgánica y el lavado de nutrientes del suelo; por otro lado, sirve para conservar la humedad del suelo.

Compostaje

Para preparar el compostaje, los residuos con altos contenidos de carbono (pajas y otros residuos fibrosos) se mezclan con materiales con alto contenido de nitrógeno (estiércol fresco, purín, gallinaza, leguminosas) (Álvarez, 2011; Román et al, 2013). El objetivo del proceso de compostaje es favorecer la descomposición de los residuos orgánicos biodegradables, a través de la acción de microorganismos aeróbicos (Álvarez, 2011), lo cual genera nutrientes para al suelo al tiempo que se da un uso útil a dichos residuos. El compostaje conduce a una etapa de maduración, caracterizada por su estabilidad química y microbiológica (MVCT, 2012).

2.3 Marco legal

El siguiente cuadro nos proporciona los principales fundamentos legales, en los cuales se basa el tema de investigación por su naturaleza, respecto a lo que rige la ley.

Cuadro 1: Normativas de suelos

LEY DE PROTECCIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN			
<p>Artículo 1. La presente Ley establece las normas especiales referentes a la Protección de Suelos y al Control de la Erosión y la Vigilancia del cumplimiento de las mismas por parte del Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).</p>	<p>Artículo 5.- Los propietarios, usuarios, arrendatarios y usufructuarios o quienes tengan a su cargo terrenos afectos a procesos erosivos estarán obligados según el caso, a poner en marcha o colaborar con las disposiciones y actividades de protección contra cualquier tipo de erosión que dicte IRENA.</p>	<p>Artículo 9.- Son obligaciones de los propietarios, usuarios, arrendatarios, usufructuarios o quienes tengan a su cargo lotes de tierra agrícolas, trabajar sus cultivos siguiendo las prácticas de manejo y conservación de suelos, recomendadas por IRENA.</p>	<p>Artículo 11.- Toda persona natural o jurídica que cometiere infracciones a la presente Ley, estará sujeta a sanciones administrativas que van desde la multa hasta la expropiación parcial o total del área sujeta a control de erosión.</p>
DECRETO DE POLITICA NACIONAL DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LOS SUELOS			
<p>Considerando V. Que el suelo es un Sistema multifuncional que satisface las necesidades alimentarias de la población, que hace necesario el establecimiento de Políticas e Instrumentos Legales que coadyuven a prevenir, corregir y conservar los suelos para evitar los procesos acelerados de degradación a que están siendo sometidos.</p>	<p>Considerando VII. Que la Degradación de los Suelos es un fenómeno que repercute directamente en la reducción de la producción agropecuaria y forestal por la pérdida parcial o total de su capacidad, sabiendo que el recurso suelo, es uno de los elementos más importantes que dispone el ser humano para garantizar su alimentación, dentro del marco de la conservación y el manejo de los suelos.</p>	<p>Artículo 3.1. El recurso suelo es patrimonio nacional, por tanto, el estado y todos los habitantes tienen el derecho y el deber de asegurar su manejo y conservación adecuado, para disfrutar los bienes y servicios que estos proveen.</p>	<p>Artículo 3.7. La conservación y manejo adecuado de los suelos, se deberá orientar y promover por medio de las instituciones competentes del Estado, para brindar los servicios de asistencia técnica que garanticen una producción sostenida y económicamente rentable.</p>

Cuadro: 2 Normativas de humedales

CONVENCIÓN RELATIVA A LOS HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL ESPECIALMENTE COMO HÁBITAD DE AVES ACUÁTICAS	
Artículo 1 1. A los efectos de la presente Convención son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.	Artículo 3 1. Las Partes Contratantes deberán elaborar y aplicar su planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la Lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio.
DE ESTABLECIMIENTO DE LA POLÍTICA NACIONAL DE HUMEDALES	
Artículos. 8 inciso d) y 11 del Convenio de Diversidad Biológica. Considerandos. N°II. N°IV. N°V. N°VII.	

2.4 Preguntas directrices

¿Cuáles son los sitios con mayores tasas de erosión y cuál es el nivel de erosión en la unidad hidrológica en estudio?

¿Cuál es el nivel de susceptibilidad del suelo y a que parte de la unidad hidrológica corresponde?

¿Cuáles son los sitios con mayores tasas de erosión para la implementación de acciones participativas para la conservación del suelo?

CAPÍTULO 3

Metodología

3.1 Paradigma según el problema de investigación

El paradigma en la investigación es positivista, debido a que el problema está referido al ámbito de ciencias naturales y sociales. Se desarrolló con objeto de estudiar un fenómeno observable, medible y comparable, para obtener un conocimiento sistemático, con naturaleza cuantitativa que asegure la precisión que requiere el estudio. Pretendiendo lograr explicar los procesos de los eventos observados, y la posibilidad de predecir próxima ocurrencia del fenómeno (Ricoy, 2006).

3.2 Tipo de investigación según su nivel de conocimiento

Los análisis cuantitativos se interpretan a la luz de las predicciones iniciales (hipótesis) y de estudios previos (teorías). La interpretación constituye una explicación de cómo los resultados encajan con el conocimiento existente (Creswell, 2013). Para llevar a cabo el tema de investigación, se empleó métodos de recolecta, análisis y vinculación de datos cuantitativos mediante un modelo en sistemas de procesamiento de datos numéricos.

3.3 Nivel de la investigación

En el presente estudio corresponde al nivel “descriptivo”, su objetivo consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos y procesos. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento (Sampieri, 2010).

3.4 Aplicación de Sistemas de información geográfica

Para el procesamiento de datos espaciales se creó un modelo digital de elevación por medio de datos obtenidos por el instituto nicaragüense de estudios territoriales (INETER), y se generaron capas en formato raster de cada factor utilizado en la ecuación universal de pérdida

de suelo (EUPS). El modelo digital de elevación fue creado con curvas de nivel de 10mts y cada raster cuenta con el mismo tamaño de pixel. A raíz de esto, se crearon los factores que componen la ecuación, cada uno fue generado mediante procesamientos haciendo uso de un SIG.

La selección del área en estudio se realizó mediante la delimitación de cuenca usando el método Pfafstetter. El sitio de principal interés para la investigación, es el municipio de Tisma y todo el ecosistema natural del área protegida y sistema lagunar denominado “Charco de Tisma”. El criterio principal para la selección del área de interés fue, la importancia que tienen los ecosistemas de humedales y este complejo lagunar por ser un sitio Ramsar y área protegida.

Creación del MDE

El proceso de elaboración del modelo digital de elevación se realizó bajo los siguientes pasos, teniendo en cuenta que debemos mantener los siguientes datos para poder hacer posible los resultados adecuados ante la realización del DEM:

- Curvas de nivel
- Elevaciones máximas
- Red de drenaje
- Polígono del área de interés

Los datos fueron proporcionados por el instituto nicaragüense de estudios territoriales INETER. Mediante los SIG, se aplicó herramientas que procesa los datos por medio de un algoritmo que está diseñado para generar superficies hidrológicamente conectadas y correctas, lo hace a partir de curvas de nivel o de entidades tipo punto, su característica principal es la preservación las líneas partidoras y las redes de transmisión de curvas de nivel. Se realizó una conversión de las curvas de nivel a una red irregular de triángulos para obtener una representación de la morfología de la superficie.

En el proceso de creación del DEM se configuró el tamaño de la celda o el tamaño del pixel que se obtendrá en el resultado de la realización del raster base. Para el área de estudio de Tipitapa-Tisma, el DEM fue creado con un tamaño de pixel de 10 mt, para percibir de manera más precisa los detalles que brinde cada geoprocreso aplicado al raster con cada herramienta.

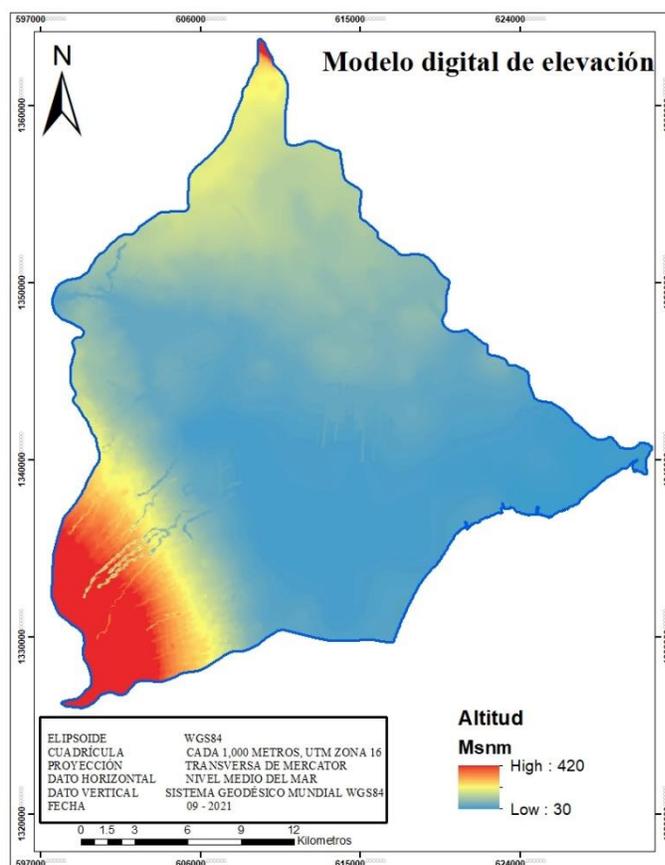


Figura 1: Modelo Digital de Elevación

Delimitación del área en estudio

El método empleado en la delimitación de Unidades Hidrográficas de Nicaragua bajo metodología Pfafstetter, es una compilación y modificación a diferentes aportaciones que se realizaron al método Pfafstetter en los países de Suramérica (Ruiz, et al. 2006; Ruiz y Torres, 2008; Furmans, 2001). Se ingresaron en este método diferentes aspectos propios y aplicables a la realidad de Nicaragua (Ticona, Angulo & Traña, 2014).

El territorio de Nicaragua se encuentra ubicada completamente en el Nivel 2 en la Unidad Hidrográfica “95”. La delimitación y codificación jerárquica para Nicaragua se aplica recién

a Nivel “3” en las subdivisiones o unidades hidrográficas 951, 952 y 953. Este proceso se repite, cada unidad hidrográfica puede subdividirse desde dos hasta diez unidades hidrográficas, dependiendo de la extensión de área e información cartográfica de la misma.

Para determinar el área de estudio Tipitapa-Tisma, se delimitó bajo el método Pfafstetter, obteniendo como resultado la unidad hidrológica Tipitapa-Tisma, se experimentó aumentar el nivel de esta unidad hidrológica, porque se encontró resultados que afectarían la delimitación de las áreas debido a que el proceso de delimitación efectuó cortes en los cuerpos de agua, principalmente en el sistema lagunar de Tisma, por ello se delimitó dejando el área de trabajo en nivel 7, para lograr el análisis propuesto de acuerdo a los resultados.

Estimación de pérdida de suelo. USLE.

Para obtener la cantidad de suelo erosionada en la unidad hidrológica Tipitapa-Tisma se utilizó la ecuación universal de pérdida de suelo, en un sistema de información geográfica. Se integró cada uno de los factores generados mediante procesos y cálculos en los SIG, desde el factor de erosividad de la lluvia (R), hasta el factor de prácticas (P), el cual fue asumido con intervalo 1, al no encontrar métodos de conservación en el área de estudio.

Se elaboró el modelo que contemplo los factores que intervienen en la predicción de los índices de erosión, se aplicó la ecuación de Wischmeier y Smith y se creó cartografía temática a los resultados de pérdida de suelo, así como los resultados de cada factor.

$$\text{Ecuación: } A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Los resultados obtenidos en unidad de tn/hn.año, fueron modificados a la región, siguiendo el manual metodológico del instituto nacional de estudios territoriales, INETER. Se aplicó los criterios de clasificación de las intensidades de erosión y se determinó el nivel de susceptibilidad de la unidad hidrológica mediante las tasas de erosión, y se clasificó con base al manual metodológico del proyecto MET-AILARN (2005) ejecutado de manera conjunta por INETER y COSUDE, dicha guía proporciona recomendaciones técnicas para la creación de mapas de amenazas por erosión. La elaboración cartográfica de los resultados de pérdida de suelo, también fue creada bajo los criterios de este manual metodológico.

Factor Erosividad de la lluvia (R)

Para calcular el índice de erosividad de la lluvia (factor R), se utilizó la ecuación de Fournier ($R = 2,56 * IMF^{1,065}$) y los datos de precipitaciones medias mensuales para 5 estaciones pluviométricas, proporcionadas por el área de meteorología de INETER, a partir de los registros de lluvia promedio mensual de los periodos de enero hasta diciembre de los años 2010-2012.

Tabla 1: Estaciones pluviométricas

Estación	Código	Departamento	Municipio	Latitud	Longitud	X	Y	Elevación (msnm)
AEROPUERTO INTERNACIONAL AUGUSTO CESAR SANDINO MANAGUA	69027	Managua	Managua	12°08'36"	86°09'49"	591003	1342542	56
INA GRANADA /	69030	Granada	Granada	11°55'22"	85°57'26"	613553	1318228	65
PANALOYA	69044	Granada	Panaloya	12°07'00"	85°52'57"	621604	1339703	32
MASAYA (L. OXIDACION) /	690115	Masaya	Masaya	11°58'48"	86°06'18"	597439	1324500	210
LAS CANOAS /	690150	Boaco	Teustepe	12°21'35"	85°52'45"	621855	1366586	140

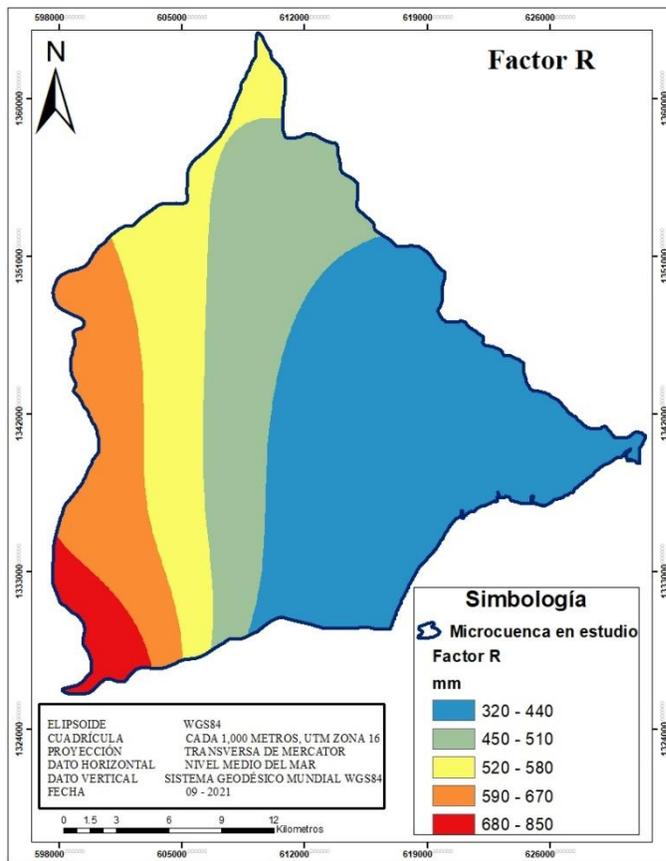
Se realizó una interpolación con la información de precipitaciones de cada mes en formato raster. En este proceso se aplicó el método de la ponderación de distancia inversa (IDW). Se seleccionó este método debido a que calcula el valor de cada celda como la media ponderada

de los valores de entorno en función del inverso de la distancia, esto implica que cuanto más cerca está un punto del centro de la celda, más influencia o peso tiene en el valor que adquiere.

Tras ejecutar la herramienta de interpolación, se ha obtenido un raster, que representa el valor de precipitación de un mes en específico en el área de estudio. De esta manera, se realizó la misma operación con los datos de precipitación de cada mes. Una vez realizado, se cuenta con 12 raster que contienen la precipitación media mensual, de manera que cada uno corresponde a un mes, desde enero a diciembre.

Cada uno de los raster corresponde con cada uno de los 12 valores de P_i , por lo que a partir de ellos podemos obtener el raster que representa el valor de la precipitación media anual (P_t). Este valor equivale a la suma de todos los valores mensuales de precipitación. Se realizó la suma de los 12 raster y se obtuvo como resultado un raster que contiene los valores de precipitación media anual, que, en este caso, van desde un mínimo de 509.7 mm hasta los 1168.89 mm. Finalmente creados los valores de (P_i) y (P_t), se procedió a calcular IMF según la fórmula correspondiente ($MF = \sum_{i=1}^{12} p_i/P_t$), para obtener los resultados del índice de Erosividad de la lluvia.

Se obtuvo que los valores de erosividad de la lluvia que se alcanzan, son de unos 850 [MJ.mm/ha.h] como máximo, presentando un mínimo de aproximadamente 324 [MJ.mm/ha.h], valores moderadamente bajos, en comparación al estudio de “**índice de erosividad de la lluvia en la subcuenca sur del Lago Xolotlán**” que pertenece a la cuenca 9525, desarrollado por Universidad Nacional de Ingeniería, en el año 2018. El estudio indica que el índice promedio anual de la erosividad en dicha cuenca, varía de 5,000 Mj mm / (ha-h-año) en la parte baja, a 7,250 en la parte alta, representando la lluvia un poder erosivo moderado, Según la clasificación propuesta por Rivera y Gómez (1991).



En esta investigación, las máximas precipitaciones se concentran en la zona oeste de la unidad hidrológica en estudio, puntualmente en una zona concreta hacia el sur, con valores más bajos respecto al resto del área, como lo indica el mapa de factor R, figura N° 2. Estos rangos de precipitaciones oscilan de 590 a 800 mm, se distribuyen en las zonas con mayor altitud en el área, lo que contrasta con los valores más bajos que se expanden en el eje Norte-Sur en la franja intermedia de la región, con intervalos que varían de 450 a 510 y los mínimos, con déficit en precipitaciones, se encuentran en la zona Este, donde los

Figura 2: Erosividad de la Lluvia. Elaboración propia

rangos no superan los 450mm.

Es importante resaltar que, las zonas con menor elevación, son los puntos con los valores más bajos en precipitación, asimismo, son aquellas zonas que forman parte de los humedales y sitio Ramsar en la unidad hidrológica, esto indica que, a nivel de significancia, se estaría viendo afectado los ecosistemas, convirtiéndose en zonas vulnerables a desertificación por las limitadas descargas de agua proporcionada por la laguna, a causa de las bajas precipitaciones. Según De Groot (1992), los humedales dependen en alto grado de los niveles de agua y por ende los cambios en las condiciones climáticas que afectan a la disponibilidad de agua, influirán fuertemente en el carácter y la función específica de los humedales, incluidos los tipos de especies de plantas y animales que se dan en ellos.

Respecto a los resultados de este factor (R), se espera que el mayor nivel de erosión se produzca en las zonas con mayor índice de erosividad de la lluvia, es decir, la zona Sur-Oeste, sin embargo, con base a la relación y poca intensidad que se muestra en los eventos climáticos, se prevé que los índices de erosión no muestren valores exagerados respecto a

toda el área, así mismo, se espera un mínimo en cuanto a superficie del área de las zonas afectadas por la erosividad de la lluvia, debido a que los valores máximos se distribuyen en poca extensión del terreno.

Factor K (Erodabilidad de los suelos)

Para obtener el valor del factor K se aplicó la ecuación de Wischmeier, utilizando los datos de materia orgánica, estructura, permeabilidad y textura del estudio antes mencionado, el cual no contiene los datos de arena muy fina necesarios para la aplicación de la misma.

Se generó una tabla con los valores de permeabilidad, estructura, materia orgánica y textura para la aplicación de la fórmula de 2° aproximación. Los valores del factor K se corroboraron con el nomograma de Wischmeier. En una planilla de Excel se realizó un listado con asociaciones de suelos, para el área de estudio y los datos correspondientes para el cálculo del factor K.

Se realizó una unión donde se incorporaron los valores de erodabilidad del suelo (Factor K) a cada asociación y se obtuvo un shape de suelos. Finalmente, la capa temática Factor K se transformó de vector a formato raster con una resolución espacial de 10 m., se obtuvo un raster que recoge los valores de K para el ámbito de estudio.

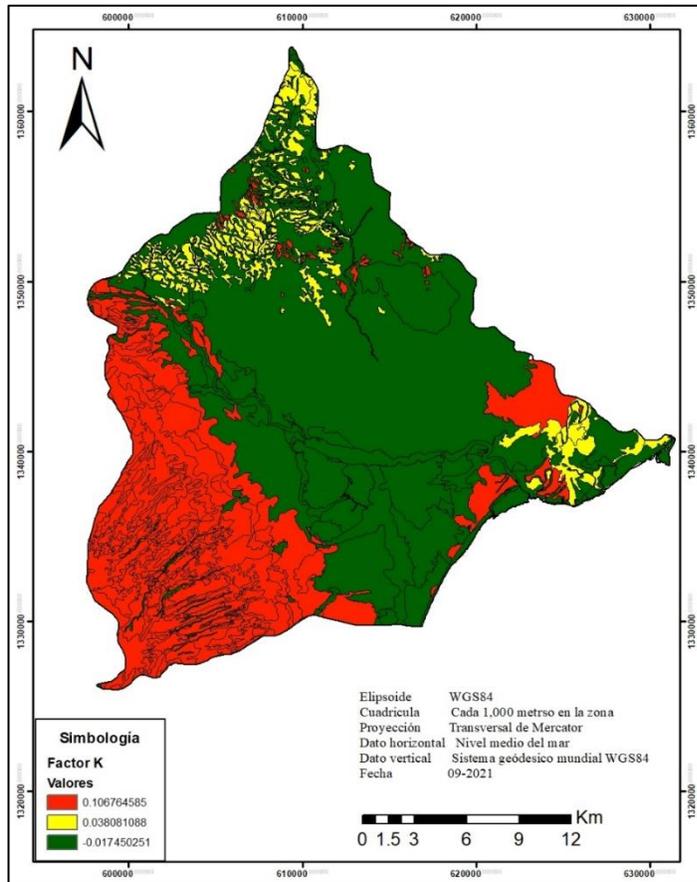


Figura 3: Factor de Erodabilidad del Suelo. Elaboración propia.

Según los datos obtenidos, muestran que la parte alta de la unidad hidrológica, presenta mayores niveles de susceptibilidad a ser erosionados por la acción del agua, sin embargo, esto varía en la parte media, donde los valores 0.017, muestran que las propiedades del suelo, contienen mayor resistencia a los eventos erosivos debido a sus constituyentes en estructura; textura, materia orgánica y permeabilidad. El análisis de suelos de la unidad hidrológica en la parte sureste, refleja que estos son suelos que, en su mayoría, poseen alto contenido de materia orgánica, con una permeabilidad lenta, de este modo poseen un tipo de material cementado

que facilita la producción de cultivos por su orden taxonómico, molisoles. De igual manera, en la parte lagunar, en su mayoría, son suelos destacados por gozar de alto contenido de materia orgánica, permeabilidad lenta, contienen un tipo de material toba, los cuales en su mayoría son ocupados para ganadería extensiva debidos a ser de Arcilla impermeable muy plástica y muy adherente, con inundaciones frecuentes, el drenaje interno del suelo es pobre.

Factor Topográfico (LS)

Para obtener el factor topográfico, pendiente y longitud de laderas, se realizaron procesos que permitieran generar los datos requeridos para crear esta variable. Se realizó el cálculo de las pendientes del área de estudio utilizando los sistemas de información geográfica a base del modelo digital de elevación antes creado. El factor LS se calculó Mediante la fórmula de (MOORE & BURCH 1986).

Al realizar el geoprocesamiento se obtuvo un raster de pendiente en %, posterior a ello, se aplicó un pequeño cálculo para convertirlo a radianes porque así lo requiere la fórmula principal. Para ello se multiplicó el raster de pendientes en grados por $\pi/180$, obteniendo así las pendientes en radianes.

Luego de la conversión del factor S (pendiente), se continuó con la obtención de un raster de dirección de los flujos para poseer el valor de las celdas respecto a las distintas direcciones que pueden tomar los flujos de acuerdo a los datos de elevación. Posterior, se generó un raster de acumulación de flujos, para obtener la información de las celdas donde existan concentraciones de agua o posibles existencias de canales. Se multiplicó el raster de acumulación de flujos por el tamaño del pixel, que corresponde a 10 metros, para que los rangos de longitud de escurrimiento fueran los adecuados y no poseer sobreestimación en los datos, luego se hizo una reclasificación para únicamente tener los intervalos necesarios en cada pixel y este se define como el factor L.

Al realizar cada procesamiento, se procedió a calcular el factor LS, aplicándola fórmula de (MOORE & BURCH, 1986), donde se utilizó la siguiente ecuación:

$$LS = (Flow\ accumulation \cdot cell\ size)^{0.4} \cdot (slope)^{1.3}$$

El raster de acumulación de flujos utilizado, fue el último generado, con los valores de longitud de escurrimiento modificados y el raster de pendiente convertido a radianes.

A medida que la escorrentía se acumula en una pendiente alargada, su capacidad de desprender y transportar se incrementa (INETER, 2005). Se obtuvo que, las zonas en las que existen mayores pendientes se encuentran localizadas al oeste de la unidad hidrológica, coincidiendo con el MDE, con las mayores elevaciones. Los valores indican que la mayor parte de la unidad hidrológica no posee pendientes que representen amenaza a erosiones extrema tras eventos hidrológicos o climáticos, ya que los valores van de 0 a 15%, en más mayor parte del área, sin embargo, debida a las características topográficas mencionadas, aumenta el riesgo a que exista puntos de críticos propensos a inundaciones. Los valores máximos en las pocas pendientes ya antes mencionadas, oscilan de 50 a 70%, pero no representa niveles de severidad de gran escala, debido a que son gradientes existentes de

forma mínima con poca relevancia en comparación a otros relieves accidentados con elevaciones.

Partiendo únicamente de la función que realizan la topografía, la erosión podría ser mínima en la parte baja de la unidad hidrológica, pues tendrían que surgir torrenciales aguaceros para que se logre desarrollar con mayor intensidad las pérdidas de suelo. Sin embargo, las probabilidades a mayores índices de erosión se presentarían en la parte alta de la unidad hidrológica, puesto que se generará un efecto de escurrimiento intermedio, en el que el material erosionado, será depositado a distancia próxima al evento meteorológico.

En la figura N° 4, se refleja el comportamiento de las pendientes y como estas varían respecto al área, asimismo, la figura N°5, presenta la relación que hay en estas dos variables que funcionan de manera conjunta como factor LS, compuesto por; la longitud de las laderas y gradiente de la pendiente. Es apreciable la compatibilidad en la representación gráfica de cómo están acopladas las zonas con mayor longitud de laderas con aquellos puntos donde existen los mayores ángulos inclinación respecto a las pendientes.

El factor LS presentó rangos que van de 0 a 3 mts en mayor parte de la unidad hidrológica y aquellas áreas con mayores longitudes en las laderas, se encuentran en la zona oeste, donde el valor máximo es de 30 mts. Circundante a la parte media alta, se desarrolla una fluctuación en los valores, donde las inclinaciones varían con longitudes de 10 a 20 mts, hasta alcanzar los puntos máximos en los gradientes de las pendientes superiores a 50%, que corresponden a longitudes de laderas de 30mts. La relación de los valores para este estudio, coincide con los resultados del estudio de la quebrada del río El Cairo unidad hidrológica III, subcuenca sur del lago de Managua (Gonzales & Pozo, 2005).

Los valores del factor LS poseen intervalos bajos en las longitudes de las laderas, en consideración a la dimensión del área en estudio, esto indica que la velocidad de los flujos de escorrentía será mínima, por no haber grandes distancias en las inclinaciones y no se generaran canales de drenaje de gran magnitud. Castilla L & Ávila León (2009), aseguran que cuando la longitud de la ladera aumenta, la pérdida de suelo aumenta también debido a una acumulación de escorrentía en la parte baja de dicha ladera, lo que hace aumentar, además, el riesgo de formación de regueros. A medida que aumenta la pendiente también

incrementa el riesgo de erosión en regueros frente a la erosión entre regueros, por lo tanto, al existir valores bajos en las longitudes de las laderas en la unidad hidrológica Tipitapa-Tisma, el potencial erosivo, será sustancialmente bajo, debido a que estas zonas con valores altos, son mínimos en el área.

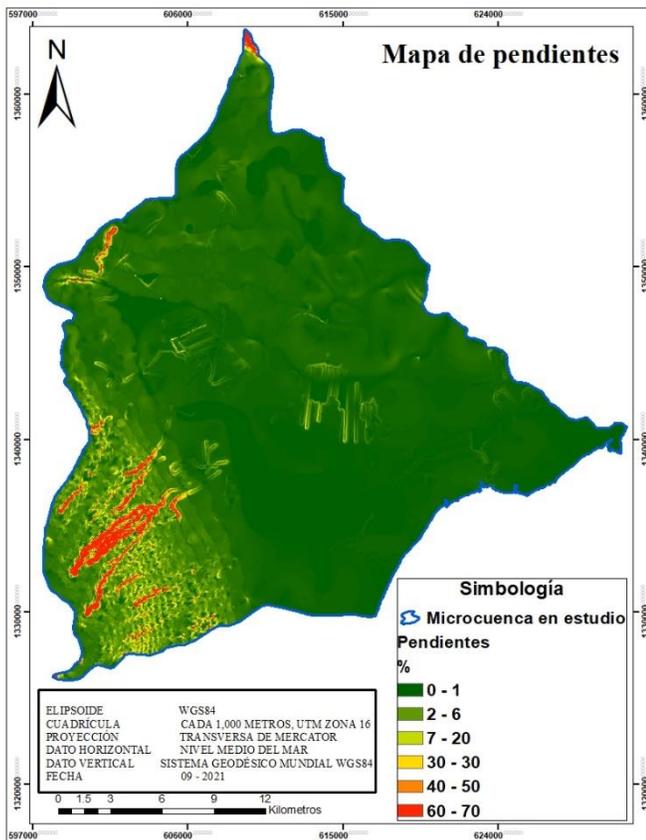


Figura 4: Mapa de pendientes. Elaboración propia

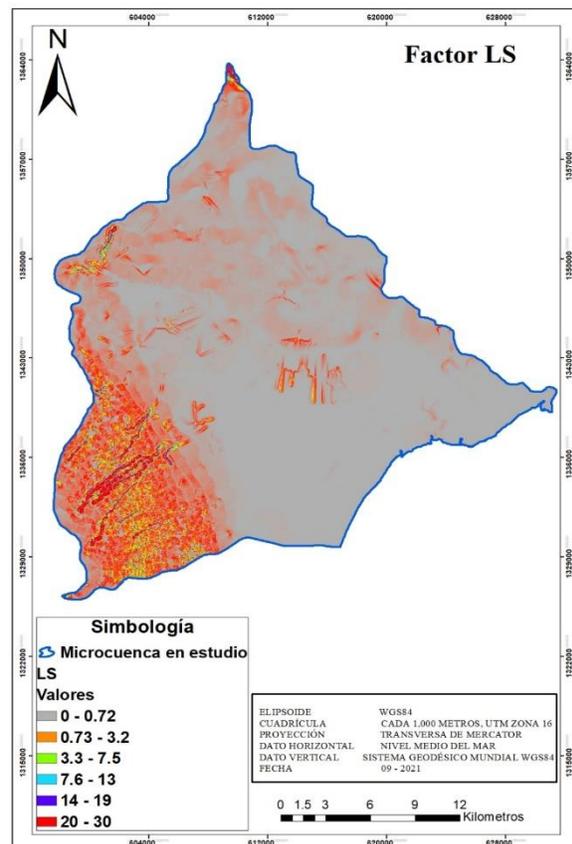


Figura 5: Factor topográfico LS. Elaboración propia

Factor Cobertura (C)

Para el factor C, se obtuvo el mapa de coberturas y usos de suelo de INETER, del año 2017. A raíz de la obtención de datos, se facilitó el proceso de creación y validación de dicha información. Al obtener la capa de usos de la tierra en formato vector, se procedió a la asignación de valores de cada tipo de cobertura en la zona de estudio, por medio de los SIG. Se creó un campo a la capa en formato shape y se añadieron los intervalos de clasificación para factor C, estos valores fueron retomados de un estudio de; Evaluación del factor C de la Rusle para el manejo de coberturas de vegetales en el control de erosión, en Costa Rica,

desarrollado por (Lianes et al., 2009). En dicho estudio se encuentran establecidos por distintos autores y organismos los valores de factor C, como lo son (Mora, 1987) (FAO, 1989) & (Catie, 2003).

El factor de prácticas (P), se asumió a valor de 1, debido a que en el área de estudio no se identificó, ni se encontró la aplicación de algún método de conservación de suelos.

Según INETER (2005), la cobertura de suelo es la más grande defensa contra la erosión de suelo, pero un mantenimiento de variables de sistema de cultivos y manejo también influyen altamente en la habilidad de la superficie de suelo a resistir erosión. Todo esto es combinado en el factor de cobertura y manejo. En la unidad hidrológica Tipitapa-Tisma, se encontraron ocho tipos de coberturas, clasificadas por el instituto nicaragüense de estudio territoriales (INETER). Estas se muestran de forma paralela en cada segmento del área.

Los tipos de uso que predominan en la unidad hidrológica, son; pastizales y cultivos anuales, estos se distribuyen en todos los extremos de la unidad hidrológica, las zonas cubiertas por pastizales, ocupan la mayor parte del área, por otro lado, existen cultivos perennes al oeste del cuerpo de agua “Laguna de Tisma”, y tierras forestales que se muestran a menor medida en la parte baja y media alta de la unidad hidrológica. Circundante al sistema lagunar en dirección Sur, están localizados los humedales, que se pueden apreciar en color amarillo en la figura temática de la figura N° 6, asimismo, se logra identificar las zonas con mayores cubierta vegetal y suelo desnudo.

Lara, F (2018), afirma que, en la zona, las principales causas de la erosión de los suelos es la agricultura, por la constante remoción, principalmente del cultivo de maní y la ganadería, aunque ésta última en menor escala, ya que al crear zonas de pastizales el suelo se deja sin protección de las escorrentías, llevándose todo el suelo que este suelto; que generalmente es el que mejor ayuda a las plantas. También indican que existe afectaciones por la compactación, aunque bajo y de moderado impacto, por el pastoreo del ganado. Según el Centro Humboldt (2008, p.6) cuando el suelo es pisoteado por el ganado y a la vez carece de sistemas radiculares de los árboles, dada la ausencia de cobertura forestal, este se compacta y endurece, evitando así la infiltración de agua, la aireación y la oxigenación del mismo. Esto propicia la resequedad y la degradación física y química del suelo.

La predominancia de pastizales se debe a que estos poseen un crecimiento acelerado en las áreas en las que los suelos contienen derivados de rocas volcánicas, como lo es toda la zona en estudio. Las coberturas de cultivos anuales ocupan mayor superficie en la parte este de la unidad hidrológica. Uno de los cultivos principales es el arroz, donde se da el aprovechamiento del cuerpo hídrico óptimo para el desarrollo de este cultivo, por sus características de demandar gran cantidad de agua y poseer buena retención de humedad.

Respecto a la erosión, las zonas donde exista mayor explotación del recurso suelo y zonas donde este esté descubierto, serán los puntos más susceptibles a presentar pérdida de suelo, ya que, según Soco (2009), aunque la erosión hídrica es un proceso natural ocasionado fundamentalmente por las lluvias intensas, la topografía, el bajo contenido de materia orgánica del suelo y el porcentaje y tipo de cobertura vegetal, algunas actividades humanas, como las técnicas de cultivo inapropiadas, las modificaciones de las condiciones hidrológicas, la deforestación y marginalización o abandono de tierras, contribuyen a intensificarla y acelerarla. Bennett (1965), asegura que el manto vegetal influye sobre la proporción del escurrimiento del agua de lluvia y del arrastre del suelo más que cualquier otro factor físico por separado, lo que indica que, mientras más descubierto esté el suelo, o mayor sea la carencia de plantas, las probabilidades de este a ser erosionado, irán en aumento.

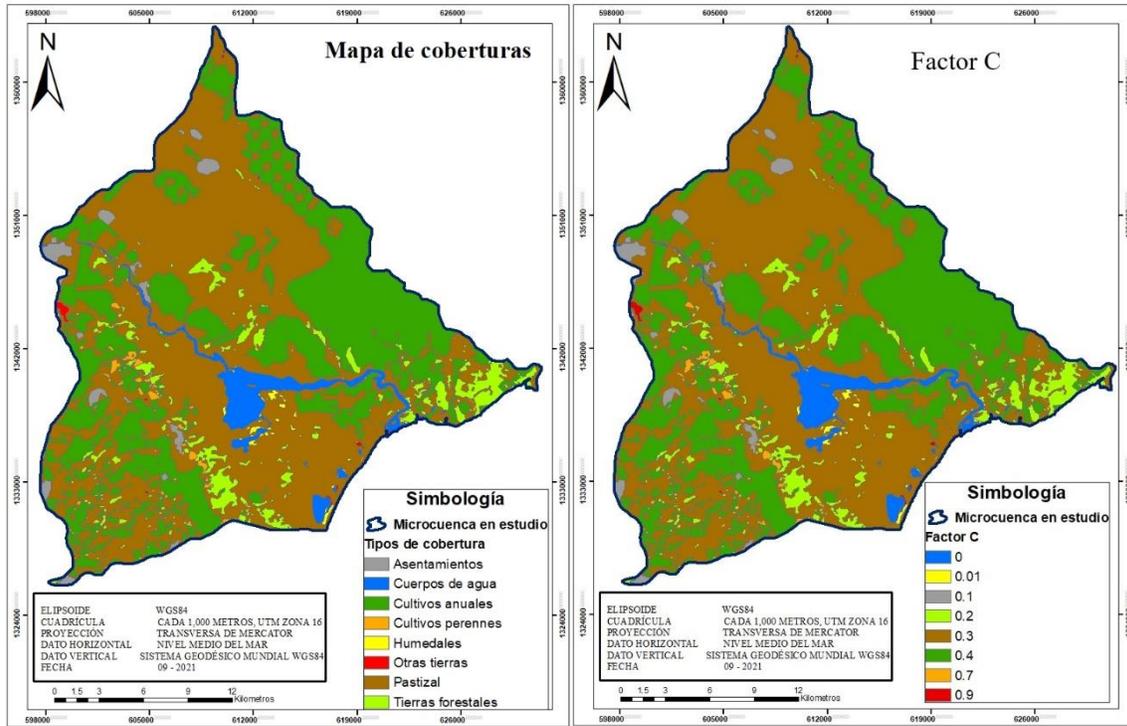
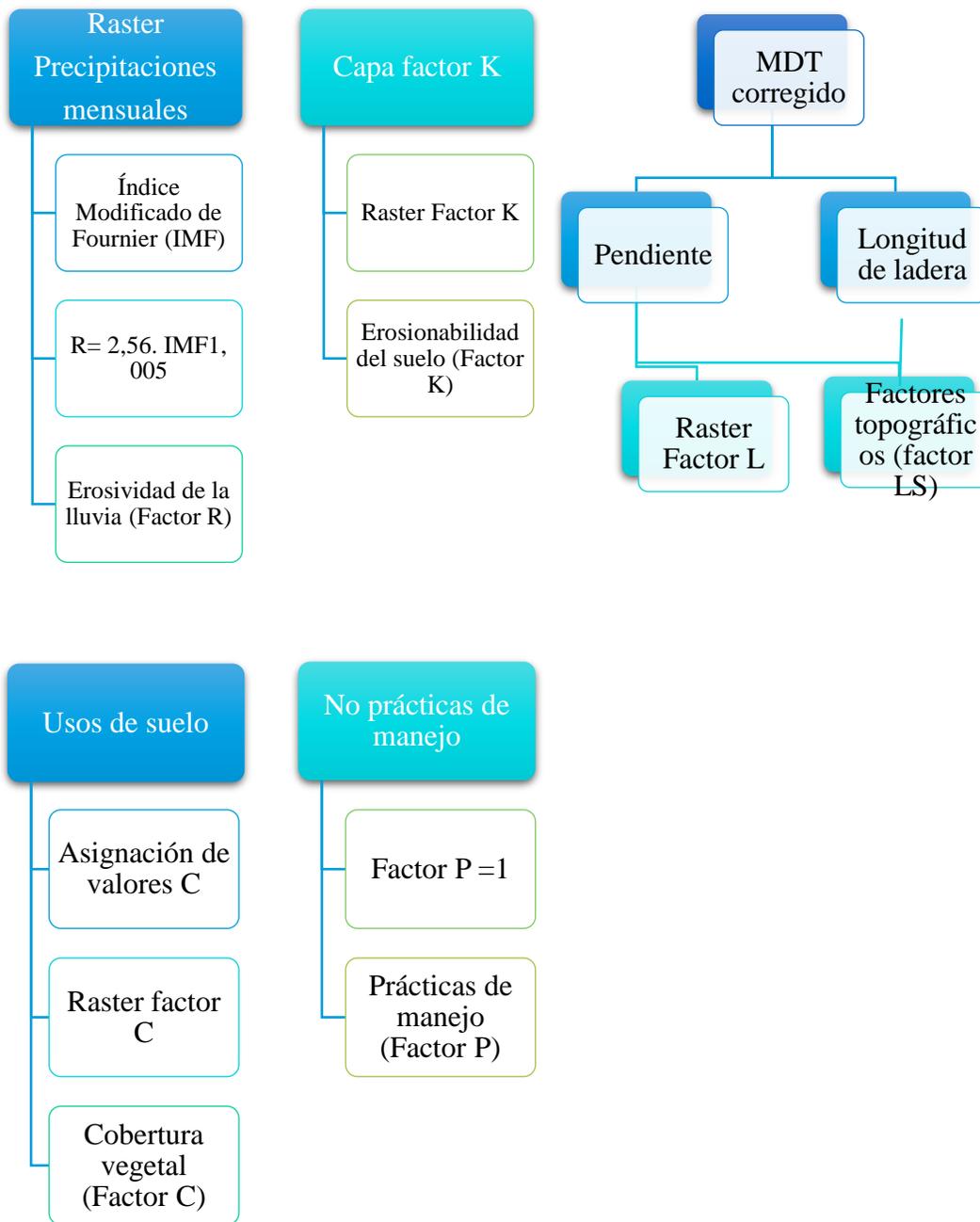


Figura 4: Mapa de Coberturas del Suelo. Fuente INETER, Elaboración propia.

Flujograma de procesos para cálculo de Usle



Esquema 1: Proceso de cálculo de USLE.

3.5 Identificación de sitio para establecer acciones participativas

Para identificar prácticas de adaptación adecuadas a un determinado territorio, es necesario establecer previamente los grupos de actores involucrados, definidos por características similares desde el punto de vista del uso de la tierra, el sistema de producción, la etnia, la cultura, el territorio donde hacen agricultura y las cadenas productivas a las que pertenecen. Esta etapa, facilita el análisis de la adaptación, por cuanto en general ellos tendrán similares amenazas, impactos y atributos de viabilidad frente a las acciones propuestas (FAO,2011).

Se propuso acciones participativas para la conservación de los suelos en la unidad hidrológica Tipitapa – Tisma, donde se definieron las zonas en las cuales estas serán empleadas a nivel de sector. Para la aplicación de estas acciones de conservación, se seleccionaron los sitios donde principalmente se requiere esta intervención.

Los involucrados para aplicar las acciones de conservación, se determinaron mediante la aplicación del modelo de estimación de pérdida de suelo USLE de (Wischmeier y Smith, 1978). Fue el método empleado para clasificar las zonas por grados de afectación, de manera que, mediante los resultados del modelo de pérdidas de suelo, las áreas que presentaron mayores tasas de erosión, clasificadas con nivel de intensidad “alto”, fueron los sitios seleccionados para aplicar las acciones participativas para la conservación de los suelos, de este modo se designaron las comunidades involucradas para la acción.

3.6 Caracterización físico geográfica

Ubicación

Los límites de la unidad hidrológica Laguna de Tisma se encuentran compartidos entre los departamentos de Managua, Masaya y Granada, lo que confiere un carácter interdepartamental. El área de estudio limita entre las coordenadas Norte 1363771- 1326012 y Este 597637- 631419.

El Municipio de Tisma está ubicado en el sector noreste del departamento de Masaya. Limita al norte con el Municipio de Tipitapa del Departamento de Managua; al sur y oeste con el Municipio de Masaya y al este con el Municipio de Granada del Departamento de Granada. Sus puntos geográficos extremos son: Al norte, un punto sobre el río El Achotillo, con 12°09'13.68" N y 86°03'16.05" W; al sur un punto del camino que proviene de Santa Clara, con coordenadas 12°00'47.01" N y 85°59'21.77" W; al este un estero al sureste de la Laguna de Tisma, con coordenadas 12°05'31.52" N y 85°57'37.11" W y al oeste, un punto sobre el camino El Cielo - Belén, en el lugar conocido como La Ponderosa, con coordenadas 86°03'55.68"W y 12°03'32.89"N. Su superficie es de 125.7 km². Cartográficamente se ubica en las hojas topográficas escala 1:50,000 cuadrantes: 2952-II y 3052-III.

El área de estudio abarca el 25% del municipio de Tipitapa equivalente a 215.5 km², el 40% de Granada que equivale a 224.8 km², el 98% de Tisma es decir 123.5 km²; mientras que Masaya tiene 36% de su área equivalente a 54.2 km². La Subcuenca Laguna de Tisma tiene una extensión de 617.98 km².

Población

El municipio de Tisma tiene como cabecera municipal al Pueblo de Tisma. Con una población de 16,517 habitantes. Esta población se distribuye en tres Comarcas, Tisma urbana y su área de influencia y comunidades en el área rural. (Tabla N° 4) (Alcaldía Municipal, 2010., INETER)

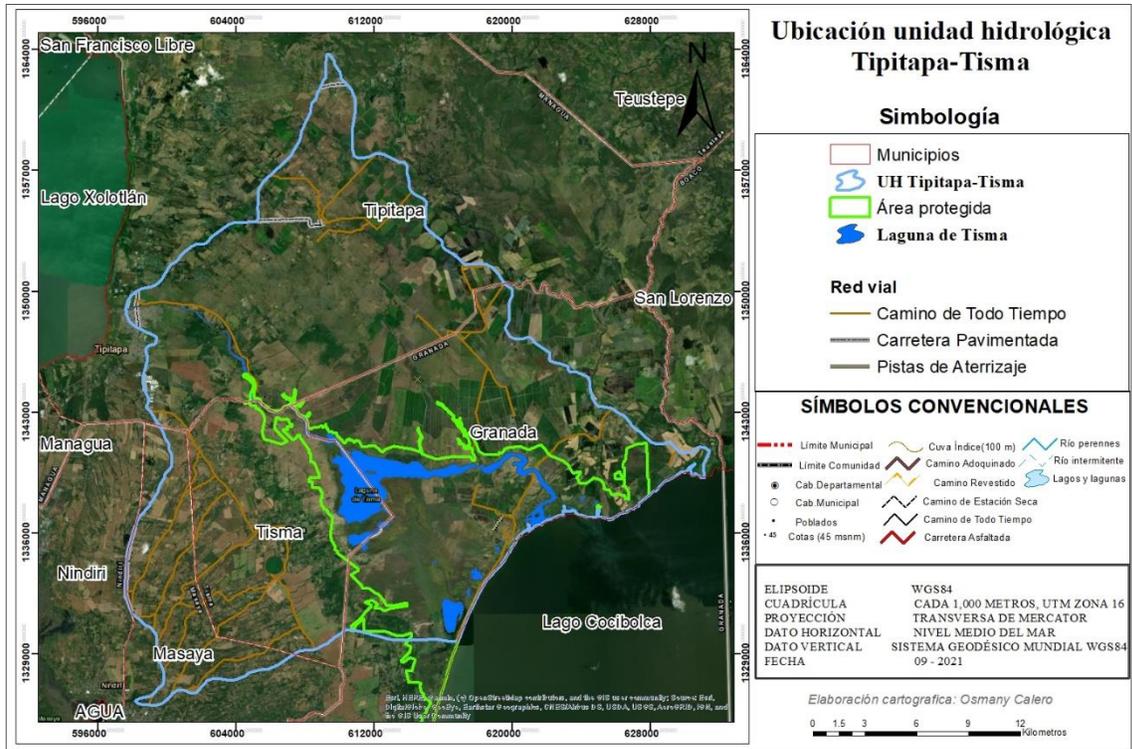


Figura 5: Ubicación Área de estudio
Elaboración propia

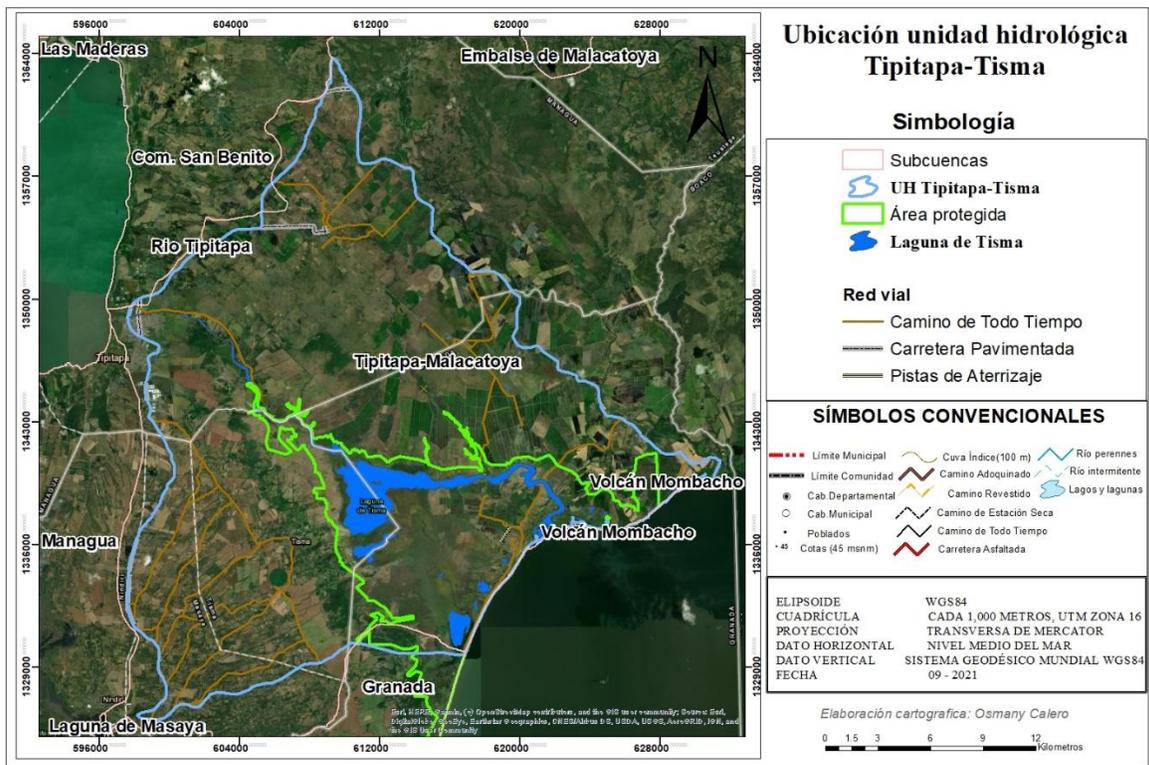


Figura 6: Ubicación unidad hidrológica en estudio. Elaboración propia

Tabla 2: Comarcas y comunidades del Municipio de Tisma

Comarca	Centro Comarcal	Comunidades	Área (Km ²)	Habitantes
Noroccidental	San Ramón	San Jerónimo	12.45	429
		San Ramón	11.06	1238
		Santa Cruz	13.76	1007
		Riíto	8.03	355
		El Cielo	8.58	281
		SUB TOTAL	53.88	3310
Tisma con su área de influencia	Tisma urbano	Zona Norte	35.43	6652
		Zona Central		
		Zona Sur		
Tisma Sur	El Palenque	La Piedra	11.57	561
		Veinticuatro	6.11	792
		El Palenque	3.84	875
		Las Cortezas	3.00	495
		SUB TOTAL	24.52	4104
La Montañita	La Montañita N°1	Montañita N°1	8.72	1321
		Montañita N°2	3.14	1155
		SUB TOTAL	11.86	2476
TOTAL			125.69	16,517

Topografía

Gran parte del municipio de Tisma, se considera plano con rango de pendientes del 0% al 4%; es una zona pantanosa, receptora de aguas pluviales de las zonas altas, propensa a las inundaciones, sumado a su cercanía al río Tipitapa y del lago Cocibolca. Es la zona más baja del departamento. Con respecto a los suelos en la llanura de Tisma se localizan suelos molisoles caracterizados por ser suelos minerales con estado de desarrollo incipiente, joven o maduro, de poco profundos a muy profundos, desarrollados a partir de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, ácidas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas, además de fertilidad de baja a alta.

Geomorfología

El departamento de Masaya está dividido en tres zonas debido a que es atravesado casi por el centro por la falla tectónica de la cordillera de los maribios que cruza de Noroeste a Sureste, clasificando al municipio de Tisma en la zona Norte (Planicie de Tipitapa y Llanura de Tisma. Zona baja y cenagosa) (Planificación AMUDEMÁS. 2009).

El Departamento de Masaya se clasifica en tres zonas geomorfológicas:

- Zona Norte: Planicie de Tipitapa y Llanura de Tisma. Zona baja y cenagosa.
- Zona Central: Cordillera de los Maribios. Zona Media. Rodeada de cerros.
- Zona Sur: Formación Geológica de las Sierras. Zona alta de relieve ondulado.

Suelo

Los suelos son de origen volcánico, con fertilidad alta presentan topografía desde planas hasta fuertemente onduladas e inclinadas, con pendientes de 0 a 15%, los suelos presentan algunas limitaciones de fertilidad efectiva, drenaje interno imperfecto, erosión hídrica e inundaciones. En general los suelos son usados principalmente para el cultivo de granos básicos, Hortalizas y actividades ganaderas, algunas áreas son destinadas para el cultivo de yuca, fruta, musáceas y piñas. En otras partes del municipio, los suelos son destinados para la producción de caña de azúcar y en menor escala utilizados para la actividad ganadera y producción de hortalizas.

Serie Zambrano.

(ZM La serie Zambrano consiste de suelos profundos a moderadamente superficiales, bien drenados, con un subsuelo arcilloso de color pardo rojizo oscuro y que está sobre un estrato endurecido continuo pero fragmentado. Los suelos se han desarrollado de ceniza volcánica que descansa sobre arcilla, toba parcialmente meteorizada o arena y escoria cementada. Se encuentran en las planicies ligeramente onduladas a fuertemente onduladas, entre la carretera N° 1 al norte y Granada al sur. Los suelos Zambrano están entremezclados con los suelos Nejapa, en las unidades de mapeo designados y descritos como asociación Zambrano y limitan con los suelos Chilamatillo, Nindirí y Masaya.

Serie Tisma (TI)

La serie Tisma consiste principalmente de suelos moderadamente profundos, algo pobremente drenados, de color gris muy oscuro que se derivan de aluviales viejos o depósitos lacustres mezclados con ceniza volcánica. Comúnmente contienen sales y en algunos lugares algo de álcali. Se encuentran en una faja casi plana de uno a 3 kms de ancho y 25 km de largo. Esta faja se encuentra paralela a la carretera que va de Zambrano a Granada. Los suelos Tisma se encuentran entre los suelos más elevados de El Bálsamo, La Gloria y Zambrano, y las áreas más bajas que forman la asociación El Charco.

Los suelos Tisma tienen permeabilidad moderada y una zona radicular moderadamente profunda. Tienen capacidad de humedad disponible moderadamente alta en los horizontes superficiales y moderados en el subsuelo. Estos suelos tienen una tabla de agua alta durante una parte del año. Tienen alto contenido de materia orgánica en el horizonte superficial y moderadamente alto en el subsuelo. Los suelos tienen alto contenido de calcio intercambiable y de magnesio y sodio. El potasio asimilable es alto, pero el fósforo es deficiente. Los suelos se encuentran en la zona de vida Bosque Tropical Seco, transición a Subtropical. Originalmente estaban con bosques de galería. Actualmente el uso principal es para pastos, pero durante la estación seca se cultivan pequeñas áreas con tomates y melones.

Serie de Suelo El Charco

Son suelos de la familia Monmorillonita con permeabilidad muy superficial, drenaje pobre, tabla de agua muy alta en la estación lluviosa y hasta en los primeros meses de la estación seca, comúnmente contiene sales y alcalí. Estos suelos se derivan de depósitos lacustres, en planicie con pendientes casi planas y se encuentran al sureste de la laguna de Tisma (Planificación, AMUDEMAS.2009)

Sismicidad

La zona norte del departamento, donde se encuentra el municipio de Tisma, es poco afectada por fallas. De acuerdo al Estudio Geológico y Reconocimiento de la Amenaza Geológica realizado por INETER, las zonas central y sur del departamento, donde se encuentran los otros 8 municipios, están expuestas a peligro sísmico muy alto y a peligro volcánico bajo. Las principales fallas que representan amenaza para el departamento son: la Falla Cofradía, el sistema de fallas a lo largo del río Tipitapa y demás fallas locales. Dos fallas comprobadas cruzan la ciudad de Masaya y la falla Cofradía, que se origina en el Volcán Masaya, atraviesa el municipio de Nindirí y se extiende hasta Tipitapa. Por la longitud de esta falla, INETER estima que puede generar terremotos de siete o más grados en la escala de Richter (Calderas y Fallas Geológicas del Sistema Volcánico de Masaya) (Planificación AMUDEMAS. 2009).

Vegetación

Formación vegetal de Tisma, se clasifica en bosque mediano o bajo sub - caducifolio de zona cálida y semihúmeda, aunque de aquellos bosques originales no quedan ni reductos, debido al uso intensivo del suelo para la actividad ganadera y para el cultivo del algodón. Solamente existen algunas especies de árboles a orillas de los cauces naturales, que sirven de hábitat a especies de animales (Plan ambiental del municipio de Tisma. 2010).

Sistema Lagunar

El sistema lagunar de Tisma compartido entre los municipios de Tisma y Granada (Dpto. de Granada). Es un humedal de origen lacustre que comprende la Laguna de Tisma, con coordenadas 12°06'30" Lat. N y 85°58'37" Long W; la Playuela de Tisma, con coordenadas 12°05'16" Lat. N y 85°57'57" Long W; la Laguna Amapa, con coordenadas 12°03'37' Lat. N y 85°54'57" Long. W; el Estero de Panaloya, con coordenadas 12°05'05" Lat. N y 85°

53'19" Long. W; parte del río Tipitapa y Zonas Pantanosas. Presenta especies de fauna y formaciones vegetales muy características de estos sitios. Este Sistema Lagunar es muy particular, ya que en épocas lluviosas capta altos volúmenes de agua que bajan de la parte alta de la cuenca 69, haciendo del sitio una zona muy difícil de penetrar en la época de lluvia, que se presenta de mayo a noviembre, con un período canicular bien marcado entre julio y agosto. Tiene poca profundidad e igualmente está sedimentado y contaminado por la erosión y los agroquímicos procedentes de los cultivos de arroz y caña de azúcar de la vecindad; el cuerpo de agua principal de la laguna está compuesto por una ensenada en proceso de desecación y un extenso pantano cubierto de vegetación herbácea, conformada principalmente por tules, los pantanos y humedales vecinos que sirven de refugio a numerosas aves acuáticas". Tiene una extensión de 168.5km²; en 1983 fue decretado Reserva Natural (INETER, 2010)

Drenaje

La principal fuente de drenaje lo constituye el río Tipitapa, realiza la comunicación entre los dos lagos y es captador de afluentes tanto en la rivera norte como en el sur, tiene un ensanchamiento y acumulación hídrica voluptuosa en el sitio denominado Charco de Tisma cercano al pueblo del mismo nombre. Aquí permanece varios meses desbordado inundando áreas llanas del sector. Hasta cierto tiempo del periodo seco, el cuerpo de agua está en movimiento y es hasta el periodo de estiaje que disminuye el caudal quedando lagunetas aisladas en su trayecto, al mismo tiempo es parte de la vida de los habitantes quienes se dedican a la pesca artesanal. Es de reconocer que especialmente no solo el río Tipitapa recorre el estrecho, también afloran diferentes manantiales exactamente de la formación geológica aluvial, los cuales tienen corta trayectoria y se ubican en la segunda parte sur y este del estrecho Tipitapa-Malacatoya entre los cuales se mencionan los esteros siguientes: Caballo, La Loma, Chico Pipe, El Naranjo, Las Lajas, Jiquelite, Las Lagunitas y el de mayor trayectoria el San Juan el cual tiene su nacimiento cerca de la comunidad Las Banderas. Por las características geomorfológicas del terreno plano y casi a nivel del espejo del lago Cocibolca, el sector circundante a la comunidad Paso de Panaloya a menudo ocurren inundaciones a causa de las incesantes lluvias, terrenos que aun después del periodo lluvioso permanece inundado, en algunas ocasiones se forman pequeñas lagunas aisladas, y en el

periodo seco desaparecen por la evaporación y el mayor volumen se pierde por infiltración hacia el subsuelo.

Geología Local

El suelo que se encuentra entre el estrecho Tipitapa Malacatoya, está conformado mayoritariamente por sedimentos lacustre y de procedencia volcánica, de periodos cuaternarios y un basamento piro clástico Pliopleistoceno, la litología, de acuerdo a la conformación de la historia local y condiciones atmosféricas, se describen de inferior a superior. Se encuentran sedimentos aluviales, residuales, volcánicos del periodo Cuaternario y un basamento con definida estratificación piroclástica del grupo Tobáceo Las Sierras.

Cuaternario Aluvial (Qal) Estos sedimentos ocupan el área circundante de la laguna de Tisma hasta las costas del gran lago de Nicaragua, se extiende hacia el noreste y sur del paso de Panaloya y disminuye su extensión a medida que se aproxima a la ciudad de Granada, se conserva en el sitio opuesto en áreas de las comarcas Malacatoya y San Ramón, su escasa elevación en relación con el espejo del lago, la convierte vulnerable a inundaciones en periodos de lluvia. La composición litológica que conforma esta sedimentación, en sectores con cultivos, es generalmente arenosa color pardo claro a pardo oscuro, de granulometría gruesa en combinación con limo y poca arcilla; así como de la presencia en la matriz, de gravas subangulares a subredondeadas hasta de ¼ de pulgadas de diámetro. Las secciones costeras de la riera del lago, la granulometría de la arena es fina color gris y algo de limo, predominando siempre el material de grano medio a fino. Por el sector de Palo Verde, La Montañita, Los Capulines, San Antonio, entre Palo Bonito Santa Rosa y San Pedro, (zona costera), la superficie del suelo es más limo arcilloso que arenoso siempre dentro del rango aluvial. En el área colindante a la laguna de Tisma, el suelo es areno limoso de granulometría media a fino color gris claro a blanquecino, presenta una planicie vulnerable a las inundaciones en periodos de lluvia. Sobre los sedimentos de la formación Cuaternaria aluvial se encuentran asentados los siguientes sitios y caseríos: El Cascajal, El Bálsamo, La Gloria, La Providencia, San Nicolás, El Consuelo, El Amparo, La Cruz, La Quesera, Santa Rita, La Galera, Palo Verde, San José, de la Tapia, Tierra Colorada, Punta de Agua, Santa Julia, La Montaña, San Antonio, San Pablo, San Pedro, San Jerónimo, Santa Rosa y Palo Bonito y la comunidad rural de mayor densidad poblacional ubicada sobre estos suelos, es El Paso de

Panaloya seguido de Los Capulines. Es sabido, que varios de estos sitios son abandonados por los habitantes durante el periodo de intensas lluvias, dado que la superficie del terreno se encuentra casi al mismo nivel que el lago Cocibolca y es anegado para esta época.

Cuaternario Residual (Qr) Ocupa la mayor extensión del área, se extiende desde el extremo este de la ciudad de Tipitapa hasta las inmediaciones de Las Banderas, por el norte se aproxima a la comunidad de San Benito y hacia el sur llega un poco más de paso de Panaloya en dirección a ciudad de Granada, ocupando la totalidad de las áreas de plantaciones de caña del antiguo ingenio TIMAL. La presencia de estos sedimentos se debe a los residuos que han dejado las constantes crecidas y/o inundaciones de parte de los dos cuerpos de agua en el área de la depresión nicaragüense, (Cocibolca y Xolotlan). Su principal composición es limo arcilloso color pardo a café claro y suprayacen a Tobas consolidadas de la formación Las Sierras, es muy característica de expansión o contracción en relación al estado meteorológico del sector, en periodo constante de lluvias presenta un comportamiento uniforme, se satura y filtra agua de manera lenta hacia el subsuelo, en cambio, sus partículas se contraen en ausencia de fluido, por lo tanto, tiene una similitud desértica formando grietas.

Sedimentos Indiferenciados (Q) El sitio que conforma esta formación geológica está en el extremo suroeste de toda el área, es zona con relieve semi inclinado de nivel bajo, por su condición geomorfológica es vulnerable a inundaciones durante el invierno, se distribuye hacia la zona de mayor población desde el este despoblado de Cofradía hasta el sureste de Nindirí. Las comunidades que se asientan en esta formación son: Guanacastillo, Los Altos de Masaya, las comarcas Barrio Los López, La Montañita, El Comején, Las Cortezas, los sitios La Pilas Orientales, El Encanto, El Carmen, Puerto Nuevo, La Ceibita, San José, San Juan hasta el norte de la comunidad Las Flores y caseríos aislados. En estas áreas están sedimentados mantos arcillosos semiplásticos color pardo oscuro formando la capa vegetal, en su matriz inmediata contiene material fragmentado de pómez muy meteorizado y una intercalación de material Tobáceo arcillolítico en lentes delgados de pómez y limo pomáceo.

Sedimentos Volcánicos (Qv) Ocupa la sección escarpada del estrecho entre la comunidad Zambrano, el sur de Tisma hasta el área rural este de Nindirí. Esta formación comprende una secuencia ínter estratificada y casi laminar de material piroclástico, las cuales tienen su origen, de las constantes erupciones de los volcanes ubicados en el complejo volcánico

Masaya durante el periodo Pliopleistocénico entre la fase tardía de la época Terciaria y el inicio o temprano del Cuaternario. Está compuesta por una pseudo estratificación de sedimentos volcánicos, o delgadas capas de piroclastos altamente deleznable, la estratificación se puede observar en las cárcavas que drenan hacia el cauce del río Tipitapa, en taludes de hasta 3.0 metros de alto se conservan capas delgadas de arena fina volcánica color negro intercaladas con pómez muy alterados en transición a suelo limoso color pardo claro, Toba arenosa gruesa, Toba limo pomácea blanquecina, arcilla negra plástica y Toba arenosa gruesa granular

Formación Las Sierra (TQps) La formación geológica Las Sierras, se encuentra aflorando de manera dispersa por varios sitios a lo interno y fuera del área de estudio: forma parte de las costas del lago Xolotlan al noroeste de las granjas avícolas, en sectores aislados de cultivo de sorgo antes caña de azúcar, es base del plan en el cauce del río Tipitapa, al sureste de la laguna de Tisma y muy meteorizado en las riveras del río casi en su desembocadura en el Cocibolca, así como en la base del puente cerca de los termales, todos estos afloramientos no son extensos, los mismos pueden alcanzar lo máximo 1 km² de territorio. Es miembro superior una Toba blanquecina compacta de grano fino con intercalaciones arenosas de granulometría media a fina y en ocasiones se observa material escoriáceo, así también está constituido por capas gruesas de Tobas de color claro en partes rosadas, hacia el tope presentan intercalaciones con capas de lapilli arena fina, limo pomáceo y escorias negras. Es una Toba de origen volcánica piroclástica, muy común la presencia en éstas, de ceniza lapilli, fragmentos de arena volcánica y escoria volcánica negra, así como granos redondeados. Se presentan al mismo tiempo en bloques separados por diaclasamiento como el afloramiento Tobáceo que se encuentra en la base del puente río Tipitapa en el área de los baños termales, es un material de mayor consolidación, Toba lapilli de grano medio; en su interior el color tiene un comportamiento crema a blanquecino, en la matriz se observan granos de arena media a gruesa y escorias volcánicas con finas vesículas y con tono negro a morado, semiconsolidados y muy dispersas. Toba limo arcillosa del grupo Las Sierras en la rivera sur del río Tipitapa muy próximo a la desembocadura del lago cocibolca, este afloramiento tiene una longitud de aproximadamente 50 m, se encuentra diaclasada y en bloques desprendidos hasta de medio metro de diámetro, su estado es de fuerte meteorización fácil de desprender o diseminar por efectos de lixiviación (INETER, 2010).

Fallas y Fracturas. Las características geomorfológicas de la Subcuenca, comprende una topografía de moderada a muy plana, esta extensión de terreno se encuentra cubierta por diferentes capas de sedimentos provenientes de la desintegración de rocas madres ubicadas en las serranías próximas al valle por el sector norte y noroeste. El comportamiento plano de esta región, pertenece a diferentes etapas de la formación geológica sedimentaria del Cuaternario y por lo tanto fracturas y/o fallas en el subsuelo no son perceptibles a simple vista, toda roca que tenga un alto grado de solides o densidad, por efectos de movimientos telúricos, en alguna sección, se rompe de manera alineada y en la mayoría de los casos con ángulo de buzamiento. En el 90% del área, no se ubican estructuras o alineamientos que demuestren un cambio en la naturaleza de las rocas sedimentarias, pero en el afloramiento Tobáceo de la formación geológica de Las Sierras, en especial el que se ubica debajo del puente viejo metálico sobre el río Tipitapa, se observa una fractura expuesta y diaclasada en la superficie mostrada, que puede alcanzar el grado de falla con rumbo 140° y buzamiento de 65° hacia el noreste. Esta falla puede alcanzar varios kilómetros de extensión, se presume que por medio de ésta se encuentran en movimiento los gases con altas temperaturas que provienen del complejo volcánico Volcán Masaya y afecta el manto acuífero produciéndose agua caliente por efectos de termalismo (INETER, 2010).

Hidrología y Clima.

Aguas subterráneas. Según el proyecto red hidrogeológica de Nicaragua, INETER, 2004, El departamento de Masaya se encuentra sobre tres acuíferos: N°4, Las sierras - Managua, N°10, Meseta de Los pueblos y N°5, Nandaime – Rivas. Éstos pertenecen al sistema hidrogeológico Las sierras. El acuífero N°4 Las sierras – Managua tiene una extensión de 1,049.28km², abarca parte del departamento de Managua y casi por completo a los municipios de Masaya, Nindirí y Tisma. Posee temperaturas aproximadas de 26^ac a 29^ac, zona de vida tropical seco transición a subtropical. Humedad relativa. 70% de humedad relativa (INETER, 2010).

CAPÍTULO 4

4.1 Análisis de resultados

4.1.2 Erosión hídrica en la unidad hidrológica Tipitapa-Tisma mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicando el método USLE

En la unidad hidrológica Tipitapa – Tisma, la erosión hídrica se muestra de forma sectorizada, es decir, no hay una distribución paralela en toda el área, sino fluctuaciones en los resultados de este fenómeno a medida que varía las características de cada uno de los factores, como la topografía y la precipitación, los cuales resultaron ser predominantes ante este fenómeno físico, en este estudio.

Los resultados en las pérdidas de suelos presentan valores que indican que estas se clasifican en un nivel de intensidad media, puesto que los rangos oscilan de 12 a 25 tn/ha en gran parte de la unidad hidrológica, por otro lado, las zonas con menores elevaciones y mayor proporción de cubierta vegetal, como la parte baja de la unidad hidrológica, muestra que las pérdidas de suelo, según la escala de clasificación de intensidad de erosión propuesta por INETER, se clasifica nivel bajo de erosión, con intervalos de 5 a 12 tn/ha. Este sector de la unidad hidrológica, posee valores que no representan altos niveles de afectación. Las zonas con menores grados de erosión, se encuentran en los puntos donde predominan las áreas planas, con ausencia de pendientes significantes, así mismo, son aquellos sitios donde la cobertura del suelo predomina los pastizales y se localiza la red hídrica del cuerpo lagunar, al igual que los humedales, por ende; las pérdidas de suelo se muestran reducidas a causa de las coberturas en esa zona, ya que sirven como amortiguador ante los efectos de la lluvia (Espino C & Molina G, 2007).

Las zonas sur y este, presenta niveles bajos de erosión, sin embargo, existen superficies de terreno, en las cuales si hay valores que reflejan un mayor impacto en la pérdida de suelo. Algunas áreas del sector este, poseen intervalos donde la erosión se clasifica como media, esto se vincula al factor C, donde las labores agrícolas están generando un impacto a los suelos en esa región de la unidad hidrológica. Esto determina la influencia del tipo de cobertura y como esta es un agente a modificar las condiciones edáficas por los mecanismos empleados para el desarrollo de los cultivos (FAO, 1997).

Por otro lado, en el sector oeste de la unidad hidrológica, los resultados proporcionaron valores en los cuales indica que el nivel de intensidad de erosión en esa zona, es alto. Estas zonas que presentan altos volúmenes de pérdida de suelo se muestran en menor superficie respecto al área total, sin embargo, resulta ser alarmante por las posibilidades a que se incrementa el fenómeno erosivo.

Realizando un análisis de manera conjunta de cada factor y su participación en el comportamiento de los índices de erosión, se identificó que las precipitaciones y las pendientes, así como las coberturas, están altamente vinculadas a la variación y determinación de las tasas erosivas, es decir, son los agentes preponderantes en este fenómeno.

Las zonas con mayor potencial erosivo son aquellas áreas donde predominan las elevaciones, por ende, existen mayores pendientes que en el resto de la unidad hidrológica (figura N° 4), de igual manera, son aquellos puntos donde el índice de erosividad de la lluvia tiende a incrementar (figura N° 2), esto aunado a los tipos de coberturas, respectivamente que; estos puntos donde las erosiones son mayores a los 25 tn/ha, las actividades agrícolas tienen mayor auge y se desarrollan con mayor volumen, como lo refleja la figura N° 6 (mapa de coberturas).

Es apreciable como las pendientes y longitudes de ladera en sus valores máximos, coinciden con las zonas que dieron como resultado mayor erosión (figura N° 9). De igual manera, estos son los puntos que presentan los mayores eventos de lluvia, figura N° 2 mapa de erosividad de la lluvia. Esto se traduce que, a mayor gradiente y longitud de la pendiente, mayor escorrentía superficial, de manera que los desprendimientos de partículas del suelo se producen a mayor volumen y son arrastrados por los patrones de escurrimiento, donde se crea un drenaje de los flujos con gran intensidad por la longitud de las laderas, siendo estas un agente de transporte que trabaja de forma conjunta con el agua y fluyen de la parte alta y media, hasta depositar el material disuelto; donde se da la acumulación de sedimento en las partes bajas, afectando directamente los cuerpos de aguas de las planicies de la unidad hidrológica. Como resultado de esto, las probabilidades a efectos de inundación, incrementan (Castilla L & Ávila León, 2009).

La erosión, además de este ser uno de los procesos de degradación del suelo que trae consigo impactos al medio natural y generar la pérdida de componentes y nutrientes edáficos, también genera daños que ocasionan disminución en la capacidad productiva. INETER (2005) asegura que, con el fenómeno erosivo, se pierde la fertilidad y disminuyen los niveles de productividad, por ende; al haber mayor pérdida de suelo, se desarrolla un incremento en la pérdida de los cultivos y se crea una problemática económico – social.

Las tasas de erosión hídrica en la unidad hidrológica Tipitapa – Tisma clasificadas con grado de intensidad alta, ocupan un 17% del área total. A nivel de significancia es un valor relativamente bajo, en comparación al total de la superficie en estudio, sin embargo, considerando que las estimaciones se realizaron en un modelo predictivo; no se descarta la probabilidad de que se desarrollen mayores amenazas en periodos futuros. Si las variables geográficas y climáticas se comportan con mayor agresividad, como podría ser el factor R, con la intensidad en las lluvias, se desencadenaría un aumento en el fenómeno erosivo, por ende, habría un incremento en los niveles de erosión (Páez, 1994).

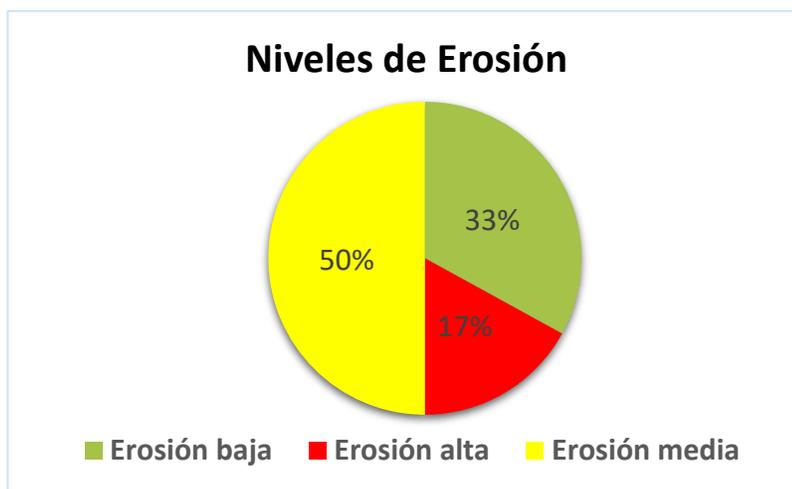


Gráfico: Clasificación porcentual de las tasas de erosión

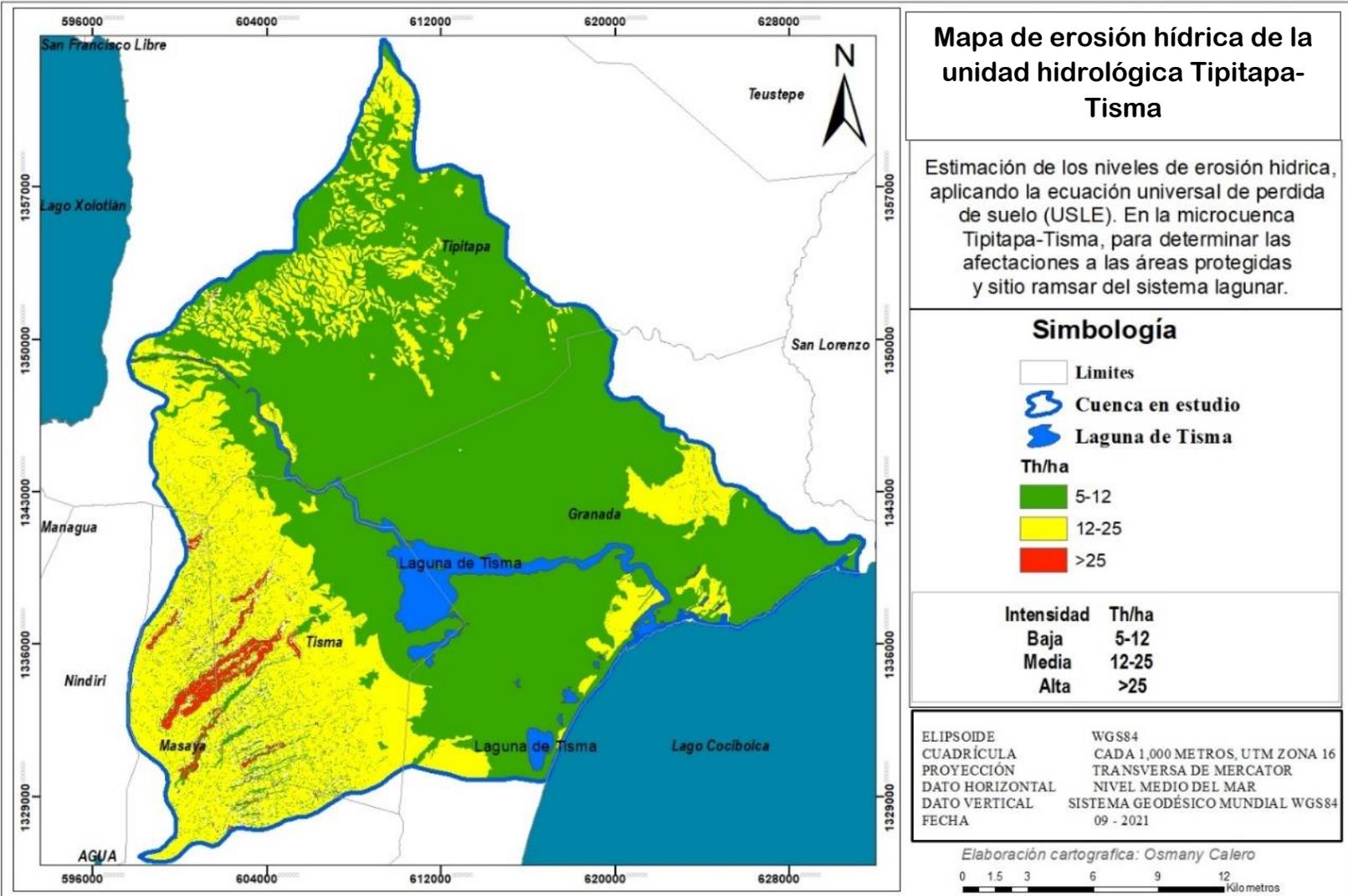


Figura 7: Mapa de niveles de Erosión Hídrica. Elaboración Propia

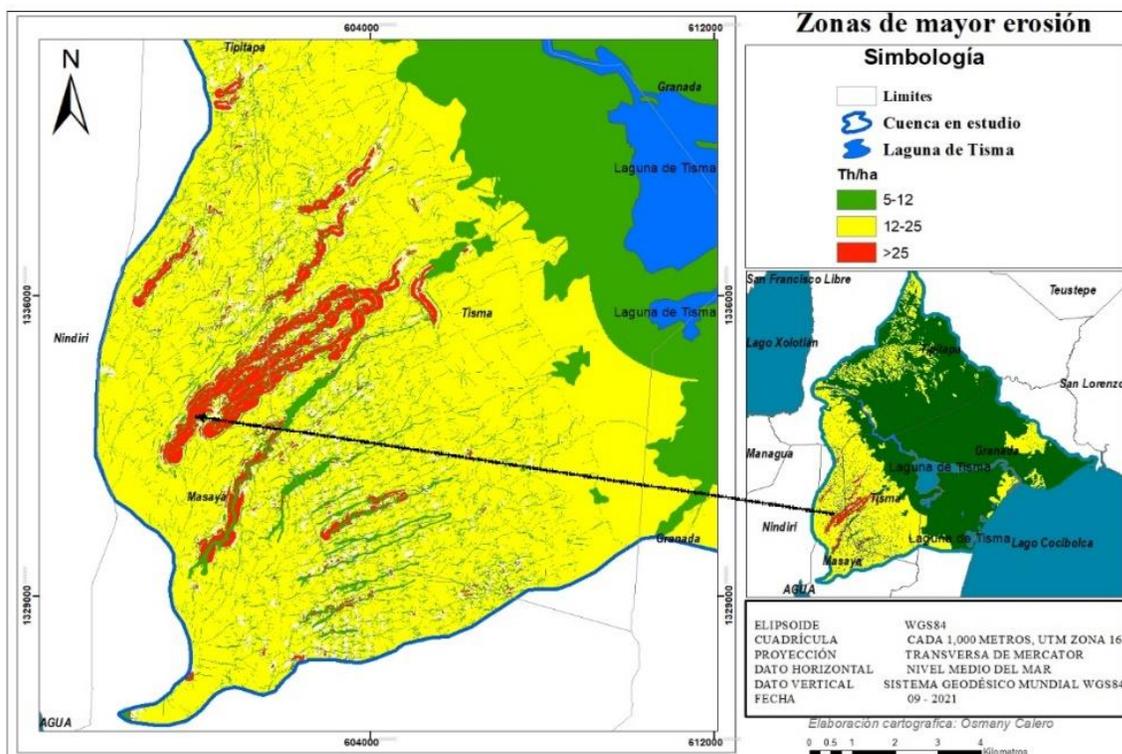


Figura 8: Áreas con mayores pérdidas de suelo. Elaboración Propia

Las zonas con mayor grado de erosión, se sitúan en la parte alta de la unidad hidrológica, en el sector sur-oeste, donde se ve altamente afectados 7 comunidades. El sector de las Pilas occidentales, es el último en los límites del área de mayor afectación, sin embargo, está dentro de la zona de contingencia. Por otro lado, los municipios con mayor afectación son; EL Cielo y Matildina. Estos están localizados en el punto exacto donde se producen las máximas pérdidas de suelo, además de ser las comunidades dedicadas a labores agrícolas, es el territorio con mayor gradiente en las pendientes. Aproximándose a la zona este, continúan los flujos erosivos y a su paso, generan daños a los últimos 2 municipios más afectados, que son; Riito y Santa Cruz.

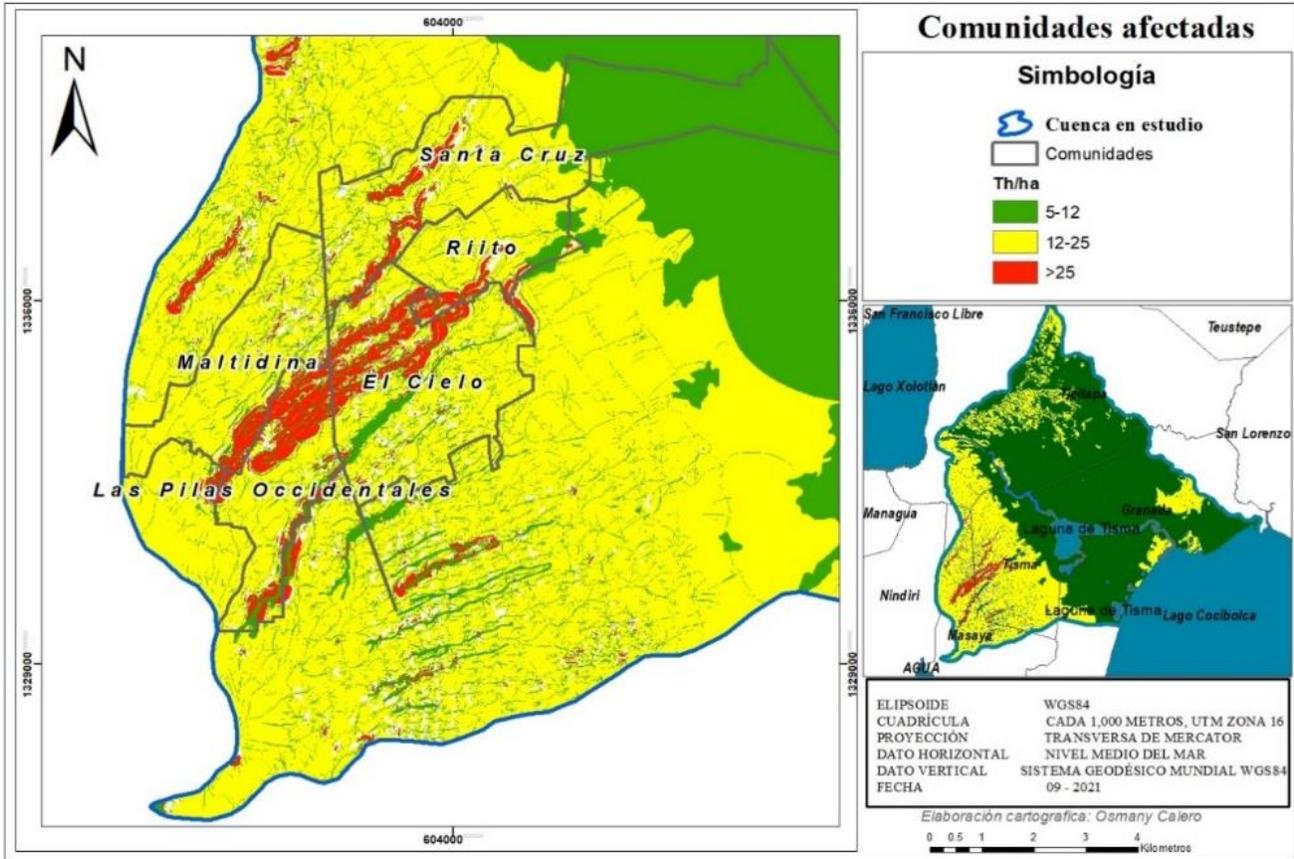


Figura 9: Comunidades con mayor afectación por las pérdidas de suelo.
Elaboración Propia

4.1.2 Niveles de susceptibilidad de los suelos del área en estudio

Las tasas de erosión en la parte media y baja de la unidad hidrológica, clasifican el nivel de intensidad como baja, en un 33.30 % del área. Los valores (5-12 tn/h) no representan afectaciones considerables, ya que según el nivel de tolerancia a erosión propuesta por la FAO (1980), estos se encuentran en una escala aceptable, con rangos que categorizan la erosión como ligera o nula. En cambio, las erosiones definidas como nivel medio, muestran una localización más distribuida en el resto del área, tanto zona este, norte y oeste, en un total del 50% de la unidad hidrológica en aquellos valores que van de 12 a 25 tn/ha, como lo refleja el grafico de niveles de erosión.

Considerando que la unidad hidrológica Tipitapa- Tisma, en la parte media baja posee significantes ecosistemas, es importante definir qué; si este fenómeno erosivo se intensifica, representará amenazas a mayor escala. Se verán grandes afectaciones al medio biótico del área protegida, así como daños a los cuerpos hídricos del sistema lagunar y humedales del sitio Ramsar.

Respecto a las zonas determinadas como erosión “alta” equivalentes al 17% de la unidad hidrológica. En términos ecológicos, el DDR Departamento de Desarrollo Regional (1974), asegura que los daños específicos motivados por estos procesos de erosión, conjuntamente con los de sedimentación, son: reducción de la productividad del suelo, pérdida y degradación de la tierra, descenso del nivel freático, depósitos infértiles, sedimentación en embalses, sedimentación en zanjas de drenaje y canales de riego y daños a la navegación fluvial. Los autores Valdez Zertuche, J.I., M.H. Badii, A. Guillen y M.S. Acuña Zepeda (2015), indican que el deterioro del abastecimiento de agua se refiere a la disminución de la cantidad de agua subterránea y superficial, así como también a la pérdida de calidad del agua.

Las zonas que presentan mayores niveles de erosión en la unidad hidrológica, generan como resultados, impacto al componente biológico. Lara, F (2018) afirma que, el Sistema Lagunar de Tisma, según los informantes, posee gran diversidad de seres vivos; tiene gran importancia como sitio de descanso y fuente de alimentos para gran diversidad de aves migratorias, igualmente importante para otro gran número de aves residentes. En los sistemas lagunares como los grandes lagos y el sistema lagunar - Charco de Tisma; la diversidad de aves

acuáticas está bien representada (Zolotoff-Pallais, 2005, p.12). Los valores clasificados como erosión alta, representa una amenaza para el componente biológico, debido a las consecuencias que este fenómeno generaría como: pérdida en la biodiversidad especies, organismos reguladores del suelo y aves acuáticas.

Como resultado, además de la degradación de los ecosistemas, a nivel socioeconómico; se tendría afectación a la economía a través de la agricultura, ya que se reduce la fertilidad del suelo, por la remoción de nutrientes, mediante el agua y la lluvia. Esto se traduce a pérdidas en la producción de cultivos, como ya lo hemos mencionado anteriormente, y desde el año de 1985 (Bertoni y Lombardi Neto) se cuenta con estudios que sustentan que las tierras agrícolas se vuelven menos productivas por la erosión. Esto significaría descenso de producción, por el bajo rendimiento en los cultivos y disminución de ingresos a los productores. Este dinamismo influye en los índices de pobreza y hambre, ya que no se cubriría la demanda alimenticia de los pobladores de la zona (Valdez Zertuche, J.I., M.H. Badii, A. Guillen y M.S. Acuña Zepeda, 2015).

Debido a los resultados en las tasas de erosión hídrica que muestran valores clasificados con nivel de intensidad media en 50% del área, y alta en 17% de la unidad hidrológica. Se deduce que los niveles de susceptibilidad incrementan, principalmente en aquellos sitios que son más sensibles a los impactos de este fenómeno erosivo, como lo es el sistema lagunar, humedales y sitio Ramsar en la parte baja de la unidad hidrológica. Ortega (2006) resalta que; los conflictos del uso del suelo, la explotación indiscriminada de los recursos y las áreas de conservación, ocasionan diferentes impactos directos, entre los cuales está el aumento a los niveles de susceptibilidad a erosión. A diferencia de los niveles de intensidad, la susceptibilidad representa la capacidad de un área a ser afectada, es decir, está propensa a amenazas. Por otro lado; la intensidad refleja los grados de afectación que se obtuvieron mediante la evaluación de un fenómeno. Para este estudio, la intensidad indica el grado de severidad en las tasas de erosión, sin embargo, la susceptibilidad indica que tan propensa es el área a sufrir impactos ante el fenómeno de erosión.

Por lo tanto, por los elementos ecosistemicos en la parte baja de la unidad hidrológica y ser sitio de conservación ramsar con zonas de importantes características biológicas; se determinó que el nivel de susceptibilidad en esa área es alto, principalmente en aquellas zonas de sensibilidad ambiental como lo es el área protegida.

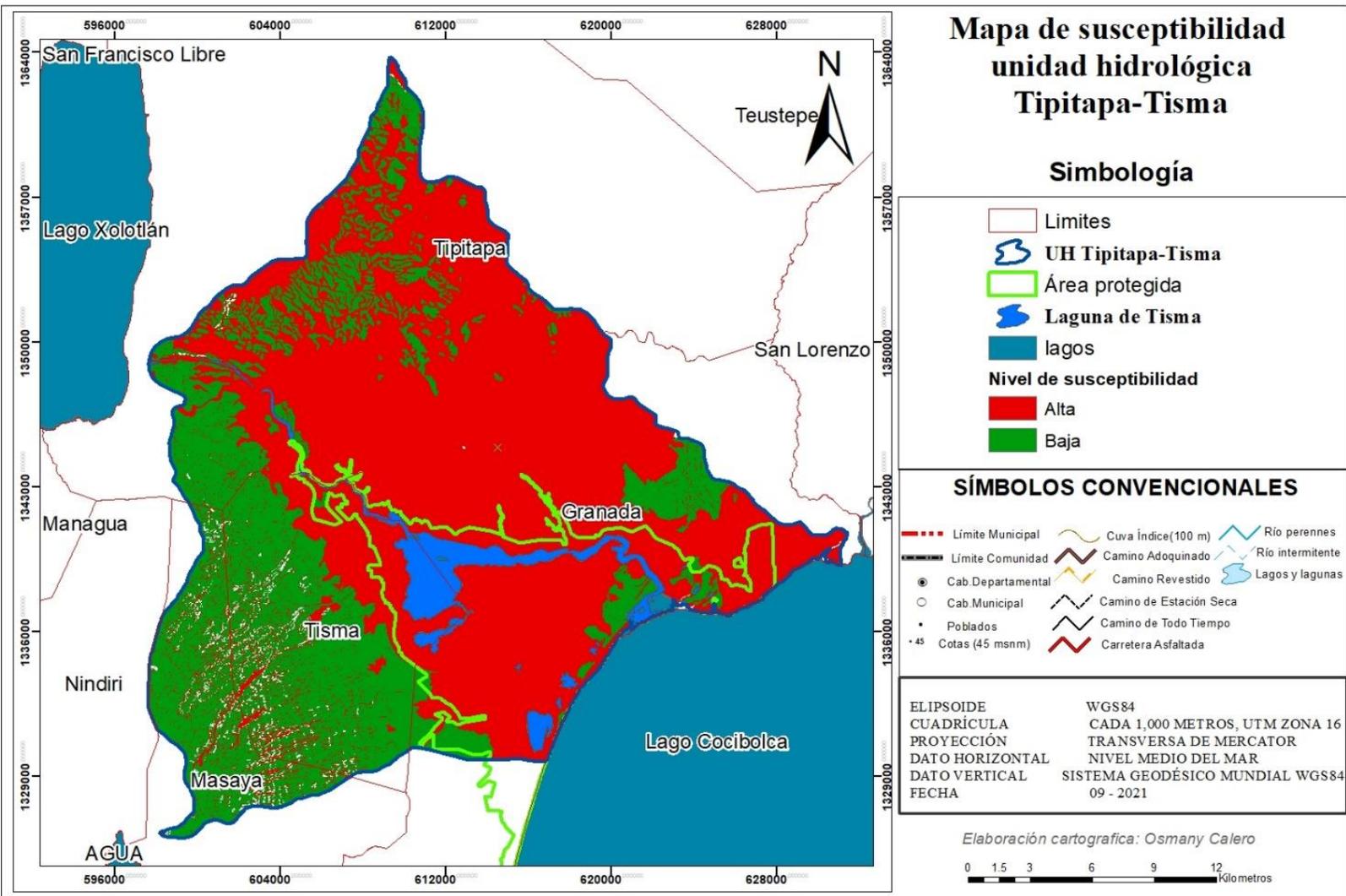


Figura 10: Mapa de Susceptibilidad de la UH Tipitapa-Tisma

4.1.3 Acciones participativas para la conservación de suelos de los sitios con altas tasas de erosión de suelos

En la unidad hidrológica Tipitapa – Tisma, mediante la estimación de los niveles de erosión hídrica, se identificaron los sitios con mayor afectación, en estos se encuentran como actores involucrados; 7 comunidades, las cuales fueron clasificadas como puntos críticos por presentar las mayores tasas de erosión hídrica. De manera que estos fueron los sitios para establecer las acciones participativas para la conservación de los suelos

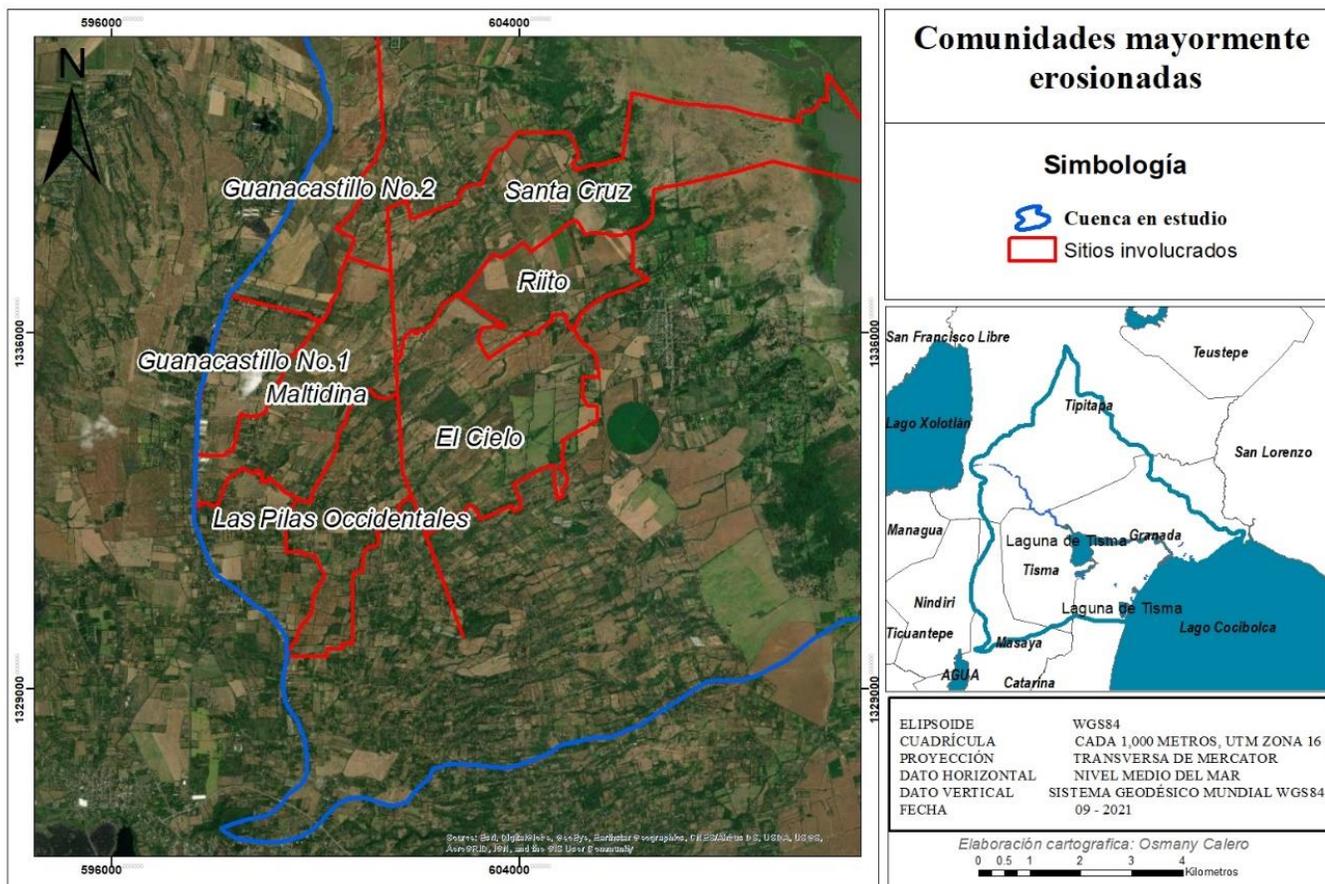


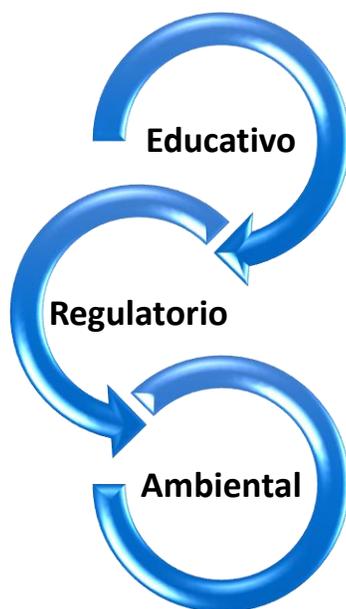
Figura 11: Sitios seleccionados para implementar prácticas

Las comunidades involucradas en las cuales se establecerán las acciones de conservación de suelo son; Santa Cruz, El Cielo, Las Pilas occidentales, Matildina, Rito y Ganacastillo 1 y 2, localizadas en la parte alta de la unidad hidrológica; estas corresponden a las áreas con mayor impacto del fenómeno erosivo. De este modo fueron determinados los sitios para la implementación de uso y manejo adecuado a los suelos (Tabla N° 5).

Tabla 3: Comunidades seleccionadas para aplicar acciones participativas

Sectores identificados con afectación directa		
Comunidades	Área Km2	Nivel de Erosión
Guanacastillo N° 1	4	Alta
Guanacastillo N° 2	13	Alta
Matildina	8	Alta
Las Pilas occidentales	6.4	Alta
El Cielo	12	Alta
Rito	4	Alta
Santa Cruz	16	Alta

Las acciones participativas son índole regulatorio, educativo y ambiental para la conservación de suelos, con. En el que se pretende que funcione como guía para reducir el impacto generado a los suelos y el ambiente.



4.2.1 Acciones de índole educativo

Se recomienda que las acciones de índole educativo se realicen mediante capacitaciones y talleres, y estas sean implementadas por el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) y el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA). De manera que se instruya

y se proporcione asistencia técnica a los involucrados; que en este caso serían los productores de las comunidades seleccionadas para implementar acciones participativas. Los talleres y capacitaciones se realizan con el fin de transmitir el conocimiento y la información necesaria para que los involucrados logren conocer todo lo relacionado al recurso suelo, desde su formación y funciones, hasta los mecanismos de degradación a los que está expuesto con un manejo inadecuado, de manera que permita expandir la percepción de los participantes, respecto al tema de conservación de los suelos (FAO & MADS, 2018).

4.2.3 Acciones Regulatorias

Se recomienda a los organismos y actores funcionarios de ley hagan uso y aplicación de los insumos legales como los reglamentos y normas jurídicas, enfatizando en lo dictado por el DECRETO DE POLÍTICA NACIONAL DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LOS SUELOS, que establece en su considerando N° V y VII;

V. Que el suelo es un Sistema multifuncional que satisface las necesidades alimentarias de la población, que hace necesario el establecimiento de Políticas e Instrumentos Legales que coadyuven a prevenir, corregir y conservar los suelos para evitar los procesos acelerados de degradación a que están siendo sometidos por el uso y manejo inapropiado de los mismos.

VII. Que la Degradación de los Suelos es un fenómeno que repercute directamente en la reducción de la producción agropecuaria y forestal por la pérdida parcial o total de su capacidad, sabiendo que el recurso suelo, es uno de los elementos más importantes que dispone el ser humano para garantizar su alimentación, dentro del marco de la conservación y el manejo de los suelos. Este decreto asegura en su capítulo 1, artículo 3, el siguiente principio “La conservación y manejo adecuado de los suelos, se deberá orientar y promover por medio de las instituciones competentes del Estado, para brindar los servicios de asistencia técnica que garanticen una producción sostenida y económicamente rentable”.

Así mismo, se insta a cumplir lo orientado por la LEY DE PROTECCIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN., Que en su artículo 5 establece; Los propietarios, usuarios, arrendatarios y usufructuarios o quienes tengan a su cargo terrenos afectos a procesos erosivos estarán obligados según el caso, a poner en marcha o colaborar con las disposiciones y actividades de protección contra cualquier tipo de erosión que dicte IRENA.

De igual manera, en su artículo 9 y 11, que funcionan como objetivo de control, en los cuales indica que; Artículo 9. Son obligaciones de los propietarios, usuarios, arrendatarios, usufructuarios o quienes tengan a su cargo lotes de tierra agrícolas, trabajar sus cultivos siguiendo las prácticas de manejo y conservación de suelos, recomendadas por IRENA. Artículo 11. Toda persona natural o jurídica que cometiere infracciones a la presente Ley, estará sujeta a sanciones administrativas que van desde la multa hasta la expropiación parcial o total del área sujeta a control de erosión. Se sugiere que se efectúe la ejecución legal de cada uno de estos indicadores de ley, para que rijan y cumplan con su objetivo de control y preservación del recurso suelo y así disminuir los impactos de los fenómenos erosivos influenciados por el factor antrópico.

4.2.4 Ambiental

Debido a los resultados obtenidos en los niveles de susceptibilidad a erosión de la unidad hidrológica Tipitapa - Tisma, y el hecho de que no se aplican prácticas de conservación de suelo, se recomienda la ejecución directa de las acciones de conservación propuestas en la guía de Buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales, elaborada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS (2008). Algunas de las prácticas recomendadas por la guía son: las barreras y las cercas vivas, pastoreo controlado o rotativo, rotación de cultivos, asociación de cultivos, trinchos y terrazas, surcos a partir de curvas de nivel, barreras corta fuego, compostaje, entre otras descrita a detalle en la guía.

Se sugiere que se realice aplicación del Manual de conservación de suelos, desarrollado de manera conjunta por La Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano y El Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central, PASOLAC (2009). Algunas de las sugerencias del manual son: asequias a nivel y desnivel, abonos verdes, barbecho, terrazas, barreras vivas y muertas, asociación de cultivos, biofertilizantes, entre otros...

Las recomendaciones propuestas en las guías y manuales de conservación deben de ser gestionadas e implementadas por parte de los medios institucionales y alcaldías, para que estas sean ejecutadas en colaboración con los actores que hacen ocupación de los suelos, Cuadro N°4 (FAO & MADS, 2018).

Capítulo 5

5.1 Conclusiones

- La aplicación del modelo USLE proporcionó la identificación de los sitios con mayores tasas de erosión, lo cual permitió proponer acciones participativas que permitan el manejo óptimo del suelo. El modelo posee limitaciones, pues está diseñado únicamente para aquellos sitios con características morfológicas y condiciones geográficas que resulten óptimas para su aplicación.
- La clasificación de los niveles de erosión hídrica en la unidad hidrológica Tipitapa – Tisma fue de intensidad media. Los sitios con mayor nivel erosivo coinciden con 7 comunidades, las cuales son: Santa Cruz, El Cielo, Las Pilas Occidentales, Matildina, Rito y Ganacastillo 1 y 2.
- En el área en estudio el nivel de susceptibilidad del suelo es alto, siendo mayor en la parte baja de la unidad hidrológica. Esto implica que los efectos del fenómeno erosivo, presentarán mayor impacto en esa zona, por los elementos ecosistémicos que componen el área natural en la parte baja de la unidad hidrológica.
- Las acciones participativas propuestas de índole educativo, regulatorio y ambiental, permitirán disminuir las altas tasas de erosión (Niveles erosivos) en las 7 comunidades identificadas.

5.2 Recomendaciones

- A futuras investigaciones, se recomienda realizar evaluaciones de escurrimiento y sedimentación, de manera que se determine el nivel de afectación que genera el fenómeno erosivo. Además, se sugiere que los datos a utilizar en los factores que componen el modelo de estimación de pérdida de suelo, hayan pasado por una etapa de validación y calibración para disminuir el margen de error y lograr obtener resultados con mayor confiabilidad. Para la validación y calibración es necesario contar con recursos económicos.
- Al Ministerio Agropecuario y Forestal(MAGFOR) y al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), se recomienda que implemente medidas correctoras de cuidado y preservación a humedales y áreas protegidas, ejecutando directamente la **POLÍTICA NACIONAL DE HUMEDALES DECRETO No. 78-2003**. Principalmente los artículos 8; inciso d) y 11 del Convenio de Diversidad Biológica. Adicionalmente, se sugiere accionar de manera estricta de acuerdo a lo estipulado en el **Convenio para la Conservación de la Biodiversidad y protección de áreas silvestres prioritarias en América Central**, centrándose en los artículos 10, 11 y 15. Estos artículos orienta que, los estados partes deben, tomar todas las medidas posibles para asegurar la conservación de los ecosistemas, e integrar la conservación y el uso sostenible de los recursos biológicos en las políticas y programas relevantes de otros sectores.
- Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), se recomienda una evaluación a la propuesta de acciones participativas, de manera que funcionen como guía para ser aplicadas por los distintos usuarios del recurso suelo, para disminuir los índices de erosión y contrarrestar daños a los recursos.

5.3 Bibliografía

- Altieri & Nicholls. (2001). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales.
- Arrieché, R. (2012). Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico La Estancia, Madrid, Cundinamarca, 2012. Utilizando indicadores de calidad de suelo.
- Bernal, R. (2018). Estudio de la susceptibilidad al deslizamiento de laderas en el Estado de Guerrero, México, aplicando Tecnologías de Información Geográfica.
- Bergkamp, G & Orlando, B. (1999). Los humedales y el cambio climático.
- Borge, J & Montalván, R. (2020). Evaluación de Pérdida de suelo mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), en la microcuenca Buena Vista.
- Bozzoli de Wille, M. (1974). La frontera agrícola de Costa Rica y su relación con el problema en zonas indígenas.
- Cabrera, E., Llana, J., Hernández, E. (2015). Influencia de la agricultura de conservación sobre el suelo y el cultivo del tabaco en San Juan y Martínez, Cuba.
- Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH) y Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- Cuevas, S. (2014). Determinación de la escurrentía pico para la subcuenca del drenaje s/n tributario del río acacias con ayuda del software ILWIS.
- Darney, j et al., (2012). Evaluación de la susceptibilidad a erosión.
- DDR, Departamento de Desarrollo Regional. (1974). Estudio de los Recursos Hídricos de la Alta Cuenca del Río Bermejo.
- Domingo, M, Portuguez, M. (2014). Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Sigüas utilizando geoinformática.
- Espino, C & Molina, G. (2007). Evaluación de la erosión hídrica en el sistema productivo de café (*Coffe arabiva L.*) de la finca El Jardín y el efecto del uso y manejo de la tierra en la quebrada de río El Cairo, Managua, Nicaragua.
- Espino, J. & Romero. (1998). Efecto de diferentes frijoles abonos sobre la dinámica (N,P,K) del suelo, el aporte de materia orgánica, la incidencia de las diferentes plagas agrícolas y sobre todo el crecimiento y rendimiento de la Pitahaya.
- Espinosa et al., (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México.

- FAO. (2014). El estado de los bosques del Mundo. Disponible en:(<http://www.fao.org/3/ai3710s.pdf>).
- FAO. (2016). El Estado de los Bosques del mundo 2016, Disponible en: (<http://www.fao.org/3/a-i5850s.pdf>).
- FAO y MADRS. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso de los suelos en áreas rurales.
- Florentín, M. Ovelar, M. Santacruz, W. (2013). Sistemas de manejo de suelo para pequeñas fincas, efecto sobre las propiedades químicas del suelo y el rendimiento del maíz, departamento de San Pedro.
- García, M. (2013). Estimación de la infiltración del agua de lluvia con permeámetro de Guelph.
- González, C. (2012). Identificación de los agentes de la deforestación y modelación del cambio de uso del suelo en el Municipio de Rosita, RAAN.
- Hernández, O & Mocada, F. (2007). Evaluación de la erosión en sistemas forestales y agroforestales promovidos por el POSAF en la microcuenca Las Gradadas el río Dipilto, Nueva Segovia.
- INETER & COSUDE. (2005). Metodologías para el análisis y manejo de los riesgos naturales (MET-ALARN).
- Instituto nacional de tecnología agropecuaria (INTA). (S.F). Guía para evaluación de la calidad de los suelos de textura fina bajo agricultura en siembra directa en Chaco subhúmedo, en áreas sujetas a cambios en el uso del suelo.
- Juanga. (2010). Determinación de la erosión hídrica de los suelos de la cuenca Río Pilcomayo- Salta.
- Lanzas, J. (1995). Evaluación del efecto de prácticas agro conservacionistas sobre la erosión y la producción de granos básicos Ticuantepe, Managua.
- Castillo, F. (2018). Evaluación de la calidad ambiental del humedal refugio de vida silvestre sistema lagunar Tisma, Masaya, Nicaragua.
- Lavee, Hanoch. (1995). Escorrentía y erosión en los suelos del desierto de Judea.
- Manual de Métodos Sencillos para estimar Erosión Hídrica. (2005)
- Marini, F. (2008). El avance de la frontera agrícola en el área adyacente al Sistema Sierras de la Ventana, Buenos Aires, Argentina.

- Mena et al., (2010). Evaluación de la susceptibilidad a la erosión hídrica de un vitric haplaustads, mediante el uso de un simulador de lluvia, en una zona de ladera en Colombia
- Méndez, N & Espinosa, S. (2008). Evaluación de la erosión hídrica en tres sistemas de cultivos vegetales en el municipio de Boaco.
- Molinarés, C. Castilblanco, A. (2015). Programas de manejo de roya (*Hemileia vastatrix*) en cinco fincas cafetaleras en condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014.
- Najera et al., (2018). Manual de indicadores biológicos de la salud del suelo.
- Schnabel, S, Rodríguez, M. B. (2000). Hidrología superficial en ambientes adherados, cuenca experimental Guadalperalón, México.
- Orue et al., (s.f). Expansión de la frontera agrícola en Argentina y erosión hídrica: mapas de riesgo utilizando el Modelo Usle con apoyo de SIG.
- PHCA, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. (1972).
- Ramírez et al., (2012). Indicadores de la calidad de los suelos; una nueva manera de evaluar este recurso.
- Ramsar Iran. (1971). Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas.
- Raudes, M., Sagastume, N. (2009). Manual de Conservación de Suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.
- Roffe et al., (S.f). Análisis del factor ls en diferentes modelos de predicción de la erosión hídrica del suelo.
- Rueda, V. (2013). El campesinado migrante. Políticas agrarias, colonizaciones internas y movimientos de frontera agrícola en Nicaragua, 1960-2012.
- Ruiz, L & Arauz, S. (2010). Evaluar la erosión hídrica mediante el uso de diferentes modelos de predicción en San José de los Remates.
- Salvador, I. (2015). Erosión de suelos y laderas en el espacio agrícola de la Rioja Aplicación y cartográfica del modelo Rusle.
- Sanches, G. (2013). Degradación de suelos agrícolas y el el SIRSD-S.
- Shaxon, F. Barber, R. (2005). Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal: El significado de la porosidad del suelo.

- Soriano, M. (2009). Variación de los valores del factor topográfico “LS” aplicando la RUSLE. Influencia del uso y del tipo del suelo en su cálculo.
- Tarbuck, E. Lutgens, F. Tierra: Una introducción a la geología física.
- Úbeda, I. (2016). Evaluación de pérdida de suelo (USLE).
- Universidad Nacional Agraria (UNA). (2017). Guia técnica para muestreo de los suelos.
- Valdin et al., (2013). Guía para elaboración de un protocolo de investigación.
- Vargas, R. (2010). Indicadores biológicos para la evaluación de la calidad de suelos.
- Vera, D. (2010). Estudio de comparación entre coeficientes de escorrentía en cuencas experimentales del sur de Chile.

5.4 Anexos



*Figura 12. Visita de campo. Orillas de la laguna.
Fuente: Propia*





Ecuación 5

$$100 K = 2.1 * (M^{1.14}/10,000) * [(12-a) + 3.25 (b-2) + 2.5 (c-3)]$$

Donde,
M = Limo + arena muy fina (%)
a = materia orgánica (%)
b = clase de estructura
c = clase de permeabilidad

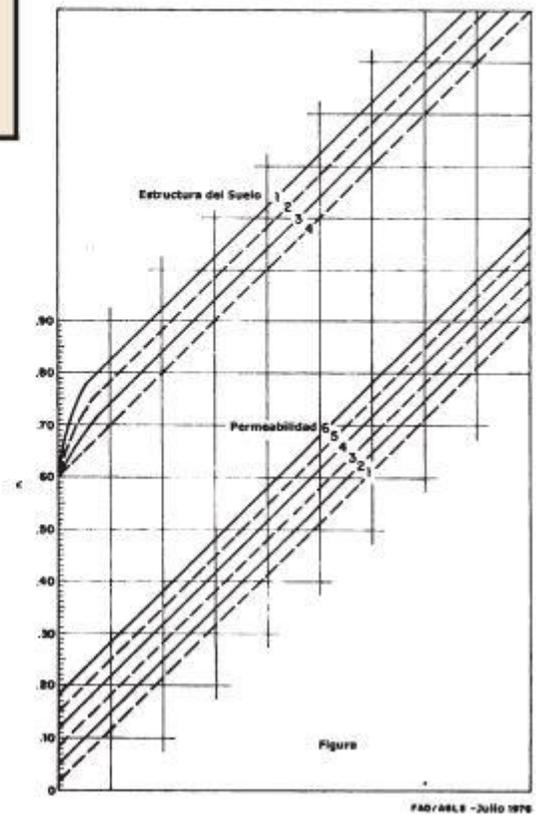


Figura 13: Ecuación y Nomograma de Wischmeier, para el cálculo del factor K

Tabla 1: Niveles de intensidad de erosión o pérdida de suelo adaptados de criterios internacionales		
Intensidad de Amenaza	Pérdida de suelo (t/ha/año)	Pérdida de suelo (en mm)
Baja	5 - 12	0.4 - 2
Media	12 - 25	2 - 5
Alta	> 25	> 5

Adaptados de Wischmeier y Smith, 1978; Roffe, Ligtenberg, et, al 2004.FAO 1985.

- Tabla de datos utilizados para el cálculo del factor K

X	Y	Cobertura de la tierra	Nom	Seri	Si	Porc	Por	Porc	Ma	Per	Estr	Desc	FAC
			b_Su elo	eSu elo	mb olo	n_A ren	c_A rcil	_Li mo	t_O rg	mea bili	ct_s ue	Tex Sue	TO R K
601 401. 634	132 797 6.36		Zam bran o	ZM	RV VII I	35	30	30	5	3	3	Fran co arcill oso	0.06 159 457
601 335. 689	132 840 6.73		Zam bran o	ZM	N D2 c III	35	30	30	5	3	3	Fran co arcill oso	0.06 159 457
603 075. 603	132 956 7		Zam bran o	ZM	N D2 c III	35	30	30	5	3	3	Fran co arcill oso	0.06 159 457
605 356. 726	132 852 8.49		Zam bran o	ZM	N Db II	35	30	30	5	3	3	Fran co arcill oso	0.06 159 457

605 384. 156	132 801 9.43		Zam bran o	ZM	N Dc III	35	30	30	5	3	3	Fran co arcill oso	0.06 159 457
607 461. 448	132 940 7.92		Zam bran o	ZM	N D2 b II	35	30	30	5	3	3	Fran co arcill oso	0.06 159 457
607 660. 415	132 983 9.37		Zam bran o	ZM	N D2 c III	35	30	30	5	3	3	Fran co arcill oso	0.06 159 457
606 577. 167	132 978 5.88		Zam bran o	ZM	N D2 c III	35	30	30	5	3	3	Fran co arcill oso	0.06 159 457

- Tabla datos utilizados para el cálculo del factor R

C ó d i g o	De pa rta me nto	M u ni ci pi o	L at it u d	L o n g i t u d	X	Y	El ev ac i ó n (m sn m)	A ñ o	E n e r o	F e b r e r o	M a r z	A b r i l	M a y o	J u n i o	J u l i o	A g o s t o	Se pti e m br e	O c t u b r e	N o v i e m br e	Di c i e m br e	S u m a
6 9 0 2 7	Ma nag ua	Ma nag ua	1 2° 0 8' 3 6"	8 6° 0 9' 4 9"	5 9 0 0 3	1 3 4 2 5 4 2	56	2 0 1 2	3 0 . 0	1. . .	0 . . .	3 4 9 . 2	1 3 3 . 5	1 0 8 . 9	1 6 9 . 2	12 5. 7	1 9 3. 2	2. 5	3. 5	1, 1 2 6. 0	

69030	Granda	Granda	11°55'22"	85°7'6"	61383	65	2012	0010	0000	306	524	634	1500	000	640	25.2	0.6	25.0
69044	Granda	Paloya	12°07'00"	85°2'57"	621970	32	2012	1030	0000	440	275	589	820	1080	1960	0.0	0.0	59.7
690115	Masaya	Masaya	11°58'48"	86°6'18"	597450	210	2012	1069	3075	0995	1424	8256	388	1307	1800	12.8	12.2	5.7
690150	Baco	Teusipe	12°21'35"	85°2'45"	636586	140	2012	0000	0000	7315	1140	1040	2000	2480	730	51.8	0.0	1,062.60