



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA
DEL CAUCE SABANA GRANDE, MANAGUA**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Francis Mireya Benavides González
Br. Martha Fabiola Lumbi Álvarez

Tutor

MSc. Ing. Miguel Enrique Blanco Chávez

Asesor

MSc. Rosario Sotelo Contreras

Managua, Nicaragua

Abril del 2020

DEDICATORIA

Doy gracias a **DIOS**, por permitirme este momento especial y anhelado en mi vida porque todo lo que tengo y todo lo que soy es por él, por el día a día de lucha y esfuerzo que me permitió y llegar alcanzar sabiduría, entendimiento y conocimiento para lograr cada una de mis metas propuestas y el privilegio de parte de él de llenarme de oportunidades, misericordias para presentar este proyecto tan importante en mi vida.

A mi **MADRE**, Socorro González por ser una mujer guerrera, esforzada, y emprendedora, que siempre me ha enseñado a luchar y a enfrentar la vida sin importar las consecuencias y límites, por brindarme su apoyo incondicional tanto económico como en lo emocional, que ha sido un pilar muy fuerte que jamás me ha dejado caer, a la cual amo y respeto por ser mi ejemplo a seguir.

A mis **HERMANOS**, por brindarme de su tiempo para lograr mis objetivos.

A mis **TÍOS**, María González, Luis Sánchez y a la Sra. Salvadora del Carmen Álvarez Rivas, por creer en mí, por darme su amor, confianza y consejos.

Francis Benavides

DEDICATORIA

Primeramente, doy gracias a **DIOS**, por darme la oportunidad de terminar mi carrera profesional, el que me inspira a seguir adelante y el que me da el conocimiento, quien ha fortalecido mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto. El que está conmigo en todo tiempo, en todo momento y por permitirme cumplir con éxito mi sueño más anhelado porque sin él nada de esto sería posible.

Mi corazón se siente tan agradecido con Dios por las bendiciones que he recibido de parte de él, por su amor incondicional, por sus misericordias día a día ya que él ha sido mi gran amor y ejemplo a seguir. A él dedico este proyecto, mi vida, profesión y secular.

A mi **MADRE**, Salvadora del Carmen Rivas por ser una mujer valiente y esforzada, que siempre está al pie de lucha sin importar las batallas o dificultades, por ser ella una atalaya y apoyarme cuando más la necesito tanto emocional como económico. Una mujer a la cual amo mucho, respeto y estimo por su gran valor como madre y el gran ser humano que es. Agradezco a Dios por mi mamá porque es la mejor madre que me dio.

A mis **TIOS**, Álvaro Alejandro Álvarez, German Álvarez y Xiomara Ríos quienes me aconsejaron y me apoyaron en gran manera en el transcurso de mi carrera universitaria y por sus valiosas aportaciones que hicieron posible este proyecto.

A mis **AMISTADES**, Ezequiel Nehemías Ramos por brindarme su apoyo incondicional, por sus consejos y por creer en mí que podía llegar a culminar con éxito mis estudios y por lo que me siento agradecida, por el tiempo y sabiduría transmitida en el desarrollo de mi formación.

Martha Lumbi

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios por la sabiduría y las fuerzas que nos ha dado para llegar hasta donde estamos el día de hoy, teniendo siempre presente que todo se lo debemos a él.

Al MSc. Ing. Miguel Enrique Blanco Chávez del UNÍ PIENSA por su valiosa colaboración y el tiempo dedicado para la realización de la monografía, por el apoyo brindado en el trabajo de campo e información facilitada de la microcuenca.

Al MSc. Ing. Rosario Sotelo por habernos guiado y brindado su apoyo para la revisión y aportes para mejorar progresivamente el plan y desarrollo de la monografía.

A la Lic. Gabriela Judith Sánchez Delgado, por su apoyo incondicional, tiempo, paciencia y disposición durante la realización de la monografía.

A nuestras familias por su comprensión, paciencia y apoyo, en especial a nuestras madres.

Francis Benavides

Martha Lumbi

RESUMEN

La presente monografía titulada “Erosión Hídrica Superficial en la Microcuenca del Cauce de Sabana Grande, Managua”, es el primer estudio desarrollado de erosión en esta microcuenca, para investigar y mostrar datos reales que le permitan a los dueños agricultores de estas parcelas, conocer más acerca del tipo de cultivo que se puede sembrar en estos suelos.

Al ser realizado el muestreo, se observó que debido a las prácticas agrícolas inadecuadas y al no haber conservación, se encontró deficiencia en los suelos del sitio de estudio. Las muestras de suelo fueron analizadas para determinar la estructura física y clasificación del suelo.

Esta evaluación nos permitió conocer más sobre los beneficios, al utilizar la ecuación de RUSLE, promoviendo así su uso y obteniendo resultados de degradación del suelo. Una vez calculado estos datos se ingresaron al software QGIS, que nos brindó una visualización detallada de las zonas estudiadas.

Al finalizar esta investigación, el estudio demostró amenaza de Erosión Hídrica superficial en la microcuenca del Cauce de Sabana Grande, donde las mayores pérdidas de suelo se dieron en ciertas partes de las comarcas Las Mercedes, Zambrano, Esquipulas y Nejapa, obteniendo un rango de (12 - 819 Ton/ha/año), superando las 12 Ton/ha/año de pérdidas de suelo.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV.OBJETIVOS.....	4
4.1 OBJETIVO GENERAL	4
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	4
V. MARCO TEÓRICO	5
5.1 SUELO.....	5
5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	6
5.2.1. MATERIA ORGÁNICA	6
5.2.2. TEXTURA DEL SUELO.....	6
5.2.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	7
5.3. DESCRIPCION DE LOS TIPOS DE SUELOS EN LA ZONA DE ESTUDIO	8
5.3.1. SUELOS FRANCOS	8
5.3.2. SUELOS FRANCO-ARCILLO-LIMOSO	9
5.3.3. SUELOS FRANCO-ARCILLO-ARENOSO.....	10
5.4. ESTUDIOS DE LA EROSIÓN HIDRICA EN NICARAGUA.....	11
5.4.1 ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL DEL SUELO	12
5.4.2 ESTIMACIÓN DE LA AMENAZA POR EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL DEL SUELO.	16
5.5. CONSERVACION DE SUELOS EN NICARAGUA.....	19
5.6 SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO	20
5.6.1 CONCEPTO DE SIG.....	20
5.6.2 APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA Y EN LA AGRICULTURA	20
VI.HIPOTESIS.....	22
6.1. HIPOTESIS DE INVESTIGACION (H_i).....	22
6.2. HIPOTESIS NULA (H_0).	22
6.3. HPOTESIS ALTERNATIVA (H_a).....	22
VII. DISEÑO METODOLOGICO	23
7.1 LOCALIZACION.....	23
7.2 RECOPIACION DE LA INFORMACION.....	24
7.3 TRABAJO DE CAMPO.....	24
7.4 PROCEDIMIENTO EN CAMPO	26

7.4.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICA DEL SUELOS.....	26
7.5	ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS	31
7.6	CARACTERISTICAS DEL MEDIO FISICO DE LA MICROCUENCA SABANA GRANDE.....	31
7.6.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LA MICROCUENCA.....	31
7.6.2	USO ACTUAL DEL SUELO Y VEGETACIÓN	32
7.6.3	CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL LUGAR DE ESTUDIO	33
7.6.4	TRABAJO DE GABINETE	35
7.7	OPERACIONALIZACION DE VARIABLE.....	35
7.7.1	VARIABLES DEPENDIENTES	35
7.7.2	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	35
VIII.	ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	36
8.1	RESULTADOS OBTENIDOS	36
8.1.1	DENSIDAD APARENTE.....	36
8.1.2	TEXTURA	37
8.1.3	DENSIDAD REAL	38
8.1.4	POROSIDAD.....	39
8.1.5	CAPACIDAD DE CAMPO	40
8.1.6	PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE.....	41
8.1.7	MATERIA ORGÁNICA	42
8.2	CÁLCULOS DEL FACTOR K.....	44
8.3	CÁLCULOS DEL FACTOR L Y LS.....	45
8.4	CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE SUELOS	40
8.5	CARACTERIZACIÓN DEL USO DEL SUELO.....	42
8.6	CARACTERIZACIÓN DE LA PLUVIOMETRÍA.....	44
8.7	RESULTADOS DE LA EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA CON EL MÉTODO DE RUSLE.....	45
8.7.1	DETERMINACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EROSIÓN PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS VARIABLES.	45
IX.	CONCLUSIONES	58
X.	RECOMENDACIONES	59
XI.	BIBLIOGRAFIA	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área del estudio, Microcuenca del Cauce Sabana Grande.	23
Figura 2: Mapa de sitios de muestreo de suelo.	25
Figura 3: Procesos para la determinación de la densidad aparente.	26
Figura 4: Procesos para la determinación de la textura.	27
Figura 5: Procesos para la determinación de la densidad real.	28
Figura 6: Porosidad del suelo.	28
Figura 7: Capacidad de campo según el tipo de suelo.	29
Figura 8: Punto de marchitez permanente en el suelo.	29
Figura 9: Procesos para la determinación de materia orgánica.	30
Figura 10: Mapa de las series de suelo.	40
Figura 11: Mapa de uso de suelo.	42
Figura 12: Mapa pluviometría del sitio de estudio.	45
Figura 13: Mapa de factor Topográfico LS.	46
Figura 14: Mapa de factor de cobertura vegetal C.	48
Figura 15: Mapa de factor erodabilidad de suelo K.	50
Figura 16: Mapa de factor prácticas de conservación del suelo P.	52
Figura 17: Mapa factor erosividad de la lluvia R.	54
Figura 18: Mapa de erosión hídrica A.	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Practicas de conservación de suelos factor P.	15
Tabla 2: Cobertura vegetal factor C.	15
Tabla 3: Unidades de Medida.	18
Tabla 4: Niveles de intensidad de erosión o pérdida de suelo.	19
Tabla 5: Cálculos para la determinación de punto de marchitez.	42
Tabla 6: Cálculos para la determinación de materia orgánica.	43
Tabla 7: Cálculos para la determinación del factor K.	44
Tabla 8: Rango del porcentaje de la pendiente (%S).	45
Tabla 9: Rango del factor (LS).	45
Tabla 10: Series de suelo.	41
Tabla 11: Uso del suelo.	43
Tabla 12: Datos de precipitación anual.	44
Tabla 13: Factor Topográfico.	47
Tabla 14: Cobertura Vegetal.	49
Tabla 15: Erodabilidad del suelo.	51
Tabla 16: prácticas de conservación de suelo.	53
Tabla 17: erosividad de la lluvia.	55
Tabla 18: Erosión Hídrica.	57

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Densidad aparente.....	36
Gráfico 2: Textura.....	37
Gráfico 3: Densidad Real.....	38
Gráfico 4: Porosidad Total.....	39
Gráfico 5: Capacidad de campo	40
Gráfico 6: Punto de marchitez permanente	41
Gráfico 7: Materia Orgánica.....	43

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Código de estructura del suelo para el valor de (s).	i
Anexo 2: Código de permeabilidad del suelo para el valor de (P).	i
Anexo 3: Triangulo de textura para la determinar la clasificación de suelos.	ii
Anexo 4: Tabla del porcentaje de capacidad de campo.	ii
Anexo 5: Tabla del porcentaje de porosidad.	iii
Anexo 6: Tabla del porcentaje de punto de marchitez.....	iii
Anexo 7: Tabla del porcentaje de densidad real.....	iv
Anexo 8: Tabla del porcentaje de densidad aparente.	iv
Anexo 9: Tabla del porcentaje de textura.	v
Anexo 10: Tabla del porcentaje de materia orgánica.	v
Anexo 11: Datos base de precipitaciones anuales.	vi

I. INTRODUCCIÓN

El área de estudio, la microcuenca del Cauce Sabana Grande tiene una extensión aproximada de 38 km² en el Municipio de Managua. Desde el punto de vista hidrológico, la microcuenca estudiada forma parte de la subcuenca Sur del Lago Xolotlán que tiene una extensión aproximada de 400 km², y pertenece a la cuenca del Río San Juan. Esta microcuenca es objeto de alta intervención humana con actividades agrícolas, generando alta presión ambiental sobre el recurso suelo y agua.

El estudio consistió en determinar la erosión hídrica superficial en la zona rural de la microcuenca del Cauce Sabana Grande, mediante el modelo matemático empírico Ecuación Universal Revisada de pérdida de suelo, RUSLE (Renard, 1997).

Para aplicar el método RUSLE en la estimación de la erosión del suelo se recopilaron datos existentes de uso del suelo, tipo de suelo, topografía de la microcuenca en formato digital, prácticas de cultivos, precipitaciones diarias, mensuales y anuales, intensidades máximas anuales y cartas pluviográficas.

Se realizaron visitas de campo a la microcuenca, se levantó información del uso de suelo y de prácticas de cultivos y conservación de suelos; esta información nos confirmó la clasificación de los suelos y el uso del suelo de la información existente. La información recopilada y analizada se utilizó en la actualización de mapas temáticos en formato digital, que son los insumos para la estimación de los índices de tipo de suelo, uso del suelo y de prácticas de cultivos, así como mapas geoespaciales. Con la información digital geoespacial actualizada de la zona de estudio, se estimó la erosión superficial utilizando la fórmula del método RUSLE para el uso actual del suelo. Se determinó qué áreas son más vulnerables de erosionarse.

II. ANTECEDENTES

Los estudios sobre la erosión hídrica y los modelos para evaluar las pérdidas de suelo comienzan a principios del siglo XX (en el año 1915), con las investigaciones del Servicio Forestal de Estados Unidos (Forest Service de US). El departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) inicia un programa en 1933, creando 10 estaciones experimentales de erosión de suelos y 40 proyectos para el control de la erosión en todo el país. Todos los datos recogidos en estas estaciones aportaron el conocimiento suficiente sobre los procesos erosivos, dando como resultado la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (Julieta, 2016).

Wischmeier and Smith (1978) en Ramírez (2010), menciona que “la toma de conciencia sobre la erosión comenzó en Estados Unidos durante la década de los años 30 del siglo XX, tras un periodo de gran sequía que dejó cantidad de suelos desnudos en la región centro del país provocando el fenómeno conocido como “Dust Bowl” (grandes tormentas de arena provocadas por la erosión eólica del suelo”. Este gran desastre fue el que impulsó la creación del U.S. (Soil Conservation Service), institución dedicada a promover el desarrollo de formas de uso sostenibles del suelo y autorizada para aportar en la educación y asistencia técnica a agricultores, con el objetivo principal de asegurar que la erosión del suelo sería controlada para prevenir los impactos sobre los rendimientos y rentabilidad de la agricultura que se estaban produciendo (Salazar, 2012).

En Nicaragua, la microcuenca del cauce Sabana Grande, no cuenta con estudios existentes que podrían usarse como referencia, por lo tanto nuestra monografía es el primer estudio realizado en el sitio que permitirá obtener información actualizada de esta microcuenca.

III. JUSTIFICACIÓN

La microcuenca del Cauce Sabana Grande es una zona rural de baja densidad poblacional, y presenta problemas de degradación de los suelos causados por la expansión de la frontera agrícola en tierras con pendientes elevadas, desforestación y por prácticas inadecuadas de manejo del suelo y de los cultivos los cuales han tenido fuerte impacto ambiental en los recursos naturales, especialmente los recursos agua y suelo, que sufren intensa degradación ocasionando cambios en el uso del suelo.

Esto conlleva a un incremento en la tasa anual de erosión hídrica superficial de las microcuencas que drenan al lago Xolotlán a través de los cauces naturales que atraviesan los territorios de las comunidades rurales del distrito II, IV y V, contribuyendo a la sedimentación de los cuerpos de agua, ocasionando la pérdida de calidad del agua del lago, degradación y pérdida del recurso suelo cultivable, contribuyendo a disminución de la impermeabilidad de las zonas que antes eran bosques hoy terrenos agrícolas, las cuales ahora infiltran menor cantidad de agua de la precipitación y cambios en los caudales máximos que son los que provocan inundaciones.

La Asamblea General de la Naciones Unidas (2015, p. 16) estableció los Objetivos de desarrollo sostenible, en el Objetivo 15 se declara: “Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad”. El estudio permitirá disponer de un mapa de erosión hídrica que serán insumos para la planificación del desarrollo sostenible del área. La gestión de la microcuenca del Cauce Sabana Grande del Lago Xolotlán, demanda obtener datos sobre las tasas de erosión de los suelos para conocer la magnitud del problema y tomar medidas efectivas de conservación de los suelos. La Municipalidad de Managua sería el principal beneficiario de este estudio.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Valorar la erosión hídrica superficial en la zona rural de la microcuenca del Cauce Sabana Grande, Managua.

4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- ❖ Caracterizar los tipos de suelo, usos del suelo y las prácticas de cultivos mediante visita a diferentes sitios de la microcuenca.
- ❖ Homogenizar la información pluviométrica de la zona de estudio para evaluar la erosión hídrica superficial en la microcuenca del cauce Sabana Grande.
- ❖ Calcular la erosión hídrica superficial en la microcuenca con el método de RUSLE.

V. MARCO TEÓRICO

5.1 SUELO

El suelo es la cubierta superficial de una gran parte de la superficie continental de la Tierra. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica (Suarez, 2010).

La composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado, están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas (Suarez, 2010).

Muchos de los suelos usados para la agricultura tienen limitaciones significativas en su productividad. Algunas son consecuencia directa de las condiciones bajo las cuales se formaron los suelos, mientras que otras resultan del manejo que reciben por parte de los Productores. La naturaleza y fertilidad de los suelos dependen de una serie de influencias: roca madre, relieve, clima, crecimiento, descomposición de vegetación, y tiempo, las cuales se combinan para determinar las características claves de un suelo: Disponibilidad de nutrientes (en particular los que limitan crecimiento en muchos suelos -nitrógeno, fósforo, potasio), acidez (pH), características físicas (estructura y textura del suelo), profundidad, materia orgánica, capacidad de retención de agua, salinidad, riqueza de los microorganismos en el suelo (Suarez, 2010).

La roca madre influye en la formación de suelos en aspectos esenciales como las características físicas (textura, densidad, estructura), que regulan la porosidad y características químicas, que enriquecen o empobrecen los suelos de ciertos elementos esenciales para el crecimiento de las plantas (Suarez, 2010).

5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

5.2.1. MATERIA ORGÁNICA

La falta de materia orgánica en el suelo está muy difundida (por razones biológicas y de manejo), resultando en menor fertilidad, retención de humedad y productividad del suelo. La producción y mantenimiento de materia orgánica es en parte una función de la temperatura. A temperaturas ambientales mayores de 24°C (lo normal en muchas zonas de la región), la tasa de degradación de materia orgánica por microorganismos excede la de producción, y así no se acumula en el suelo. Además, la materia orgánica se mineraliza rápidamente al inicio de la época lluviosa en climas estacionales (Ej. vertiente del Pacífico) y el perfil de los suelos se modifica en pocas semanas; la condición opuesta es la de una región no estacional, con suelos pobres durante el año como consecuencia del arrastre por lluvias (Boshier, 2004).

5.2.2. TEXTURA DEL SUELO

La textura del suelo está relacionada con el tamaño de las partículas minerales. Se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo (Gavande, 1991).

El término textura se usa para representar la composición granulométrica del suelo. Cada termino textural corresponde con una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla. En los térmigráfica en un diagrama triangular que representa los valores de las tres fracciones. El triángulo de textura muestra los límites de arena, limo y arcilla contenido en las diferentes clases de suelos (Gavande, 1991).

(Carrasco, 1981). Asegura, que los gránulos cuyo tamaño excede los 2 mm reciben el nombre de grava y no se consideran en los análisis de suelos, los otros se dividen en tres clases, según su diámetro, las partículas entre 2 y 0,02 mm se llaman arena; las de diámetro de 0,02 y 0,002 se llaman limo, y aquellas cuyo diámetro medio es igual o inferior a 0,002 mm forma la arcilla.

5.2.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

DENSIDAD REAL: Es la relación entre la unidad de peso y la unidad de volumen de la fase sólida del suelo, siendo más o menos constante, ya que está determinado por la composición química y mineralógica de la fase sólida. Promedio ponderado de las densidades de las partículas sólidas del suelo (Brayan, 2016).

Densidad real o densidad de las partículas del suelo menor de 2,5 gr/cm³ (humus y yeso) de 2,5 a 3,0 (arcillas, cuarzo, feldespatos, calcitas, micas) de 3,0 a 4,0 (limonitas, piroxenos, olivinos) mayor de 4,0 (hematitas y magnetitas) (Brayan, 2016).

DENSIDAD APARENTE: Se define como el peso de una unidad de volumen de suelo que incluye su espacio poroso. La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en un suelo y es importante para el manejo de los suelos (refleja la compactación y facilidad de circulación de agua y aire) (Brayan, 2016).

La densidad aparente del suelo es un buen indicador de importantes características del suelo, tales como porosidad, grado de aireación y capacidad de drenaje (Brayan, 2016).

El suelo presenta dos tipos de densidad, dependiendo del volumen de referencia que se tome para calcularla. Si la muestra del suelo se toma sin disturbar se obtiene la densidad aparente; si se elimina el espacio poroso, se obtiene la densidad real o de partículas. El estado de humedad en que se encuentre el suelo al momento de tomar la muestra influye en el resultado que se obtenga. La densidad aparente es indicadora de deterioro físico en el suelo y se usa para hacer cálculos que involucren su peso. La relación entre las densidades aparente y real sirve para estimar la porosidad total del suelo. (Brayan, 2016).

5.3. DESCRIPCION DE LOS TIPOS DE SUELOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

5.3.1. SUELOS FRANCOS

Características Morfológicas: Se encuentran en las provincias fisiográficas Depresión Nicaragüense, Costera del Pacífico, Volcánica del Pacífico y Tierras Altas del Interior; con rangos de pendientes entre 0 y 75% y relieve de plano a muy escarpado, con colores que varían de pardo grisáceo a pardo rojizo, gris y pardo oscuro; son poco profundos a muy profundos (60 a >120 cm), en algunas áreas se encuentra una o varias capa de talpetate de diferentes colores y grados de cementación, a diferentes profundidades, otros poseen piedras en la superficie y gravas en el perfil. Este tipo de suelo se clasifica en molisoles (Navarro, 2012).

Características Químicas: El contenido de materia orgánica es de muy bajo a alto, el pH es de fuertemente ácido a muy fuertemente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de bajo a alto y el porcentaje de saturación de bases es de bajo a alto (Navarro, 2012).

Uso Potencial: De acuerdo a las características edafológicas y climáticas estos suelos están aptos para cultivos como algodón, ajonjolí, maní, maíz, sorgo, arroz, caña de azúcar, estos cultivos son adecuados para pendientes con rangos de 0–15% tomando en cuenta las debidas medidas de conservación y manejo. Los suelos con rangos de pendientes de 15–30% son apropiados para cultivos como pastos, piña, algunos frutales, silbo pasturas, agroforestería y bosque. Los suelos con rangos de pendientes de 30–50% son para bosques de explotación, bosque de protección, bosque de conservación y para agroforestería. Los suelos con pendientes >50% son apropiados únicamente para bosque de protección y conservación de la flora y fauna (Navarro, 2012)

Clima: Se encuentran en las zonas de vida desde Bosque seco Subtropical a Bosque húmedo Premontano Tropical, con precipitaciones que oscilan entre los 800 y 3,000 mm anuales, los promedios de temperatura y biotemperatura oscilan entre los 18° y 24°C como promedio anual (Navarro, 2012).

Drenaje: El drenaje interno del suelo es de muy pobre a bien drenado, el nivel freático se encuentra bastante superficial durante la estación lluviosa en algunas áreas (Navarro, 2012).

5.3.2. SUELOS FRANCO-ARCILLO-LIMOSO

Características morfológicas: se encuentran localizados en la provincia Depresión Nicaragüense; en planicies depresionales con una pendiente del terreno que fluctúa en rangos de 0-0.5%, con colorantes negro y sin estructura definida; el horizonte subsuperficial permanece casi siempre saturado con agua, es muy grueso (> 150 cm). Este tipo de suelo se clasifica en Histosoles (Navarro, 2012).

Características Químicas: El contenido de materia orgánica decrece con la profundidad de muy alto a medio, con un pH que es de muy fuertemente ácido a fuertemente ácido, la capacidad de intercambio catiónico es alta; el hierro, el aluminio y el fósforo son bajos, el potasio varía de medio a bajo y el porcentaje de la saturación de bases es muy alta (Navarro, 2012).

Uso Potencial: Debido a que se encuentran inundadas la mayor parte del año y saturados permanentemente de humedad, se recomiendan para protección de la fauna (Navarro, 2012).

Clima: El clima de los Histosoles comprende la zona de vida Bosque húmedo Tropical y su transición a Seco con precipitaciones promedios anuales que oscilan de 1,800 a 2,200 mm y temperaturas medias anuales superiores a los 24°C (Navarro, 2012).

Drenaje: El drenaje interno pobre a muy pobre, en relieve plano depresional y áreas pantanosas, con fertilidad baja a alta, desarrollados a partir de acumulación depósitos orgánicos y sedimentos lacustres y fluviales. La mayor parte del año, tienen el nivel freático en o sobre la superficie del suelo (Navarro, 2012).

5.3.3. SUELOS FRANCO-ARCILLO-ARENOSO

Características Morfológicas: se encuentran ubicados en la región del pacífico con coloraciones pardo oscuro y en algunos casos pardo rojizo oscuro, las profundidades son de poco profundo a muy profundo (60 a >120 cm). En algunas áreas donde se encuentran estos suelos, las inundaciones son frecuentes y prolongadas durante la estación lluviosa (Región atlántico). Este tipo de suelo se clasifica en Inceptisoles (Navarro, 2012).

Características Químicas: El contenido de materia orgánica en estos suelos es de muy alto a muy bajo, el pH varía de extremadamente ácido a neutro, la capacidad de intercambio catiónico es de muy bajo a alto y el porcentaje de saturación de base de muy bajo a alto (Navarro, 2012).

Uso Potencial: Estos suelos son aptos para un gran número de cultivos como algodón, ajonjolí, cacao, maní, maíz, hortalizas, banano, plátano, piña, café, cítricos. En algunos casos por riesgo o susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica y/o eólica se recomiendan para bosques o reforestación en su defecto y en otros casos debido a deficiencias del drenaje interno de los suelos, presencia de tabla de agua alta, inundaciones frecuentes y prolongadas, fertilidad del suelo muy baja o relieve con pendientes del terreno muy pronunciadas es recomendado para protección de la flora y la fauna. Estos suelos son aptos para cultivos anuales y semiperennes, perennes y bosque, en tierras con pendientes <15%, en pendiente de hasta 30% para silvopastura, agroforestería y bosques, en pendiente de hasta 50% agroforestería y bosque, en pendientes >50% para bosque de protección y conservación (Navarro, 2012).

Clima: Estos suelos se encuentran en las zonas de vida desde Bosque seco Tropical hasta Bosque muy húmedo Premontano Tropical, con temperaturas que oscilan entre los 18° y 27°C y precipitaciones entre los 800 y 6,000 mm (Navarro, 2012).

Drenaje: El drenaje natural interno de estos suelos varía de muy pobre a bien drenados y el nivel freático de muy superficial a muy profundo, con inundaciones ocasionales o prolongadas durante las épocas lluviosas. (Navarro, 2012).

5.4. ESTUDIOS DE LA EROSIÓN HIDRICA EN NICARAGUA

Nicaragua el potencial de los suelos varía espacialmente y temporalmente y depende en gran medida de las características físicas (textura, profundidad, pendiente etc.), químicas (pH, salinidad, fertilidad etc.)-biológicas (macro y microorganismos) del suelo, que se encuentran condicionadas por los factores de formación del suelo (tiempo, clima, geología, microorganismos, topografía) (Perez, 2018).

Los usos potenciales de los suelos en Nicaragua, entre los usos se destacan los siguientes: 7.98 % agua, 6.93 % agrícola intensivo, 4.95 % agrícola restringido y sistemas pecuarios, 20.33 % silvopasturas y cultivos especiales, 33.83 % forestal y sistema agroforestal, 17.01 % protección y conservación, 8.97 % forestal. (Perez, 2018).

En términos generales Pérez afirma que recientemente se ha reportado que el 39.17 % (51071.76 km²) de los suelos en Nicaragua se encuentran sobreutilizados, lo que indica que existe un daño ambiental irreversible a las propiedades físicas-químicas-biológicas de los suelos, que determinan en alguna medida la productividad de los suelos y garantizan la seguridad alimentaria del país (Perez, 2018).

Las pérdidas de suelos traen como consecuencias disminución de los contenidos de materia orgánica (residuos de cosechas, follaje de las plantas) y nutrientes básicos (nitrógeno, fósforo, potasio, y micro elementos) para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Por otro lado, reduce la capacidad de retención y almacenamiento de agua en el suelo. La tasa de recarga de las aguas subterráneas en condiciones climáticas normales puede verse afectadas y generar problemas adicionales por escasez de agua para diversos usos. De este escenario no se excluyen las pérdidas de cosechas por las abundantes lluvias.

La problemática que enfrentan los suelos en la actualidad como resultado de diversos factores legales, culturales, políticos, económicos, ambientales y sociales con énfasis en el crecimiento poblacional, hacen que Nicaragua no vuelva a convertirse en el granero de Centroamérica. Sin embargo, pueden implementarse mecanismos y estrategias que puedan disminuir la vulnerabilidad de los suelos ubicados en zonas de laderas, de tal forma, que se pueda garantizar la seguridad alimentaria del país y reducir la importación masiva de alimentos hacia Nicaragua. (Perez, 2018).

5.4.1 ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL DEL SUELO

Los procesos de erosión hidrológica superficial han sido bastante estudiados por el Departamento de Agricultura de EUA, mediante mediciones de la erosión en parcelas experimentales y mediciones de la precipitación que provoca la erosión. En base al análisis estadístico de los datos experimentales los investigadores Wischmeier & Smith (1978, pp. 3-4), en una publicación del Departamento de Agricultura de EUA presentan la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), que permite estimar la pérdida promedio anual de suelo para un sitio específico bajo condiciones particulares de cultivos, tipo de suelo, pendiente y prácticas de cultivos. La ecuación es la siguiente:

$$A = R K L S C P \quad (1)$$

Dónde:

A = Es la pérdida de suelos calculada por unidad de superficie, expresada en las unidades seleccionadas para K y el período seleccionado para R, generalmente toneladas por hectárea por año, (Ton/ha-año)

R = El factor lluvia y escurrimiento o índice de erosividad de la lluvia, es el número de unidades de índice de erosión pluvial (EI), en (MJ/ha – mm/h). El para una tormenta es el producto de la energía total de la tormenta (E) y su máxima intensidad en 30 minutos (I).

K = El factor susceptibilidad de erosión del suelo o erodabilidad del suelo, es la tasa de pérdida de suelos por unidad, para un suelo específico, medido en una parcela experimental o terreno estándar (22.13 m de largo, 9% pendiente, en barbecho y labranza continua).

L = El factor de largo de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos con una longitud de pendiente específica con respecto a la pérdida de suelo, con una longitud de pendiente estándar (22.13 m). Este factor es adimensional.

S = El factor de magnitud de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos de una superficie con una pendiente específica con respecto a la pérdida de suelo en la pendiente estándar de 9%, con todos los otros factores idénticos. Este factor es adimensional.

C = El factor cobertura y manejo, es la proporción de pérdida de suelo en una superficie con cubierta y manejo específico con respecto a una pérdida de suelo en superficie idéntica en barbecho, con labranza continua. Este factor es adimensional.

P = El factor de prácticas de conservación, es la proporción de pérdida de suelo con una práctica de apoyo como cultivo en contorno, barreras vivas, o cultivo en terrazas, con respecto a aquella labranza en el sentido de la pendiente. Este factor es adimensional.

Este método fue ligeramente modificado por Renard et al (1997, pp. 14-18), del Departamento de Agricultura de EUA, llamándose Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelos (RUSLE).

(Renard, 1997), "RUSLE es un modelo de erosión diseñado para predecir la pérdida de suelo promedio anual (A) a largo plazo, provocada por la escorrentía en un lugar específico con sistemas de manejo y cultivos específicos. Su amplio uso ha confirmado la utilidad y validez del RUSLE para este propósito. Este también es aplicable en condiciones no agrícolas tales como sitios de construcción".

Las fórmulas para la estimación del factor erosividad de la lluvia son:

$$R = EI/30 \quad (2)$$

Dónde:

R= Índice de erosividad de la lluvia (MJ/ha- mm/h)

E= energía total de la tormenta (MJ/ha)

I30= Intensidad máxima de la tormenta en 30 minutos (mm/h)

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} \quad (3)$$

Dónde:

P_i = Lluvia promedio mensual (mm)

P = Lluvia promedio anual (mm)

Las fórmulas que se utilizan para la estimación del factor de erodabilidad del suelo K son:

$$100 K = 2.1 (M^{1.14}/10,000) (12-OM) + 3.25 (s-2) + 2.5 (p-3) \quad (4)$$

Donde:

M = (% Limo+%arena muy fina) (100- % arcilla).

O.M = materia orgánica (%)

S= código de estructura del suelo.

P= código de permeabilidad del suelo.

En la tabla 1 se expresa prácticas de conservación de suelos (P), con la pendiente del terreno y la distancia de las siembras en curvas a nivel y cultivos en fajas. Estos datos se utilizaron para el cálculo de P en la ecuación RUSLE.

Tabla 1: Prácticas de conservación de suelos factor P.

Factor P		
Pendiente del Terreno	Siembras en curvas de nivel	Cultivos en faja
1-2	0,6	0,3
3-8	0,5	0,25
9-12	0,6	0,3
13-16	0,7	0,35
17-20	0,8	0,4
21-25	0,9	0,45

Fuente: Manejo de la Cuenca del lago de Managua.

En la tabla 2, se presentan los datos de cobertura vegetal (C), se muestran las diferentes formaciones vegetales, entre ellos, los diferentes bosques y cultivos agrícolas y pasturas. Estos datos fueron utilizados para calcular C en la Ecuación de Pérdidas de suelo RUSLE.

Tabla 2: Cobertura vegetal factor C.

VALORES PROPUESTO DE C PARA EL CALCULO DE LA EROSIÓN	
Descripción uso Nicaragüense	C
Bosque latifoliado abierto	0,1
Tacotales	0,15
Pasto más arboles	0,01
Pastos más maleza	0,1
Pasto manejado	0,1
Cultivos anuales	0,7
Agua	0,01
Área humanizada	0,01
Áreas con granos básicos, yuca, piña, hortalizas, etc.	0,4
Áreas que de forma natural no poseen vegetación	1
Áreas urbanas o semiurbanas	0,01
Bosque latifoliado abierto (30 y 70 % cobertura de copa)	0,07
Bosque latifoliado cerrado	0,001
Centro Poblado	0,01

Cultivos anuales	0,7
Cultivos anuales (granos básicos, tubérculos otros)	0,7
Cultivos permanente	0,4
Especies de porte arbustivas menor de 7 m de altura	0,15
Especies herbáceas principalmente asociadas a zonas inundadas	0,3
Mosaico de sistemas de producción, agroforestería, cítricos, musáceas, fruta	0,4
Pastizales bajo manejo, pueden tener algunas malezas	0,1
Pastizales combinados con malezas (hierbas, matorrales)	0,1
Pastizales con presencia de árboles aislados	0,01
Pasto bajo manejo (pastizales limpios, que están bajo manejo)	0,1
Pasto manejado	0,1
Pasto más arboles	0,01
Pastos más maleza	0,1
Pasto sin manejo (sabanas asociadas con graminoides, etc.)	0,15
Pastos con árboles (áreas de pastizales con árboles esparcidos)	0,01
Rivas	0,01
Sea dulce o salada	0,01
Sean altos o bajos, con cobertura de copas < de 70 %	0,3
Sean altos o bajos, con cobertura de copas > de 70 %	0,7
Sean temporal o permanente, con o sin vegetación herbácea	0,5
Sombra natural o plantada	1
Tacotales / Barbechos (regeneración luego de abandono agrícola)	0,08
Tierra sujeta a inundación	0,3
Vegetación herbácea	0,16
Vegetación leñosa derivada de la tala del bosque, presenta un mosaico de v	0,28
Yolillales	0,25
Caña de azúcar	0,56

Fuente: Manejo de la Cuenca del lago de Managua.

5.4.2 ESTIMACIÓN DE LA AMENAZA POR EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL DEL SUELO.

En el documento del (INETER, 2005), definen la Amenaza como la probabilidad de ocurrencia de un evento (sismos, inundaciones, huracanes, etc.) potencialmente dañino, caracterizado por una cierta intensidad dentro de un período dado de tiempo.

La erosión hídrica actual se conoce a partir de la estimación de la pérdida de suelo en tiempo real como consecuencia de las condiciones presentes en el territorio. De igual manera se considera como la amenaza por erosión hídrica a la predicción de las pérdidas de suelo en un espacio o área dada, en un período de tiempo determinado bajo la influencia de determinadas condiciones. Erosión potencial máxima es la pérdida de suelo probable en ausencia de buenas prácticas de manejo de la cobertura vegetal y de conservación de suelos (vulnerabilidad), es decir, considerando sólo la interacción de los factores de la tierra: suelo, clima y topografía en el momento (INETER, 2005).

La erosión hídrica pluvial es el proceso de movimiento de las partículas del suelo por impacto de las gotas de lluvia y escorrentía superficial y su deposición en otro lugar (INETER, 2005).

A nivel internacional no se conocen estudios de amenaza por erosión propiamente dicho, sino más bien de intensidad de erosión actual, de susceptibilidad a la erosión o amenaza potencial de la erosión. En este caso, se utilizará la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE), para estimar la intensidad de erosión del suelo. Esta ecuación considera en su análisis que el proceso erosivo de un área es el resultado de interacción de factores naturales (lluvia, suelo y topografía) y del impacto de factores influenciados directamente por el ser humano (uso y manejo de la tierra) (INETER, 2005).

Se debe considerar que debido a que la erosión es un proceso continuo en el tiempo, no es posible calcular su periodo de retorno o frecuencia, por tanto, su nivel de amenaza estará dado en función de la intensidad de la erosión (INETER, 2005).

La intensidad se entiende como la pérdida de suelo (A) expresada en toneladas por hectárea por año del fenómeno erosivo. El grado de erosión estará en función de seis factores principales (Wischmeier, 1978).

La ecuación fue propuesta por Wischmeier, en base a un estudio de 10.000 parcelas experimentales de 22,13 m de longitud y 9% de pendiente. La ecuación expresa cuantitativamente la pérdida de suelo por erosión, como un valor anual medio a largo plazo (A). La expresión es la siguiente: Intensidad = $A = f(R, K, L, S, C, P)$.

Dónde:

- ❖ A es el promedio anual de pérdida de suelo (Mg/ha/año)
- ❖ R es el factor de erosividad de la lluvia (MJ.mm/ha/h/año)
- ❖ K es el factor de erodabilidad del suelo (Mg/ha/h/MJ/mm/ha)
- ❖ L es el factor de longitud de la pendiente (adimensional)
- ❖ S es el factor de grado de la pendiente (adimensional)
- ❖ C es el factor de cobertura vegetal (adimensional)
- ❖ P es el factor de prácticas mecánicas de control de erosión (adimensional).

En la tabla 3, se presentan las unidades de medida de tres factores fundamentales para los cálculos de la zona en estudio.

Tabla 3: Unidades de Medida

FACTOR	DIMENSION	UNIDADES
A	Masa/ área tiempo	MJ/ha año
R	Long fuerza/ área tiempo * longitud/tiempo. Energía/ área tiempo * intensidad.	MJ/ha año * mm/h
K	Masa/ área * área tiempo/ long fuerza * tiempo/long	t métrica/ ha * ha año/ MJ* h/mm

Fuente: (Calculo, 2010).

En la tabla 4, se muestran los valores de niveles de intensidad de erosión, que pueden ser rangos de referencia para dicho estudio, permitiendo clasificar la intensidad de amenaza y pérdidas de suelo, una vez obtenidos los datos.

Tabla 4: Niveles de intensidad de erosión o pérdida de suelo

Intensidad de amenaza	Perdida de suelo (ton/ha/año)	Perdida de suelo (en mm)
Baja	5 – 12	0.4 – 2
Media	12 – 25	2 – 5
Alta	> 25	> 5

Fuente: Erosión hídrica Mapas de Amenazas, (INETER, 2005).

El uso de la tecnología Sistema de Información Geográfica (SIG) permite el modelado espacial cuantitativo de la erosión hídrica del suelo, de modo que las áreas con alto riesgo de erosión pueden ser identificadas para la implementación de medidas de conservación (Julieta, 2016).

5.5. CONSERVACION DE SUELOS EN NICARAGUA

Las prácticas de conservación de suelos (barreras vivas, acequias de laderas, cultivos en contorno, cortinas rompe vientos, barreras muertas, aplicación de rastrojos, abonos verdes, labranza mínima, sistemas agroforestales y silvopastoriles etc.) han demostrado ser menos vulnerables a las pérdidas de suelos cuando están expuestos a extremos aguaceros (ondas tropicales, ciclones, huracanes etc.), que suelos donde no se implementan ningún tipo de práctica de conservación de suelo. No obstante, hay que considerar que las obras requieren de mantenimiento permanente y continuo y un diseño ingenieril adecuado y eficiente (Perez, 2018).

En suelos que no presentaban ningún tipo de barrera viva se registraron pérdidas de suelos de 100 Ton/Ha/año, mientras que en los otros suelos con barreras vivas se reportaron pérdidas de suelos menores a 62 Ton/Ha/año.

Solamente en el mes de octubre del año 1998, que ocurrió el huracán Mitch se cuantificaron 74.26 Ton/Ha. Las lluvias registradas en el mes de octubre fueron de 809.4 mm, de los cuales en solamente tres días precipitaron 380 mm. Dentro de las conclusiones de la investigación se reportan la eficiencia de las barreras vivas en el control de las pérdidas de suelos. Las barreras vivas retienen el 44.58 % del suelo que pierde de los terrenos sin barreras vivas (Perez, 2018).

Por otro lado, se tiene que respetar y considerar el uso potencial de los suelos al momento de la planificación y ordenamiento territorial. En este sentido, deben de existir programas de desarrollo que incentiven y fomenten las actividades agropecuarias y forestales con base al uso potencial de los suelos, de lo contrario seguirá aumentando la degradación de los suelos en Nicaragua (Perez, 2018).

5.6 SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO

5.6.1 CONCEPTO DE SIG

Un sistema de información geográfica (SIG) es una herramienta de cómputo de manejo de bases de datos que los codifica, almacena y recupera, transformando y desplegando datos espaciales desde el mundo real, para diferentes propósitos. (Arroyo, 1999).

5.6.2 APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA Y EN LA AGRICULTURA

La agricultura de precisión es una tecnología, o conjunto de técnicas, que permiten un manejo de la variabilidad espacial y temporal con el fin de reducir las pérdidas en la producción agrícola, aumentar el retorno económico para el agricultor, y al mismo tiempo, conservar recursos naturales, reduciendo el impacto ambiental (Arroyo, 1999).

La agricultura de precisión, hace un estudio de las variables que interfieren en la eficiencia del crecimiento de un cultivo, midiendo variables como características de suelo, aplicación de insumos como semillas, fertilizantes o plaguicidas (Arroyo, 1999).

Estructura el mapa de un área de cultivo en capas que proporcionan visualmente gran cantidad de variables relevantes para la eficiencia, capturándolas remotamente a través de imágenes satelitales, lo cual facilita la identificación de problemas o estrés en el cultivo. Esto facilita en gran medida al agricultor sobre la calidad y cantidad de cosecha, a través de sensores de peso y humedad, o cualquier otro tipo de características importantes para el productor, que son medidas por medio de la temperatura o la concentración de sustancias en dicha área (Arroyo, 1999).

VI. HIPOTESIS

6.1. HIPOTESIS DE INVESTIGACION (H_i).

H_i : La actividad agrícola en la microcuenca del cauce Sabana Grande provoca tasas de erosión hídrica superficial mayores que 12 Ton/ (ha-año).

6.2. HIPOTESIS NULA (H_0).

H_0 : La actividad agrícola en la microcuenca del cauce Sabana Grande no provoca ninguna tasa de erosión hídrica superficial en el suelo.

6.3. HPOTESIS ALTERNATIVA (H_a).

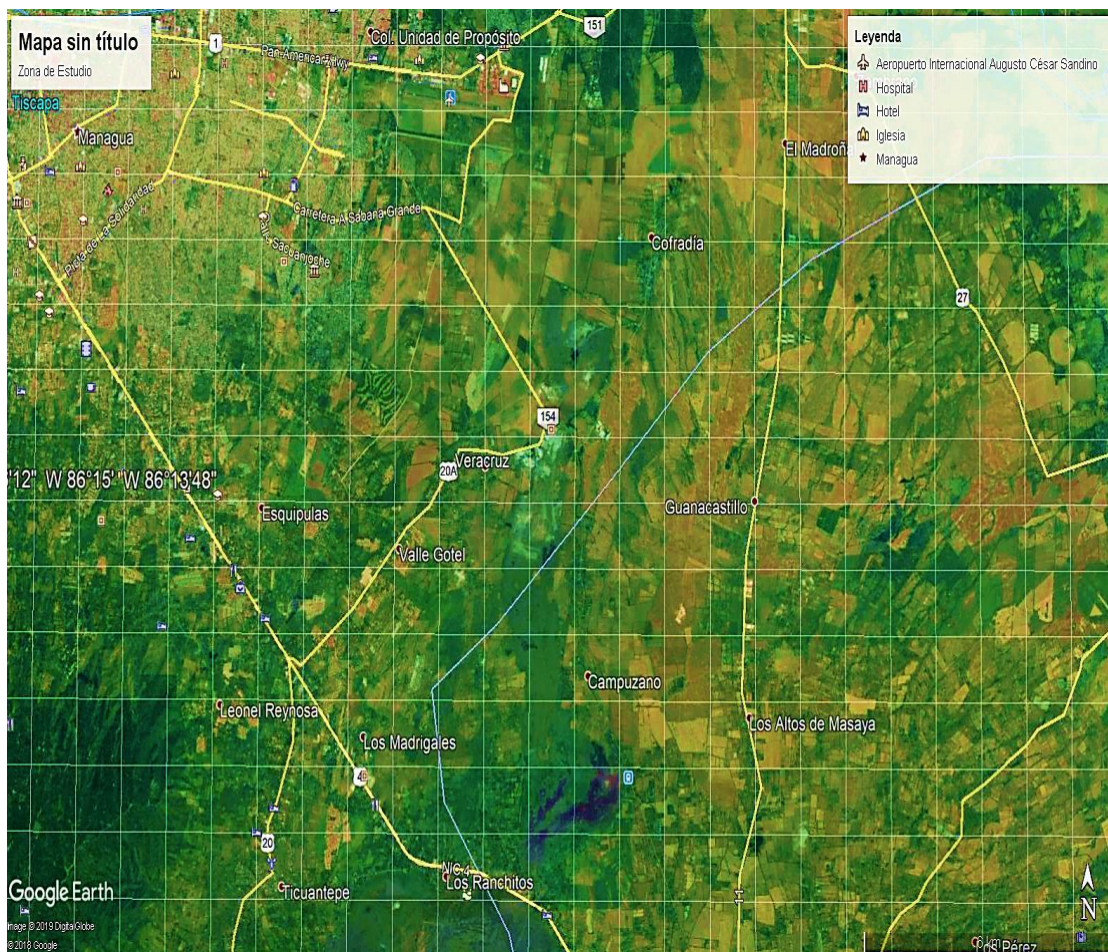
H_a : La actividad agrícola en la microcuenca del cauce Sabana Grande provoca tasas de erosión hídrica superficial menores que 12 Ton/ (ha-año).

VII. DISEÑO METODOLOGICO

7.1 LOCALIZACION

El estudio se realizó en la microcuenca del Cauce Sabana Grande en el departamento de Managua, Nicaragua (figura 1.), el sitio de estudio de la erosión de suelo está situado en las comarcas de Esquipulas, Zambrano y las Mercedes perteneciente a la microcuenca Sabana Grande, cuenta con una extensión de 38 km². El sitio de estudio se encuentra entre las coordenadas latitud (12°09'17"N - 12°01'06"N) y longitud (86°14' O - 86°08'30" O).

Figura 1: Área del estudio, Microcuenca del Cauce Sabana Grande.



Fuente: Google Earth.

7.2 RECOPIACION DE LA INFORMACION

Consistió en hacer recolección, revisión de los estudios hidrológicos realizados en la subcuenca sur del lago Xolotlán, posteriormente se seleccionó e interpreto los datos existentes y mapas de la microcuenca Cauce Sabana Grande, como uso actual de suelo y de prácticas de cultivos.

La información meteorológica adquirida del INETER, fue procesada utilizando las funciones de análisis estadísticos del software Excel de Microsoft Office. Los datos geoespaciales como MDT, mapas temáticos de tipo de suelo, uso de suelo, prácticas de cultivos, etc. Fueron procesados con el software QGIS. Los datos puntales de precipitación fueron procesados para extrapolación con la función de interpolación espacial inversa de la distancia Kriging.

7.3 TRABAJO DE CAMPO

Se organizó un estudio de campo, con el objetivo de actualizar los datos de los usos del suelo y de las prácticas de cultivos realizadas, en sitios representativos en la microcuenca. Para esta actividad se programó gira de campo en la que se realizó extracción de muestras de suelo alteradas e inalteradas para cada serie de suelo, se determinó la densidad real, densidad aparente, porosidad, capacidad de campo, textura y contenido de materia orgánica en el Laboratorio de suelos de Edafología de la FTC-UNI para conocer las propiedades físicas del suelo del área de investigación.

Muestreo de suelo: Se realizó el análisis de las muestras de suelo, para obtener información de los suelos incluyendo la descripción del perfil bien detallado como lo es su color y olor, así como el registro de la posición tanto horizontal como vertical para su correspondiente estudio, como materia orgánica y la textura de los suelos de los diferentes sitios del área de estudio como se muestra en la figura 2.

Figura 2: Mapa de sitios de muestreo de suelo.

Sitios de Muestreo de Suelo Microcuenca Cauce de Sabana Grande



Fuente: Elaboración propia.

7.4 PROCEDIMIENTO EN CAMPO

7.4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICA DEL SUELOS

Para determinar las propiedades físicas del suelo, se realizó un muestreo en la zona de estudio, posteriormente llevar las muestras al Laboratorio de Edafología de la carrera de Ingeniería Agrícola, de la FTC. Las propiedades físicas que se determinaron fueron:

A. DENSIDAD APARENTE

Se extrajo del suelo una muestra inalterada, se depositaron en bolsas plásticas individuales y se tomó 1 muestra de cada punto de los sitios de estudio, para ello se insertó un cilindro de volumen conocido en el suelo, teniendo cuidado de no alterar la muestra. Seguidamente el material extraído es secado al horno a 105°C y luego es pesado, para la determinación de la densidad aparente en cada punto de muestreo y posteriormente clasificarlo.

Figura 3: Procesos para la determinación de la densidad aparente.



Fuente: (Brayan, 2016).

B. TEXTURA

Es un método bastante sencillo, se determinó el contenido de arena, limo y arcilla del suelo. Se agregó en una botella con una muestra cernida de suelo hasta alcanzar aproximadamente 5 cm, se llenó con agua a la altura del cuello, se agitó por 15 minutos y se dejó en reposo.

Al transcurrir 24 horas se midieron las capas sedimentadas y se determinó el porcentaje de arena, limo y arcilla en función de las proporciones de cada fracción granulométrica, y se comprobó la nominación textural haciendo uso del triángulo textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Figura 4: Procesos para la determinación de la textura.



Fuente: Elaboración propia.

C. DENSIDAD REAL

Se determinó la densidad de las partículas sólidas de un suelo haciendo uso del picnómetro, se pesó 50 g de suelo seco, a 105 °C en el horno, se introdujo en un picnómetro seco y pesado, se agregó agua destilada hasta un tercio del volumen y fue sometido a succión por vacío durante 40 segundos, se retiró y se completó volumen hasta dos tercios y se sometió nuevamente a vacío por 2 horas, se completó el volumen total y se pesó. Finalmente se pesó el picnómetro lleno solo con agua destilada, se anotaron los resultados del laboratorio y luego se realizaron los cálculos para la determinación de la densidad real.

Figura 5: Procesos para la determinación de la densidad real.

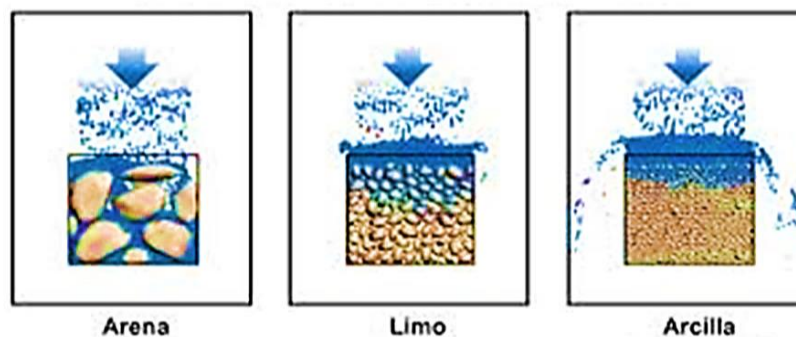


Fuente: (Brayan, 2016).

D. POROSIDAD

Consistió en la determinación de dos parámetros básicos; densidad aparente y densidad real, sustituyéndolo en la fórmula, lo que permitió realizar el cálculo para obtener el dato de porosidad total de cada muestra de suelo, del sitio de estudio.

Figura 6: Porosidad del suelo.



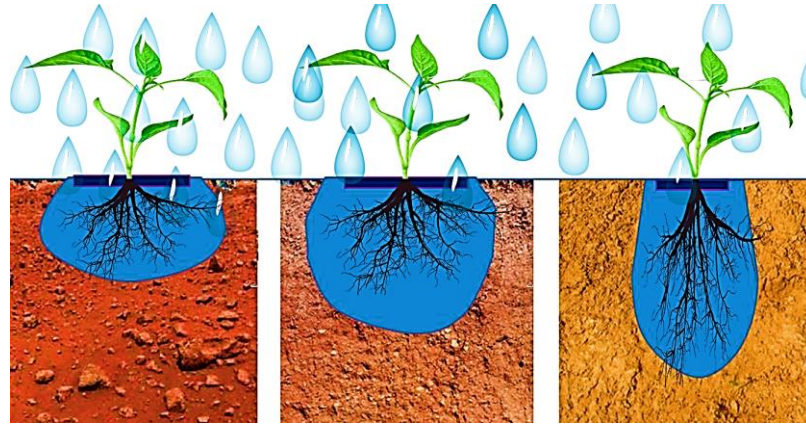
Fuente: (Suarez, 2010).

E. CAPACIDAD DE CAMPO

En las muestras representativas del suelo se realizó la prueba de capacidad de retención de humedad, para lo cual el suelo fue agregado en un embudo de vidrio equipado con papel filtro, se humedeció hasta saturar la muestra y filtró el agua gravitacional durante 24 horas.

Cuando el drenaje del suelo ceso, se pesó y posteriormente se dejó secar en el horno a 105°C, hasta obtener el peso constante y finalmente se pesó la muestra, lo que permitió que se realizaran los cálculos, que determinaran el porcentaje de humedad sobre la base de suelo seco.

Figura 7: Capacidad de campo según el tipo de suelo.

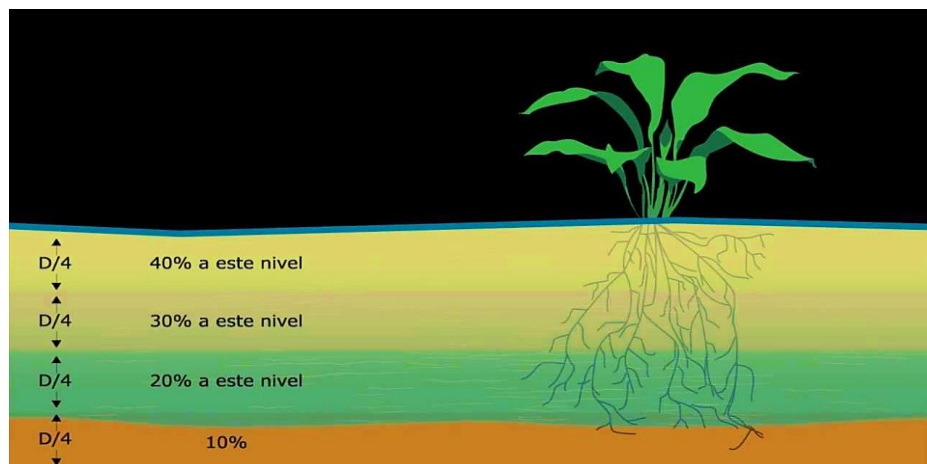


Fuente: (Suarez, 2010).

F. PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE

Consistió en la determinación de un parámetro básico, que fue el porcentaje de capacidad de campo, ya que sustituyéndolo en la formula permitió realizar el cálculo, para obtener el dato de punto de marchitez permanente de cada muestra de suelo del sitio de estudio.

Figura 8: Punto de marchitez permanente en el suelo.



Fuente: (Suarez, 2010).

G. MATERIA ORGÁNICA

Este proceso consistió en pesar 0,5 g de muestra de suelo, se le agregó 250 ml de agua y se añadió 10 ml de solución de dicromato de potasio, se realizó un movimiento de giro al erlenmeyer para asegurar una mezcla íntima. Posteriormente se añadió lentamente y se agitó, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, se aseguró el contacto de los reactivos con la muestra. Ya que se evitó que se unieran las partículas, en las paredes del erlenmeyer y se diera un contacto con la solución, se dejó el erlenmeyer en reposo durante 20 minutos. Se añadió unos 100 ml de agua desmineralizada y se dejó enfriar. Se agregó 10 ml de ácido fosfórico concentrado.

La valoración por retroceso del sulfato ferroso permitió la determinación del exceso de dicromato de potasio, anotando el volumen gastado equivalente al carbono orgánico, contenido en las muestras y se observó el color (azul oscuro a verde) lo que permitió la valoración de la sustancia en los puntos de muestreo. El ensayo también se realizó en blanco con todos los reactivos menos el suelo. Finalmente se pasó de carbono orgánico a materia orgánica, ya que se multiplica por el factor de Van Bemmelen, para la determinación de la materia orgánica en los puntos de muestreos.

Figura 9: Procesos para la determinación de materia orgánica.



Fuente: Elaboración propia.

7.5 ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS

Las actividades predominantes en el sitio de estudio son la agricultura, la ganadería y ciertas zonas urbanizadas. El mayor medio de subsistencia es la agricultura. Sus cultivos tradicionales son frijol, maíz, maní, sorgo y en otros casos producen pastos para el ganado. La producción de estos cultivos es para consumo propio y otra parte se comercializa en los mercados locales.

Las comarcas que se encuentran en el sitio de estudio no cuentan con el abastecimiento de agua potable ya que ENACAL abastece cada 8 días o 15 días, lo cual hay mucha demanda del líquido en la zona y en algunas casas se abastecen de pozos artesanales elaborado por cada jefe de familia (sin maquinaria).

7.6 CARACTERISTICAS DEL MEDIO FISICO DE LA MICROCUENCA SABANA GRANDE

7.6.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LA MICROCUENCA

Los suelos del Pacífico de Nicaragua se caracterizan por ser de origen volcánico, fértiles, de topografía plana, y bien desarrollados y por consiguiente, los convierte en los mejores suelos de Nicaragua para desarrollar la agricultura. (Perez D. C., 2016).

La importancia de conocer las características del suelo es que permiten que el suelo, posea capacidad de retención de agua, drenaje, temperatura y respiración, que integra la relación planta-suelo-vida. Entre las características del suelo están la textura, porosidad, estructura, rasgos de origen biológico, actividad humana (Gomez, 2015).

En las parcelas de investigación estudiada están ubicadas en cinco puntos de la microcuenca, el primer punto se encuentran en la comarca las Mercedes presenta un suelo franco-arcillo-limoso es decir de textura fina cuando está seco, áspero cuando está húmedo, cuando es amasado tiende a formar una masa compacta, fuerte y tienen nula estructuración, sin propiedades coloidales, son impermeables y con mala aireación (Gomez, 2015).

El tercer punto refleja unos suelos franco-arcillo-arenoso, secos si se le aplica presión con la mano se desmoronan los terrones y los agregados del mismo caen con facilidades y no dejan manchas en los dedos, húmedos es débil con superficie rugosa y caen pocos granos de suelos agregados. Son inertes desde el punto de vista químico, carecen de propiedades coloidales y de reservas de nutrientes. En cuanto a las propiedades físicas presentan mala estructuración, buena aireación, muy alta permeabilidad y nula retención de agua (Reyes, 2010).

El punto dos ubicado en la comarca Zambrano, el cuatro en Nejapa y el cinco en Esquipulas presentan suelos francos con textura suelta, mayor fertilidad y una adecuada retención de humedad ya que son los equilibrados con propiedades compensadas. (Reyes, 2010).

Nicaragua es un país que da prioridad a la agricultura y ganadería, la mayoría de sus suelos son de vocación forestal, aptos para la siembra de plantas maderables, lo que provoca degradación en sus tierras. Con un mapa de fertilidad buscan como elevar la productividad en la medida que se utilice de forma más apropiada el recurso suelo y un mapa de variedades de cultivos y sus rendimientos para mejorar la producción de los suelos. (Milan, 2017).

7.6.2 USO ACTUAL DEL SUELO Y VEGETACIÓN

Una gran mayoría de los suelos en Nicaragua tienen como uso potencial el forestal y agroforestal, aunque contrastado con los usos actuales, es cada vez más evidente “la degradación del bosque y el recurso suelo”, según indica un estudio sobre suelos. Según los científicos Efraín Acuña y Reynaldo Mendoza, docentes de la UNA, explicaron que en Nicaragua, antes del estudio que ellos realizaron, el estudio de insignia sobre suelos se hizo en la década de 1970. (Mendoza, 2016).

En la actualidad en las parcelas estudiadas de la microcuenca del Cauce Sabana Grande son utilizadas para diversos cultivos como maíz, maní, sorgo, frijol, yuca, pasto y pastoreo extensivo.

Las parcelas poseen suelos de textura franco-arcillo-limoso, franco-arcillo-arenoso y franco, terrenos planos, pero no es posible condicionar todas las parcelas de la microcuenca para su explotación agrícola y por falta de agua potable en áreas localizadas quedando susceptibles a ser erosionadas ya que no hacen prácticas de cultivo y conservación de suelo (Mendoza, 2016).

Según Mendoza explico, actualmente Nicaragua tiene “un panorama desfavorable”, en cuanto a uso de los suelos y puso por ejemplo la zona del occidente, donde la agricultura intensiva ha deteriorado hasta 40 centímetros de suelos en los últimos 35 años.

Según cálculos de los científicos, recuperar un centímetro de suelo tarda entre 100 y 300 años, aunque pueden ser más años en dependencia de factores como cantidad de agua y temperatura. (Mendoza, 2016)

7.6.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL LUGAR DE ESTUDIO

Nicaragua se encuentra en la zona climática tropical, y por lo tanto presenta condiciones térmicas similares durante todo el año.

Debido a su posición en la franja costera de océano Atlántico, y su carácter montañoso, podemos encuadrar su clima en el clima monzónico y de los vientos alisios en el litoral. Nicaragua se encuentra en el imperio biogeográfico y la ecozona neotropical. Por su posición, Nicaragua recibe el impacto frecuente de los huracanes que se generan en el Atlántico y las sequías provocadas por El Niño (Santiago, 2007).

El clima nicaragüense presenta dos estaciones bien marcadas, una lluviosa y otra seca. En general la época de lluvias se extiende de junio a noviembre, y la seca de diciembre a mayo. Durante la estación seca muchos de los árboles del bosque semiombrófilo pierden la hoja. No obstante, existen grandes diferencias.

Entre la costa atlántica y la pacífica. La costa del Pacífico es considerablemente más seca que la del Caribe. La zona central y montañosa de Nicaragua tiene un clima más frío y húmedo, especialmente en el este. La costa caribeña es más húmeda, con altas temperaturas y fuertes precipitaciones. (Santiago, 2007)

Las temperaturas en Nicaragua son muy estables aunque se pueden diferenciar tres zonas. Las tierras bajas (Pacífico y Atlántico) las temperaturas varían de 22 a 30 °C. El máximo se alcanza en mayo (38 °C). La parte central del país es más fresca, y las temperaturas medias disminuyen unos 5 °C. En las montañas, sobre todo las del norte el descenso es de hasta 10 °C (Santiago, 2007).

La totalidad del área de estudio, por su latitud, se encuentra comprendida dentro de la región tropical, sin embargo, la altitud y el relieve hacen que la misma presente cierta diversidad climática. En términos generales, en zonas bajas el clima es cálido y en las zonas altas predomina un clima fresco a templado. (Santiago, 2007).

El clima predominante de la microcuenca de Sabana Grande tiene temperaturas medias que varía entre los 21 ° C en las zonas altas a los 29°C en las zonas bajas. Se caracteriza por presentar una marcada estación seca que puede tener hasta seis meses de duración, entre noviembre y abril. La precipitación anual media puede variar entre un mínimo de 750 mm hasta un máximo de 2.000 mm en las zonas más elevadas. (Santiago, 2007).

La temperatura influye en la duración del ciclo vegetativo de los cultivos en todos los sitios de estudios lo que provoca estas reducciones que afectan el potencial de los cultivos para producir biomasa y con la reducción de la precipitación se reducen los sedimentos debido a que se reduce el consumo de agua en las plantas, lo cual se refleja en la evapotranspiración acumulada en el ciclo. (Umaña, 2003).

7.6.4 TRABAJO DE GABINETE

Se utilizó la hoja de cálculo Excel para la estimación de los diferentes factores de la ecuación RUSLE y organización de la información generada. Esta información sirvió para actualizar los mapas temáticos, según las series de suelos, uso de suelos, el sitio donde se realizó el muestreo, el factor topográfico, cobertura vegetal, factor de erodabilidad del suelo, prácticas de control de erosión, erosividad de la lluvia y la erosión hídrica superficial.

El procedimiento que se realizó en el programa QGIS consistió en seleccionar las capas temáticas e ingresar en la base de datos los resultados obtenidos en las hojas de cálculos de Excel y así obtener en forma de mapas la información geográfica del área de estudio, lo que ayudo a tener una mejor comprensión y visualización de la microcuenca de Sabana Grande. Luego de haber obtenido los mapas temáticos se convirtió a imagen para ingresarlo a los resultados de nuestra monografía.

7.7 OPERACIONALIZACION DE VARIABLE

7.7.1 VARIABLES DEPENDIENTES

Determinación de la erosión hídrica superficial, haciendo uso de 2 herramientas QGIS y RUSLE.

7.7.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Precipitación: Es un componente principal del ciclo hidrológico y es el responsable en depositar mayor parte de agua en el planeta.

Uso de suelo: Abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en terreno agrícola: campos cultivables, pastizales.

Tipos taxonómicos de suelos: Se hizo la clasificación según el orden de los suelos según el método USDA.

Textura de suelos: Se realizó la clasificación según el método USDA y en el laboratorio.

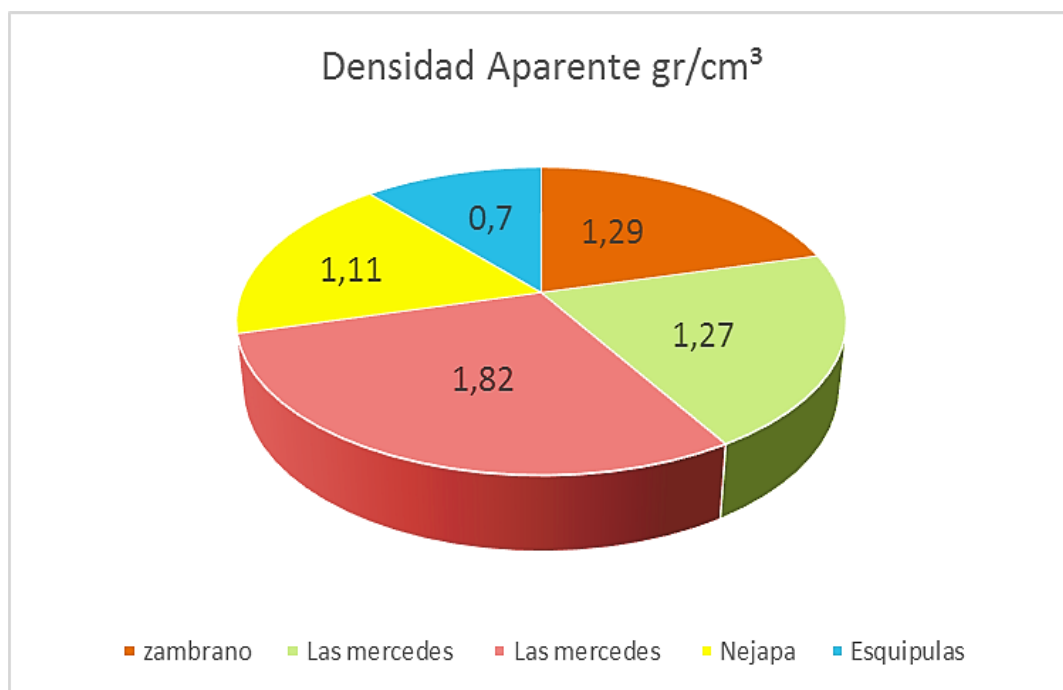
VIII. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

8.1 RESULTADOS OBTENIDOS

8.1.1 DENSIDAD APARENTE

Se realizó el análisis de los suelos en las parcelas demostrativas ya que se obtuvo como resultado en el punto 5 con 0,70% y el punto 4 con 1,11% de densidad aparente presentan valores clasificados como muy bajos y bajos lo que implican que son suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje, en las parcelas del punto 2 con 1,27% y el punto 1 con 1,29% de densidad aparente presentan valores clasificados como media estos son suelos pocos porosos y un drenaje un poco lento, en la parcela del punto 3 con 1,82% de densidad aparente presenta un valor clasificada como alta lo que significa que son suelos compactados o poco porosos, que tiene poca porosidad en su composición ya que la infiltración del agua es lenta, lo que puede provocar anegamientos.

Gráfico 1: Densidad aparente



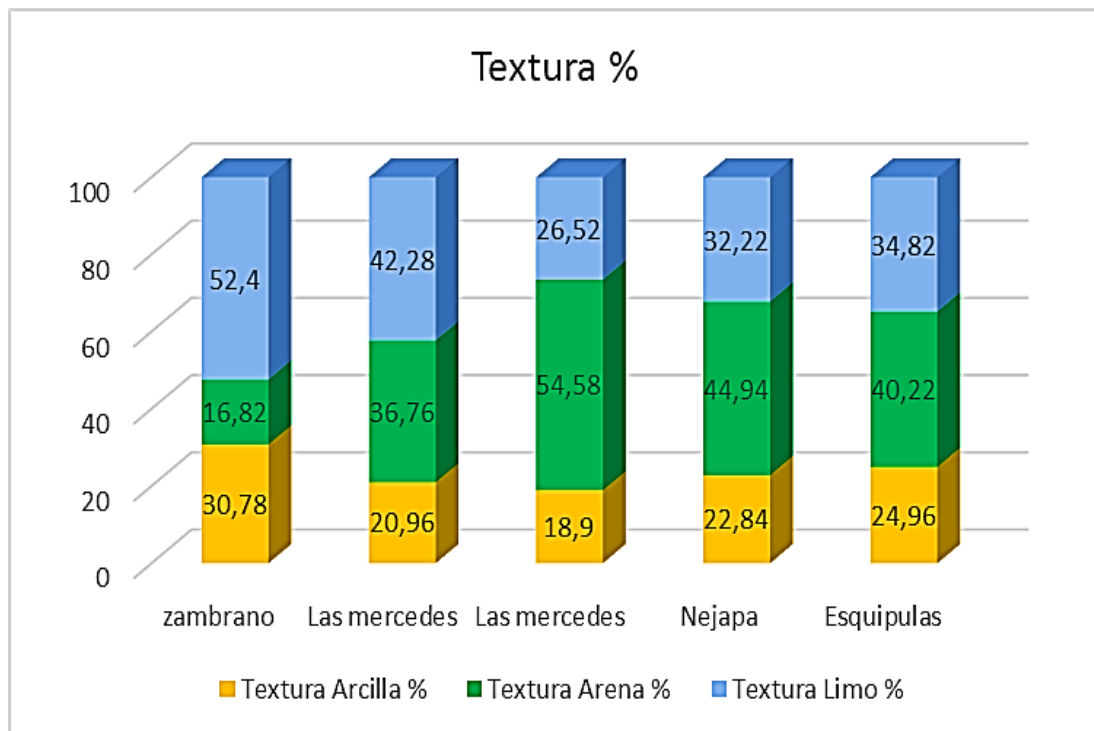
Fuente: Elaboración propia.

8.1.2 TEXTURA

Al conocer los resultados obtenidos a través del análisis en el laboratorio de suelo se conoció la textura del terreno, el cual es un parámetro indispensable para la clasificación de las diferentes parcelas demostrativas lo que se determinó que son campos agrícolas muy vulnerables ante el fenómeno de erosión que se presenta en la microcuenca.

Se seleccionó 5 lugares diferentes en el área experimental donde en el primer punto describe las causas del fenómeno de la erosión de los suelos, ya que es un suelo franco-arcillo-limoso que se encuentra permanentemente húmedo con un bajo contenido de materia orgánica, este suelo se encuentra inundado la mayor parte del tiempo lo que provoca derrumbes o arrastre del material lo que se necesita llevar un mejor uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

Gráfico 2: Textura

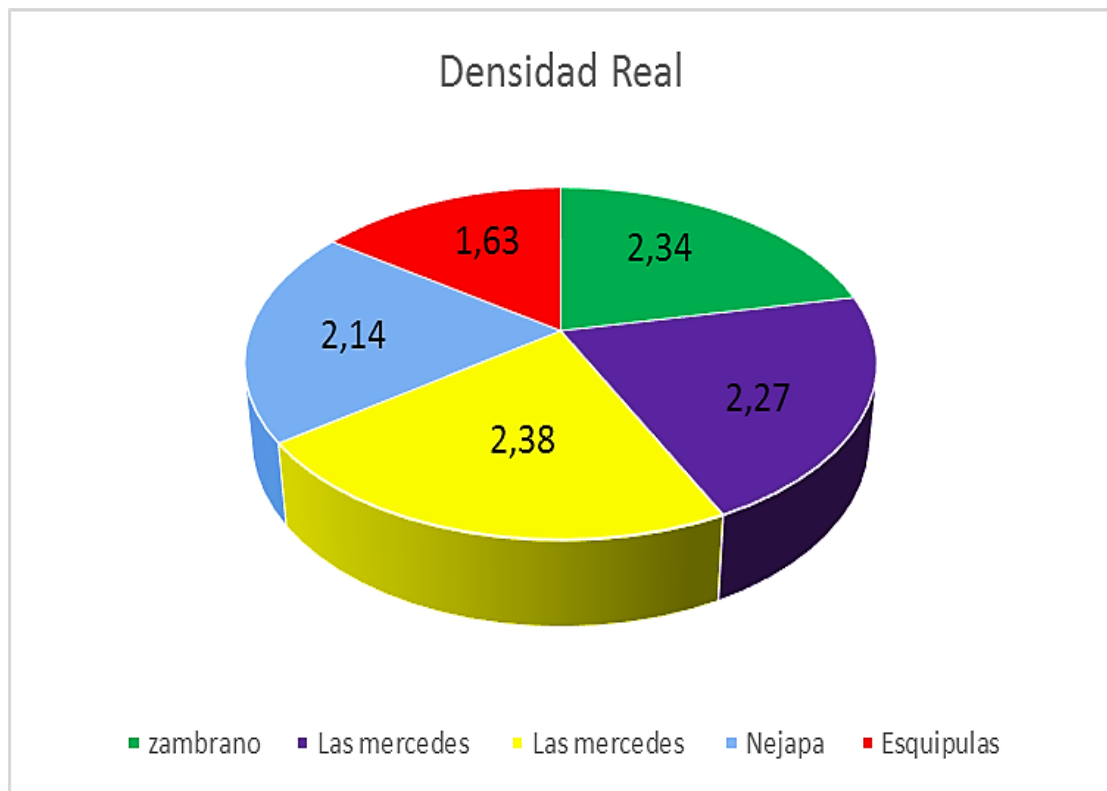


Fuente: Elaboración propia.

8.1.3 DENSIDAD REAL

Al obtener los datos de los análisis del laboratorio de los suelos en las parcelas demostrativas se determinó en el punto 1 con 2,34%, el punto 2 con 2,27%, el punto 3 con 2,38%, el punto con 2,14% y el punto 5 con 1,63% de densidad real presentan valores clasificada como bajo lo que permite estimar su composición mineralógica ya que se puede deducir que son suelos que poseen un alto contenido de yeso o de materia orgánica lo que nos permitió poder clasificar el tipo de textura del suelo muestreado.

Gráfico 3: Densidad Real

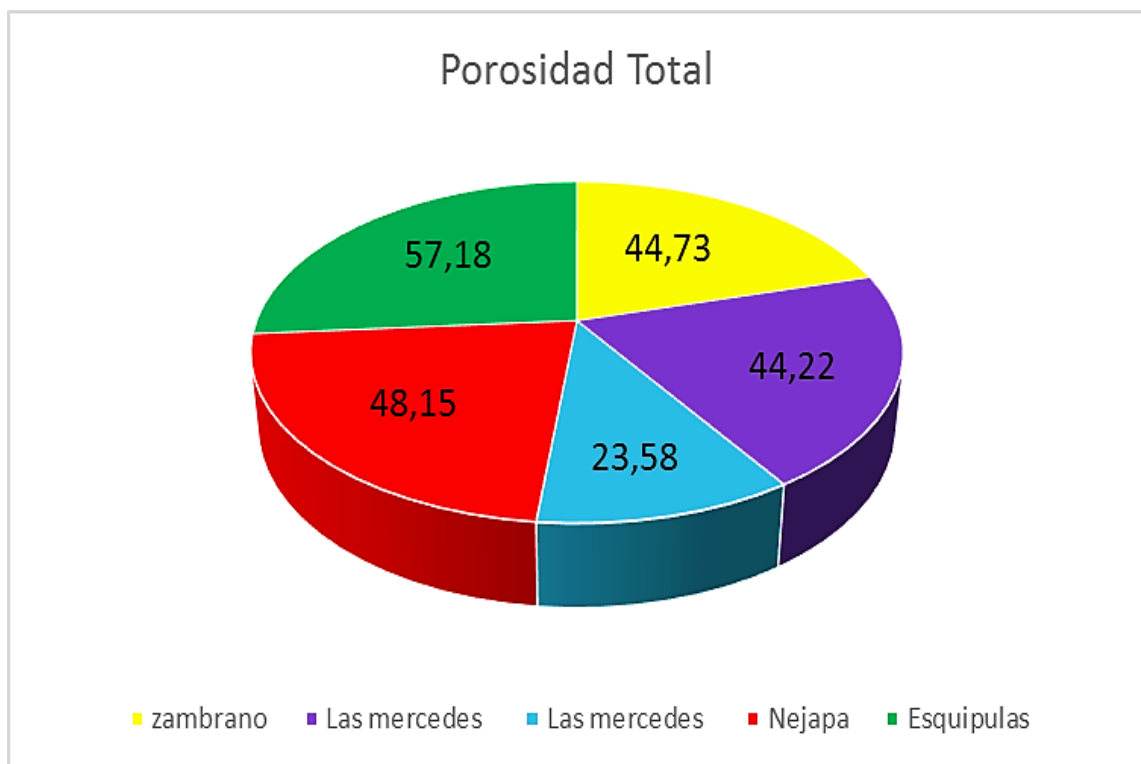


Fuente: Elaboración propia.

8.1.4 POROSIDAD

Luego que se obtuvo la información de densidad aparente y densidad real se comprobó los datos de los suelos en las parcelas demostrativas en el punto 1 con 44,73%, el punto 2 con 44,22%, el punto 4 con 48,15% y el punto 5 con 57,18% de porosidad presentan valores clasificados como baja, media y alta por lo que son suelos con un rango de porosidad de 40% a 60% lo que se considera suelos con una correcta aireación del suelo y una buena retención de agua ya que ayuda y favorece al desarrollo de la planta, en la parcela del punto 3 con 23,58% de porosidad, presenta un valor clasificada como muy baja ya que es un suelo que provoca asfixia en las raíces de los cultivos, contenidos de agua retenida muy bajos o ambas cosas a la vez con valores menores del límite.

Gráfico 4: Porosidad Total

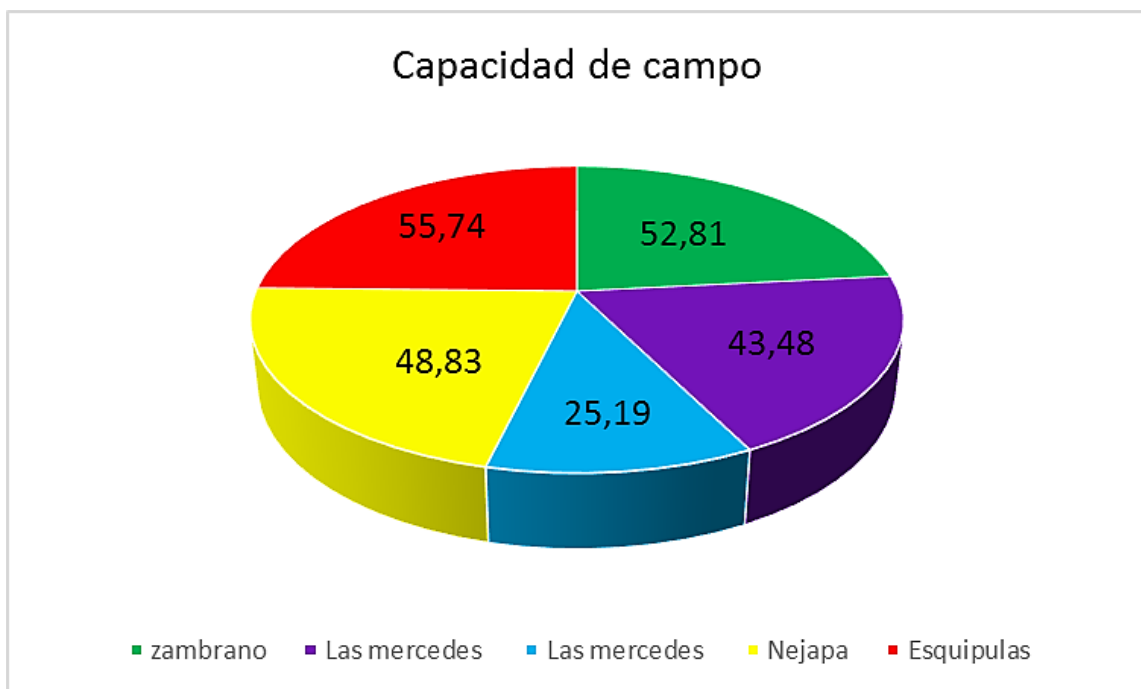


Fuente: Elaboración propia.

8.1.5 CAPACIDAD DE CAMPO

Se sustituyó valores de los análisis de campo lo que expresó el resultado de los suelos en las parcelas demostrativas en el punto 5 con 55,73% de capacidad de campo presenta un valor clasificada muy alta lo que significa que es un terreno capaz de retener mucha agua en el suelo así como las parcelas en el punto 1 con 52,80%, el punto 2 con 43,47% y el punto 4 con 48,82% de capacidad de campo que presenta valores clasificadas alta también son capaces de acumular humedad lo que podemos especificar que son suelos con propiedades arcillosas, en la parcela del punto 3 con 25,18% de capacidad de campo presenta valor clasificada media son suelos no muy capaces de retener humedad y con un gran contenido de drenaje lo que permite describirlos con propiedades de suelos arenosos.

Gráfico 5: Capacidad de campo

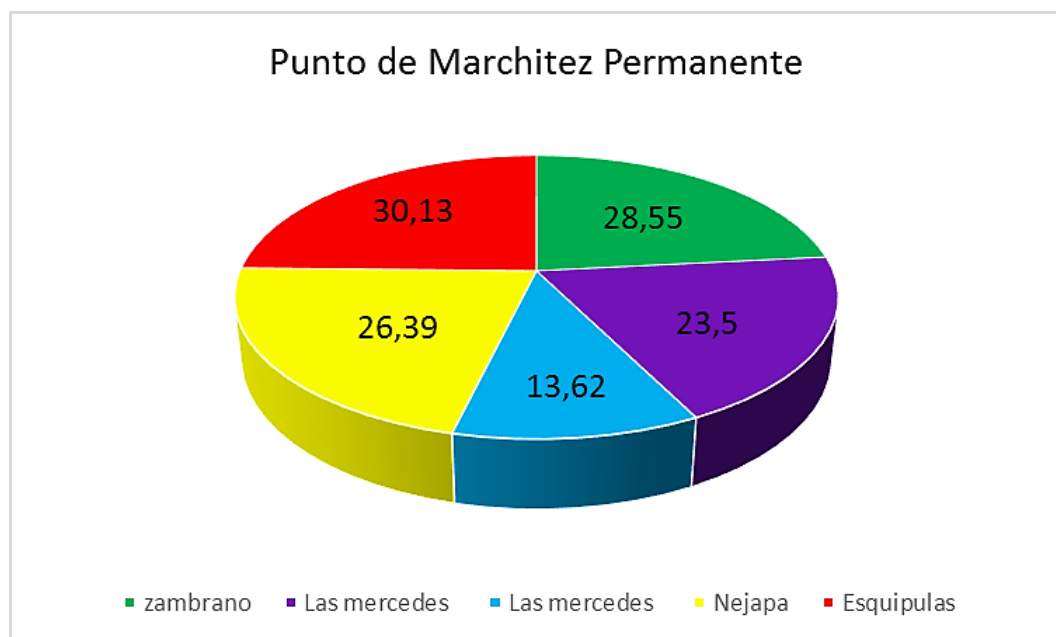


Fuente: Elaboración propia.

8.1.6 PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE

Al obtener los datos de capacidad campo se ingresaron los valores en la fórmula lo que ayudo a tener una mejor descripción de los suelos en las parcelas demostrativas en el punto 1 con 28,55%, el punto 4 con 26,39% y el punto 5 con 30.13% de punto de marchitez permanente presentan valores clasificada como altos lo que significa que son suelos saturados de agua lo que provoca que cierta parte del agua pueda ser utilizada por las plantas pero a medida que el agua disminuye llega a un punto en que la planta no puede absorberla, en las parcelas del punto 2 con 23,50% y el punto 3 con 13,62% presentan valores clasificada como media lo que significa que son suelos con una combinación de líquido y solido donde hay menor porcentaje de agua que tiende a moverse por gravedad y llegar a un punto en el que el drenaje es tan pequeño que el contenido de agua lo que provoca que los cultivos mueran sin tener una oportunidad de recuperarse y aumentar la tasa en pérdidas de cultivos.

Gráfico 6: Punto de marchitez permanente



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5, se observan los cálculos determinados del punto de marchitez permanente, que significa identificar el punto de humedad mínima que no puede alcanzar la planta, en los distintos puntos de muestreo de la microcuenca.

Tabla 5: Cálculos para la determinación de punto de marchitez

Punto de marchitez permanente			
N.Muestra	% Cc	1,85	P.M. P
SG-1	52,81	1,85	28,55
SG-2	43,48	1,85	23,50
SG-3	25,19	1,85	13,62
SG-4	48,83	1,85	26,39
SG-5	55,74	1,85	30,13

Fuente: Elaboración propia.

8.1.7 MATERIA ORGÁNICA

Para este cálculo primero se determinó el porcentaje de carbono orgánico y luego los datos se sustituyeron en la formula lo que ayudo a explicar el porcentaje de materia orgánica, los resultados detallan que los suelos en las parcelas demostrativas en el punto 4 con 1,1%, en los puntos 1 y 3 con 1,9% de materia orgánica presentan valores clasificados como medio, en las parcelas del punto 2 con 3,10% y el punto 5 con 3,5% presentan valores clasificados como alto a pesar de sus diferentes valores, los suelos fértiles poseen un adecuado contenido de materia orgánica, el que oscila entre un 2% para suelos arenosos hasta un 6% para suelos húmicos. Estos datos facilito al ingresar los valores para determinar la erosión en la microcuenca del Cauce Sabana Grande.

La tabla 6, demuestra los resultados de materia orgánica obtenidos en los distintos puntos, es decir el porcentaje de fertilidad encontrado en los suelos, de la zona estudiada.

Tabla 6: Cálculos para la determinación de materia orgánica.

N. Muestra	% C.O	% M.O
SG-1	0,0112	1,9
SG-2	0,018	3,10
SG-3	0,0110	1,9
SG-4	0,0062	1,1
SG-5	0,0203	3,5

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7: Materia Orgánica



Fuente: Elaboración propia.

8.2 CÁLCULOS DEL FACTOR K

Para obtener los datos del factor K se calculó con la ecuación (4), por el método de la ecuación universal de pérdida de suelo (RUSLE) despejando K y así poder tener valores demostrativos para cada punto de muestreo.

La tabla 7, esta tabla presenta los cálculos para la determinación del factor k, que significa factor de erodabilidad del suelo, brinda los resultados de pérdida de suelo en un punto específico, es decir el desprendimiento de las partículas por el salpicamiento durante la lluvia o por flujo superficial.

Tabla 7: Cálculos para la determinación del factor K.

Puntos	Series de suelo	Rango de erodabilidad
SG-1	zambrano	0,035
SG-2	Las mercedes	0,021-0,029
SG-3	Las mercedes	0,021-0,029
SG-4	Nejapa	0,026-0,035
SG-5	Esquipulas	0,021-0,035

Fuente: Elaboración propia.

8.3 CÁLCULOS DEL FACTOR L Y LS

La tabla 8, nos permitió obtener el rango del porcentaje y describe las elevaciones de las pendientes del sitio de estudio en la microcuenca.

Tabla 8: Rango del porcentaje de la pendiente (%S).

Rango % S	Total de poligono	Descripción
0-0,2	3	Plano
0,2-0,5		Nivel
0,5-1,0		cercano al nivel
1,0-2,0	2	muy ligeramente inclinado
5,0-10,0	46	Inclinado

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Rango del factor (LS).

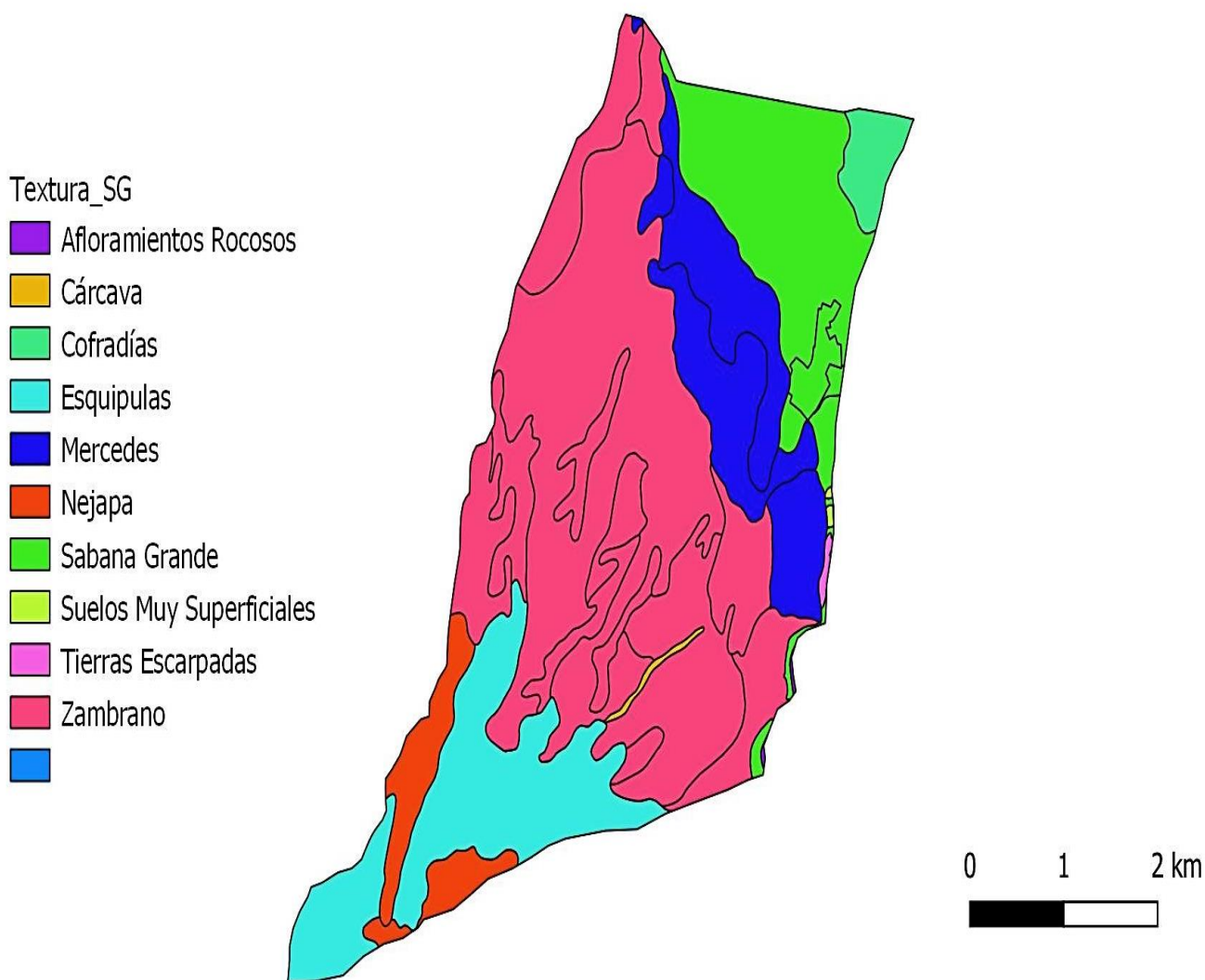
Rango del factor LS	Total de poligono
0-3	107
3-6	26
6-9	1

Fuente: Elaboración propia.

8.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE SUELOS

Figura 10: Mapa de las series de suelo.

Mapa de las Series de Suelos Microcuenca del Cauce de Sabana Grande



Fuente: Elaboración propia.

Series de suelo:

En la figura 10, se muestran las series de suelo que se presentan en la zona de estudio, en la cual se tomaron muestras representativas, para conocer una descripción más específica sobre las condiciones físicas del mismo, como los procesos naturales (permeabilidad del agua) y artificiales (escorrentía superficial), causando riesgos de erosión, ya que demuestran un rol significativo en la ampliación de la taxonomía de los suelos.

En la Tabla 10, se representan los puntos de muestreo y la clasificación de los suelos, en los sitios estudiados.

Tabla 10: Series de suelo

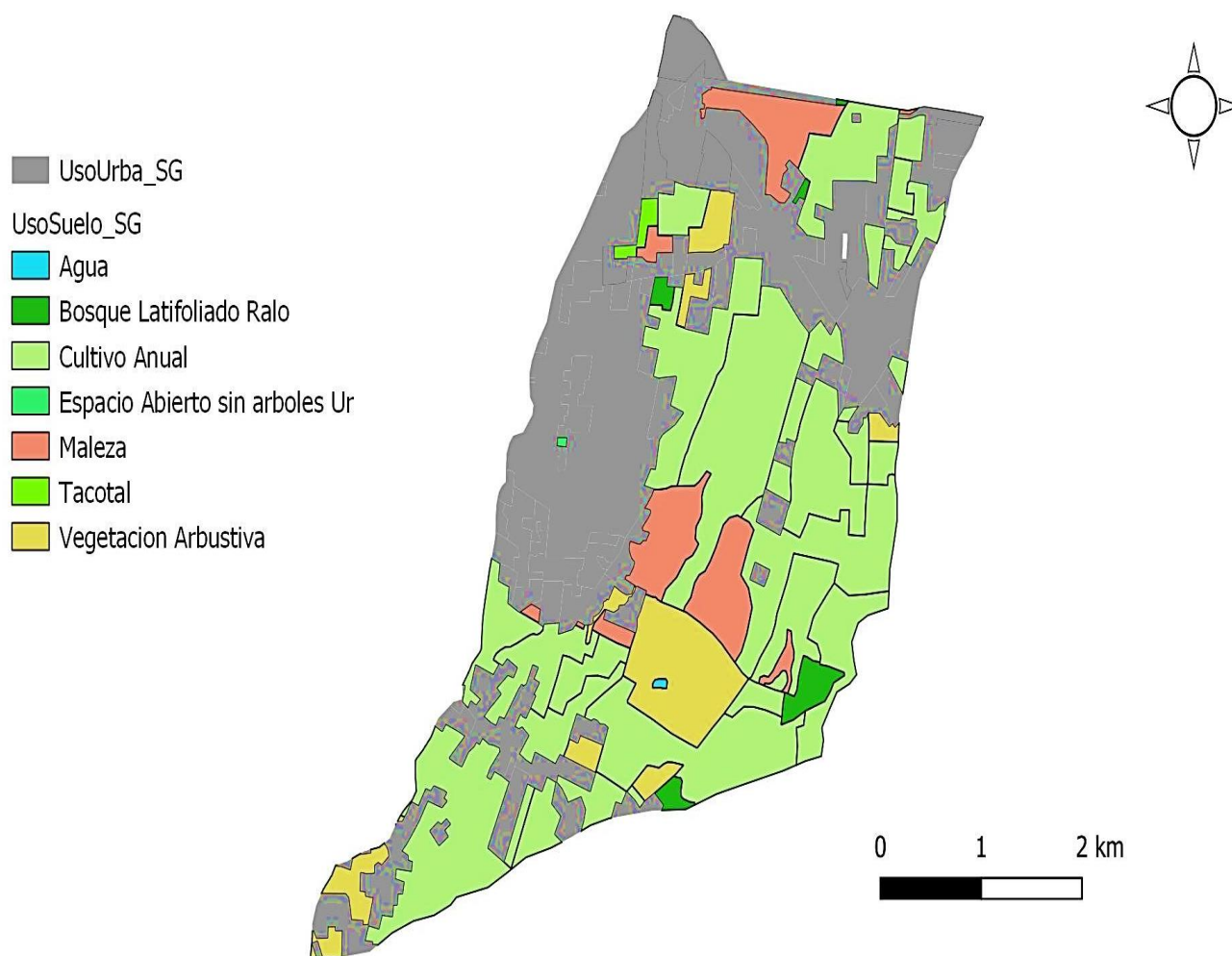
Puntos	Series de suelo	Clasificación del suelo
SG-1	Zambrano	Franco-arcillo-limoso
SG-2	Las mercedes	Franco
SG-3	Las mercedes	Franco-arcillo-arenoso
SG-4	Nejapa	Franco
SG-5	Esquipulas	Franco

Fuente: Elaboración propia.

8.5 CARACTERIZACIÓN DEL USO DEL SUELO

Figura 11: Mapa de uso de suelo.

Mapa Uso de Suelo Microcuenca Cauce Sabana Grande



Fuente: Elaboración propia.

Uso del suelo:

La figura 11, muestra la utilidad en los diferentes sitios que representa los recursos con los que cuentan en la microcuenca, la capacidad de los agricultores de cultivar alimentos, las áreas disponibles que no poseen ninguna actividad agrícola, conocer los suelos saludables que no sufren ninguna degradación y las funciones socio-económicas que desempeñan en la zona de estudio. Los mapas se elaboraron con el software QGIS 2.4, lo que permitió tener una mejor visualización y comprensión del lugar de estudio.

En la Tabla 11, se representan los puntos de muestreo y las actividades realizadas en los sitios estudiados.

Tabla 11: Uso del suelo

Puntos	Series de suelo	Uso del suelo	Actividades Agrícolas
SG-1	Zambrano	cultivos anuales	Pasto
SG-2	Las mercedes	cultivos anuales	Pastoreo
SG-3	Las mercedes	cultivos anuales	Maní, Maíz y Sorgo
SG-4	Nejapa	cultivos anuales	Yuca, Maíz, Frijol
SG-5	Esquipulas	cultivos anuales	Maní

Fuente: Elaboración propia.

8.6 CARACTERIZACIÓN DE LA PLUVIOMETRÍA

El análisis pluviométrico fue desarrollado en la microcuenca del cauce Sabana Grande, que permitió tener una mejor visualización de la precipitación del sitio de estudio, fue una información clave para determinar la erosión de los suelos degradados.

Se utilizaron los datos anuales de precipitación del período 2001-2015 de las estaciones Aeropuerto (ACS), SAIMSA, Masaya, La primavera y RURD (Ver Tabla 12).

Tabla 12: Datos de precipitación anual.

Código	Estación	P anual (mm)
69027	Aeropuerto (ACS)	1136
69089	RURD	1164
69104	SAIMSA	1087
69115	Masaya	1426
69046	La Primavera	1396

Fuente: INETER

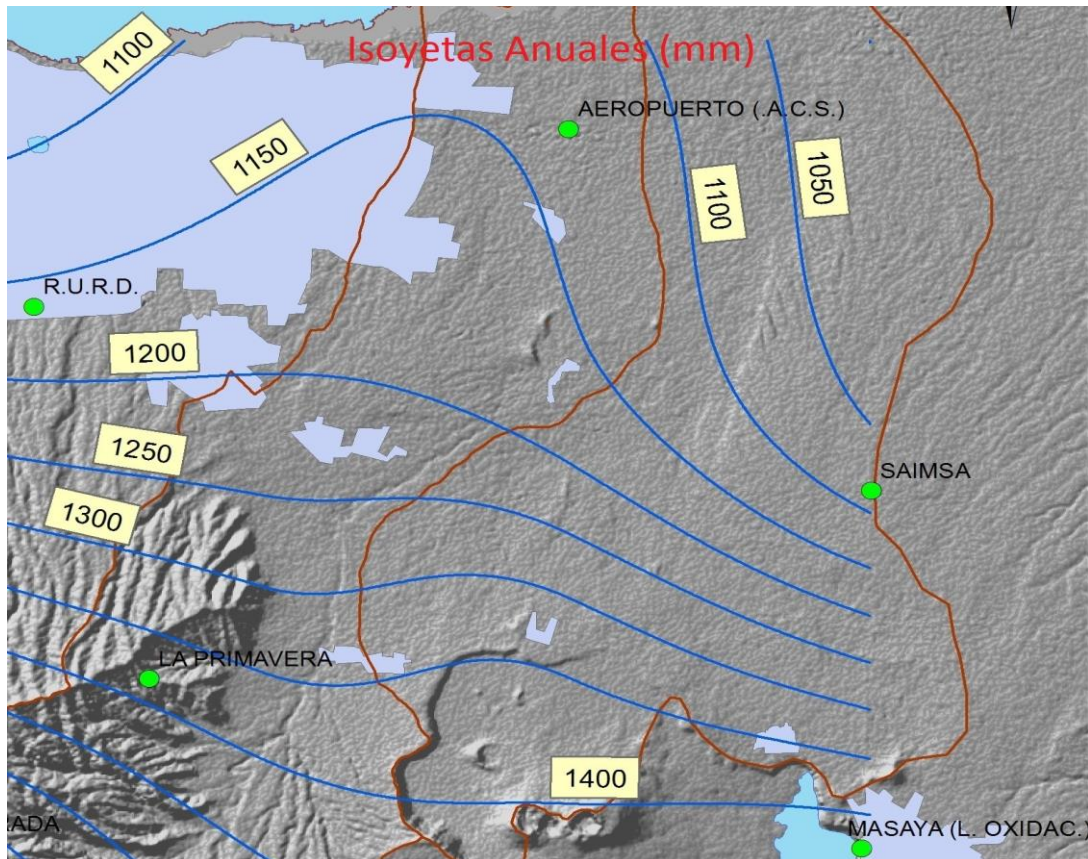
Utilizando las herramientas de QGIS, se interpolaron los datos de precipitación anual para obtener las Isoyetas anuales en la zona de estudio (Figura 12).

Los resultados evidenciaron que la precipitación varía entre 1,000 mm/año a 1,400 mm/año, se observó un aumento en la cuantía de las precipitaciones al avanzar de Norte a Sur de la microcuenca Sabana Grande.

Los procesos erosivos encontrados en la pérdida de suelo decreciente de Norte a Sur, coincidiendo con la variación espacial de las altas precipitaciones descritas arriba, resultando perdidas de suelo (A) mayores de 12 ton/ha/año, valorado como intensidad de amenaza media según (INETER, 2005).

Coincidiendo con la categoría de pérdidas de suelos por erosión en Ton/ha/año usadas FAO, 1980, que indica que dichas pérdidas por erosión son de niveles de tolerancia media.

Figura 12: Mapa pluviometría del sitio de estudio.



Fuente: Nexo vol.32

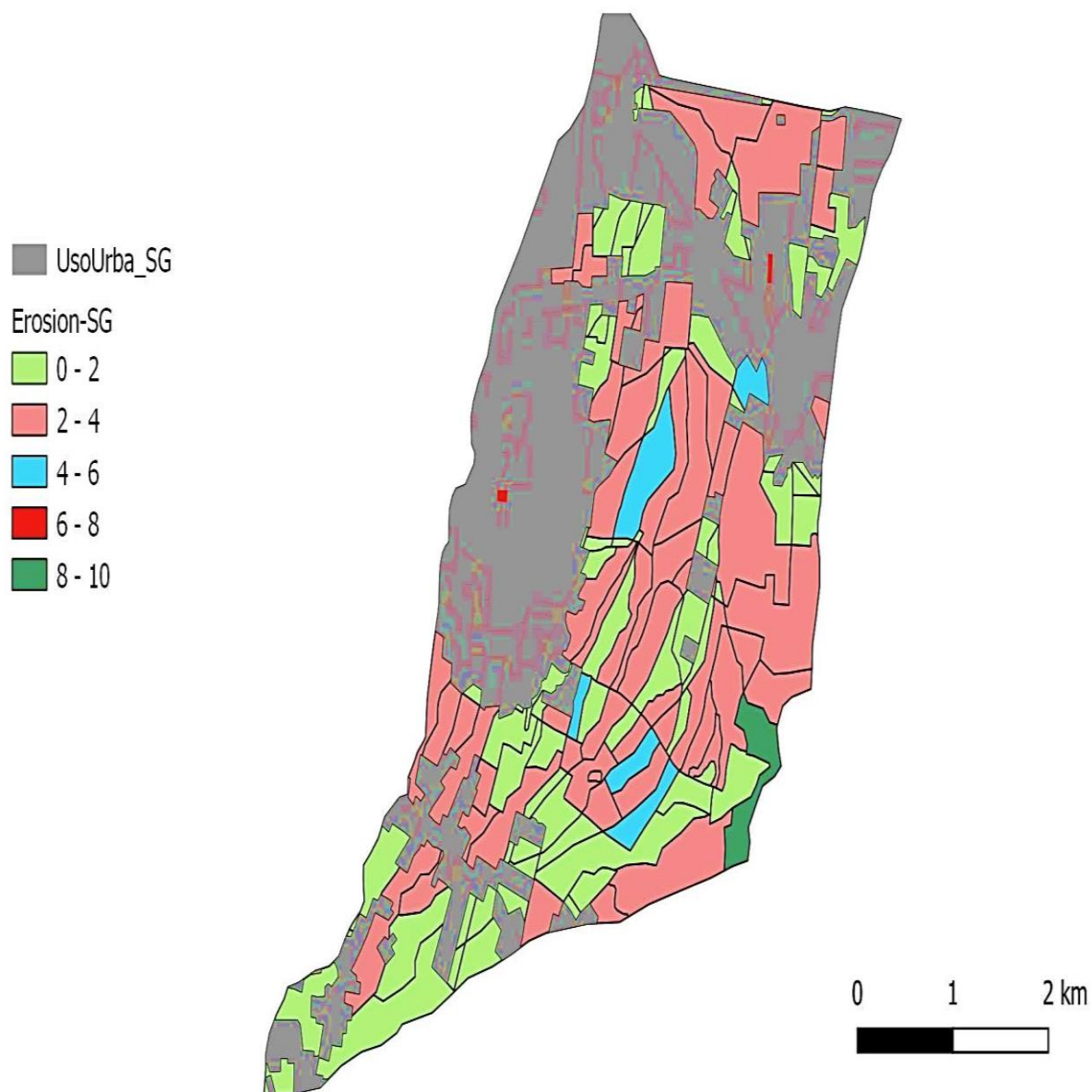
8.7 RESULTADOS DE LA EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA CON EL MÉTODO DE RUSLE.

8.7.1 DETERMINACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EROSIÓN PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS VARIABLES.

Se procesaron los datos recopilados, se elaboraron los mapas temáticos, se estimó la erosión hídrica superficial en la microcuenca y los niveles de erosión.

Figura 13: Mapa de factor Topográfico LS.

Factor Topografico LS Microcuenca del Cauce de Sabana Grande



Fuente: Elaboración propia.

Factor topográfico:

La figura 13, muestra los valores del factor topográfico LS para la microcuenca, lo que representa los perfiles de suelos, donde es uno de los mayores determinantes de los procesos de erosión, transporte de agua (tanto flujo superficial como subsuperficial) y de materiales. La totalidad de los modelos que simulan los procesos de movimiento de agua en el suelo incluyen datos relativos al grado, la forma y la longitud de la pendiente. En las bajas pendientes los valores son relativamente inferiores, lo que provoca la pérdida de suelo por lo que afecta a los cultivos y genera mayor erosión en las comarcas de Zambrano, Nejapa y Esquipulas. Conocer el uso que tiene el suelo en los sitios de estudio, permitió tener una mejor visualización de ciertos factores que provocan degradación en los suelos e identificar el valor del factor LS obteniendo un rango de 0 - 11,36 %.

En la tabla 13, se muestran los resultados de las elevaciones de las pendientes, obtenidos de las zonas estudiadas.

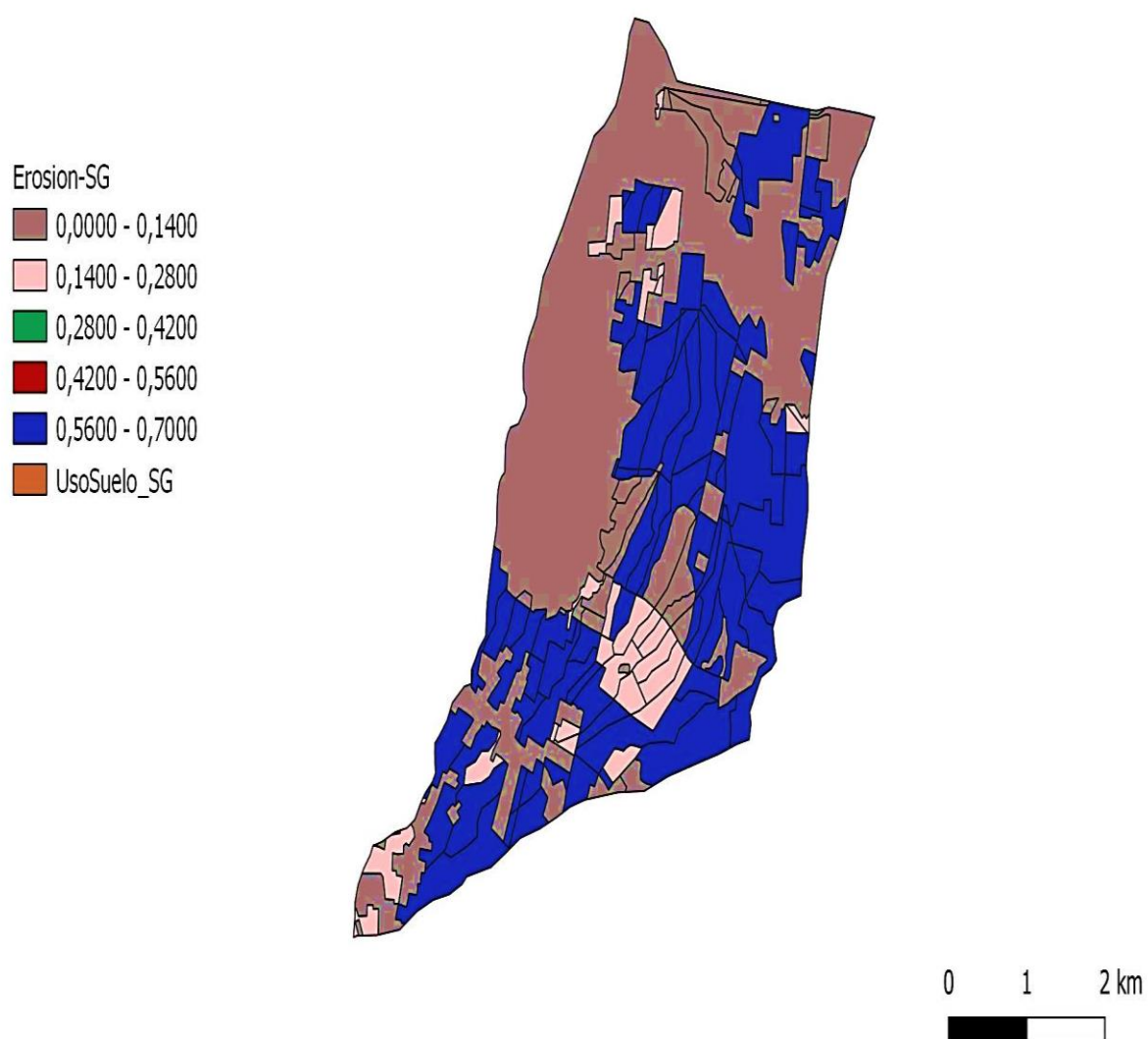
Tabla 13: Factor Topográfico

Puntos	Series de suelo	Rango LS
SG-1	Zambrano	2-4
SG-2	Las mercedes	2-4
SG-3	Las mercedes	2-4
SG-4	Nejapa	0-2
SG-5	Esquipulas	0-2

Fuente: Elaboración Propia

Figura 14: Mapa de factor de cobertura vegetal C.

Factor de cobertura vegetal C
Microcuenca del Cauce de Sabana Grande



Fuente: Elaboración propia.

Cobertura vegetal:

La figura 14, muestra el factor C presentando un rango de 0,1 – 0,7 %, para la cobertura en la microcuenca y de 0% para el área urbana, los valores más bajos corresponden a las zonas de vegetación natural (tacotales, pequeñas áreas de reductor de bosque latifoliado) y los valores altos a las de cultivos anuales, debido a la falta de recursos económicos, falta de abastecimiento de agua y poco conocimiento de los productores, hay malas prácticas agrícolas que provoca un bajo rendimiento en los cultivos y erosión en los suelos en esas zonas.

Se encontraron sectores que presentan las peores condiciones y aumento descontrolado de la población e infraestructura donde se genera una remoción de la capa vegetal, por lo que causa pérdida de suelo al estar sin cobertura vegetal, este estudio se presenta con el propósito de determinar las áreas con mayor vulnerabilidad y sea una herramienta técnica para realizar actividades para proteger el suelo de la erosión y mejorar la fertilidad.

En Tabla 14, se observan los rangos, la cobertura y el manejo de los suelos estudiados.

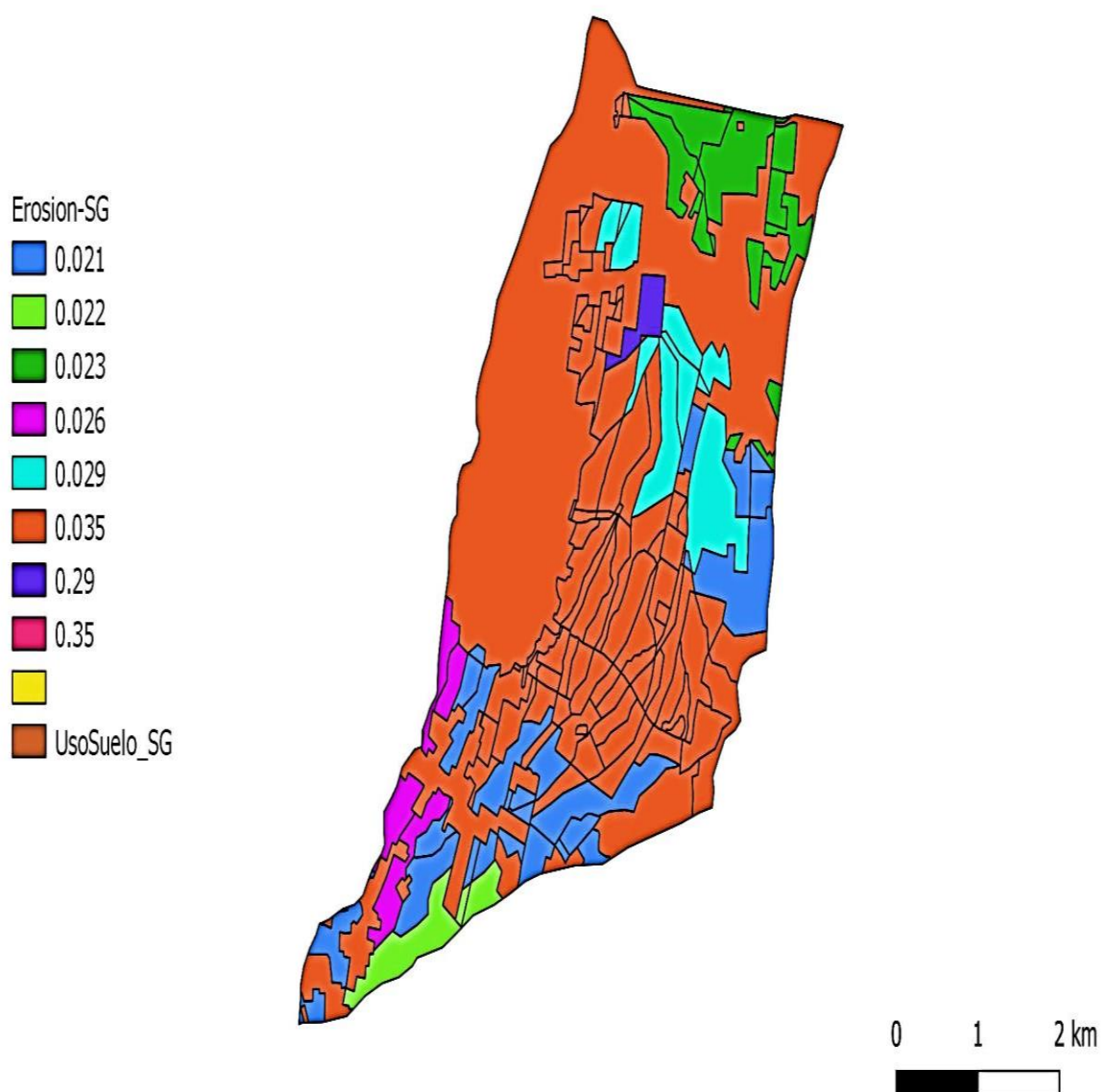
Tabla 14: Cobertura Vegetal

Puntos	Series de suelo	Rango de cobertura	Tipos de cobertura	Manejo Inadecuado
SG-1	Zambrano	0,56-0,70	Cultivos Anuales	prácticas de cultivo
SG-2	Las mercedes	0,56-0,70	Cultivos Anuales	conservación de suelo
SG-3	Las mercedes	0,56-0,70	Cultivos Anuales	prácticas de cultivo
SG-4	Nejapa	0,56-0,70	Cultivos Anuales	conservación de suelo
SG-5	Esquipulas	0,56-0,70	Cultivos Anuales	prácticas de cultivo y conservación de suelo

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15: Mapa de factor erodabilidad de suelo K.

Factor Erodabilidad del suelo K (Ton/ ha x ha año/MJ xh/ mm)
Microcuenca del Cauce de Sabana Grande



Fuente: Elaboración propia.

Erodabilidad de suelo:

La figura 15 muestra los valores del factor K para la microcuenca, debido a la textura de los suelos franco, franco arcillo limoso y franco arcillo arenoso, los valores de K no tienen mucha variación, ya que se encuentran en un rango de 0,021 – 0,035%, presentándose los valores más altos de K en la parte media de la cuenca, donde se realizan cultivos anuales, que representa el efecto y facilidad de las propiedades del suelo a ser desprendido por el salpicamiento durante la lluvia o por flujo superficial, las pérdidas de suelo según las características del perfil se refiere a la porción de arena fina, materia orgánica, permeabilidad y estructura que son parámetros muy importantes para el perfil del suelo.

En la Tabla 15, se representan los porcentajes de arena, materia orgánica y los rangos de erodabilidad, obtenidos en los suelos.

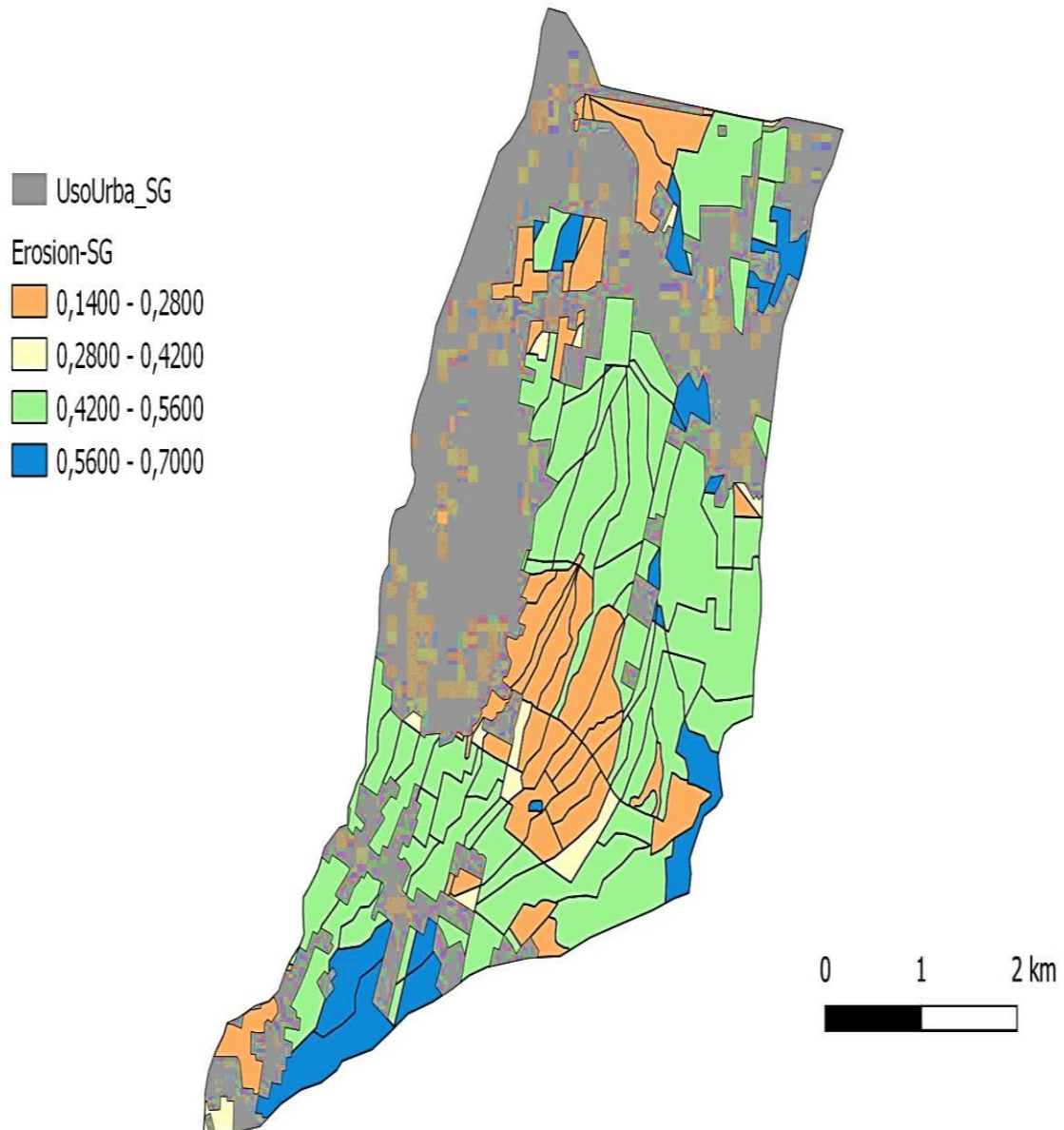
Tabla 15: Erodabilidad del suelo

Puntos	Serie de suelo	%Arena	%Materia Orgánica	Rango de erodabilidad
SG-1	Zambrano	5,00	1,9	0,035
SG-2	Las mercedes	5,00	3,1	0,021-0,029
SG-3	Las mercedes	5,00	1,9	0,021-0,029
SG-4	Nejapa	5,00	1,1	0,026-0,035
SG-5	Esquipulas	5,00	3.5	0,021-0,035

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Mapa de factor prácticas de conservación del suelo P.

Factor Practicas de Control de Erosion P Microcuenca del Cauce de Sabana Grande



Fuente: Elaboración propia.

Prácticas de Conservación del suelo:

En la figura 16 muestra los valores de P que representa un rango de 0,3 – 0,25%, en la zona de estudio, estos valores son menores de 1, atribuyéndose que se emplean algunas prácticas empíricas, entre ellas, la incorporación de los rastrojos de cosechas para facilitar la mezcla de cobertura que sirva de abono o enmienda para áreas reducidas de cultivos anuales donde practican rotación de cultivos y asociados de cultivos. Si fuese el caso de que P es igual a 1, significa que no son suficientes las prácticas que se realizan en aquellas parcelas que tienen áreas de cultivos anuales y otros usos del suelo. Es importante recalcar que el suelo es un recurso natural limitado y no renovable, sin embargo, las practicas agronómicas inadecuadas, la intensificación de su uso ha causado el aumento en la población, el cambio climático y la erosión van degradando cada vez más la tierra que cultivamos por lo que es fundamental la preservación del suelo y buscar soluciones que le permitan a los productores hacer un uso eficiente del suelo.

En la Tabla 16, se confirma los rangos de práctica de conservación de suelo de cada uno de los puntos.

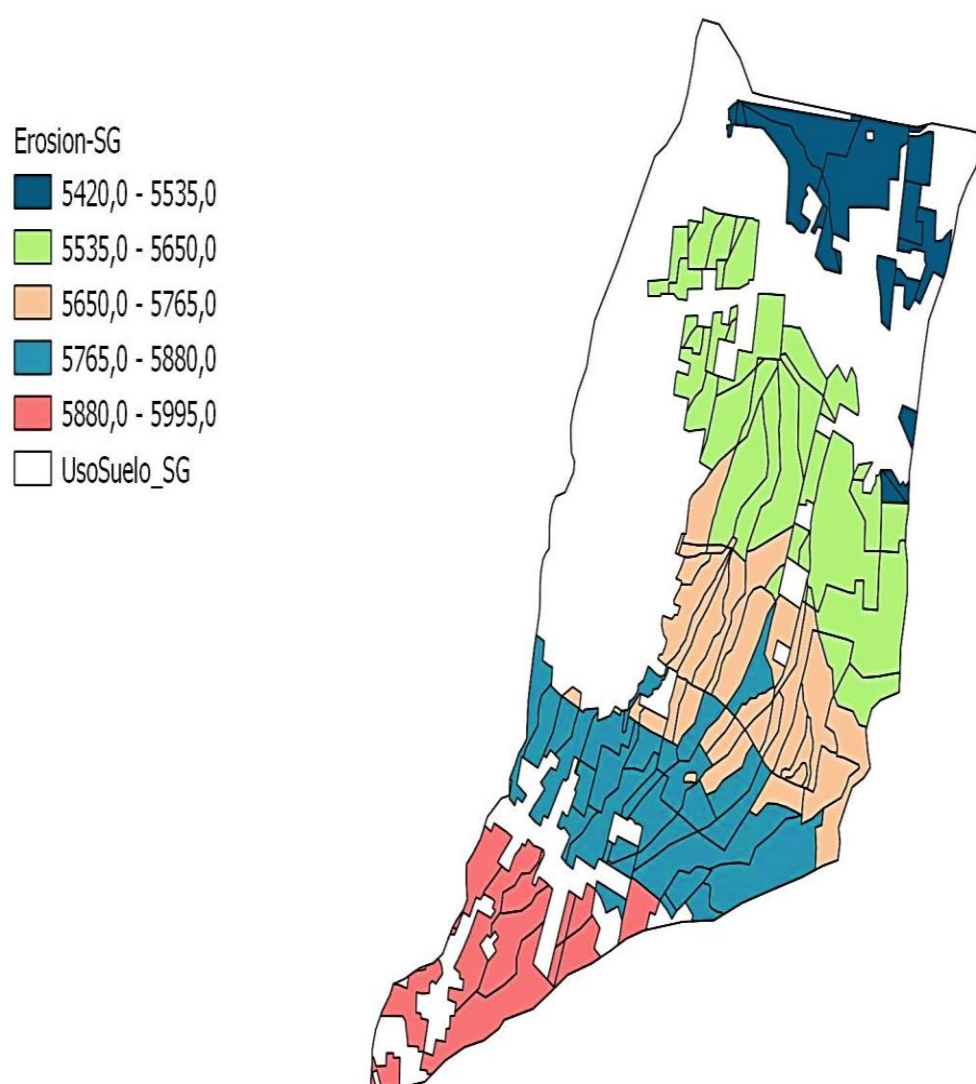
Tabla 16: prácticas de conservación de suelo.

Puntos	Series de suelo	Tipos de cobertura	Rango de practicas
SG-1	Zambrano	Cultivos Anuales	0,14-0,28
SG-2	Las mercedes	Cultivos Anuales	0,42-0,56
SG-3	Las mercedes	Cultivos Anuales	0,42-0,56
SG-4	Nejapa	Cultivos Anuales	0,42-0,56
SG-5	Esquipulas	Cultivos Anuales	0,42-0,56

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17: Mapa factor erosividad de la lluvia R.

Factor Erosividad de la Lluvia R (MJ/ha año x mm/ h)
Microcuenca del Cauce Sabana Grande



Fuente: Elaboración propia.

Factor Erosividad de la lluvia R:

La figura 17 muestra el factor R con un rango entre sus curvas de igual valor de 5400 – 6000 para la microcuenca, los menores valores anuales de R se presentan en la parte baja de la microcuenca, y los más altos en la parte media y alta de la microcuenca, que destaca la elevada variabilidad de las precipitaciones y las pérdidas de suelos provocados por la erosión en el tiempo. Esto representa la agresividad de la lluvia sobre el suelo lo que simboliza con que las gotas de lluvia impactan el suelo a determinada intensidad para romper los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable, en este sentido la precipitación constituye el agente de proceso de erosión que desencadena aceleradamente inadecuados uso y manejo, lo que reduce la capacidad productiva del suelo.

En la Tabla 17, se comprueba el rango de erosividad en los diferentes puntos de la microcuenca.

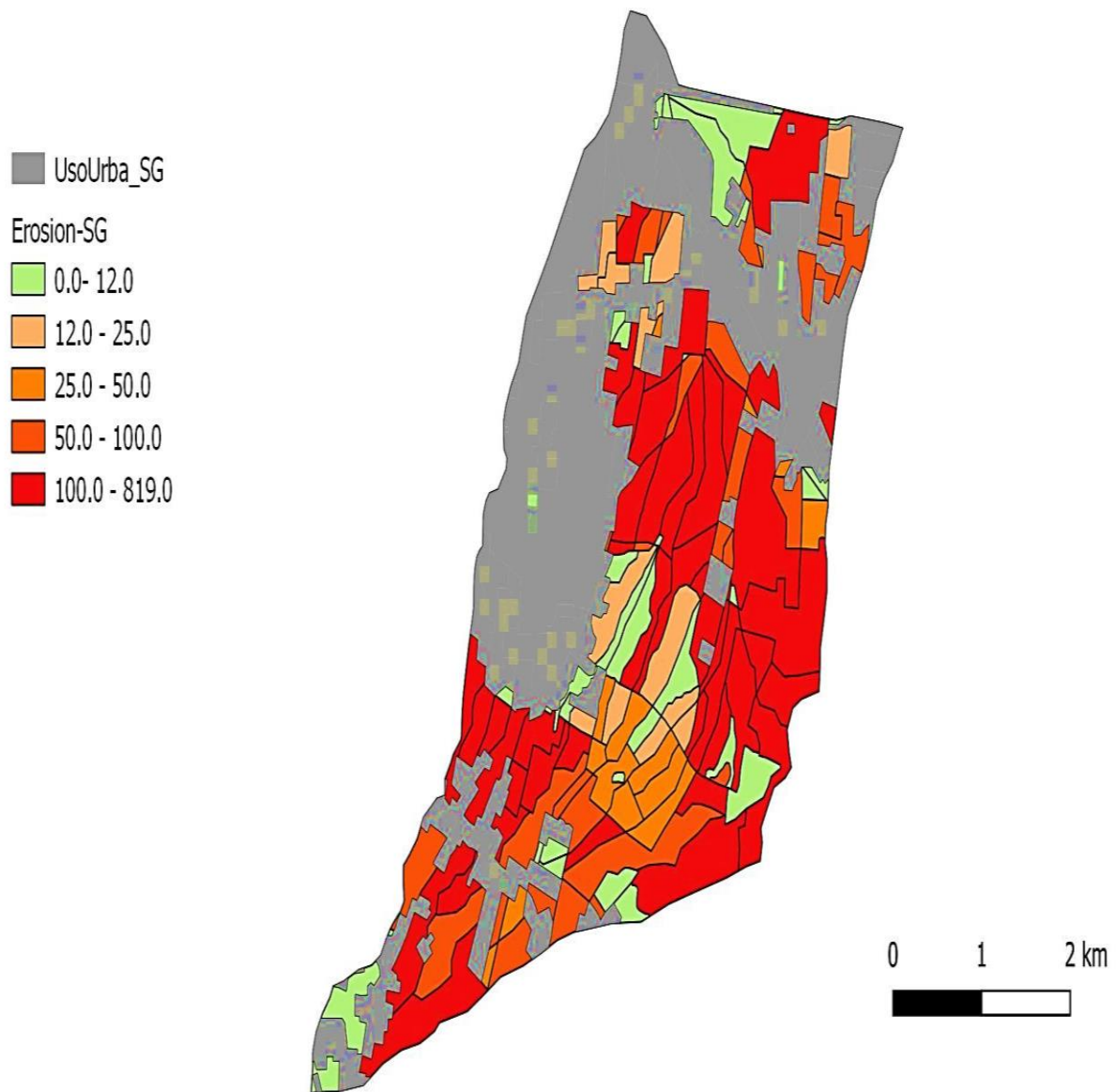
Tabla 17: erosividad de la lluvia.

Puntos	Series de suelo	Rango de erosividad
SG-1	Zambrano	5650-5765
SG-2	Las mercedes	5535-5650
SG-3	Las mercedes	5535-5650
SG-4	Nejapa	5880-5995
SG-5	Esquipulas	5765-5880

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18: Mapa de erosión hídrica A.

Erosion Hidrica A (Ton/ha-año)
Microcuenca del Cauce de Sabana Grande



Fuente: Elaboración propia.

Erosión anual en la cuenca A:

La figura 18 muestra los valores de la erosión anual en la microcuenca, los menores valores anuales de A (0,7 – 12 ton/ha/año), se presentan en aquellos sitios con cobertura de vegetación natural tales como tacotales, matorrales y bosque latifoliado ralo, en cambio, los valores más altos (12 – 819 ton/ha/año), se presentan en las zonas de cultivos anuales, en la parte media de la cuenca. El valor A, en estas áreas resultó mayor de 12Ton/ha/año. En las áreas con mayores pérdidas de suelo están relacionadas al uso de suelo y la pendiente, lo que provoca grandes consecuencias por las malas prácticas agrícolas y la falta de conservación de suelos en ciertas partes de la comarca Las Mercedes, Zambrano, Esquipulas y Nejapa.

En la tabla 18, se indica los rangos de erosión, cobertura y manejo en las zonas estudiadas en la microcuenca.

Tabla 18: Erosión Hídrica.

Puntos	Series de suelo	Rango de erosión	Tipos de cobertura	Manejo Inadecuado
SG-1	Zambrano	100-819	Cultivos Anuales	
SG-2	Las mercedes	50-100	vegetación natural	
SG-3	Las mercedes	50-100	vegetación natural	Malas prácticas agrícolas y falta de conservación
SG-4	Nejapa	100-819	Cultivos Anuales	
SG-5	Esquipulas	12-819	Cultivos Anuales	

Fuente: Elaboración propia.

IX.CONCLUSIONES

1. Se caracterizaron los tipos de suelos de la zona de estudio como franco arcillo arenoso, franco arcillo limosos y francos. El uso de suelos presenta pocas prácticas de conservación; como asociados y rotación de cultivos y aplicación de la materia orgánica, su actividad principal es agrícola destacándose los cultivos de frijol, sorgo, maíz, maní, yuca, áreas de vegetación natural como matorrales, tacotales y pastos.
2. La pluviometría de la zona de estudio indica que las mayores alturas de precipitación ocurren en la parte alta, debido al rango que presentan sus pendientes (0 a 10 %) por lo tanto, hay mayores índices de erosividad de la lluvia, relacionando que la textura determinada es susceptible a la erosión hídrica del suelo de la zona.
3. Las pérdidas de suelos provocada por la erosión hídrica superficial aplicando el método RUSLE, exceden a las 12 Ton/ (ha-año), ubicando dichas zona a la actividad agrícola, aceptando la hipótesis de investigación, que señala “La actividad agrícola en la microcuenca del cauce Sabana Grande provoca tasas de erosión hídrica superficial mayores de 12 Ton/ (ha-año)”, superando la tasa de erosión establecida, que según INETER-COSUDE, representa una intensidad de amenaza media.

X. RECOMENDACIONES

1. Para estudios futuros sobre erosión hídrica en la zona de estudio, incorporar propuesta de prácticas de conservación de suelos y con base a la experiencia recopilada , mejorar las actuales practicas encontradas tales como: aplicación de materia orgánica, rotación de cultivos y cultivos a contorno.
2. Promover un mayor número de estudios de investigación en erosión hídrica en la zona para obtener valores comparativos, usando la metodología RUSLE y diferentes softwares SIG.

XI.BIBLIOGRAFIA

- Arroyo, I. (1999). La tecnologia de los sistemas de informacion geografica en el uso de la tierra. San Lorenzo, Costa Rica.
- Boshier, D. (2004). Materia Organica.
- Brayan. (23 de febrero de 2016). densidad del suelo.
- Calderon, B. L.-B. (2013). evaluacion del estado actual de los suelos en los municipios de villanueva y chinandega en base a sus caracteristicas fisicas y quimicas. en el periodo comprendido entre junio del 2012-julio del 2013 . Leon-Nicaragua.
- Calderon, L. A. (2013). evaluacion del estado actual de los suelos en los municipios de villanueva y chinandega en base a sus caracteristicas fisicas y quimicas. en el periodo entre junio del 2012-julio 2013. Leon,Niaragua.
- Calderon, L. A. (2013). Evaluacion del estado actual de los suelos en los municipios de villanueva y chinandega en base asus caracteristicas fisicas y quimicas. . Leon Nicaragua.
- Carrasco. (1981). Granulometria.
- Gavande, S. A. (1991). Textura del suelo.
- Gomez, F. (2015). Efectividad de obras de conservacion de suelos implementadas en la finca la milagrosa, municipio de camoapa, Boaco 2014. Boaco, Nicaragua .
- INETER. (2005). Erosion Hidrico.
- Julieta, D. A. (2016). Evaluacion del riesgo de erosion hidrica, su distribucion espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrografica del Rio Tunuyan superior(Mendoza). Mendoza, Argentina.

- Lince, I. &. (2015). Erosividad de la lluvia en la zona cafetera del Quindio. Quindio,colombia : cenicafe .
- Marcelo Ariel Uva, O. c. (s.f.). AP-SIG: Un SIG con funciones especificas para Agricultura de precision. .
- Mendoza, R. (26 de Mayo de 2016). Suelos de Nicaragua son para tener bosques. La prensa. S.A. Todos los derechos reservados.
- MENDOZA., O. A. (2010). Caracterizacion del estado actual de los suelos del departamento de leon, en base a sus características físicas y sistema de produccion. En el periodo Abril 2009 a Junio 2010. Leon, NICARAGUA.
- Milan, J. (14 de febrero de 2017). Nicaragua: preparan mapa de fertilidad de suelos. el nuevo diario.
- Monografias plus - Ejemplos de tareas, ensayos y trabajos de investigacion. (s.f.).
- Nachtergaele, F. (2015). Estado Mundial del recurso suelo (FAO). Roma,Italia.
- Navarro, S. (2012). Tipos de suelos en Nicaragua,Química y formación de suelos. Managua, Nicaragua.
- Perez. (2018). Implicaciones ambientales de las pérdidas de suelo a causa de los fuertes aguaceros en nicaragua. Managua, Nicaragua.: CORES Consultores GeoAmbientales.
- Perez, D. C. (31 de marzo de 2016). las tolvaneras de leon y riesgos a la salud. Confidencial.
- Pérez, J. &. (2015). Analisis comparativo de la evolucion de la erosividad de la lluvia en la cuenca del Guadalupe. IV jornada de ingeniería del agua "La precipitación y los procesos erosivos". cordoba,España.
- QGIS Training Manual version 3.4. (2019). QGIS Project.
- QUE ES ArcGIS. (s.f.). ArcGIS Resources.
- Renard. (1997). Erosion en microcuenca. Nexo.

- REYES MENDOZA, O. A. (2010). Características del estado actual de los suelos del departamento de Leon, en base a sus características físicas y sistema de producción. En el periodo Abril 2009 a Junio 2010. Leon, NICARAGUA.
- Reyes, O. (2010). caracterización del estado actual de los suelos del departamento de Leon, en base a sus características físicas y sistemas de producción. Leon, Nicaragua.
- Salazar. (2012). Erosión Hidrica.
- Santiago. (23 de julio de 2007). Nicaragua: Clima y vegetación. geografía.
- Suarez, M. (2010). Suelo.
- Umaña, E. (2003). Impactos del cambio climático sobre sistemas agrarios medio ambiente. Managua.
- USDA. (s.f.). Apariencia de los suelos franco arenosos arcillosos, franco y franco limoso. USDA.
- Wischmeier. (1978). Erosión Hidrica.
- Wischmeier, W. &. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Agricultural Handbook 537. Washington : Department of Agriculture, USDA.

ANEXO

Anexo 1: Código de estructura del suelo para el valor de (s).

Estructura			
Grado	Forma	Tamaño	Código
Sin estructura		Muy fina	4
Débil	Granular	Media	3
	Bloques angulares	Media	3
		Muy fina	1
Moderada	Granular	Fina	2
		Media	2
	Bloques angulares	Muy fina	2
		Media	2
	Bloques angulares		2
Fuerte	Granular		2
	Bloques angulares		2

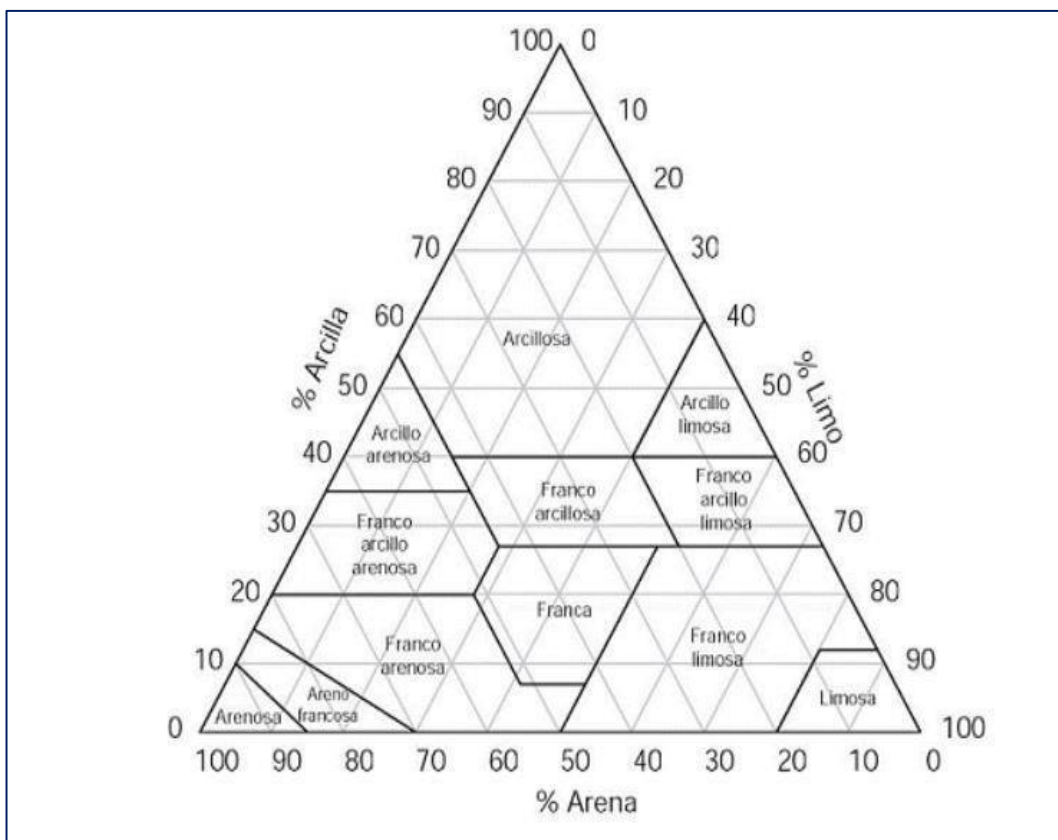
Fuente: (USDA, 1983).

Anexo 2: Código de permeabilidad del suelo para el valor de (P).

Permeabilidad		
Textura	Clase de permeabilidad	Código
Franco arenosa	Medianamente rápida	2
Franco limosa		
Franco arcillo limosa	Moderada	3
Franco arcillo arenosa		
Franco arcillosa	Moderadamente lenta	4
Arcillosa	Lenta	5

Fuente: (USDA, 1983).

Anexo 3: Triangulo de textura para la determinar la clasificación de suelos.



Fuente: (FAO, 2003).

Anexo 4: Tabla del porcentaje de capacidad de campo.

Capacidad de campo % de volumen	Evaluación
< 20	Baja
20-40	Media
40-55	Alta
> 55	Muy alta

Fuente: (FAO, 2003).

Anexo 5: Tabla del porcentaje de porosidad.

	Evaluación	Porosidad % de volumen
1	Muy alta	> 65
2	Alta	55-65
3	Media	45-55
4	Baja	40-45
5	Muy baja	< 40

Fuente: (Suarez, 2010).

Anexo 6: Tabla del porcentaje de punto de marchitez.

Punto de Marchitez	% Hbss	Clasificación
	< 9.2	Baja
	9.2 - 24.5	Media
	24.5 - 45.8	Alta
	> 45.8	Muy Alta

Fuente: (Suarez, 2010).

Anexo 7: Tabla del porcentaje de densidad real.

Densidad Real gr/cm ³	Evaluación
< 2.40	bajo
2.40 – 2.60	medio
2.60 – 2.80	alto
> 2.80	Muy alto

Fuente: (Suarez, 2010).

Anexo 8: Tabla del porcentaje de densidad aparente.

Evaluación	Gr/cm ³
Muy baja	< 1.0
Baja	1.0-1.2
Media	1.2 – 1.45
Alta	1.45 – 1.60
Muy alta	> 1.60

Fuente: (Suarez, 2010).

Anexo 9: Tabla del porcentaje de textura.

Material	Textura de suelos
Arena	1 - 5
Franco arenoso	5 - 10
Franco	5 - 15
Franco arcilloso	15 - 30
Arcilloso	> 30

Fuente: (Suarez, 2010).

Anexo 10: Tabla del porcentaje de materia orgánica.

Contenido	Categoría	Puntuación
< 1.0	bajo	0
1.0 – 3.0	medio	1
> 3.0	alto	2

Fuente: (Suarez, 2010).

Anexo 11: Datos base de precipitaciones anuales.

Precipitación Anual (mm/año)					
Año	Aeropuerto (ACS)	RURD	SAIMSA	MASAYA	LA PRIMAVERA
2001	862	1093	871	1320	1061
2002	1225	1163	1158	1154	1665
2003	1230	1061	1180	1658	1246
2004	819	872	791	1171	1388
2005	1395	1554	1324	1812	2315
2006	683	838	662	997	995
2007	1412	1369	1344	1475	1495
2008	1440	1684	1361	1960	1861
2009	796	875	771	1303	925
2010	1776	1643	1676	2015	1763
2011	1570	1471	1490	1724	1846
2012	1126	1078	1076	1246	1027
2013	1070	1063	1023	1344	1249
2014	826	837	798	1136	1085
2015	814	853	787	1079	1025
PROMEDIO	1136	1164	1088	1426	1387

Fuente: (INETER, 2005).