



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y
DEL AMBIENTE

**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

Trabajo de graduación

**Generar un índice de riesgo a degradación de
suelos en la microcuenca Las Canoas en San Juan
de Cinco Pinos y San Pedro de Potrero Grande,
Chinandega 2019-2020**

AUTORES:

Br. Joseline Patricia Torres Cruz

Br. Luis Alfonso Orozco Miranda

ASESORES:

Ing. MSc. Reynaldo Bismarck Mendoza

Ing. Mp. Álvaro Martínez Gadea

Managua, Nicaragua

Julio, 2020



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y
DEL AMBIENTE

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Generar un índice de riesgo a degradación de suelos en
la microcuenca Las Canoas en San Juan de Cinco
Pinos y San Pedro de Potrero Grande, Chinandega
2019-2020

AUTORES:

Br. Joseline Patricia Torres Cruz

Br. Luis Alfonso Orozco Miranda

ASESORES:

Ing. MSc. Reynaldo Bismarck Mendoza

Ing. Mp. Álvaro Martínez Gadea

Managua, Nicaragua

Julio, 2020

HOJA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Tribunal Examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, como requisito parcial para optar al Título Profesional de:

INGENIERO FORESTAL

Miembros del tribunal examinador

Ing. Gerardo Murillo Malespín
Presidente

Ing. Alex Castellón Meyrat
Secretario

Ing. Ariel Cruz Martinez
Vocal

Managua, Nicaragua

Julio, 2020

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	I
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	4
2.1 General:	4
2.2 Específicos:	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1.1 Localización.....	5
3.1.2 Acceso al área de estudio.....	6
3.1.3 Clima del área de estudio	6
3.1.4 Recursos hídricos de la microcuenca Las Canoas	6
3.1.5 Flora y fauna	7
3.1.6 Relieve del área de la microcuenca.....	7
3.1.7 Geología.....	8
3.1.8 Clasificación taxonómica de suelos.....	9
3.1.9 Aptitud de la tierra del Municipio.....	10
3.1.10 Uso actual de suelo	10
3.1.11 Demografía de la microcuenca	11

3.1.12 Actividades económicas en el área	11
3.2 Metodología	13
3.2.2 Revisión y actualización de información edafológica	13
3.2.3 Estimación de la pérdida de suelo.....	13
3.2.4 Estimación de la Capacidad de retención de agua disponible (CRAD).....	16
3.2.5 Estimación de la retención del Carbono orgánico en el suelo (COS).....	18
3.2.6 Generación del índice de degradación de suelos	19
IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	23
4.1 Descripción de suelos a nivel de subgrupos taxonómicos.....	23
4.2 Erosión potencial hídrica	27
4.3 Capacidad de retención de agua disponible en el suelo. (CRAD).....	29
4.4 Carbono orgánico en el suelo	31
4.5 Índice de riesgo para la degradación del suelo	33
V. CONCLUSIONES	36
VI. RECOMENDACIONES.....	37
VII. BIBLIOGRAFIA	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Materiales y equipos utilizados en el estudio de suelos, Las Canoas, 2019-2020	12
Cuadro 2 Datos de propiedades hidrofísicas de suelo inferidos a partir de la textura de suelo. Las Canoas, 2019-2020	17
Cuadro 3 Valores o escala ponderación del CRAD, propuesta para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020	20
Cuadro 4 Valores a escala ponderación de la pérdida de suelos, propuesta para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020	20
Cuadro 5 Valores a escala ponderación del carbono almacenado en el suelo, propuesta para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020	20
Cuadro 6 Asignación de pesos por variables para obtener el valor del índice de degradación de suelos, propuesta para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020	21
Cuadro 7 Propuesta de categorías y leyenda para representar en mapas el Índice de Riesgo de degradación de suelos, propuesta para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua 2019-2020	5
Figura 2. Mapa de Pendiente de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020	8
Figura 3. Mapa Geológico de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020	9
Figura 4. Esquema metodológico, estudio de suelos de la microcuenca Las Canoas, 2019-2020	22
Figura 5. Perfil representativo del suelo Lithic Haplusteps, en la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020	23
Figura 6. Perfil representativo del suelo Lithic Ustorthents en la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020	24

Figura 7. Perfil representativo del suelo Typic Haplusterts en la microcuenca Las canoas, Chinandega, Nicaragua 2019-2020	25
Figura 8. Mapa de suelos a nivel de subgrupo taxonómico, de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020	26
Figura 9. Mapa de uso actual de los suelos de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020	27
Figura 10. Mapa de erosión potencial hídrica de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020	28
Figura 11. Mapa de Capacidad de Retención de Agua Disponible (mm) de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020.....	30
Figura 12. Mapa de almacenamiento de carbono orgánico en el suelo de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020.....	32
Figura 13. Mapa de Índice de Riesgo para la Degradación de Suelo (IRDS), de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Propiedades físicas de los suelos de la microcuenca Las Canoas, 2019-2020	41
Anexo 2 Estimación de la capacidad de retención de agua disponible (CRAD), microcuenca Las Canoas, 2019-2020.....	42
Anexo 3 Valores intervalos de CRAD para los régimen de humedad de suelo; ústico, xérico y arídico, asociados a la clase textural del suelo.	43
Anexo 4 Escala interpretativa de la capacidad de agua retenida, USDA 1983.....	43
Anexo 5 Estimación de Carbono orgánico (CO), microcuenca Las Canoas, 2019-2020	44
Anexo 6 Para la obtención de los rangos de erosión se utilizó la tabla de erosión laminar de acuerdo con las pérdidas de suelo propuestas por la FAO (1980).....	44
Anexo 7 Calculo de los factores de la ecuación universal para la pérdida de suelo, aplicada para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020	45

Anexo 8 Tablas de valores de P citadas por Jung et al (sf), asociada a los tipos de cobertura. Microcuenca Las Canoas 2019-2020	46
--	----

DEDICATORIA

Mi trabajo de investigación se lo dedico primeramente a Dios, por permitirme llegar hasta esta etapa tan importante de mi vida que es la culminación de mi carrera universitaria y por darme la sabiduría y la paciencia durante toda mi carrera.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por instruirme con valores y principios que me han permitido ser una persona de bien y así llegar a esta nueva etapa de mi vida. En especial se la dedico a mi Hermana, por ser ella mi motivación de salir adelante.

Joseline Torres Cruz

DEDICATORIA

Este trabajo investigativo se lo dedico primeramente a Dios por haberme dado la fuerza y la sabiduría para cumplir esta meta tan importante en mi vida, ya que a pesar de las distintas dificultades que se me presentaron, él siempre me ayudo a no dejar de creer en que todo en esta vida es posible si perseveramos hasta el final, manteniendo siempre claros los objetivos a los que deseamos llegar.

A mi Madre (Marta Miranda) por su apoyo incondicional, sus buenos consejos, por dedicarme su tiempo y sus buenos deseos en todo momento, los cuales me han hecho crecer como persona y como profesional en todo el transcurso de mi vida, a mi abuelo (Erasmus Orozco) que a pesar de que ya pasó a una mejor vida allá en el cielo siempre me apoyo y estuvo atento de mí en todo momento para que yo pudiera seguir por el buen camino y así lograr cumplir este objetivo tan importante como es la culminación de mi Carrera universitaria.

A toda mi familia en general que siempre creyeron y estuvieron al pendiente de mi desarrollo profesional deseándome sus Buenos deseos y consejos para que yo pudiera desarrollarme hasta donde estoy hoy en día.

A mi compañera Joseline Torres por ser una Buena amiga y compañera de tesis en todo momento, la cual gracias a su esfuerzo hizo posible la realización de este trabajo.

Luis A. Orozco Miranda

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios que todo lo puede por prestarnos vida y lograr concluir con este trabajo, a nuestros padres por siempre apoyarnos y darnos consejos para seguir adelante y no darnos por vencidos con este trabajo de investigación.

Le agradecemos a nuestros asesores Álvaro Martínez Gadea y Reynaldo Bismarck Mendoza por sus apoyos y compromisos incondicionales durante este trabajo investigativo de graduación.

Al proyecto “Gestión de Riesgo para la adaptación al cambio climático en la subcuenca Rio Gallo”, por darnos la oportunidad de hacer esta investigación. Por facilitar las herramientas necesarias para realizar el proceso de clasificación y estudio de suelos en la microcuenca Las Canoas.

Agradecemos de manera especial al proyecto Catholic Relief Services (CRS), por brindarnos parte del apoyo del apoyo logístico para la finalización de este proyecto de investigación.

A los docentes del departamento de Cuencas Hidrográficas de la Universidad Nacional Agraria, al Ing. Alex Castellón Meyrat, Ing. Luis Tercero, Dr. Fernando Jara e Ing. Mario Gutiérrez por sus disposiciones a consultas, sugerencias para bien y por el apoyo técnico-científico durante este trabajo.

A todos los docentes en general de la universidad que de alguna manera contribuyeron en nuestro aprendizaje, ya que nos enseñaron las distintas ramas de las ciencias necesarias para poder hoy ser ingenieros forestales.

Joseline Torres Cruz

Luis A. Orozco Miranda

RESUMEN

Con el propósito de desarrollar un índice de degradación de suelos para la microcuenca Las Canoas, se estimó el porcentaje de carbono orgánico almacenado en el en el suelo (COS), la capacidad de retención de agua disponible para las plantas (CRAD) y la erosión potencial, obtenida del modelo de la ecuación universal de pérdida de suelos (EUPS). Los métodos aplicados fueron; la descripción taxonómica de suelos, toma muestras de suelo para carbono, CRAD y la estimación de los factores in situ que afectan la erosión potencial según la EUPS. Como resultados, los suelos que almacenaron mayor carbono orgánico en la superficie fueron los Inceptisol (30.81 ton ha⁻¹), seguido por Vertisoles. La mayor CRAD se encontró en los suelos Inceptisoles, por presentar mayor desarrollo. La erosión potencial estimada fue clasificada de moderada a grave (de 25 y más de 50 ton ha⁻¹), y es afectada por la conversión de uso de bosque a zonas agrícolas y pasturas en las áreas de laderas con pendientes mayores de 40%, donde predominan suelos superficiales (Entisol). Finalmente, la microcuenca presenta un índice de riesgo a la degradación alto en zonas escarpadas y de suelos superficiales (31.37% de la microcuenca). Lo cual constituye una fuerte amenaza para los suelos Inceptisoles y para las áreas donde se conserva una cobertura arbórea permanente.

Palabras claves: Índice de degradación de suelos, carbono en el suelo, retención de agua, erosión potencial de suelo.

ABSTRACT

In order to develop a soil degradation index for the Las Canoas micro-basin, the percentage of organic carbon stored in the soil (COS), the water retention capacity available for plants (WRCA) and soil erosion were estimated from the model of the universal soil loss equation (USLE). The methods applied were; the soil taxonomic description, soil samples take for carbon, WRCA, and the estimation of the in situ factors that affect the potential soil erosion according to the USLE. As results, the soils that stored the highest organic carbon on the surface were Inceptisol (30.81 ton ha⁻¹), followed by Vertisols. The highest CRAD was found in the Inceptisols soils, as they presented greater development. The estimated potential erosion was classified as moderate to severe (25 and more than 50 ton ha⁻¹), and is affected by the conversion of forest use to agricultural areas and pastures in the hillside areas with slopes greater than 40%, where surface soils (Entisol) predominate. Finally, the micro-basin presents a high risk index for degradation in steep areas and surface soils (31.37% of the micro-basin). Which constitutes a strong threat to Inceptisols soils and to areas where permanent tree cover is conserved.

Key words: Soil degradation Index, soil carbon, water retention, potential soil erosion.

I. INTRODUCCIÓN

Los suelos minerales con mayor predominio o cobertura en Nicaragua, y clasificados taxonómicamente son: Ultisoles (44.77%), Alfisoles (16.37%), Entisoles (13.18%), Molisoles (12.64%), Inceptisoles (4.82%), Vertisoles (4.33%), Andisoles (2.75%), y Oxisoles (0.50%). Adicionalmente, los suelos Histosoles de origen orgánico en condiciones saturadas representan un 0.15% de la cobertura nacional, según el mapa de suelos de Nicaragua (INETER 2015). Algunos de estos suelos son originados de cenizas volcánicas, (Andisoles, Inceptisoles, Alfisoles, Molisoles) o formados bajo condiciones hidromórficas (Vertisoles). Estos suelos se encuentran sobre los más importantes acuíferos del país (zona del pacífico de Nicaragua). En la microcuenca Las Canoas los órdenes de suelos que prevalecen son los inceptisoles, los entisoles y los vertisoles, unos en mayores cantidades que los otros, los cuales actualmente son utilizados para distintos usos sin las medidas conservacionistas necesarias que permitan darle un uso sostenido a este recurso.

Según el informe de suelos de INETER, (2015), el mayor potencial de uso de los suelos de Nicaragua lo representa; forestales y sistemas agroforestales (33.83%), seguido por sistemas silvopastoriles (20.33%), y únicamente un 6.93%, del territorio nacional, presenta potencial o vocación para la agricultura intensiva. Sin embargo, es preocupante que un 39.17% del territorio nacional se encuentra en alto riesgo a la degradación por estar sobre utilizados. Mapa de suelos INETER 2015.

El suelo ofrece varios servicios ambientales, los cuales son indispensables en los procesos naturales del ambiente, tales como: captura de carbono, infiltración de agua, producción de materia orgánica, actividades biológicas de la micro fauna, almacenamiento de partículas y minerales, etc. El carbono orgánico del suelo (COS) es el carbono que permanece en el suelo después de la descomposición parcial de cualquier material producido por organismos vivos.

El COS es el componente principal de la materia orgánica del suelo (MOS) y, como tal, constituye el combustible de cualquier suelo, ya que permite una mejor fertilidad y mejora las propiedades físicas del mismo, a su vez implementando un manejo adecuado de suelo con enfoques conservacionistas, permitirá reducir los riesgos de erosión hídrica y degradación de los ecosistemas.

La MOS contribuye a funciones clave del suelo, ya que es fundamental para la estabilización de la estructura del suelo, la retención y liberación de nutrientes vegetales, y mejora la porosidad y como efecto mejora la infiltración, almacenamiento de agua y retención de humedad en el suelo. Por lo tanto, es esencial para garantizar la salud del suelo, la fertilidad y la producción de alimentos. La pérdida de COS indica un cierto grado de degradación del suelo.

La retención de agua en el suelo es una propiedad básica necesaria para el estudio de agua disponible para la planta, infiltración, drenaje y estrés hídrico sobre las plantas, al igual que el movimiento de solutos. Así mismo la pérdida de suelo es un proceso que afecta de manera directa la salud de este recurso, resultando en una disminución de la oferta para los ecosistemas (Sancho, 1999).

La pérdida de suelo, así mismo su mejoramiento es cambiante temporalmente y espacialmente en función de su uso. Los suelos degradados no pueden proporcionar los bienes y servicios ambientales necesarios, pero la implementación de obras de conservación de suelos y aguas ha mejorado la calidad del recurso permitiendo un amortiguamiento en cuanto a la pérdida y degradación de este recurso.

Esta investigación permitió desarrollar un índice de riesgo de degradación de suelos, esto con el fin de generar información sobre la capacidad de retención de agua disponible (CRAD), carbono orgánico del suelo (COS) y el potencial de erosión hídrica. Además, en base a la información generada se pretende identificar un índice de riesgo para la degradación del suelo en la microcuenca Las Canoas, ubicada en los municipios de San Juan de Cinco Pinos y San Pedro de Potrero Grande, en el departamento de Chinandega, reconociendo el estado actual y las afectaciones que ha sufrido la microcuenca con el tiempo.

El propósito de la realización de este trabajo es poder desarrollar un índice de riesgo de degradación del suelo en la microcuenca Las Canoas, esto con el fin de proponer alternativas que permitan mitigar un poco los problemas de riesgo de degradación del área y así lograr un equilibrio ambiental en la zona con el tiempo.

La información generada facilitara la toma de las decisiones a los productores dueños de fincas productivas dentro de la microcuenca, ya que al momento de implementar sus

diferentes actividades productivas podrán tomar en cuenta, la cantidad de agua posible que retienen sus suelos, la disponibilidad de carbono almacenado, y el potencial de riesgo a ser erosionados dichos suelos. Estos parámetros, de alguna manera pueden incidir en el método de siembra a seleccionar, las enmiendas a utilizar, y las medidas de mitigación que deben acompañar a toda actividad agrícola productiva para prevenir erosión y degradación.

Esta investigación también servirá de base para futuras investigaciones relacionadas a riesgos erosivos en la microcuenca ya que se brindará información sobre el estado actual del área y sus cambios y deterioros que ha venido sufriendo de acuerdo al uso que se le ha venido dando hasta hoy en día.

II. OBJETIVOS

2.1 General:

- Determinar un índice de riesgo de degradación del suelo en la microcuenca Las Canoas, en San Juan de Cinco Pinos y San Pedro de Potrero Grande, Departamento de Chinandega 2019-2020.

2.2 Específicos:

- Estimar la tasa de erosión hídrica potencial de los suelos de la Microcuenca Las Canoas, a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).
- Estimar la capacidad de retención de agua disponible en los suelos, considerando las propiedades de cada orden taxonómico.
- Cuantificar el carbono orgánico capturado en los órdenes de suelos encontrados en la microcuenca Las Canoas.
- Construir un índice de riesgo de degradación de suelos a partir de factores que condicionan la calidad del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Localización

La microcuenca Las Canoas tiene un área de 24.78 km² y se encuentran ubicada entre los municipios de San Juan de Cinco Pinos y San Pedro de Potrero Grande, en las coordenadas 13°16'00" latitud N y 86°53'00" longitud O, San Pedro de Potrero Grande y en San Juan de Cinco Pinos entre 13°13'00" latitud N 86°56' 00" longitud O.

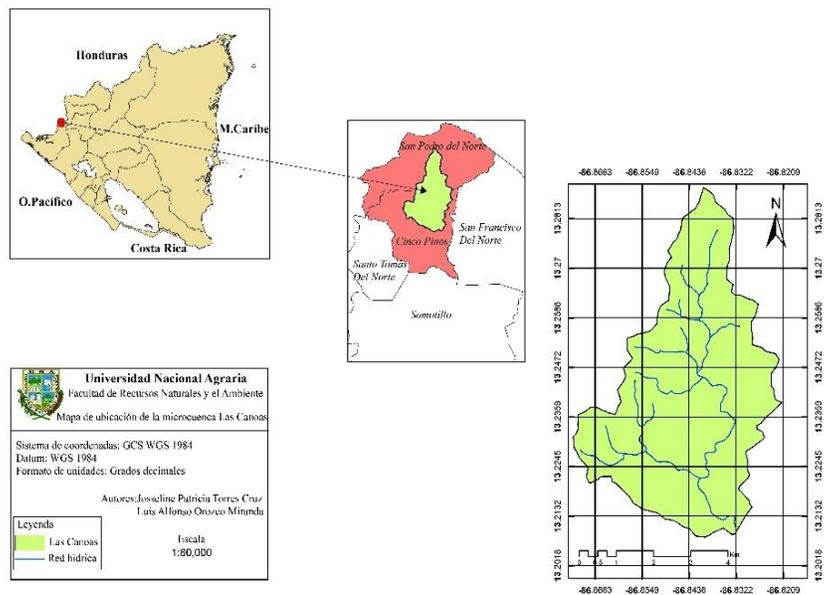


Figura 1. Mapa de localización de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua 2019-2020

3.1.2 Acceso al área de estudio

El área de estudio se caracteriza por ser de fácil acceso, ambos municipios en la microcuenca “Las Canoas” cuentan con carreteras y caminos de todo tiempo para transitar. San Juan de Cinco Pinos está conectado con el municipio de Somotillo por una carretera pavimentada y esta viene desde la cabecera departamental (Chinandega), con una longitud de 97 km y 229 km de la ciudad capital Managua.

El municipio de San Pedro de Potrero Grande, tiene acceso de todo tiempo desde el pueblo de Cinco Pinos, y la ciudad de Somotillo, así mismo La microcuenca Las Canoas presenta caminos transitables todo el tiempo. (ECURED) (s.f)

3.1.3 Clima del área de estudio

El clima de la microcuenca presenta un clima tropical seco con una temperatura media de 28°C, se caracteriza por presentar una precipitación media anual entre 1400 y 1600 mm, con una marcada estación seca, de 4 a 6 meses de duración, confinada principalmente de los meses de noviembre a abril. Posee un relieve escarpado característico de la cordillera central. Los terrenos del pueblo se elevan a 400 metros sobre el nivel del mar, (Aviles S. , y otros, 2018)

3.1.4 Recursos hídricos de la microcuenca Las Canoas

La microcuenca Las Canoas está bañada por varios ríos que bajan de las estribaciones sureñas de la Sierra de la Botija, fronteriza con Honduras. Entre ellos El Gallo y El Torondano. Cuenta además con varios ojos de agua diseminados por todo el territorio.

Hoy en día estos cuerpos de agua se han visto afectados por sequias por las actividades del hombre y esto ha provocado déficit hídrico en la zona y actualmente se implementan proyectos hídricos acompañados con obras de conservación de suelo y agua (OCSA) con el fin de que las comunidades que se han visto afectadas por las actividades antes mencionadas puedan mitigar este riesgo. (BVSDE.Nicaragua)

3.1.5 Flora y fauna

Según Montiel, (2013), el área presenta una gran diversidad de flora y fauna, destacándose en su mayoría los bosques latifoliados (Quebracho, Guácimo, Carao, Jagua, Laurel, Guanacaste, Ojoche, Guapinol, Cedro, Caoba, Mora, Hule, entre otros). También en la zona se encuentran pequeños bosques de coníferas (pinos), explotados por los habitantes. En cuanto a la fauna del lugar se pueden encontrar especies tales como (Guardabarranco, Arroceros, Ardillas, Cusucos, Garrobos, Guatusas) entre otras especies silvestres que son aprovechados por las personas del área para distintos fines.

3.1.6 Relieve del área de la microcuenca

El área de la microcuenca Las Canoas presenta en su mayoría zonas accidentadas característico de cordilleras además de pequeños valles. El lugar presenta una elevación aproximada de 400 msnm. El relieve general del municipio es abrupto, y las alturas se incrementan conforme se avanza de Sur a Norte, volviendo el relieve más abrupto aún. Se puede decir que es la zona de transición entre el Graben de Nicaragua, la región norte y central o zona montañosa del país. (ECURED) (s.f)

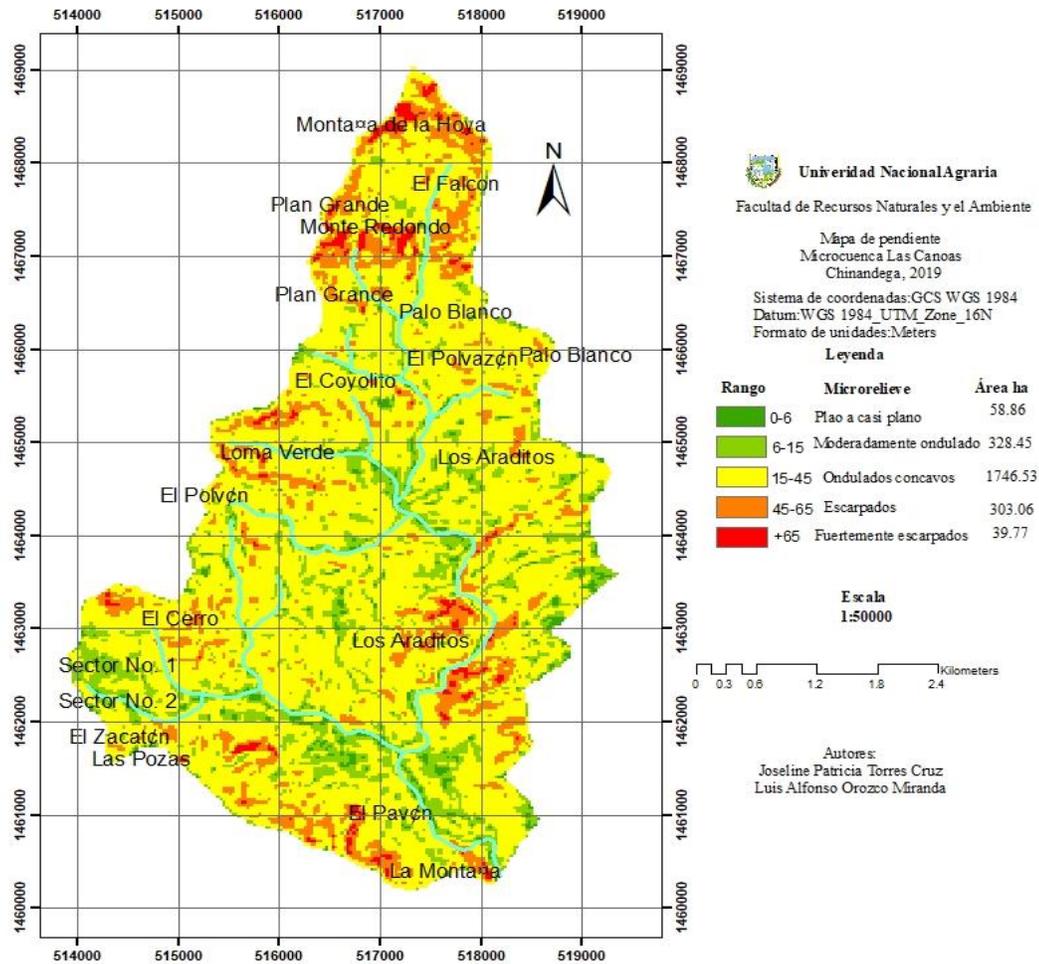


Figura 2. Mapa de Pendiente de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020

3.1.7 Geología

Nicaragua, presenta una geología predominantemente volcánica cuya estratigrafía va desde el Paleozoico Superior hasta el Holoceno. En las regiones Centrales y Norte del país, se notan aun los rasgos de numerosas calderas antiguas (Mioceno) distribuidas aparentemente sin control estructural, siendo la litología dominante, compuestas por rocas básicas y ácidas. En cambio, en la región del Pacífico permanecen intactos numerosos aparatos volcánicos del Pleistoceno orientado en forma de Cordillera de los Mámbo N.O a S.E., siendo la litología dominante, de piroclastos y flujos lávicos. (Castillo E. J., 2017)

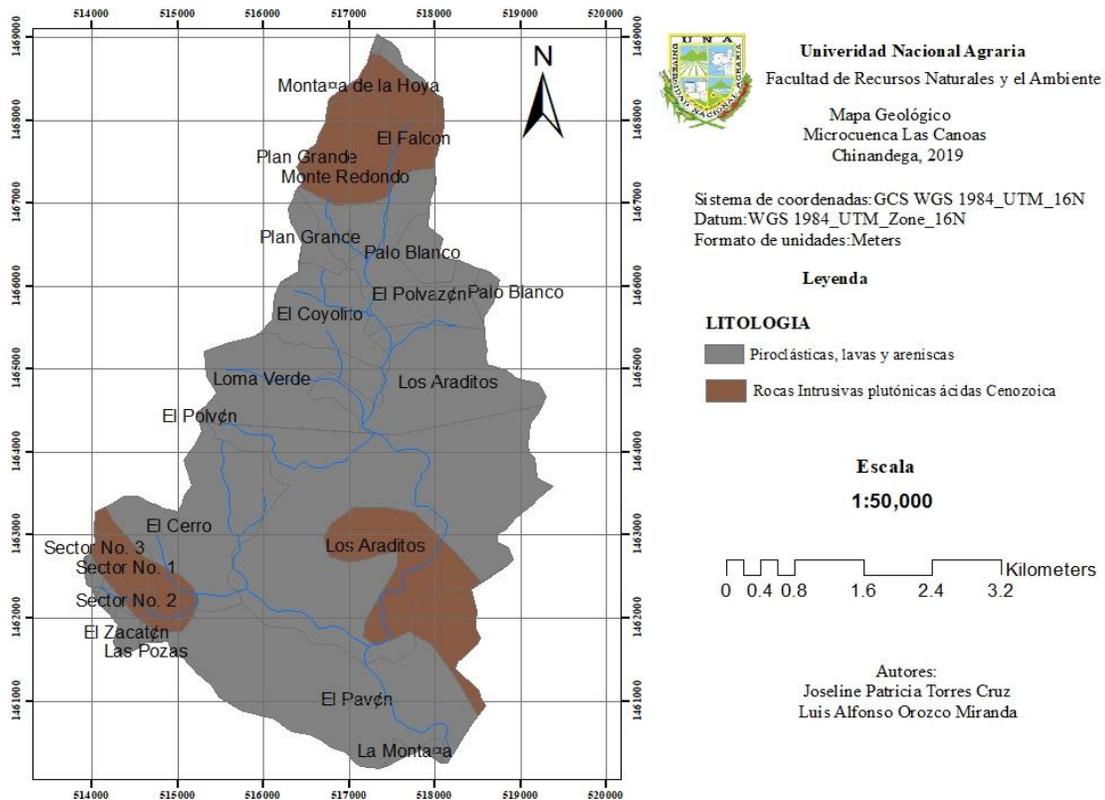


Figura 3. Mapa Geológico de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020

El sitio está ubicado sobre las formaciones Matagalpa y los márgenes del Batolito de Dipilto. La primera compuesta principalmente por tobas riolíticas-dacíticas, por rocas ígneas efusiva andesita basáltica, basalto e ignimbritas. La segunda compuesta principalmente por rocas plutónicas acidas (granodiorita). (Castillo E. J., 2017).

3.1.8 Clasificación taxonómica de suelos

Los suelos de la microcuenca Las Canoas deben su origen y desarrollo a la influencia de factores (El relieve, el clima, vegetación, roca madre, micro fauna y el tiempo) que actúan y se combinan de manera natural y que a su vez actúan sobre el material parental. En esta

Microcuenca se identificaron los siguientes subgrupos taxonómicos: *Lithic Haplusteps*, *Lithic Ustorthents*, y *Typic Haplusterts*.

3.1.9 Aptitud de la tierra del Municipio

En los municipios predominan los suelos de vocación forestal, muy pedregosos de topografía accidentada, 30 a 50% de pendiente, de alta fragilidad y baja capacidad productiva; intervenidos por una alta población rural que en forma natural desarrolla prácticas agrícolas y pecuarias como alternativa de subsistencia, causando deterioro acelerado del bosque, del suelo, y también la explotación irracional de la fauna silvestre, induciendo su degradación.

En la microcuenca Las Canoas predominan suelos de vocación forestal (85%) aunque debido a la necesidad de la población de una forma de subsistencia, actualmente el cambio de uso del suelo de bosques a pasturas y terrenos agrícolas sin medidas de protección al medio ambiente ha provocado que en el área del uso para cultivos de granos básicos como frijol y maíz en cuanto a área este duplicado, lo cual ha traído como efecto una degradación acelerada en el suelo de la zona a través del tiempo.

El área con potencial para cultivos anuales hoy en día se ve reflejado de una manera drástica, cultivándose estos en las partes altas y bajas de la microcuenca sin medidas de protección lo cual trae consigo problemas de abastecimiento hídrico. (BVSDE.Nicaragua)

3.1.10 Uso actual de suelo

La interpretación del uso actual del suelo se realizó mediante imágenes satelitales del programa de Google Earth Pro, para el trabajo de campo. Esta metodología permite hacer una comprobación de campo y obtener una leyenda de los tipos de uso de la tierra presentes en el territorio verificados.

Luego de esto se realizó un mapa preliminar para la comprobación de las áreas que han quedado sin clasificar y se ajusta a los tipos de uso identificados. La comprobación de campo y el levantamiento de puntos GPS de los “Puntos de Verificación” se hicieron acompañado de los técnicos de las unidades ambientales de las alcaldías municipales, este reconocimiento

se realizó con el propósito de determinar el manejo y el uso de las zonas a evaluar. El cual, consistió en la realización de un recorrido en el área de estudio y de esta manera se logró observar la forma del micro relieve, y medir la pendiente. Luego se utilizó el programa de ArcGis, para obtener el mapa de uso actual de la microcuenca, esto con el fin de conocer los principales usos que actualmente presenta el área de estudio.

El mapa de uso actual de suelos de la microcuenca se realizó con el fin de conocer el estado actual del área y verificar los usos más predominantes en el sitio de estudio para determinar de manera general la degradación.

3.1.11 Demografía de la microcuenca

La microcuenca cuenta con una demografía próxima a los 11500 habitantes según en el censo del INIDE. La población total está distribuida regularmente entre las comarcas: El Pavón, Vía Francia, Los Araditos, El Cerro, La Polvazón, Cinco Pinos y San Pedro. (INIDE, 2008)

3.1.12 Actividades económicas en el área

La ganadería y la agricultura, son las principales actividades económica de la microcuenca ocupándose principalmente los suelos para el establecimiento de pasturas con fines ganaderos y también para terrenos agrícolas con el fin de cultivar maíz y frijol que son los principales rubros económicos en el área.

En enero por ejemplo la producción de la leche, en crema, cuajada, queso etc., se da en poca cantidad, y no alcanza siquiera para cubrir las necesidades alimentarias de su población.

El comercio lo constituyen principalmente las pulperías, de manera informal, se comercializa parte de la producción agropecuaria y en la actualidad, la pequeña industria que existente es artesanal, principalmente utilizan la madera del pino para la elaboración de muebles y la hoja para diseñar pequeños adornos. (ECURED) (s.f)

Cuadro 1 Materiales y equipos utilizados en el estudio de suelos, Las Canoas, 2019-2020

Materiales y Equipos		
Pala	Cilindro metálico de (dimensiones)	Clavos
Palín	Balde de plástico	Clinómetro
Barreno	Formatos de campo	Botellas plásticas
Tabla Munsell	Cintas Ph	Plástico negro
Navaja	Agua oxigenada	Machetes
Piocha	Cinta métrica	Bolsas plásticas con etiquetas

3.2 Metodología

3.2.1 Descripción de suelos

Se realizó la descripción de cuatro perfiles de suelos en cortes de camino en la microcuenca. Esa descripción morfológica utilizó la clave del Soil Taxonomy 2016. Las muestras de suelo de cada horizonte fueron enviadas al laboratorio LABSA para su análisis químico y físico.

Las observaciones de campo se hicieron a través de “Puntos de Verificación” que son georreferenciados en el terreno, y utilizados para identificar las firmas espectrales de los tipos de uso del suelo mediante imágenes satelitales de multibanda. Para cada tipo de uso del suelo se obtuvo una firma espectral, que nos sirvió para identificar en el resto de la imagen los usos similares y el mapeo del territorio completo.

El mapa de uso actual de suelos de la microcuenca, se hizo digitalizando cada uso en el programa Google earth con imágenes satelitales, luego se realizaron visitas a campo para verificar la información y su mapeo.

3.2.2 Revisión y actualización de información edafológica

Para la estimación de las variables de carbono orgánico en el suelo (COS), capacidad de retención de agua disponible (CRAD), y erosión potencial hídrica se realizó una revisión exhaustiva de las características edafológicas de cada orden de suelo esto con el fin de tener un conocimiento previo de las características de los suelos existentes en el área de estudio.

3.2.3 Estimación de la pérdida de suelo

La estimación de pérdidas de suelos se realizó utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo, conocida por sus siglas en inglés USLE, desarrollada por Wischmeier y Smith (1979) como una herramienta muy útil para estimar la erosión hídrica. Ecuación modificada por (Hurni, 1985).

Según, Mannaerts (1999), el USLE puede ser usado apropiadamente para:

- Predecir pérdida de suelo promedio a largo plazo de condiciones de campo específicas, usando un sistema específico de manejo.
- Para predecir erosión entre surcos y en surcos, en pastos, cultivos y sitios en construcción.
- La pérdida de suelo calculado por el modelo, es la cantidad de sedimento perdido por el perfil, no la cantidad de sedimento que deja la cuenca o el terreno.
- El perfil del paisaje es definido por una longitud de la pendiente, la cual es la longitud del origen del flujo superficial hasta el punto donde el flujo alcanza una mayor concentración o una mayor área de deposición como en las pendientes cóncavas y un km los límites del terreno.
- Para estimar las tasas de erosión que son removidas del suelo, de partes críticas del paisaje y que guían a la elección de las prácticas de control de la erosión hasta un nivel de pérdida de suelo tolerable de la lluvia.
- La ecuación modelo predice la erosión hídrica potencial utilizando la siguiente ecuación:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Siendo:

A: La pérdida de suelo por unidad de superficie (ton ha⁻¹)

R: Es el factor erosividad de la lluvia o índice de erosión pluvial (J m⁻². cm hora⁻¹).

K: Es el factor Erodabilidad del suelo (ton ha⁻¹ J m². cm hora⁻¹).

L: Es el factor longitud de pendiente (Adimensional).

S: Es la pendiente (Adimensional).

C: Es el factor cobertura cultivo y/o ordenación (Adimensional).

P: Es el factor prácticas de cultivo (Adimensional).

- 1. Factor erosividad de la lluvia R:** Este factor se calculó mediante los promedios anuales de lluvia de los últimos 39 años de la estación meteorológica más cercada del lugar de estudio, la cual es la estación de Palo grande (Somotillo). Según Hurni (1985) el valor de R se calcula a partir de la siguiente ecuación: $0.55 (\text{Promedio mensual})^{-4.7}$, en nuestro estudio el promedio mensual de lluvia fue de 1518.23 mm, dando como resultado 134.45 mm para el factor R.

- 2. Factor longitud de pendiente (Adimensional) LS:** El cálculo de este factor se obtuvo a partir de las pendientes máximas de la Microcuenca de estudio, las cuales se obtuvieron mediante el Modelo de elevación digital (DEM) en el programa ArcGis. Una vez conocida la pendiente máxima con su respectivo Angulo se procedió a aplicar la siguiente ecuación: $LS(A/22.13)^{0.6} (\text{sen } B/0.0896)^{1.3}$ según Hurni (1985), donde: A: Pendiente máxima, B: Angulo de la pendiente. En nuestro estudio se obtuvo un valor de 17.43 como resultado para el factor LS.

- 3. Factor cobertura cultivo y/o ordenación (Adimensional) C:** Roose (1977), establece algunos valores de C para diferentes formaciones vegetales y cultivos. Estos valores establecidos por Roose fueron utilizados para el cálculo de la EUPS (ecuación universal de pérdida de suelo). ver anexo 9.

- 4. Factor de Erodabilidad del suelo K:** Según Hurni (1985) el valor de Erodabilidad para el orden de suelo Vertisol es de 0.15. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) también propone valores de Erodabilidad para los órdenes de suelo: Inceptisol 0.20, Entisol 0.30. Estos datos fueron los que se usaron para el cálculo de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) para la Microcuenca Las Canoas.

- 5. Factor prácticas de cultivo (Adimensional) P:** Los valores de p fueron asignados Según Hurni (1985) donde este asigno valores en base a estimaciones propuestas por (Wischmeier y Smith 1979) quienes establecen valores para el factor P,

resultantes de la implementación de prácticas de cultivos en contorno para varios grados de pendiente. (Amdihum, 2014).

3.2.4 Estimación de la Capacidad de retención de agua disponible (CRAD)

La Capacidad de Retención de Agua Disponible (CRAD) en el suelo, se trata de un concepto de utilidad en suelos bien drenados, que han sido ampliamente regados. El CRAD, es la cantidad de agua en un perfil del suelo que puede extraerse teóricamente por la planta, después de que ha drenado libremente por gravedad durante un período de tiempo, y ha sido definida por la diferencia en el contenido de humedad entre la CC y el PMP (Sancho Valero, 1999).

Dicha capacidad, está condicionado por los siguientes factores:

- Textura del suelo
- Estructura
- La materia orgánica
- Espesor del suelo explorado por las raíces
- La secuencia de horizontes en el perfil

Expresión de la formula CRAD (según Sancho Valero, 1999)

$$\text{CRAD} = H * D_a (CC - \text{PMP}) / 100$$

Donde:

H: Profundidad efectiva del suelo (mm)

CC: Capacidad de Campo (%)

PMP: Punto de Marchitez Permanente (%)

D_a: Densidad aparente (g cm⁻³)

CRAD: Es expresado en: mm.

Para determinar las variables de: capacidad de campo, punto permanente de marchitez y la densidad aparente del suelo se utilizó el método inferido por textura, en donde asigna valores a cada variable de acuerdo a su textura de suelo. Ver tabla en anexo 2.

La Capacidad de Campo (CC): Se obtuvo a partir de la tabla de datos inferidos según la textura de los suelos encontrados en base a estudios anteriores, Amisial y Jegat, Banco de programas CIDIAT (s.f).

El Punto de Marchitez Permanente (PMP): Se alcanza cuando el suelo ha perdido toda el agua denominada capilar que puede ser absorbida por las plantas y solo queda el agua ligada que no puede ser adsorbida. Para determinarlo se utilizó la fórmula: $Hg a PPM = CC * 0.74 - 5$ y se multiplica la capacidad de campo por 0.74 menos 5., en donde:

Hg: Es el agua gravimétrica. (%)

PMP: Es el punto de marchitez permanente. (Adimensional)

CC: Es la capacidad de campo. (Adimensional)

Para determinar la **Densidad aparente** se utilizó la tabla de relación del tamaño de partículas y la porosidad en el suelo, tomando en cuenta el tipo de suelo y su textura para definir la densidad aparente.

Cuadro 2 Datos de propiedades hidrofísicas de suelo inferidos a partir de la textura de suelo. Las Canoas, 2019-2020

Textura suelo	Permeabilidad y/o Cap. Infiltración (cm/hora)	Capacidad de Campo (%)	Punto de Marchitez (%)	Densidad del Suelo (g cm ⁻³)
Arenoso	5 (2.5-25.5)	9 (6-12)	4 (2-6)	1.65 (1.55-1.8)
Franco Arenoso	2.5 (1.3-7.36)	14 (10-18)	6 (4-8)	1.5 (1.4-1.6)
Franco	1.3 (0.8-2.0)	22 (18-26)	10 (8-12)	1.4 (1.35-1.50)
Franco Arcilloso	0.8 (0.25-1.5)	27 (23-31)	14 (12-16)	1.35 (1.30-1.40)
Arcilloso Arenoso	0.25(0.03-0.5)	31(27-35)	16 (14-18)	1.3 (1.25-1.35)
Arcilloso	0.06 (0.01-0.1)	35 (31-39)	18 (16-20)	1.25 (1.2-1.3)
<i>Fuente:</i> Amisial y Jegat, Banco de programas CIDIAT (s.f)				

3.2.5 Estimación de la retención del Carbono orgánico en el suelo (COS)

El carbono orgánico es el material derivado de la descomposición de tejidos de las plantas, y animales u organismos vivos. El carbono es uno de los elementos por el cual existe la vida en la tierra ya que posee la habilidad de combinarse con muchas otras sustancias como el fósforo, el nitrógeno, el hidrógeno, entre otras. Este elemento es fuente de energía para las poblaciones microbianas en el suelo, lo cual favorece los procesos de transformación de importantes minerales, y gases para las plantas.

Por ejemplo, en áreas como el África Subsahariana (ASS), donde los agricultores de subsistencia experimentan deficiencias en la disponibilidad de fertilizantes y un riego adecuado, el COS es la clave para el aumento de la producción (Lal, 2004)

La materia orgánica del suelo (MOS) es la fracción del suelo constituida de tejido vegetal o animal en varias etapas de descomposición. La cual por su composición puede agruparse en tres tipos: (1) residuos de plantas y biomasa microbiana viva, (2) materia orgánica activa del suelo también conocida como detrito y (3) materia orgánica estable del suelo a carbón en varios compuestos orgánicos lo que comúnmente se conoce como COS.

En laboratorio, el método analítico determina el carbono total, pero en suelos calcáreos el contenido de carbono mineral debe sustraerse para evitar sobreestimaciones del COS. En general, el contenido de carbono en la MOS puede variar en promedio alrededor del 58% de carbón. (Factor Van Bermmelen: 1.724) (Nelson, 1996)

Para la modelización, se trabajó bajo el supuesto que las condiciones edafoclimáticas son estables en los últimos 20 años, sin la intervención antrópica. Estas consideraciones son respaldadas por resultados de estudios previos sobre la dinámica del carbono (Orellana et al., 2012).

Los suelos provenientes del campo fueron registrados en el laboratorio LABSA de Universidad Nacional agraria en Managua, determinando el contenido de materia orgánica, utilizando el método de (Walkley-Black, 1946) por combustión húmeda.

La realización del mapa de captura de carbono orgánico en el suelo se determinó con la ayuda del programa Excel. Al dividir el porcentaje de materia orgánica entre el factor Van

Bermmlen (1.724) para determinar el contenido de carbono orgánico (COS ton ha⁻¹). Los resultados obtenidos se trabajaron con el programa de ArcGis utilizando el shapefile del mapa de clasificación taxonómica tomando en cuenta la densidad aparente (Da) y la profundidad hasta los 30cm para determinar la retención de carbono orgánico (COS ton ha⁻¹) en los suelos de la Microcuenca Las canoas.

Para convertir el porcentaje de COS a (ton ha⁻¹), se calculó el peso del suelo a 30 cm de profundidad en (ton ha⁻¹), multiplicando la profundidad por la densidad aparente y este valor por el área de una hectárea (10000 m²).

Luego para obtener el porcentaje total de carbono en (ton/ha⁻¹) para cada horizonte de suelo se dividió el valor de carbono orgánico entre 100 y posteriormente se multiplico por el peso del suelo en (ton/ha⁻¹). Una vez conocido dichos valores, estos se promediaron con el fin de obtener datos representativos para cada orden de suelo, y posteriormente generar el mapa de carbono del área.

3.2.6 Generación del índice de degradación de suelos

El índice de riesgo a la degradación de suelos, es una propuesta empírica que pretende integrar información sobre riesgo a erosión potencial, disponibilidad carbono orgánico, capacidad de retención de agua en los suelos de la micro cuenca, Con la finalidad de identificar (espacial y temporalmente) aquellas áreas sujetas a algún nivel de degradación inmediata o futura, y de esa manera, proponer acciones de conservación o restauración de suelos que permitan un manejo sostenible del recurso en la microcuenca Las Canoas.

La elaboración de este índice se realizó mediante las variables (CRAD, estimación de pérdida de suelos, y carbono orgánico) que son directamente indicadores de buena calidad del suelo. Las ponderaciones de estas variables entre más se aproximen a su valor máximo asignado, serán más positivas.

Cuadro 3 Valores o escala ponderación del CRAD, propuesta para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020

Valor (mm)	Peso de la variable (0-30)	Categorías
≥ 80	0.30	Muy alto
60-79	0.25	Alto
40-59	0.20	Moderado
20-39	0.15	Bajo
≤ 19	0.10	Muy bajo

Cuadro 4 Valores a escala ponderación de la pérdida de suelos, propuesta para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020

Valor ton ha ⁻¹	Peso de la variable (0-40)	Categorías
< 5	0.40	Muy bajo
5 – 10	0.35	Bajo
11– 25	0.30	Moderado
26 – 50	0.20	Alto
>50	0.10	Muy alto

Cuadro 5 Valores a escala ponderación del carbono almacenado en el suelo, propuesta para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020

Valor ton ha ⁻¹	Peso de la variable (0-30)	Categorías
≥ 50	0.30	Muy Alto
30-49	0.25	Alto
20-29	0.20	Moderado
10-19	0.15	Bajo
< 10	0.10	Muy bajo

Cuadro 6 Asignación de pesos por variables para obtener el valor del índice de degradación de suelos, propuesta para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020

VARIABLES	Peso de la variable (%)	Descripción
CRAD	0.30	En la medida que se aproxime a 0.30 el valor es más positivo, ya que significa mayor retención de agua en el suelo.
Perdida de suelos	0.40	En la medida que se aproxime a 0.40 el valor es más positivo, ya que significa menor pérdida de suelos.
Carbono almacenado	0.30	En la medida que se aproxime a 0.30 el valor es más positivo, ya que significa mayor almacenamiento de carbono en el suelo.
Valor total del índice	1.0	

Cuadro 7 Propuesta de categorías y leyenda para representar en mapas el Índice de Riesgo de degradación de suelos, propuesta para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020

Valoración del Riesgo	Categoría de degradación	Colores para cartografía
80-100	Muy bajo	
70-79	Bajo	
60-69	Moderado	
50-59	Alto	
≤49	Muy Alto	

Nota: Para facilitar la elaboración del mapa en ArcGIS, los valores o pesos de las variables, se multiplicaron por 100 (Tabla 6).

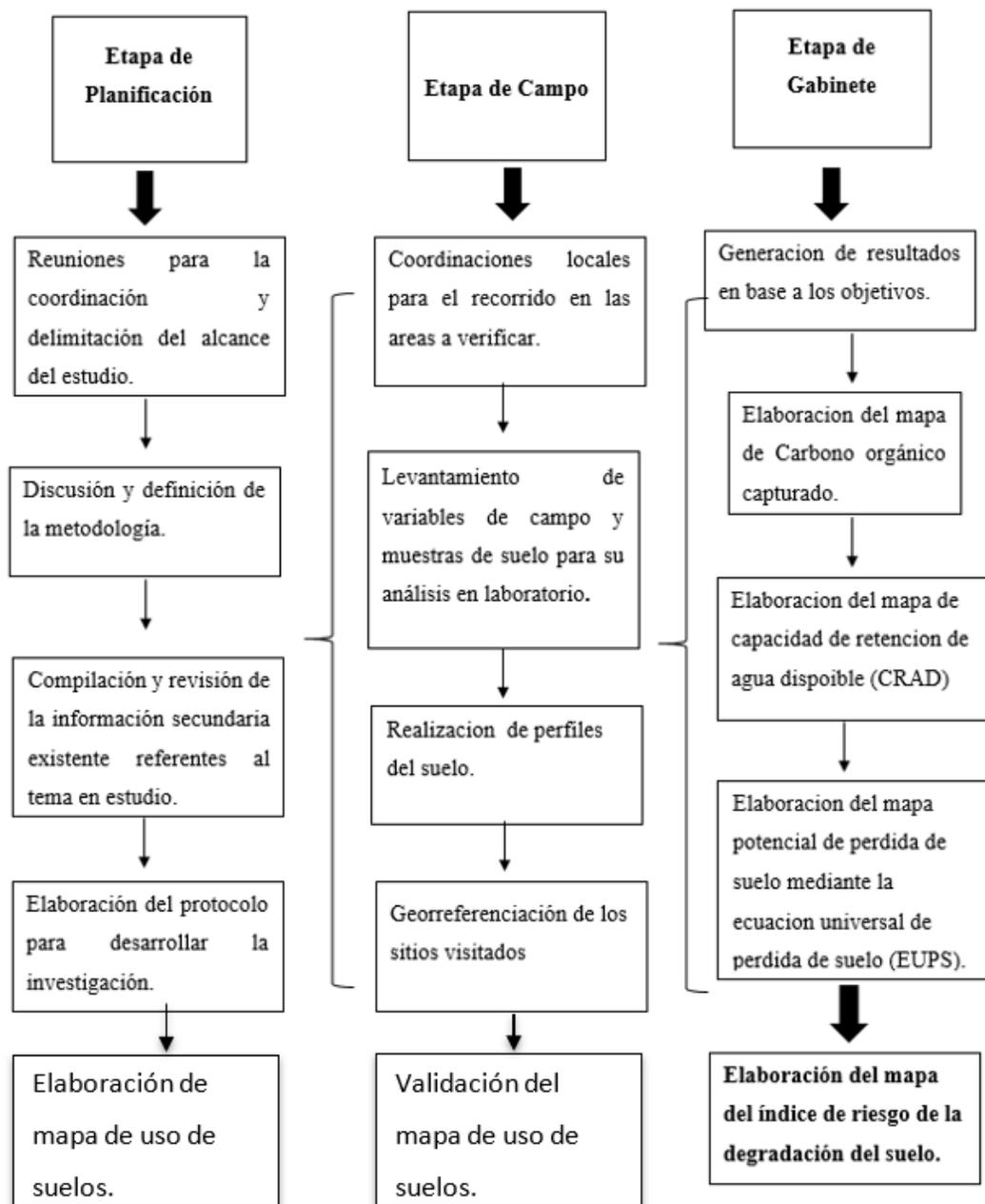


Figura 4. Esquema metodológico, estudio de suelos de la microcuenca Las Canoas, 2019-2020

IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Descripción de suelos a nivel de subgrupos taxonómicos

Los suelos de la microcuenca Las Canoas deben su origen y desarrollo a la influencia de factores (El relieve, el clima, vegetación, roca madre, micro fauna y el tiempo) que actúan y se combinan de manera natural y que a su vez actúan sobre el material parental. En esta microcuenca se identificaron los siguientes subgrupos taxonómicos: *Lithic Haplusteps*, *Lithic Ustorthents*, y *Typic Haplusterts*.

4.1.1 *Lithic Haplusteps*:

Son suelos derivados tanto de depósitos fluviónicos como residuales, y están formados por materiales líticos de naturaleza volcánica y sedimentaria. Son superficiales a moderadamente profundos y de topografía plana a quebrada. Morfológicamente presentan perfiles de formación incipiente, en los cuales se destaca la presencia de un horizonte cámbico (B) de matices rojizos a pardo amarillento rojizo, excepcionalmente pardo amarillentos, y con evidencias darás de alteración y no de acumulación de material aluviado.



Figura 5. Perfil representativo del suelo *Lithic Haplusteps*, en la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020

4.1.2. *Lithic Ustorthents*:

El material parental de estos suelos está constituido por areniscas duras. En general son bien a excesivamente drenados, poco evolucionados, muy superficiales, limitados por su profundidad efectiva por la roca. El color del horizonte A es gris oscuro, la textura franco arenoso y la estructura blocosa poco desarrollada. Químicamente son suelos casi neutros, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio medio, saturación total de bases muy alta, saturaciones de calcio y magnesio muy altas, de potasio muy baja., la disponibilidad de fósforo para las plantas es muy baja y la fertilidad moderada.



Figura 6. Perfil representativo del suelo *Lithic Ustorthents* en la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020

4.1.3 *Typic Haplusterts*:

Son suelos formados de materiales sedimentarios compuestos por arcillas expandibles, que se tornan muy plásticos y adherente cuando están húmedos y muy duros cuando se secan, lo que da lugar a cuarteaduras y fisuras de tamaños y profundidades variables. Presentan grietas que comprometen mayormente la masa del suelo, las cuales permanecen abiertas durante la época seca.



Figura 7. Perfil representativo del suelo *Typic Hapluster*s en la microcuenca Las canoas, Chinandega, Nicaragua 2019-2020

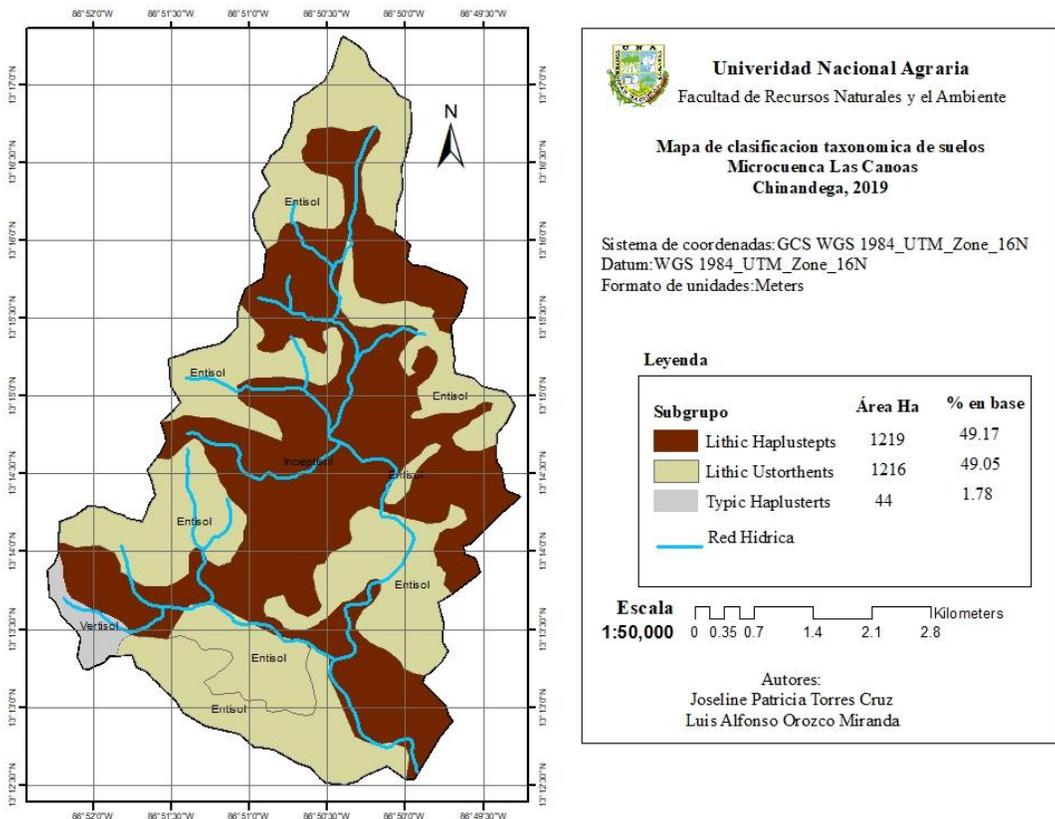


Figura 8. Mapa de suelos a nivel de subgrupo taxonómico, de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020

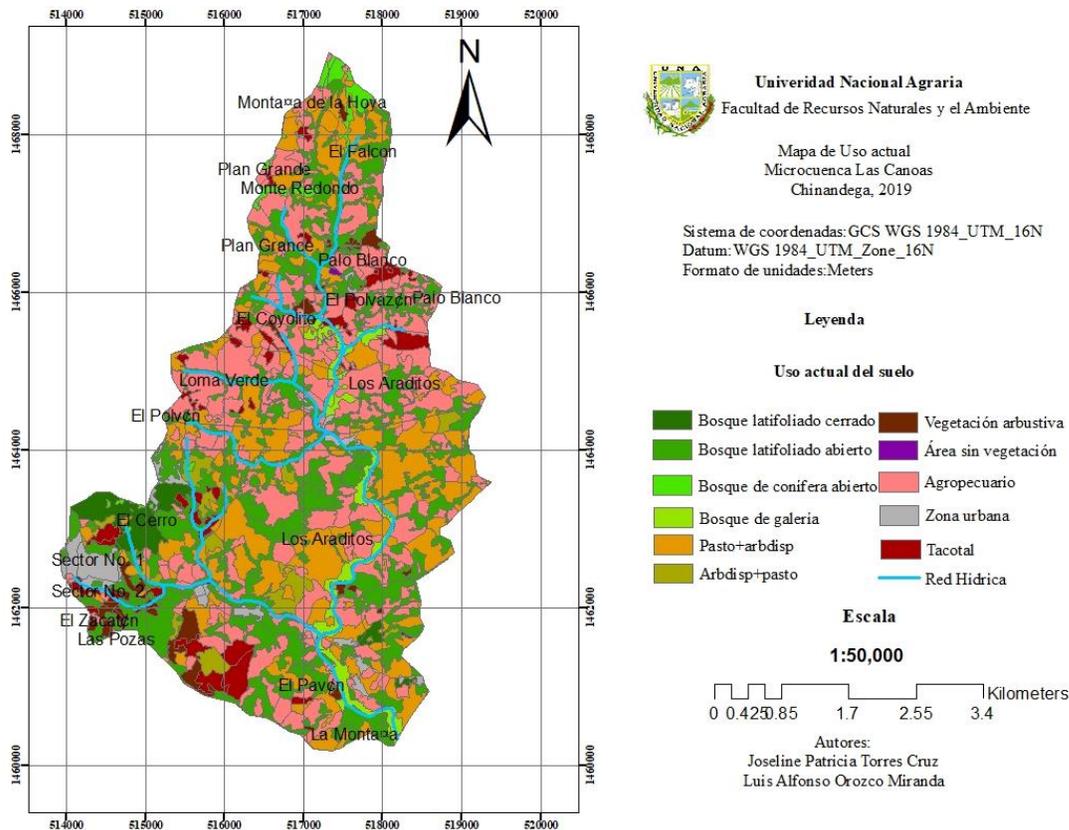


Figura 9. Mapa de uso actual de los suelos de la microcuena Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020

4.2 Erosión potencial hídrica

En la microcuena Las Canoas, la pérdida de suelos inducida por el agua de lluvia, presenta niveles muy graves ($> 50 \text{ ton ha}^{-1}$) en la parte alta de la microcuena (Figura 10), donde se localiza la comunidad Montaña de La Hoya, donde predominan pendientes mayores al 65% y la cobertura vegetal es mínima. En estas comunidades, el cambio de uso de la tierra de bosques secundarios a una agricultura intensiva y ganadería sin árboles, son los principales factores que contribuyen a la grave erosión potencial.

Otras comunidades afectadas por la erosión hídrica a niveles graves (10 hasta 50 ton ha^{-1}) fueron; Los Araditos, Loma verde, y El Pavón, donde predominan gradientes de la pendiente desde el 45 al 65%. Estos problemas presentes en estas zonas traen como consecuencia que los suelos sean más vulnerables y menos productivos debido a la pérdida de este recurso por erosión hídrica, y por la vocación que actualmente se le está dando al suelo. Los ríos también

se ven afectados por los sedimentos que son transportados y depositados en sus cauces, provocando daño a sus taludes y conduciendo el agua fuera de cauce natural. Si sumamos la falta de cobertura en el suelo, reducción y desaparición de los caudales en el periodo seco induciendo los estiajes tempranos, lo cual conlleva a impactos negativos en las especies de fauna acuáticas y terrestres, también se ve afectada debido a los contaminantes y agroquímicos que vienen con los sedimentos, ocasionando pérdidas de algunas especies dentro del ecosistema.

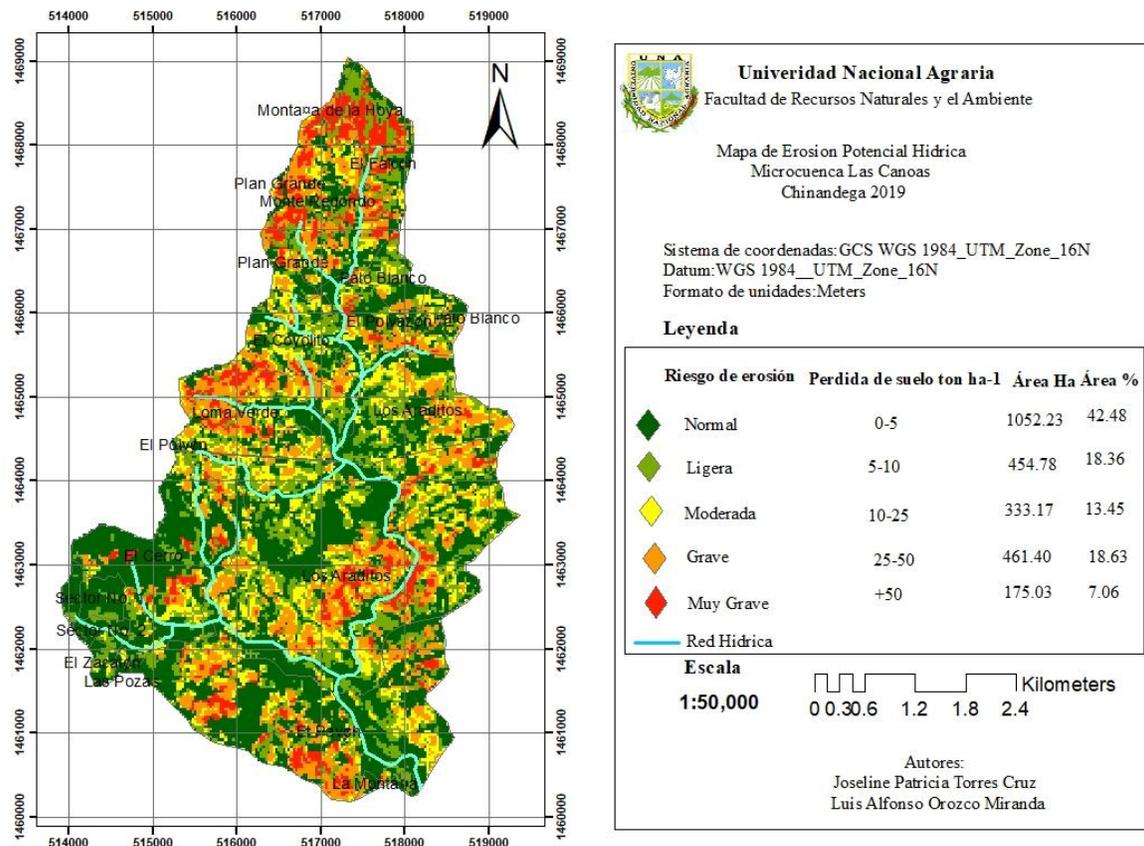


Figura 10. Mapa de erosión potencial hídrica de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020

4.3 Capacidad de retención de agua disponible en el suelo. (CRAD)

Algunos de los factores que condicionan la CRAD son: Textura, estructura, Profundidad, materia orgánica. Los suelos de textura fina, retienen mayor cantidad de agua, debido a que hay mayor cantidad de poros y partículas pequeñas, al igual que la estructura del suelo con gran contenido de poros facilita la aireación y aumenta el contenido de agua disponible.

La materia orgánica elevada en el suelo incrementa la porosidad, reteniendo considerables cantidades de agua. Los suelos profundos pueden retener mayor cantidad de agua y suministrar lo necesario a los cultivos durante su ciclo. La secuencia de perfiles puede tener una diferencia notoria en la CRAD, pues de existir una capa arcillosa por debajo de una arenosa retrasa la infiltración del agua. (Sancho Valero., 1999).

La CRAD se puede ver afectada por distintas actividades realizadas por el hombre, entre ellas están: el cambio de uso del suelo, ganadería intensiva, alta tasa de deforestación. Estas actividades influyen directamente en la CRAD, debido a la poca infiltración de agua en el suelo por la compactación de este recurso y carencia de una adecuada capa forestal, lo que conduce a un déficit de la capacidad de retención de agua disponible para la planta.

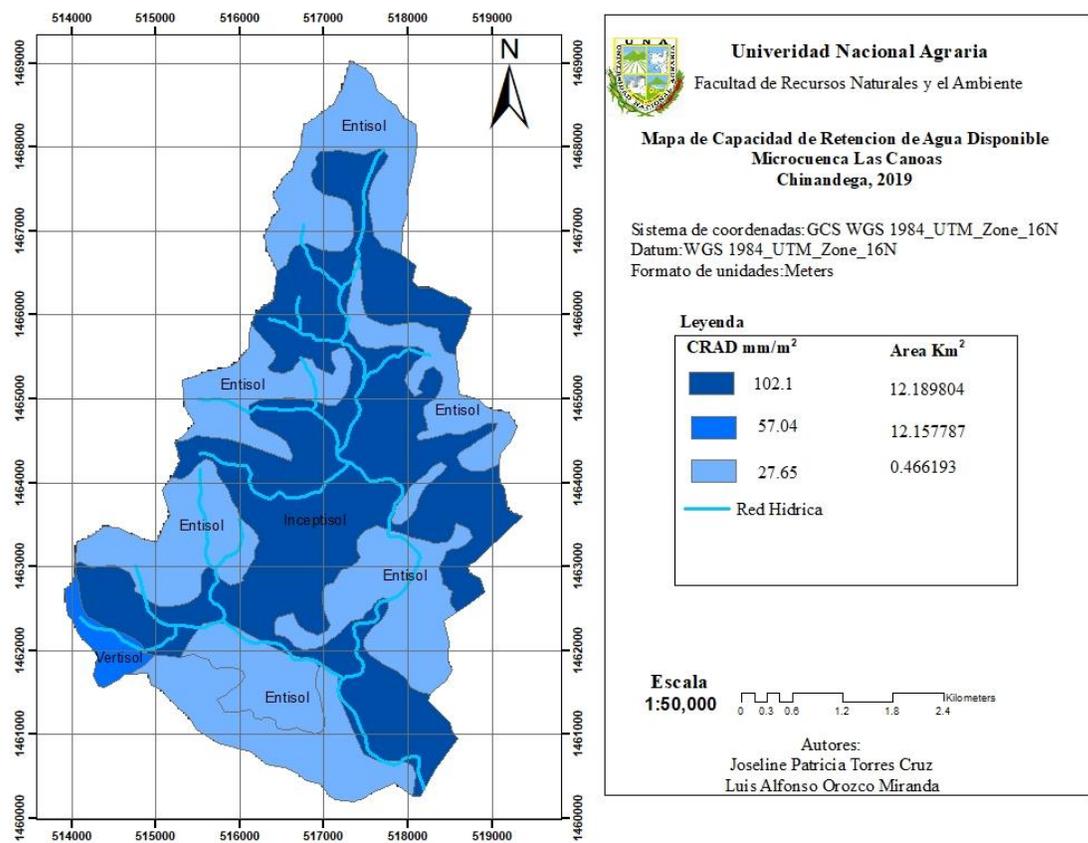


Figura 11. Mapa de Capacidad de Retención de Agua Disponible (mm) de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020

En la microcuenca Las Canoas, el orden de suelo Inceptisole (Figura 11), presenta la mayor capacidad de retención de agua con 102.1 (mm). Estos suelos presentan un 49.17% del área del territorio (Figura 7). Dentro de las características de estos suelos se encontró una profundidad entre 40 cm a 80 cm, textura arcillosa, estructura granular, y poseen alto porcentaje de materia orgánica. Estos factores permitieron obtener una mayor CRAD. A la vez estos resultados no difieren tanto de los valores orientativos referidos a cada metro de espesor, que sugiere una CRAD de 65 mm a 127 mm, para este tipo de textura.

La (CRAD) menor se encontró en los suelos del orden Entisol con un valor de 27.65 (mm), este valor expresa en lámina la cantidad de agua disponible en el suelo, el cual tiene una profundidad que oscila entre 15 cm a 30 cm con una textura franco arenosa. El resultado del

CRAD para este orden de suelo también se ve influenciado por el uso actual del suelo, el cual está siendo sobre utilizado por actividades agrícolas y ganaderas.

Según los criterios de interpretación USDA, 1983 (Porta. J, 2005), la CRAD estimado en el Entisol es muy baja; Martin *et al.*, 1990 (Porta. J, 2005), sugiere valores para la CRAD orientados referidos a cada metro de espesor, los cuales para la textura del lugar es de 105-125 mm. El valor de la CRAD estimado difiere mucho de los valores antes sugeridos.

El orden de suelo que mayor CRAD presento fue el Inceptisole, estos tienen una mayor capacidad de retención de agua, por tanto, serían estos los más recomendados para el establecimiento de los cultivos con raíces poco profundas y de ciclos variables. Son estos suelos los que los productores deben saber utilizar para garantizar la seguridad alimentaria de sus familias.

Los suelos vertisoles también presentaron una CRAD de (57.04 mm), de valor medio, esto se debe a que son suelos que presentan una cobertura vegetal regular, además que son ricos en materia orgánica.

4.4 Carbono orgánico en el suelo

El COS es el componente principal de la materia orgánico del suelo (MOS). Como indicador de la salud del suelo es importante por sus contribuciones a la producción de alimentos, la mitigación y adaptación al cambio climático, y el logro de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS, 2015); (Lefèvre Clara, FAO,2017)

Los suelos representan el mayor reservorio de carbono orgánico terrestre. Dependiendo de la geología local, las condiciones climáticas el uso y gestión del territorio (entre otros factores ambientales) los suelos tienen diferentes cantidades de COS. (FAO, pág. 2)

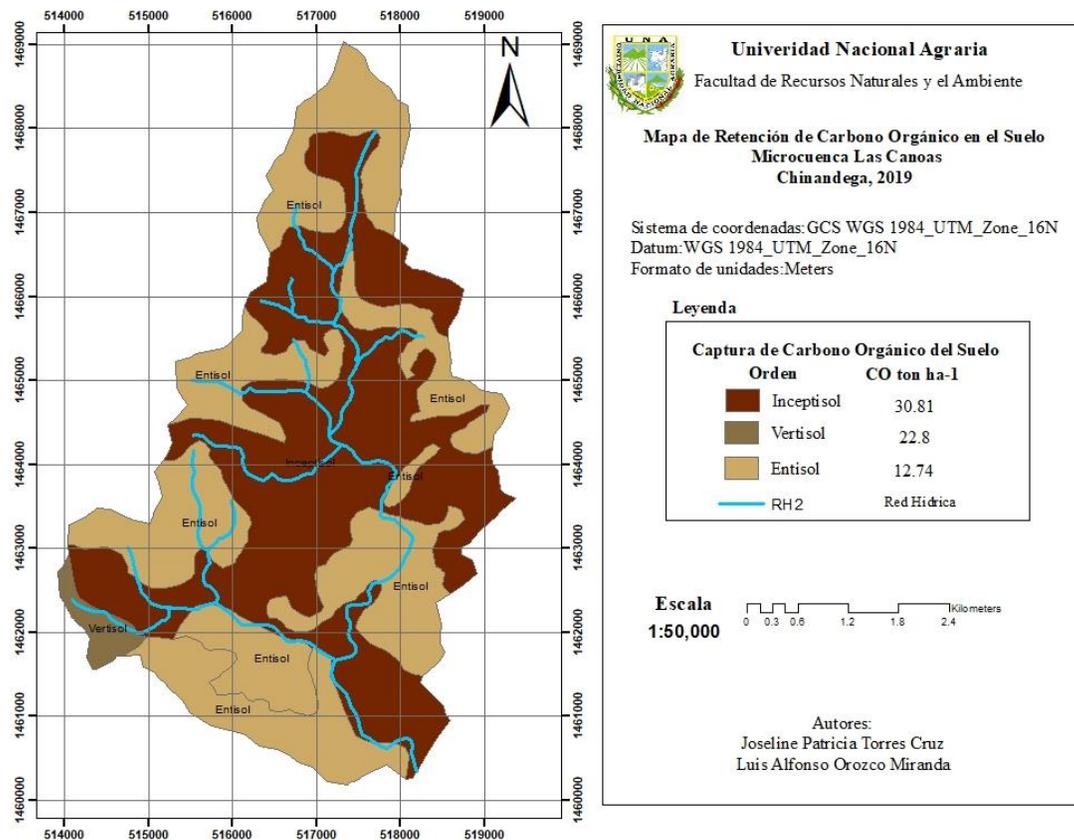


Figura 12. Mapa de almacenamiento de carbono orgánico en el suelo de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020

Los suelos constituyen la mayor reserva de carbono terrestre y desempeñan un papel crucial en el balance global del carbono mediante la regulación de los procesos biogeoquímicos dinámicos y el intercambio de gases de efecto invernadero con la atmósfera. Las reservas del carbono en el horizonte del suelo a profundidad de (0-30cm) son especialmente sensibles y responden a los cambios en el uso y manejo del suelo.

El orden de suelo Inceptisol (*Lithic Haplustepts*) presente en la microcuenca retiene un 30.81 ton ha⁻¹ de carbono orgánico (Figura 12), son suelos que se pueden desarrollar en cualquier tipo de clima excepto en zonas con condiciones áridicas. Así mismo, los Inceptisoles pueden

desarrollarse en lugares accidentados y en pendientes abruptas como las presentes en el área de estudio.

El segundo reservorio de carbono orgánico fue encontrado en el orden de suelo Vertisol (*Typic Haplusterts*) (Figura 12). Los cuales presentan la menor cobertura espacial en el territorio (1.78%) (Figura 7), pero mayor capacidad de almacenamiento de carbono orgánico por el desarrollo del perfil y la capacidad de las arcillas esmectitas de retener la materia orgánica en la matriz del suelo. Los valores de carbono almacenados fueron de 22.8 ton ha⁻¹. Son suelos que se originan a partir de los sedimentos, y en condiciones hidromórficas, por lo tanto, poseen gran porcentaje de materia orgánica, además en las áreas donde se presentan estos suelos existe una cobertura vegetal buena que aporta nutrientes a estos suelos.

Según Falda (s.f) el orden Entisol (*Lithic Ustortents*) se caracterizan por tener una pequeña, evidencia de desarrollo de horizontes pedogénicos, presentan un horizonte superficial de diagnóstico ócrico, y algunos pocos construidos por la actividad humana, poseen un epipedión antrópico.

El orden de suelo Entisol (*Lithic Ustortents*) es el segundo con mayor cobertura espacial en la microcuena (49.05%) (Figura 7), y presentan menor capacidad de almacenaje de carbono orgánico por su escaso espesor de suelo. En este estudio (Figura 12), se encontraron valores de 12.74 ton ha⁻¹. Este resultado fue influenciado por su escaso espesor, y el uso para siembra de granos básicos, por lo tanto, existe una menor cantidad de materia orgánica almacenada.

4.5 Índice de riesgo para la degradación del suelo

La propuesta empírica de generar un Índice de degradación de suelos, surge de la idea de integrar la información cartográfica de: Erosión hídrica potencial, la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico en los suelos y la capacidad de los suelos para retener agua disponible. Esto podría identificar espacialmente aquellos territorios con mayor riesgo a ser degradados.

La integración de la información edáfica, erosión, capacidad de almacenar carbono y agua en el suelo, permitió identificar las zonas más vulnerables en cuanto a la degradación del

suelo. El resultado muestra que la microcuenca Las Canoas (Figura 13), presenta un índice de riesgo alto, debido al uso inadecuado del suelo y sus fuertes pendientes haciéndola vulnerable.

Espacialmente, las áreas más afectadas pertenecen a los suelos del orden Entisol (*Lithic Ustortents*). Suelos con baja capacidad de retener agua, y fijar carbono por ser muy superficiales. Por tanto, son suelos expuestos a una erosión potencial hídrica alta, por ubicarse en pendientes muy escarpadas. Así mismo son suelos que actualmente son utilizados para usos agropecuarios. Estos suelos se siembra frijol y son utilizados con pasturas con ausencia de componente arbóreo. La poca cobertura vegetal incrementa el riesgo a ser degradado.

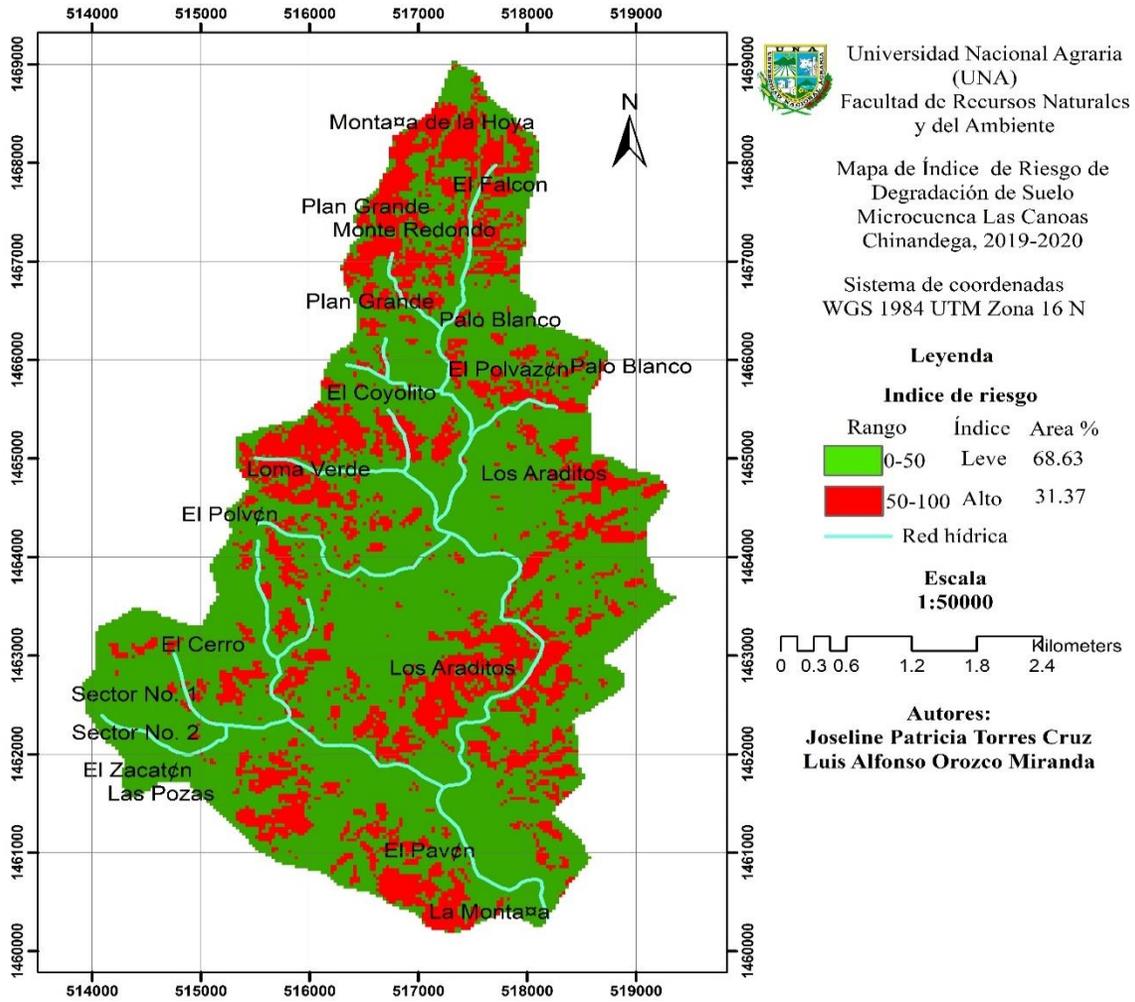


Figura 13. Mapa de Índice de Riesgo para la Degradación de Suelo (IRDS), de la microcuenca Las Canoas, Chinandega, Nicaragua, 2019-2020

V. CONCLUSIONES

- La erosión potencial estimada para la microcuenca es moderada a muy alta debido al cambio de uso del suelo de bosque a zonas agrícolas y pasturas en las áreas de laderas con pendientes mayores a 40%, con predominancia del orden Entisol. La erosión potencial es de moderada a muy grave que oscila (entre 25 y más de 50 ton ha⁻¹), y ocurre en más del 60% del área de la microcuenca, afectado los suelos del orden Entisoles e Inceptisoles con mayor severidad.
- La capacidad de retener agua disponible para las plantas (CRAD), fue mayor en los suelos del orden Inceptisol, con mayor desarrollo y profundidad del horizonte diagnóstico (102.1 mm). Su capacidad de retener el agua puede ser afectada por el uso y manejo de la cobertura vegetal.
- Los suelos que presentaron mayor almacenamiento de carbono orgánico en la superficie fueron los suelos del orden Inceptisol (30.81 ton ha⁻¹), debido a que son los suelos que presentan mejor desarrollo en la microcuenca por la cobertura vegetal presente en ellos y por sus características naturales.
- La microcuenca presenta un índice de riesgo a la degradación alto en el área de captación, o zonas escarpadas con suelos superficiales hasta en un 31.37%, del área total. Esto constituye una fuerte amenaza y presión para suelos que presentan mayor desarrollo el cual es el orden Inceptisoles y para las áreas donde se conserva una cobertura arbórea permanente. Estos resultados orientan la elaboración y ejecución de estrategias ambientales y productivas sostenibles que permitan reducir el riesgo de la erosión en las áreas más vulnerables y proteger las áreas con leve vulnerabilidad.

VI. RECOMENDACIONES

- Para otros estudios es recomendable, incorporar la medición de otras variables como actividades biológicas en los suelos y acidez. para alimentar más el Índice de Riesgo a la degradación de Suelos.
- En las zonas de alto riesgo a la degradación de suelos (IRDS) recomendamos desarrollar acciones de restauración y conservación de suelos, complementado de sistemas agroforestales (SAF) en las fincas dentro de la microcuenca, implementar la rotación de cultivo y reforestación en las zonas de recarga hídrica. (parte alta de la Microcuenca), esto con el fin de mantener un equilibrio ambiental en el área.

VII. BIBLIOGRAFIA

Aviles, S., Mendoza, R., AGUIRRE, C., Hoch, R., Mena, M., & Tellez, O. (Nov de 2018). Evaluacion de la calidad de suelos en sistemas de cultivos -arboles- pastos, microcuencia Tecomapa, Somotillo-Nicaragua. *La Calera*, 18(31), 98-103. Recuperado el 6 de May de 2020. Recuperado de: [http:// La Calera. una. edu. ni](http://LaCalera.una.edu.ni)

Amdihum, E. G., (2014). Research journal of environmental sciences. Recuperado de: <file:///C:/Users/Personal/Desktop/Tesis%20Cinco%20Pinos/Articulo%20de%20erosion%20Kenya%20243-258.pdf>

BVSDE.Nicaragua. (s.f.). Carterirazacion municipal. Recuperado de: <http://www.biblioteca.enacal.com.ni>

Castillo, E. J. (Mayo de 2017). Geología de la región pacifica de Nicaragua. Recuperado de: <http://www.temasnicas.net/split109/geologiapacifico.pdf>

Cf. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

ECURED. (s.f.). Obtenido de San Pedro de Potrero Grande (Chinandega). Recuperado de: http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/CHINANDEGA/sn_pedro_norte_pdf

Falda, G. S. (s.f.). Clasificación de los suelos de Catedra de edafología facultad de agronomía y zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. Recuperado de: www.edafologia.org

FAO. (2017). Liberación del potencial del carbono orgánico del suelo. Italia: ISBN.

Florian Montiel, G. G. (Abril-Julio de 2013). Diagnostico turístico de san pedro del norte, departamento de Chinandega durante el periodo. Recuperado de www.repositorio.unan.edu.ni

(FAO), Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. Metodología provisional para la evaluación y la representación cartografía de la desertización. Roma (1984).

Hurni. (Enero de 1985). Sistemas de erosión-productividad-conservación en etiopía. Recuperado de: <http://www.researchgate.net>

INETER. 2015. Mapa de suelos de la republica de Nicaragua. Managua Nicaragua

INIDE. (Marzo de 2008). Cinco Pinos en cifras. Recuperado de: www.inide.gob.ni.cifrasmum

Jegat, A. y. (s.f.). Mestria en ciencias del agua. Red centroamericana de manejo de recursos hidricos. Recuperado de: <http://www.repositorio.unan.edu.ni>

Lefèvre Clara, R. F. (FAO,2017). Carbono Organico del Suelo : Potencial oculto. Organizacion de las Naciones Unidas, para la Alimentacion y Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/b-i6937s.pdf>

Lal. (Noviembre de 2004). Secuestro de carbono del suelo para mitigar el cambio climático.

Recuperado de: <http://www.researchgate.net>

Mannaerts. (s.f.). Modelo de la ecuación universal de pérdida de suelo. Revisado RUSLE.

Recuperado de <http://www.es.slideshare.net>

Nelson, D. S. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. Recuperado de:

<https://www.scirp.org>

Orellana, G., Sandoval, M., Linares, G., Garcia, N., (Enero/Marzo de 2012). Descripción de la dinámica de carbono en suelos forestales mediante un modelo de reservorios.

Porta, J., & López, M., (2005). Agenda de Campo de Suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Universidad de Lleida (Cataluña, España). Ediciones. Mundi-Prensa.

Sancho Valero, A. L., (Septiembre de 1999). Capacidad de retención de agua (CRAD) para las plantas en los suelos alto y medio de Aragón. Recuperado de:

<http://C:/Users/Personal/Desktop/DOC%20PARA%20METODOLOGIA%20DE%20TESIS/CRAD%20VALERO.pdf>

Smith, W. y. (1979). La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo. Pasado, Presente y Futuro.

Recuperado de: <http://www.miteco.god.es>

Walkley-Black. (1946). Carbono orgánico del suelo por Walkley y Black. Recuperado de:

<http://www.inta.gob.ar>

VIII. ANEXOS

Anexo 1 Propiedades físicas de los suelos de la microcuenca Las Canoas, 2019-2020

Municipio	Comunidad	Textura del suelo	Permeabilidad y/o Cap. Infiltración (cm/hora)	Capacidad de Campo (%)	Punto de Marchitez (%)	Densidad del Suelo (gr/cm³)
San Pedro de Potrero Grande	El Coyolito	Arcilloso	0.5	35	19.05	1.05
	Los Laureles	Arcilloso	0.5	35	19.05	1.05
	Loma verde	Franco-Arenoso	2.5	16	8.70	1.4
	La Polvazón	Franco-Arenoso	2.5	16	8.70	1.4
	El Polvón	Arcillo-Arenoso	0.25	31	16.85	1.2
	El Chaparral	Franco-Arenoso	2.5	25	13.59	1.4
	El Plan grande	Franco-Arenoso	2.5	25	13.59	1.4
San Juan de Cinco pinos	El cerro	Arcillo-arenoso	0.25	18	9.78	1.2
	Los araditos	Arcillo-arenoso	0.25	31	16.85	1.2
	El pavón	Franco-arenoso	2.5	16	8.70	1.4
	Cerro Colorado	Arcilloso	0.5	35	19.02	1.05

Anexo 2 Estimación de la capacidad de retención de agua disponible (CRAD),
microcuenca Las Canoas, 2019-2020

Municipio	Comunidad	Orden	Textura del suelo	Profundidad Efectiva(mm)	Permeabilidad y/o Cap. Infiltración (cm/hora)	Capacidad de Campo CC (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Densidad del Suelo (gr/cm3)	CRAD mm/m2
San Pedro de Potrero Grande	El Coyolito	Inceptisol	Arcilloso	800	0.5	35	19.02	1.05	134.22
	Los Laureles	Inceptisol	Arcilloso	750	0.5	35	19.02	1.05	125.83
	Loma Verde	Entisol	Franco-Arenoso	300	2.5	16	8.70	1.4	30.68
	La Polvazón	Entisol	Franco-Arenoso	280	2.5	16	8.70	1.4	28.63
	El Polvón	Inceptisol	Arcillo-Arenoso	600	0.25	31	16.85	1.2	101.90
	El Chaparral	Inceptisol	Franco-Arenoso	500	2.5	25	13.59	1.4	79.89
	El Plan Grande	Inceptisol	Franco-Arenoso	580	2.5	25	13.59	1.4	92.67
San Juan de Cinco Pinos	El Cerro	Entisol	Arcillo-arenoso	240	0.25	18	9.78	1.2	23.67
	Los Araditos	Inceptisol	Arcillo-arenoso	460	0.25	31	16.85	1.2	78.12
	El Pavón	Entisol	Franco-arenoso	270	2.5	16	8.70	1.4	27.61
	Cerro Colorado	Vértisol	Arcilloso	340	0.5	35	19.02	1.05	57.04

Anexo 3 Valores intervalos de CRAD para los régimen de humedad de suelo; ústico, xérico y arídico, asociados a la clase textural del suelo.

Clase Textural	Intervalos CRAD (mm m⁻¹)
Arenosa Gruesa	50-70
Arenosa	75-95
Arenosa Franca	90-110
Franco arenosa	105-125
Franco arenosa fina	120-140
Franco arenosa muy fina	130-150
Franco arcillosa y arcillosa	120-180
Franco arcillo limosa	140-180
Arcillo limosa	140-180
Franco limosa	160-210
Turbas y estiércoles	160-250

Anexo 4 Escala interpretativa de la capacidad de agua retenida, USDA 1983.

CRAD en 150 mm	Criterios de interpretación
<64	Muy baja
65-127	Baja
128-190	Moderada
191-250	Alta
>250	Muy alta

Anexo 5 Estimación de Carbono orgánico (CO), microcuenca Las Canoas, 2019-2020

Lugar	Código	localización	taxonomía	Usos	Textura	Prof(cm)	Muestra/MO%	Muestra/CO%	Muestra/Da	CO Ton/Ha
Santa Elisa	NI-504-18	13° 16' 5.4" N 86° 54' 2.7" O	Typhic Paleustalfs	Pasto+Arb	Arcillosa	A/0-10	5.65	3.27	1.2	39.24
						A/10-20	5.65	3.27	1.2	39.24
						BT/20-30	3.33	1.93	1.2	23.16
						BT/30-40	3.33	1.93	1.2	23.16
						BT/40-50	3.33	1.93	1.2	23.16
						BC/50-60	0.75	0.43	1.2	5.16
El Potón	NI-505-18	13°15'53.4" N 86°51'24.9" O	Lythic Haplustepts	Tacotal	Franco Arcillosa	A/0-10	4.10	2.37	1.3	30.81
						A/10-20	4.10	2.37	1.3	30.81
						A/20-30	4.10	2.37	1.3	30.81
					Arcillosa	BW/30-40	2.66	1.54	1.2	18.48
						BW/40-50	2.66	1.54	1.2	18.48
Cerro Colorado	NI-506-18	13°10'54.9"N 86°49'39.8"O	Typhic Haplustepts	Tacotal	Arcillosa	A/0-10	3.28	1.90	1.2	22.8
						A/10-20	3.28	1.90	1.2	22.8
						A/20-30	3.28	1.90	1.2	22.8
						A/30-40	3.28	1.90	1.2	22.8
El Papalón	NI-507-18	13°10'54.1"N 86°51'33.0"O	Lythic Ustorthents	Pasto+Arbdisp	Franco Arcillosa	A/0-10	1.69	0.98	1.3	12.74
					Arcillosa	B/10-20	0.36	0.20	1.2	2.4

Anexo 6 Para la obtención de los rangos de erosión se utilizó la tabla de erosión laminar de acuerdo con las pérdidas de suelo propuestas por la FAO (1980).

Grado	Pérdida de suelo (ton ha ⁻¹)	Riesgo de erosión
1	<5	Mínimo
2	5 – 10	Leve
3	10– 25	Moderada
4	25 – 50	Alto
5	>50	Muy Alto

Anexo 7 Calculo de los factores de la ecuación universal para la pérdida de suelo, aplicada para la microcuenca Las Canoas, 2019-2020

Suelo	Uso	Cobertura (C)					
			Lluvia (R)	Erodabilidad (K)	Factor longitud de pendiente (LS)	Prácticas de cultivo (P)	Perdida a Suelo
Entisol	Agropecuario	0.08	134.45	0.30	17.43	1	56.24
	B.Conifera abierto	0.01	134.45	0.30	17.43	1	7.03
	Pasto+arbdis	0.1	134.45	0.30	17.43	1	70.30
	Zona Urbana	0.1	134.45	0.30	17.43	0.31	21.79
	B.Latifoliado abierto	0.01	134.45	0.30	17.43	1	7.03
	Tacotal	0.001	134.45	0.30	17.43	1	0.70
	Vegetación arbustiva	0.0625	134.45	0.30	17.43	1	43.94
	B. de galería	0.01	134.45	0.30	17.43	1	7.03
	B.Latifoliado cerrado	0.001	134.45	0.30	17.43	1	0.70
	Arbdisp+pasto	0.1	134.45	0.30	17.43	1	70.30
	Área sin vegetación	0.35	134.45	0.30	17.43	0.22	54.13
Vertisol	Tacotal	0.001	134.45	0.15	17.43	1	0.35
	Vegetación arbustiva	0.0625	134.45	0.15	17.43	1	21.97
	Pasto+arbdis	0.1	134.45	0.15	17.43	1	35.15
	Agropecuario	0.08	134.45	0.15	17.43	1	28.12
	B.Latifoliado abierto	0.01	134.45	0.15	17.43	1	3.52
	Zona Urbana	0.1	134.45	0.15	17.43	0.31	10.90
Inceptisol	Agropecuario	0.08	134.45	0.20	17.43	1	37.50
	Pasto+arbdis	0.1	134.45	0.20	17.43	1	46.87
	B.Latifoliado abierto	0.01	134.45	0.20	17.43	1	4.69
	Área sin vegetación	0.35	134.45	0.20	17.43	0.22	36.09
	Tacotal	0.001	134.45	0.20	17.43	1	0.47
	Vegetación arbustiva	0.0625	134.45	0.20	17.43	1	29.29
	Zona Urbana	0.1	134.45	0.20	17.43	0.31	14.53
	B. de galería	0.01	134.45	0.20	17.43	1	4.69
	Arbdisp+pasto	0.1	134.45	0.20	17.43	1	46.87
	B.Latifoliado cerrado	0.001	134.45	0.20	17.43	1	0.47
	B.Conifera abierto	0.01	134.45	0.20	17.43	1	4.69

Anexo 8 Tablas de valores de P citadas por Jung et al (sf), asociada a los tipos de cobertura.
Microcuenca Las Canoas 2019-2020

Tipo de cobertura	Factor P
Área urbana	1
Suelo desnudo	1
Bosque denso	1
Bosque ralo	1
Bosque mezclado con cultivos (Agroforestería)	0.8
Cultivos	0.5
Cultivos de inundación	0.5
Pastura densa	1
Pastura rala	1
Pasturas con cultivos	0.8
Humedales	1
Cuerpos de agua	1

