



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

Documento de Graduación

Caracterización de Zonas Potenciales de Recarga Hídrica en la microcuenca Las Canoas, municipio de San Pedro del Norte y Cinco Pinos, Chinandega, 2019.

Autores:

Br. Roberto Santiago Mercado Gutiérrez

Br. Osmín Bladimir Molina Oviedo

Asesores:

Dra. Martha Orozco Izaguirre

Dr. Carlos Zelaya Martínez

Octubre, 2021

Managua, Nicaragua

HOJA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

El documento de culminación fue valorado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la facultad de recursos naturales y el ambiente como requisito parcial para optar al título profesional de

INGENIERO FORESTAL

Miembros del tribunal examinador.

PhD. Matilde Somarriba Chang

Mp. Álvaro Martínez Gadea

MSc. Edmundo Umaña Gómez

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3.1 Descripción del área de estudio	3
3.1.1 Ubicación del área de estudio.....	3
3.1.2 Clima	3
3.1.3 Recurso hídrico.....	3
3.2 Diseño metodológico según Matus, 2007.....	5
3.3 Diseño metodológico ajustado a los objetivos del estudio	6
3.4. Fases de la metodología	7
3.4.1.Etapa de Pre-campo.....	7
Primer acercamiento de ZPRH a partir del conocimiento de actores locales y los elementos de la metodología	7
3.4.2 Etapa de Campo.....	7
Analizar y evaluar los elementos prácticos, en las áreas identificadas	7
a)Pendiente y microrelieve	7
b)Tipo de suelo.....	8
<i>Descripción del suelo</i>	8
Elaboración del mapa de suelos	10
Ponderación de la posibilidad de recarga según el tipo de suelo	10
c) Tipo de roca	11
d) Cobertura vegetal Permanente.....	12
e) Uso del suelo.....	13
3.4.3 Etapa Post-Campo	14
a). Determinación del potencial de recarga hídrica.....	14
b). Elaboración del mapa de Zonas Potenciales de Recarga Hídrica (ZPRH)	15
5. Caracterización de la zona indentificada y delimitada.....	15
6. Propuesta de estrategias y acciones para el manejo de la ZPRH	16

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Análisis y resultados de los elementos de la metodología.....	18
4.1.1 Pendiente y microrelieve.....	18
4.1.2 Tipo de suelo	20
4.1.3 Tipo de roca	26
4.1.4 Uso del suelo.....	28
4.1.5 Cobertura vegetal permanente	31
4.2 Caracterización de las zonas potenciales de recarga hídrica.....	33
4.2.1 Zonas con posibilidad de recarga muy baja.....	33
4.2.2 Zonas con posibilidad de recarga baja.....	33
4.2.3 Zonas con posibilidad de recarga moderada.....	34
4.2.4 Posibilidad de recarga alta.....	34
4.2.5 Posibilidad de recarga muy alta.....	34
4.3 Propuestas de acciones para incrementar la posibilidad de recarga en la microcuenca.....	36
4.3.1. En zonas con posibilidad de recarga Baja y Muy Baja.....	36
4.3.2. Zonas con posibilidad de recarga Moderada.....	38
4.3.3. Zonas con posibilidad de recarga Alta y muy alta.....	39
4.3.4. Propuesta para los actores locales de la Microcuenca Las Canoas.....	40
Educación Ambiental.....	40
Manejo Agropecuario	40
Buenas Prácticas Agroecológicas.....	41
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	43
VII. LITERATURA CITADA.....	44
IX. ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación del clima por municipios.....	3
Cuadro 2. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de pendiente y micro relieve.....	8
Cuadro 3. Ponderación de la capacidad de recarga hídrica según su textura.....	11
Cuadro 4. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca.....	12
Cuadro 5. Posibilidad de recarga según la cobertura vegetal permanente.....	13
Cuadro 6. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el uso del suelo.....	14
Cuadro 7. Potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto.....	15
Cuadro 8. Posibilidad de recarga hídrica según rango de pendiente en la microcuenca La Canoa.....	18
Cuadro 9. Posibilidad de recarga hídrica por el tipo de suelo.....	24
Cuadro 10. Formaciones y su Posibilidad de recarga.....	26
Cuadro 11. Posibilidad de recarga según el uso del suelo en la microcuenca Las Canoas.....	29
Cuadro 12. Posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.....	31
Cuadro 13. Posibilidad de recarga hídrica de la microcuenca Las Canoas.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca el río Las Canoas municipios de San Pedro del Norte y Cinco Pinos, Chinandega.....	4
Figura 2. Diseño metodológico propuesto por Oscar Matus (2007).....	5
Figura 3. Etapas metodológicas para identificar zonas potenciales de recarga hídrica, Matus 2007, adaptación propia.....	6
Figura 4. Mapa de pendientes de la microcuenca del río Las Canoas.....	19
Figura 5: Perfil de un Inceptisol, San Pedro del Norte, Chinandega.....	20
Figura 6. Perfil representativo del orden Entisol, Cinco Pinos, Chinandega.....	21
Figura 7. Paisaje representativo de suelo Entisol, Cinco Pinos, Chinandega.....	22
Figura 8: Paisaje representativo de suelos Vertisoles, municipios de Cinco Pinos, Chinandega	23
Figura 9: Perfil representativo de suelo vertisol, hecha en Cinco Pinos, Chinandega.....	23
Figura 10. Mapa de subgrupos taxonómicos de la microcuenca Las Canoas.....	25
Figura 11: Mapa de formaciones geológicas, microcuenca del río Las Canoas Cinco Pinos, Chinandega.....	27
Figura 12: Uso del suelo de la microcuenca Las Canoas, Cinco Pinos y San Pedro del Norte, Chinandega.	30
Figura 13: Mapa de cobertura vegetal permanente de la microcuenca Las Canoas.....	32
Figura 14. Mapa de Zonas Potenciales de Recarga Hídrica, microcuenca Las Canoas.....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato para la descripción de perfiles de suelos.....	46
Anexo 2. Formato con la descripción del perfil representativo del orden Inceptisol.....	47
Anexo 3. Formato con la descripción del perfil representativo del orden Entisol.....	48
Anexo 4. Formato con la descripción del perfil representativo del orden Vertisol.....	49
Anexo 5. Análisis químico de las muestras de suelos de los perfiles representativos.....	50
Anexo 6. Glosario.....	51
Anexo 7. Proceso de intersección en ArcGIS. Fuente: Elaboración propia.....	51

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente:

A mis padres: Rosa María Gutiérrez Martínez y Roberto Isaias Mercado, quienes fueron mi mayor inspiración en el transcurso de mi formación, así mismo les agradezco por haber transmitido e inculcado día a día los valores como el respeto, la lealtad, la humildad y la persistencia.

A mis abuelos: Santiago Gutiérrez, María Balladares y Genaro Mercado, que, a pesar de no estar con vida, ellos influyeron en la formación de mi familia.

Roberto Santiago Mercado Gutierrez

Este trabajo es dedicado especialmente a mi madre Mayra Oviedo Paniagua, la cual es la persona que ha estado ahí siempre apoyándome y ha sido mi inspiración para lograr alcanzar todas las metas que me he propuesto en mi vida.

También dedicada a mi novia Marcela Itzayana Calero, quien fue una de las personas que más me motivó y me ayudó.

Mis familiares, quienes han estado ahí para apoyarme en todo momento, dándome ánimos para superar cada obstáculo que se me presenta en el camino.

Osmín Bladimir Molina Oviedo

AGRADECIMIENTO

Al sistema de cooperación internacional Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) por la contribución de este proyecto que beneficia a los ciudadanos del municipio de San Pedro del Norte y parte de Cinco Pinos.

A cada uno de mis profesores quienes sirvieron de ejemplo y de guía durante el período de mi carrera.

A nuestros asesores, Dra. Martha Orozco Izaguirre y Dr. Carlos Ramón Zelaya Martínez, que a pesar de sus reponsabilidades, supieron distribuir su tiempo y apoyarnos en cada una de las etapas de la tesis. Cabe destacar que el dominio en este tema nos permitió consolidar y finalizar este trabajo de investigación.

Al instituto de Geología y Geofísica (UNAN) y al Instituto de Energía y Minas (INE), por permitirnos evaluar y facilitar documentos relacionados a la parte geológica.

A nuestros compañeros quienes fueron una pieza clave en la materialización de esta investigación.

A la Unaversidad Nacional Agraria (UNA) por brindar una formación de calidad.

Roberto Santiago Mercado Gutiérrez

Osmín Bladimir Molina Oviedo

RESUMEN

Este documento se enfoca principalmente en caracterización de zonas potenciales de recarga hídrica, de la microcuenca Las Canoas, ubicado entre el municipio de Cinco Pinos y San Pedro del Norte, departamento de Chinandega. La metodología utilizada fue la propuesta por Matus (2007), la cual consistió en evaluar cinco elementos: Pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, uso actual del suelo y cobertura vegetal permanente. La información recolectada indica, que un 68.76% del área total de la microcuenca, posee un microrelieve ondulado/cóncavo, con una posibilidad de recarga moderada. La microcuenca está dividida en 3 tipos de suelos: inceptisoles, entisoles y vertisoles, de los cuales predominan los inceptisoles con un 49.16% del área total, seguido por entisoles con un 44.29% y por último vertisoles con 4.79%; se clasificaron en cuatro subgrupos taxonómicos: Litic y Tipic Ustorthents, Tipic Haplusterts y Litic Haplustepts. Respecto al tipo de roca se encontraron dos formaciones, Matagalpa con 80.42% del área y Margenes del Batolito de Dipilto con 19.58%. En cuanto a la cobertura vegetal permanente, el rango sobresaliente es el menor al 30%, con una posibilidad de recarga muy baja. El uso de suelo actual predominante es el agropecuario con un 29.17% con respecto al área total. En conclusión, la posibilidad de recarga hídrica que prevalece en la cuenca es la moderada, con un porcentaje de área de 37.48% y la baja, con un 32.21%, ocupando, entre ambos rangos, el 70.69% del área total de la microcuenca, presentando mayor vulnerabilidad, precisando un mejor manejo por medio de obras de conservación de suelos y agua, reforestación, asistencia ambiental y prácticas amigables con el medio ambiente.

Palabras claves: recarga hídrica, uso de suelos, geología, obras de conservación de suelos y agua.

ABSTRACT

This document focuses mainly on the characterization of potential areas of water recharge, of the Las Canoas micro-basin, located between the municipality of Cinco Pinos and San Pedro del Norte, department of Chinandega. For this purpose, the methodology proposed by Matus (2007) was used, which consisted in evaluating five elements: Slope, soil type, rock type, current land use and permanent vegetation cover. The information collected indicates that 68.76% of the total area of the micro-basin has a microrelief wavy/concave, with a possibility of moderate recharge. The micro basin is divided into 3 types of soils: inceptisols, entisols and vertisols, of which inceptisols predominate with 49.16% of the total area, followed by entisols with 44.29% and finally vertisols with 4.79%; they were classified into four taxonomic subgroups: Litic and Tipic Ustorthents, Tipic Haplusterts and Litic Haplustepts. Regarding the type of rock two formations were found, Matagalpa with 80.42% of the area and Margenes del Batolito de Dipilto with 19.58%. In terms of permanent plant cover, the outstanding range is less than 30%, with a very low possibility of recharging. The predominant current land use is agriculture with 29.17% of the total area. In conclusion, the possibility of water recharge prevailing in the basin is moderate, with an area percentage of 37.48% and low, with 32.21%, occupying, between both ranges, 70.69% of the total area of the micro-basin, presenting greater vulnerability, requiring better management through soil and water conservation works, reforestation, environmental assistance and environmentally friendly practices.

Keywords: water recharge, soil use, geology, soil and water conservation works.

I. INTRODUCCIÓN

“La escasez y el abuso del agua expresa una clara amenaza para el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente, la salud y el bienestar humano, la seguridad alimentaria, el desarrollo industrial y los ecosistemas” (Vallecillo, 2019), esto ocasionado principalmente por actividades antrópicas que generan serios impactos en los ecosistemas, lo que reduce la capacidad de estos de suministrar bienes y servicios. En ese sentido, las zonas potenciales de recarga hídrica juegan un papel importante en el ciclo hidrológico, además de que son una de las fuentes principales para obtener agua dulce para el consumo humano (CACERES, 2015).

Matus (2007) señala que son muchos los orígenes en que una recarga se puede manifestar, desde la infiltración de las aguas superficiales que es la más importante, hasta la transferencia de un acuífero a otro. Hay diversas causas que han ocasionado que las zonas de recarga se vean afectadas negativamente, entre ellas principalmente las acciones antrópicas como malas prácticas agropecuarias o la deforestación, y otros factores naturales como las características del suelo, relieve y las condiciones geológicas que pueden facilitar o no la recarga del acuífero.

El departamento de Chinandega, es una de las zonas en que el recurso suelo presenta excelentes aptitudes para las actividades agrícolas, pero también es una de las zonas que se han visto más afectadas por los cambios de usos de suelos y contaminación, lo que ha generado, que, en las últimas décadas, más de 50 ríos se hayan secado (Martínez, 2010). Esto ha provocado que la calidad de vida de las personas se vaya deteriorando, ya que no hay agua ni en cantidad ni de calidad para la población.

Según (ENACAL, 2007) en los municipios de Cinco Pinos y San Pedro del Norte, las principales actividades económicas son agrícolas, granos básicos y una economía de subsistencia, lo que en conjunto con la topografía escarpada que predomina en ambos municipios, ha venido acelerando procesos erosivos, así como los cambios de uso del suelo que afectan la recarga hídrica al haber una disminución en la cobertura vegetal, teniendo como consecuencia todo esto, la disminución de la posibilidad de recarga en las microcuencas que conforman estos municipios.

Es por ello que la delimitación y caracterización de estas zonas de recarga, es de gran utilidad para el diseño de planes de manejo de recursos naturales que permitan por medio de estrategias, el incremento de la recarga hídrica, por lo que el presente estudio tuvo como objetivo, la caracterización de las zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca del Río Las Canoas, ubicada en los municipios San Pedro del Norte y Cinco Pinos, para ser utilizado como insumo en la planificación de proyectos en pro de la conservación y manejo sostenible de los recursos naturales.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las zonas potenciales de recarga hídrica con la finalidad de generar información que permita la priorización de acciones relacionadas con el manejo y conservación de los recursos naturales en la microcuenca Las Canoas, compartida por los municipios de San Pedro del Norte y Cinco Pinos, departamento de Chinandega.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar las zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca Las Canoas que permita identificar áreas prioritarias para su conservación y manejo.
- Describir las principales características de las zonas potenciales de recarga hídrica, para priorizar acciones que incrementen la infiltración del agua en el suelo.
- Proponer acciones que permitan incrementar las posibilidades de recarga hídrica del acuífero.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación del área de estudio

La microcuenca Las Canoas es compartida por los municipios de San Pedro del Norte y Cinco Pinos del departamento de Chinandega. Posee una superficie de aproximadamente 25.62 Km² y se encuentra localizada entre las coordenadas 13°17'18.456'' y 13°12'31.0176'' de latitud norte y -86°50'24.3708'' y -86°50'30.9804'' de longitud oeste respectivamente.

El municipio de Cinco Pinos se encuentra a una altitud de 400 msnm, está ubicado una zona con extensas áreas de topografía accidentada con restos de bosques de pino y con pequeños valles de aptitud agropecuaria. El municipio de San Pedro del Norte, se encuentra a una altura de 410 msnm y posee un sistema montañoso constituido por las estribaciones de la cordillera de La Botija, que colinda en su región noroeste con el territorio de la República de Honduras (ENACAL, 2007).

3.1.2 Clima

El clima de los municipios de Cinco Pinos y San Pedro del Norte es seco y cálido. Pertenecen a la región de occidente con un clima tropical de sabana que tiene como característica principal una marcada estación seca de 4 a 6 meses de duración, confinada principalmente de los meses de noviembre a abril. (ENACAL, 2007).

Cuadro 1. Clasificación del clima por municipios

Municipio	Cinco Pinos	San Pedro del Norte
Precipitaciones (mm)	800 a 1,000	500 a 1,500
Temperatura (° C)	28	27
Zona de vida	tropical de sabana	tropical de sabana

3.1.3 Recurso hídrico

El territorio de Cinco Pinos es bañado 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 68 Ojos de agua diseminados por todo el territorio municipal. En el caso de San Pedro del Norte, riegan el área municipal los ríos Guasaule o Guasaúle y el Torondano, con algunos de sus afluentes orientales de su curso sur (ENACAL, 2007).

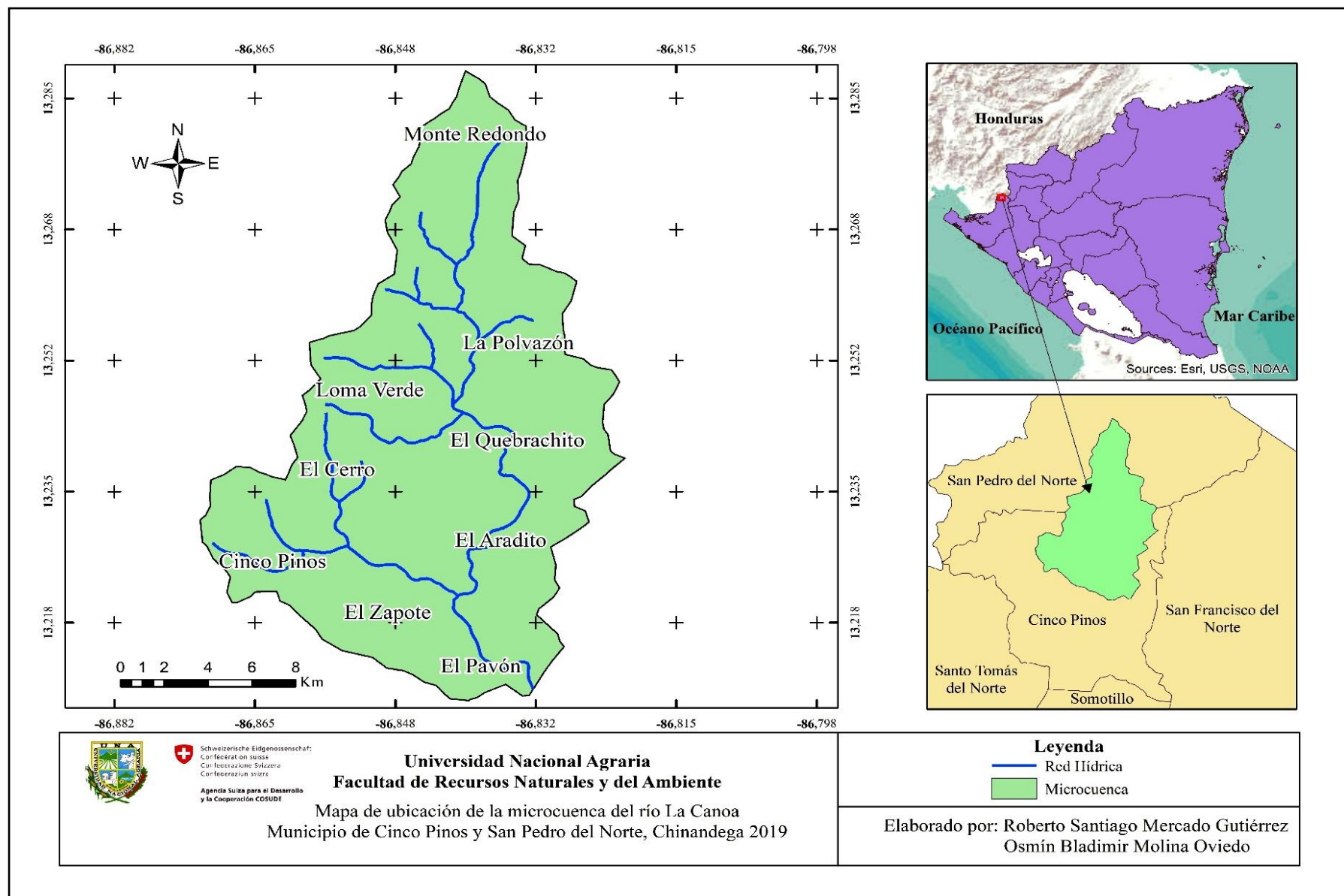


Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca el río Las Canoas municipios de San Pedro del Norte y Cinco Pinos, Chinandega.

3.2 Diseño metodológico según Matus, 2007

A continuación se presenta el esquema de la metodología propuesta por (Matus, 2007) Figura 2.

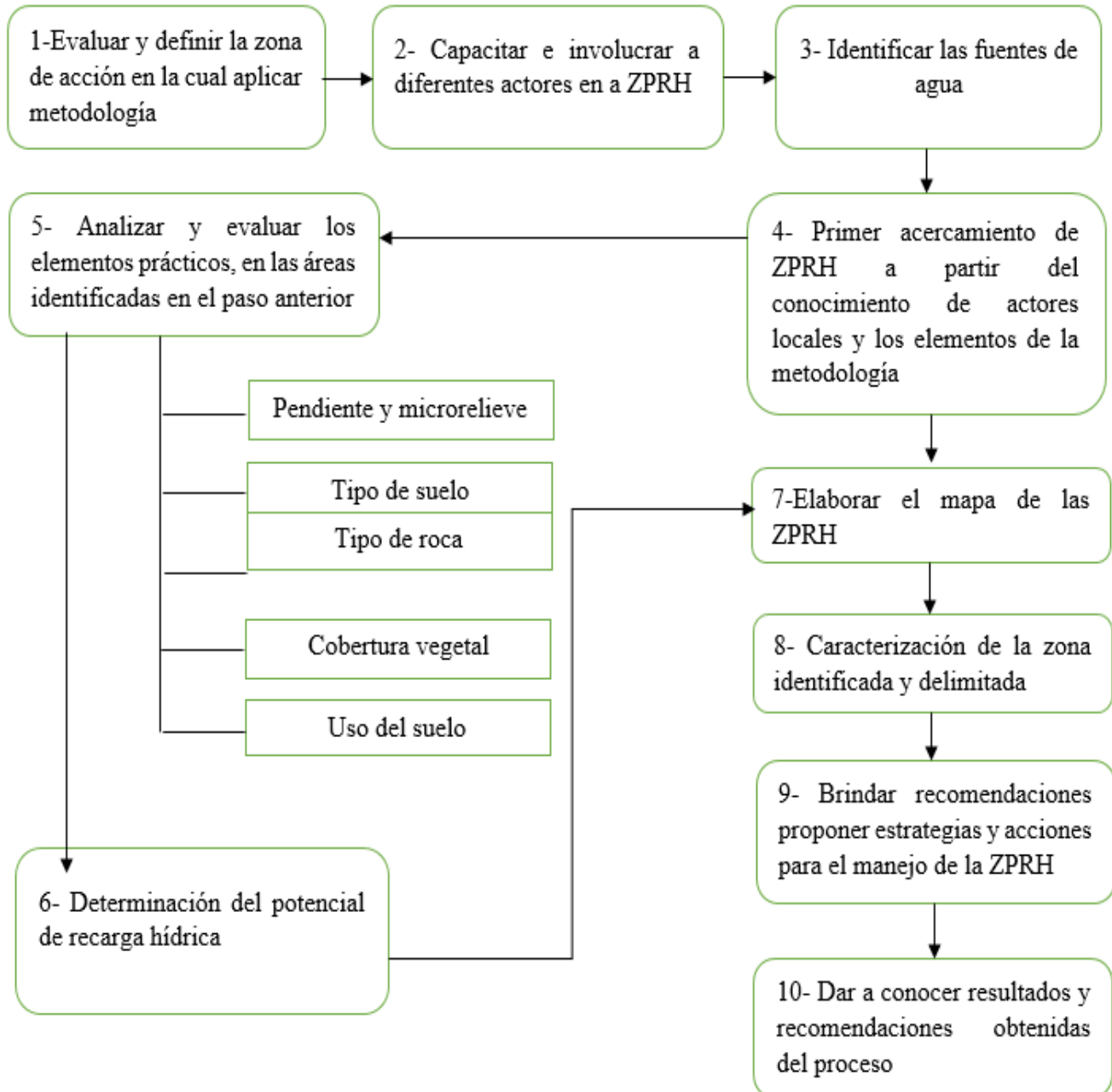


Figura 2. Diseño metodológico propuesto por (Matus, 2007).

3.3 Diseño metodológico ajustado a los objetivos del estudio

La metodología utilizada en este estudio fue fundamentada en la propuesta por Matus (2007) donde se omitieron los pasos 1,2,3 y 10 (figura 3) debido a que en el proyecto financiado por la cooperación suiza se desarrollaron distintas investigaciones que incluían la delimitación de la microcuenca, reconocimiento de fuentes hídricas y el diagnóstico socioeconómico entre otras actividades que sirvieron como insumo para los primeros tres pasos propuestos por Matus.

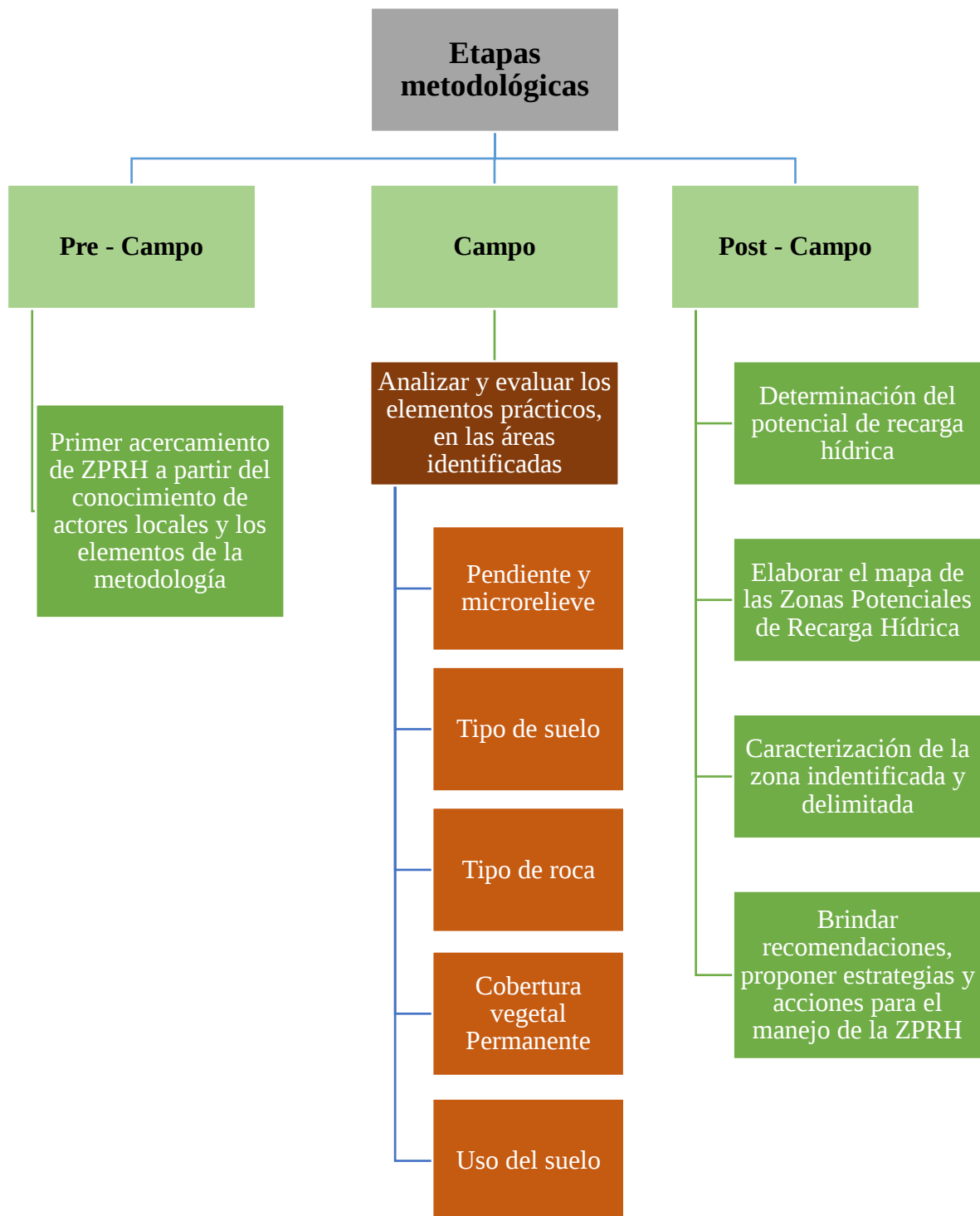


Figura 3. Etapas metodológicas para caracterizar zonas potenciales de recarga hídrica, (Matus, 2007), adaptación propia.

3.4.Fases de la metodología

3.4.1. Etapa de Pre-campo

Primer acercamiento de ZPRH a partir del conocimiento de actores locales y los elementos de la metodología

En este trabajo se utilizaron los sistemas de información geográfica para la aplicación de esta metodología, más la recopilación de los diferentes datos en campo e información suministrada por los actores locales. En ese sentido, el primer acercamiento consistió en el análisis de información base existente y la definición previa de las áreas donde se hicieron las pruebas de campo.

Los información secundaria utilizada fue:

- a) Mapa Geológico de INETER, año 2004.
- b) Mapa topográfico de INETER, año 1989.
- c) Mapa de zonificación agroecológica de Marín, 1992.
- d) Mapa nacional de suelos, INETER, 2015.
- e) Modelo de Elevación Digital (DEM) con resolución de 30 metros.
- f) Imágenes satelitales de Google earth para la clasificación de los usos actuales de suelo.

3.4.2 Etapa de Campo

Analizar y evaluar los elementos prácticos, en las áreas identificadas

En la evaluación de los elementos del modelo, inicialmente se recopiló la información existente de cada uno de los elementos, posteriormente esta se actualizó con información de campo. Se definieron transectos los que permitieron evaluar los elementos de la metodología en conjunto con técnicos de la alcaldía y dueños de finca.

Para cada uno de los elementos evaluados se hizo un mapa según las características que posibilitan a la recarga hídrica, estando esta comprendida en 5 rangos que van desde muy baja a muy alta (siendo la ponderación 1 “muy baja y 5 “muy alta”). A continuación se describen cada uno de los elementos evaluados.

a) Pendiente y microrelieve

Es importante saber el grado de pendiente de un terreno, ya que con esta se puede identificar superficies planas, cóncavas y convexas. “En las superficies convexas el agua se mueve y se dispersa hacia distintas direcciones, en las superficies planas a moderadamente inclinadas, el agua sigue direcciones casi paralelas y en áreas cóncavas el agua al desplazarse, se concentra en el lugar más bajo”. (Matus, 2007, pág. 117).

En los relieves con elevaciones altas, escarpados y de rápido escurrimiento superficial, el proceso de infiltración disminuye, lo que provoca que se acelere el proceso de erosión de los suelos, indicando que el relieve afecta de forma negativa la infiltración. “Por otro lado, en los relieves planos y cóncavos, se favorece el proceso de infiltración, porque permiten un mayor tiempo de contacto del agua con el suelo” (Matus, Faustino, & Jiménez, 2009, pág. 12).

Para la evaluación de la pendiente se hizo un recorrido en los puntos de estudio haciendo una visualización en terreno para tener una idea sobre el relieve del área. Posteriormente se utilizó el programa ArcGis (versión 10.3) para generar un mapa de pendiente a partir del modelo de elevación digital con una resolución de 30 x 30 metros (obtenido del portal web de la NASA). A partir del mapa de pendiente obtenido del modelo de elevación, se reclasificaron los rangos de pendientes utilizando lo propuestos por (Matus, 2007), los que se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de pendiente y micro relieve.

Microrelieve	Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Planos a casi planos/con o sin rugosidad	0 – 6	Muy alta	5
Moderadamente ondulados/ cóncavos	6 – 15	Alta	4
Ondulados/ cóncavos	15 – 45	Moderada	3
Escarpados	45 – 65	Baja	2
Fuertemente escarpado	> 65	Muy Baja	1

Fuente: (Matus, 2007)

b) Tipo de suelo

Para Matus, 2007

Analizar y evaluar los tipos de suelo es uno de los elementos importantes para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica, porque su textura, porosidad, el tamaño de las partículas y el estado de fisuramiento del suelo, refleja qué tan bueno es ese suelo para recargar agua al manto acuífero. Pág 119.

En ese sentido, la metodología para la evaluación de este elemento se detalla a continuación.

Descripción del suelo

Se analizó el Mapa Nacional de Suelos de INETER (2015) y algunos estudios realizados en los municipios que contenían información base sobre los suelos, como lo es el mapa de zonificación agroecológica de Marín (1992). Debido a que la escala del mapa nacional de suelos de INETER no se ajustaba a la escala del trabajo, se recopiló información en campo de la descripción de los suelos en cortes de camino.

La descripción de suelos en campo se hizo en conjunto con los dueños de fincas y técnicos de las dos alcaldías, haciéndose estas en cuatro transectos con 16 observaciones en el municipio de San Pedro del Norte. Los transectos fueron los siguientes:

- El Ranchón – El Ocotillo – Los Laureles
- El Coyolito – Plan Grande – La Polvazón
- El Polvón – Loma Verde
- San Pedro del Norte (Casco urbano) – La Hoya

En el municipio de Cinco Pinos, se realizó un transecto y 12 observaciones de suelo. El transecto fue el siguiente:

➤ Cerro San Rafael - Las Marías - Los Araditos.

Para la descripción de las observaciones de suelo, se utilizó la guía para la rápida evaluación del suelo y el terreno (Guía RASTA, año 2010) Biotec (2010), elaborada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

La guía contenía información de las características internas del suelo, como es la subdivisión interna de los horizontes, textura, estructura, color y porosidad.

Asimismo, características externas como: pendiente, forma del terreno, escurrimiento superficial, uso del suelo, cobertura vegetal y erosión. Esta guía se integró en la aplicación móvil KoBoCollect (versión 1.4.8), y una vez completado cada formulario, la información se envió a una base de datos para ser analizada. A partir de esta información, se seleccionaron cuatro perfiles representativos en ambos municipios, dos en Cinco Pinos y dos en San Pedro del Norte. De cada perfil se tomaron muestras para ser llevadas al laboratorio que permitió clasificarlos a nivel de subgrupo taxonómico, empleando la clave taxonómica de la Soil Taxonomy de la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) 2014.

▪ **Textura del suelo**

La determinación de textura del suelo en campo se realizó siguiendo los pasos descritos por (Porta, López, & Roquero, 2005) que a continuación se describen:

1. Tomar una cantidad de muestra que pueda contener la palma de la mano y eliminarlos elementos gruesos (diámetro mayor de dos mm).

2. Humedecer hasta el punto de adherencia (se puede amasar y no escurre agua), mezclando con ayuda de un cuchillo (evitar que se seque durante la manipulación, añadir agua si es necesario).

3. Intentar hacer un cilindro de tres mm de diámetro y unos diez cm de largo:

- No se puede: **la muestra contiene más de un 80% de arena**, da una sensación abrasiva, rechina al oído; cuando esta seca el material este suelto:

- Sin cohesión ni adherencia en húmedo, granos visibles: **arenosa**.
- Ligera cohesión en húmedo puede amasarse una bola cuando está suficientemente húmedo, no se adhiere a los dedos: **arenosa franca**.
- Se puede hacer el cilindro de tres mm de diámetro: ir a 4.

4. Intentar hacer un cilindro de 1 mm de diámetro:

- No se puede: **la muestra contiene más de un 65 y un 80% de arena**:

- En húmedo es adherente, une los dedos, puede amasarse fácilmente una bola, resiste la deformación, superficie de aspecto brillante, si bien tacto áspero y abrasivo: **franco-arcillo-arenoso**.
- Tacto abrasivo, rechina al oído; en húmedo presenta un ligero grado de cohesión, fácil de deformar: **franco – arenosa**.
- Se puede hacer el cilindro de 1 mm de diámetro: ir a cinco.

5. Intentar hacer un cilindro con el cilindro de tres mm de diámetro:

El cilindro se agrieta: **la muestra contiene más de un 40 y un 65% de arena**:

- En húmedo: muy adherente, une los dedos muy fuertemente, se puede formar una bola que es difícil de deformar, superficie brillante, pero tacto abrasivo y áspero: **arcillo – arenosa**.
- En húmedo: fácil de moldear una bola; aunque contiene arena no es abrasivo al tacto, insuficiente contenido de limo para ser sedoso al tacto; insuficiente arcilla para ser adherente o tener un aspecto brillante: **franca** (p.p.).
- Posible: **franco-arcillo-arenosa** (p.p.).
- Posible: **franco-arenosa** (p.p.).
- Se puede hacer el cilindro de tres mm de diámetro: ir a seis.

6. Intentar hacer un cilindro con el cilindro de un mm de diámetro:

El cilindro se agrieta: **en la muestra predomina limo:**

- En húmedo: tacto muy suave, sedoso, untuoso, no plástico; al deslizar la muestra entre los dedos la superficie aparece débilmente brillante: **limosa**
- En húmedo: tacto suave, sedoso, fuertemente cohesivo: **franco-limosa**.
- En húmedo: adherente, muy suave, une los dedos, resiste la deformación, superficie brillante. En seco, tacto polvos de talco: **franco-arcillo-limosa**.

Se puede hacer el cilindro de 1 mm de diámetro, predomina la arcilla:

- En húmedo: es adherente, une fuertemente los dedos, resiste la deformación, superficie de aspecto brillante: **franco-arcillosa**.
- Muy adherente, une los dedos muy fuertemente, una bola es muy difícil de deformar, superficie de aspecto brillante: **arcillo-limosa**.
- En húmedo extremadamente adherente, une los dedos muy frecuentemente; muy plástico; una bola es muy difícil de deformar con la mano, adquiere una superficie brillante cuando se hace deslizar entre los dedos: **arcillosa**.

Elaboración del mapa de suelos

Para la generación del mapa de suelos se utilizó la información de la base de datos de las observaciones de suelo tomadas en campo, más la información de los perfiles representativos también descritos en campo y como material complementario, el mapa de zonificación agroecológica de Marín del año 1992, este último mapa se utilizó con el fin de poder ver las limitaciones del suelo y con ello, poder determinar con más precisión los subgrupos taxonómicos en ambos municipios. Este mapa se elaboró a escala de 1:50,000.

Ponderación de la posibilidad de recarga según el tipo de suelo

Una vez elaborado el mapa de suelos se hizo la ponderación según la posibilidad de recarga hídrica en la cual se tomó en cuenta la textura predominante en cada subgrupo taxonómico, por lo que a cada polígono de subgrupo se le asignó la ponderación correspondiente que se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Ponderación de la capacidad de recarga hídrica según su textura.

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelos franco arenosos a arenosos, con tamaño de agregados o partículas de gruesos a medios, con muy rápida capacidad de infiltración (mayores de 25 cm/h).	Muy Alta	5
Suelos francos, con partes iguales de arena, limo y arcilla, con rápida capacidad de infiltración (12.7 – 25 cm/h).	Alta	4
Suelos franco limosos, con partículas de tamaño medio a finas, con moderada a moderadamente rápida capacidad de infiltración (2 – 12.7 cm/h).	Moderada	3
Suelos franco arcillosos, combinación de limo y arcilla, con partículas finas, suelos pesados, con muestras de compactación, con lenta a moderadamente lenta capacidad de infiltración (0.13 – 2 cm/h).	Baja	2
Suelos arcillosos, muy pesados, con partículas muy finas, compactados, con muy lentacapacidad de infiltración (menor de 0.13 cm/h).	Muy Baja	1

Fuente: (Matus, 2007)

c) Tipo de roca

Según Matus, 2007

Evaluar el tipo de roca es un elemento esencial en el estudio de la recarga hídrica. El análisis y la evaluación de éstas, nos permite determinar si la recarga es subsuperficial (recarga hídrica) o es una recarga profunda de aguas subterráneas (acuífero), esto porque se puede tener una zona con buenas características climáticas, de pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal y un buen uso del suelo, que favorezcan la recarga del acuífero, como también las capas de material rocoso o arcillas impermeables que no permiten que el agua infiltre hacia el manto acuífero o a mayor profundidad, lo que impediría la recarga de aguas subterráneas. Pág 121.

Las características que deben tener las rocas al igual que el tipo de suelo, son la porosidad y permeabilidad de las mismas, debido a que las rocas duras y con poros finos no permiten la infiltración del agua e impiden la recarga, mientras que las rocas suaves, porosas, y las fracturas en la roca provocadas por las fallas geológicas ayudan a una mayor infiltración, lo que recarga el manto acuífero.

La ponderación se hizo evaluando las características de la roca utilizando para ello el mapa Geológico Minero de INETER, año 2004. Este, contenía información sobre litología, nomenclatura, serie, edad, formación y rocas. Con estos datos se elaboró el

mapa de posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca, ponderando en función de las características que se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca.

Rocas	Posibilidad de recarga	Ponderación
Rocas muy permeables, muy suaves, constituidas por cristales o agregados gruesos, con macro poros interconectados entre si, como arenas gruesas, piedras pómez, gravas o cascajos.	Muy Alta	5
Rocas permeables, suaves, constituidas por cristales o agregados medianos, con poros conectados entre sí, como arenas finas, areniscas, con poca cementación.	Alta	4
Rocas moderadamente permeables, semi suaves, con regular conexión de poros entre sí.	Moderada	3
Rocas poco permeables, un poco duras, moderadamente compactadas, constituidas por partículas finas, una combinación de gravas con arcillas, con presencia de fracturas conectadas entre sí.	Baja	2
Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, constituidas por partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy Baja	1

Fuente: (Matus, 2007)

d) Cobertura vegetal Permanente

La cobertura vegetal es un elemento esencial en la captación de agua, ya que su recubrimiento ayuda a que el agua disminuya su velocidad y causa que ésta se infiltre, aumentando la recarga y alimentando tanto lagos, lagunas, rios y manantiales. La cobertura vegetal evita que el agua se pierda por escorrentia superficial, a su vez ayuda a que el suelo no se erosione y pierda sus propiedades.

Según Matus, 2007

Es importante considerar el tipo de cobertura vegetal, ya que existen especies con sistemas radicales más densos que otros, como el de las gramíneas macolladoras y la profundidad radicular alcanzadas por las especies forestales la cual es mayor que la de los arbustos o gramíneas, es decir, que al haber diferentes tipos de cobertura vegetal existen diferentes estratos de profundidad o sistemas radicales que de una u otra forma, intervienen en el proceso de infiltración (p.128).

Cabe destacar que la cobertura vegetal puede facilitar la infiltración del agua aún en los suelos duros y arcillosos. Suelos desprovistos de vegetación que están expuestos al impacto directo de las gotas de lluvia, esto puede provocar remoción de sedimentos, haciendo que el agua infiltre lentamente o que su infiltración sea nula, ya que estos sedimentos tapan los poros impermeabilizando el suelo.

Se recolectaron 28 muestras de suelos y en cada una de ellas se hacia una estimación de cobertura vegetal, utilizando la aplicación canopy cover free. Esta funciona a través de la captura de una fotografía de la copa de los árboles y de la cobertura del suelo si es que esta estaba presente. La aplicación estima el porcentaje de cobertura a partir de las tonalidades verdes que presenta la fotografía.

También se hizo uso de google earth para verificar la cobertura vegetal, delimitar poligonos de uso de suelo, para posteriormente ser analizado en arcgis, puesto que es difícil determinar el porcentaje de cobertura exacta se utilizaron rangos según el tipo de uso, por ejemplo cobertura como vegetación arbustiva se le asignaba un rango menor a 30% caso contrario los bosques latifoliados cerrados con rangos de cobertura mayor a 90% cuadro 5.

Cuadro 5. Posibilidad de recarga según la cobertura vegetal permanente.

Porcentaje	Posibilidad de recarga	Ponderación
> 80	Muy Alta	5
70 – 80	Alta	4
50 – 70	Moderada	3
30 – 50	Baja	2
< 30	Muy Baja	1

Fuente: (Matus, 2007)

e) Uso del suelo

El uso del suelo es un elemento que establece el grado de cómo una determinada actividad o cambio de uso, influye tanto en el deterioro de sus características como la erosión y la compactación, así como en la reducción de la infiltración o la recarga hídrica.

Stadtmuller, 1994 señala que:

Las consecuencias de la deforestación para el régimen hídrico no es la remoción de los árboles, sino el uso inadecuado (sobreuso) que sigue después, el cual no corresponde al uso potencial del suelo y no incluye las medidas necesarias e indicadas para la conservación de suelos y aguas. (p.12).

Matus, 2007 afirma:

Que hay ciertos usos que tienen características que favorecen la infiltración del agua, como sistemas silvopastoriles y/o agroforestales, el uso e incorporación de materia orgánica, asociados de cultivos, entre otros; y diferenciar aquellos que afectan las características de suelo, favoreciendo la evaporación, la compactación y el escurrimiento superficial del agua, como agricultura intensiva sin obras de conservación de suelo y agua, la ganadería extensiva, labranza convencional con exceso uso de maquinaria, etc. (pág. 126).

Para la obtención de información sobre uso de suelo, se utilizó el programa llamado Google Earth Pro (versión 7.3.2.5491), en donde se delimitaron poligonos de uso del suelo y se les asignó un nombre acorde a lo observado (fotointerpretación visual), esto permitió realizar un mapa preliminar de uso. Este mapa preliminar de usos del suelos fue comprobado en campo, georreferenciándolos para corregir el mapa preliminar y elaborar

el mapa definitivo. Estos polígonos se convirtieron de extensión KML (de google earth) a archivos shape para hacer el análisis en Arcgis 10.3 a fin de obtener el mapa de delimitación de zonas potenciales de recarga hídrica, asignándole la ponderación que se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el uso del suelo.

Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque que presentan los tres estratos con árboles, arbustos y hierbas o zacate denso.	Muy Alta	5
Sistemas agroforestales o silvopastoriles.	Alta	4
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo.	Regular	3
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua.	Baja	2
Terrenos agropecuarios, con manejo intensivo.	Muy Baja	1

Fuente: (Matus, 2007)

3.4.3 Etapa Post-Campo

a). Determinación del potencial de recarga hídrica

Para la determinación del potencial de recarga hídrica se utilizó la ecuación descrita a continuación, la cual consiste en la suma de cada uno de los elementos del modelo multiplicados por un factor (peso relativo asignado a cada elemento).

$$ZPRH = 0.27 (Pend) + 0.23 (Ts) + 0.12 (Tr) + 0.25 (Cve) + 0.13 (Us)$$

Donde:

Pend: Pendiente y microrelieve

Ts: Tipo de suelo

Tr: Tipo de roca

Cve: Cobertura vegetal permanente

Us: Usos del suelo

Una vez aplicado este modelo, los resultados obtenidos se ubicaron dentro de uno de los 5 rangos de posibilidad de recarga como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto.

Possibilidad de recarga	Rango
Muy alta	4.1 – 5
Alta	3.5 – 4.09
Moderada	2.6 – 3.49
Baja	2 – 2.59
Muy baja	1 – 1.99

Fuente: (Matus, 2007)

b). Elaboración del mapa de Zonas Potenciales de Recarga Hídrica (ZPRH)

Para elaborar el mapa de zonas potenciales de recarga hídrica, se utilizaron los mapas de los elementos del modelo previamente generados (pendiente, tipo de suelo, geología, uso actual y cobertura vegetal permanente) y se hizo una superposición de capas para generar el mapa final con la herramienta weighted sum de Spatial Analyst Tools en ArcMap.

El mapa de zonas potenciales se hizo con el fin de identificar aquellas áreas que favorecen la recarga hídrica, así como aquellas que necesitan una mayor atención, caracterizarlas y así proponer en función de sus características, acciones de conservación y manejo, tanto del suelo como del bosque presente en el área que podrían ser ejecutadas por los actores locales, en este caso, las personas dentro de la microcuenca y las alcaldías de los municipios donde esta adscrita esta microcuenca.

5. Caracterización de la zona indentificada y delimitada

La caracterización de las zonas potenciales de recarga hídrica (ZPRH) se realizó una vez evaluados los cinco elementos del modelo, esto permitió conocer cómo estos elementos actúan o influyen sobre la recarga del acuífero, ya sea que incidan de forma positiva o negativa para la recarga y en función de esto, proponer las estrategias de manejo de las áreas degradadas, para una mejor capacidad de captación de agua.

La metodología para realizar la caracterización se hizo según (Gonzales & López, 2020) que básicamente consiste en lo siguiente:

- a) **Intersección de los mapas generados:** Este paso consistió en realizar una intersección de las 6 capas de mapas generados en los pasos anteriores con sus respectivas características y ponderación según su posibilidad de recarga hídrica (mapa de pendiente, tipo de suelo, geología, cobertura vegetal, uso actual y mapa de ZPRH).

La lógica de este proceso se basa en la teoría de conjuntos (que cada pixel tiene una ubicación en el espacio, por lo que los pixeles de cada capa se intersectarán en el espacio que están ubicados geográficamente, dando como resultado una nueva capa o mapa con la información de las 6 capas que fueron intersecadas, esto visible en la tabla de atributos.

- b) **Filtrado en tabla de atributos:** Una vez generado el nuevo mapa con información de cada uno de los elementos del modelo más el mapa de ZPRH, este se filtró según la posibilidad de recarga de forma ascendente, de Muy alta a Muy baja. Esto permitió observar las características de cada una de las ZPRH para ser analizadas posteriormente.
- c) **Análisis y descripción de las características de las ZPRH:** Cada una de las Zonas Potenciales de Recarga Hídrica fueron analizadas de acuerdo a la información observada en la tabla de atributos del mapa de intersección generado. Se determinaron las características predominante en cada zona de recarga que permitieron generar las propuestas de manejo de una forma más específica para cada ZPRH. (Pág.15).

6. Propuesta de estrategias y acciones para el manejo de la ZPRH

Según (Matus, 2007) previo a la planificación e implementación de estrategias para el manejo las zonas potenciales de recarga hídrica, se deben considerar ciertos aspectos básicos como los siguientes:

- a) El contexto físico, el cual se refiere a las características físicas de la zona.
- b) El contexto del manejo, actividades de manejo que se han dado o se están dando en las zonas de recarga.
- c) El contexto legal, referente a la tenencia de la tierra y el marco jurídico nacional relacionado con los recursos naturales.

En esta investigación solamente se tomaron en consideración el contexto físico y el contexto de manejo en las zonas de recarga.

Para la elaboración de las propuestas de estrategias y acciones, se realizaron las siguientes actividades:

Convocatorias:

Las convocatorias se realizaron a través de la alcaldía municipal, esta fue el enlace entre el proyecto y los comunitarios. En estas convocatorias se incluyeron a los actores locales y líderes comunitarios de la microcuenca.

Los objetivos principales de estas convocatorias fueron:

- Identificación de problemáticas en la microcuencas, esta se realizó a través de un grupo focal.
- Realización de un taller donde se presentaron alternativas de manejo a todos los beneficiarios del proyecto. Enfocados en propuestas para favorecer la recarga hídrica del acuífero.

Los siguientes criterios fueron los que se tomaron en cuenta para la selección de los actores locales y líderes comunitarios:

- Ser beneficiarios del proyecto.
- Tener 1 manzana de tierra.
- Mostrar interés en el trabajo realizado.

Grupo focal:

Se realizó un grupo focal, el cual tuvo como fin la identificación de las problemáticas presentes en el área de captación de la microcuenca.

El grupo focal se llevo a cabo con actores locales y lideres comunitarios, consistió en una entrevista grupal dirigida por un moderador a través de un guión de entrevista.

Se buscó la interacción entre los participantes como método para generar información. En el grupo focal estuvo un total de 10 personas. A través de él se consiguió información relevante sobre lo que los comunitarios opinaron y explorando ante las problemáticas encontradas en la microcuenca.

El análisis y procesamiento de esta información dio resultados exitosos que permitieron la elaboración de estrategias y acciones encaminadas a la conservación de la microcuenca las Canoas.

Taller participativo

Una vez elaborada la propuesta, se llevó a cabo un taller participativo, donde se propusieron alternativas de manejo a todos los beneficiarios del proyecto, se analizaron estos resultados y entre todos los participantes se llegó a un consenso sobre las propuestas para favorecer la recarga del acuífero.

En este taller participaron 10 líderes comunitarios y actores locales, así como personal de la alcaldía municipal. Estos últimos fueron clave en el taller ya que como acompañantes del proceso validaban la información recabada para el estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis y resultados de los elementos de la metodología

4.1.1 Pendiente y microrelieve

En la Figura 4 se puede apreciar que la mayor proporción del área de la microcuenca se encuentra con pendientes que oscilan entre el 15 y 45% (áreas con microrelieve ondulado) la cual se clasifica con una posibilidad de recarga moderada. Estas áreas cubren, según el Cuadro 8, un 68.77 % del área, lo que equivale a 17.62 km², y a su vez muestra un problema en la infiltración del agua, debido a que existe un escurrimiento superficial que puede verse incrementando en la medida que los usos del suelo en estas áreas afecten negativamente la cobertura, por ejemplo, los usos agropecuarios que se dan de forma intensiva.

Las áreas con posibilidad de recarga alta ocupan un 14.17% del área total, siendo estas, áreas con pendientes entre el 6 al 15 % de inclinación (terrenos moderadamente ondulados o cóncavos). Estos sitios contribuyen en menor grado al escurrimiento superficial, logrando que el agua pueda infiltrarse con más facilidad al disminuir la energía cinética que producen las áreas con pendientes más escarpadas.

Las áreas con posibilidad de recarga baja y muy baja se encuentran en rangos comprendidos de 45 a 65% y mayor de 65% de pendiente respectivamente. Estas áreas suman un porcentaje de 14.48% respecto al área total de la microcuenca, siendo zonas con un microrelieve escarpado a fuertemente escarpado. La baja y muy baja posibilidad de recarga se debe a que, por la misma naturaleza de la pendiente (alto grado de inclinación) se favorece el escurrimiento superficial por lo que el agua no logra infiltrar con facilidad en el suelo, quedando el suelo más propenso a los procesos erosivos y con ellos, la pérdida de su productividad.

Las áreas con pendientes de 0 a 6% en la microcuenca Las Canoas, ocupan un porcentaje muy bajo en la microcuenca (2.58% respecto al área total), siendo estas áreas las que poseen una posibilidad de recarga muy alta dado que el agua permanece mayor tiempo en el suelo y tiene una mayor posibilidad de infiltrar.

Cuadro 8. Posibilidad de recarga hídrica según rango de pendiente en la microcuenca del río Las Canoas.

Rango de pendiente	Microrelieve	Posibilidad de recarga	Ponderación	Área (Km ²)	% del total
0-6	Plano a casi plano, con o sin rugosidad	Muy alta	5	0.66	2.58
6--15	Moderadamente ondulado o cóncavo	Alta	4	3.63	14.17
15-45	Ondulado/cóncavo	Moderada	3	17.62	68.77
45-65	Escarpado	Baja	2	3.26	12.72
>65	Fuertemente escarpado	Muy baja	1	0.45	1.76
Total				25.62	100

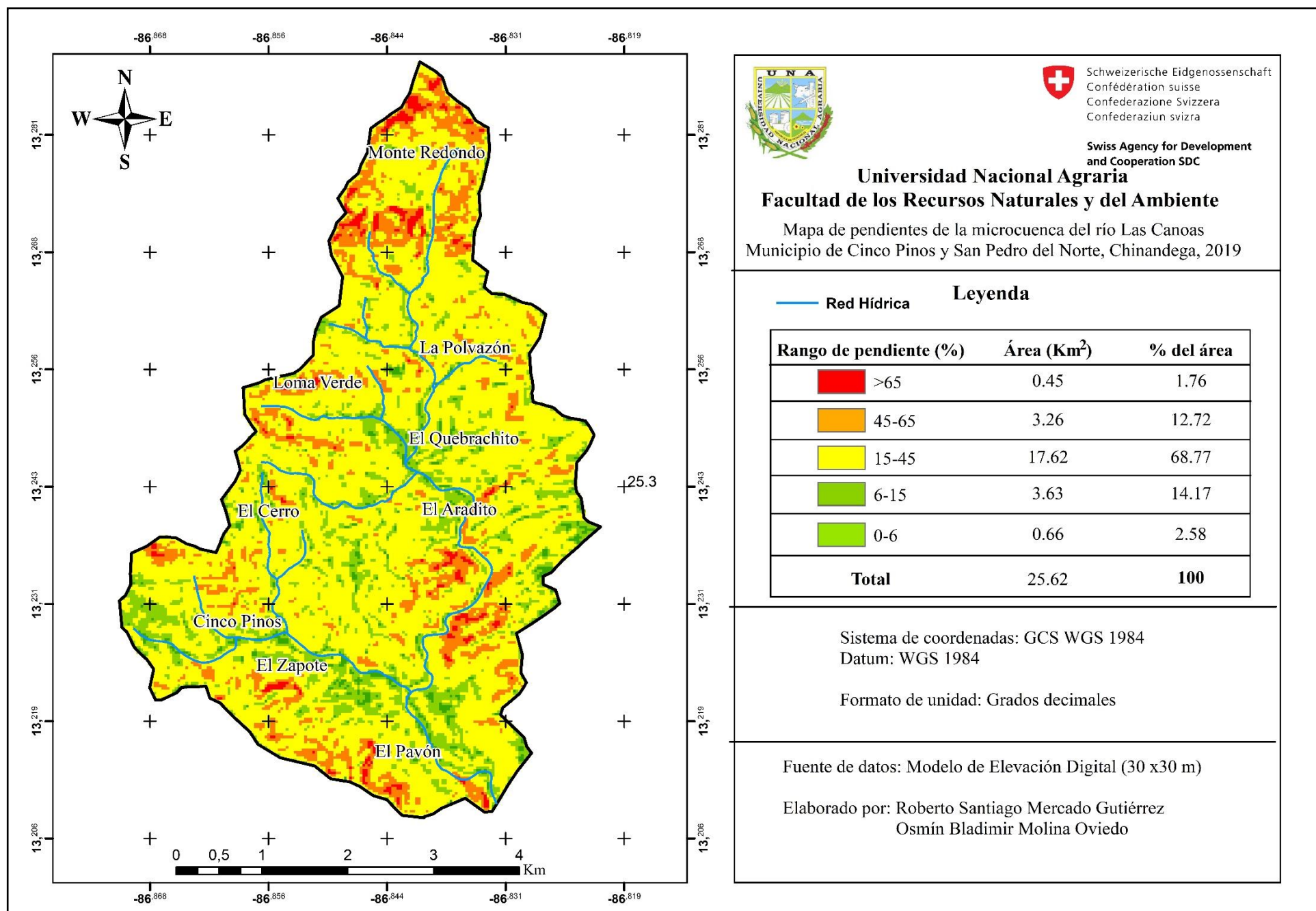


Figura 4. Mapa de pendientes de la microcuenca del río Las Canoas, municipios de Cinco Pinos y San Pedro del Norte Chinandega.

4.1.2 Tipo de suelo

En la microcuenca Las Canoas se clasificaron 3 ordenes taxonómicos de suelo, los cuales se clasifican en 4 subgrupos taxonómicos, a continuación se describen las características de cada subgrupo taxonómico:

Suelos del Orden Inceptisol

Subgrupo: Lithic Haplustepts

Este subgrupo ocupa la mayor parte del territorio de la microcuenca, (aproximadamente 49.18% con respecto al área total). En la Figura 5 se puede observar el perfil descrito, el cual se encuentra ubicado en la comunidad El Plan, entre las coordenadas 13° 15' 53.4" N y -86° 51' 24.9" O. Posee un horizonte cámbico (Bw) lo que quiere decir que es un horizonte con cierto grado de alteración, presenta textura franco arenosa, con poros medios y finos, con una estructura granular, tiene un régimen de humedad ústico, es decir, que en este lugar llueve 6 meses en el año y 6 meses no llueve, tiene presencia de erosión severa y con una pendiente pronunciada de 55%.



Figura 5: Perfil de suelo, Orden Inceptisol, San Pedro del Norte, Chinandega.

Suelos Orden Entisol

Este orden está compuesto por 2 subgrupos taxonómicos: Lithic Ustorthents y Typic Ustorthents, sumando un total de 49.06% con respecto al área total.

El subgrupo Lithic Ustorthents (ver Figura 6) ocupa el 44.26% del área total. El perfil descrito se encuentra ubicado en la comunidad Las Lajitas, entre las coordenadas 13° 10' 54.9" N y -86° 49' 39.8" O.

Este orden posee un horizonte poco profundo, con un contacto lítico dentro de los 50 cm de la superficie del suelo mineral, esto quiere decir que hay presencia de piedras o un contacto lítico dentro los 50 cm a partir de la superficie del suelo mineral.

Posee textura franco arenoso, con estructura granular, con erosión moderada, con una pendiente de 31% y contiene muchos poros grandes y medianos, con raíces finas y medianas. Estos suelos se encuentran de forma predominante en las zonas con mayor pendiente en la microcuenca, esto en conjunto con las malas prácticas agropecuarias como las quemas, la cual puede observarse en la Figura 7, contribuyen a que estos suelos se vayan degradando cada vez más, propiciando además mayores escurrimientos superficiales, alteraciones en la estructura del suelo por disminución de la actividad de los microorganismos y por ende, disminución de los nutrientes disponibles para las plantas.

El subgrupo Typic Ustorthents ocupa el 4.80% del área total de la microcuenca y posee características similares al Lithic Ustorthents, a diferencia que en este subgrupo no hay contacto lítico dentro de los 50 cm de la superficie del suelo mineral. Estos suelos presentan poca evidencia de desarrollo además de encontrarse con problemas de erosión que se incrementan por su ubicación en zonas con pendientes moderadas a fuertemente escarpada.



Figura 6. Perfil representativo del orden Entisol, Cinco Pinos, Chinandega.



Figura 7. Paisaje representativo de suelo Orden Entisol, Cinco Pinos, Chinandega.

Suelos Orden Vertisol

Subgrupo Typic Haplusterts

Los suelos vertisoles ocupan el 1.76% del área de la micocuena en relación al área total. El perfil descrito (ver Figura 9) se encuentra ubicado en la comunidad El Jícara, dentro las coordenadas 13° 10' 54.1" N y -86° 51' 33.0" O. Son suelos con arcillas expandibles que causan daños a la infraestructura construida sobre ellos, a su vez su estructura evita que la vegetación arbórea se desarrolle con facilidad.

Posee una estructura subangular, es un suelo generalmente duro y adhesivo, tiene poros medianos y finos, presencia de raíces finas, con régimen de humedad ústico, permeabilidad muy baja lo que dificulta la infiltración del agua, con drenaje moderado, erosión moderada y con pendiente del 3 %. Estos suelos se encuentran en áreas planas a moderadamente onduladas (ver Figura 8) por lo que son áreas de depósito de las partículas más finas (arcillas), provenientes de las partes más altas alrededor estos llanos.



Figura 8. Paisaje representativo de suelos Vertisoles, municipio de Cinco Pinos, Chinandega.



Figura 9: Perfil representativo de suelo Orden Vertisol, municipio de Cinco Pinos, Chinandega.

Posibilidad de recarga por tipo de suelo.

En la microcuenca, los suelos de orden Entisol presentaron textura franco arenosa de forma predominante, estos se ubican espacialmente en la áreas más escarpadas de la microcuenca (Figura 10). Al tener texturas franco arenosa estos suelos presentan una alta posibilidad de recarga puesto que, en estas texturas, existe una mayor cantidad de macrocoporos debido a la alta presencia de partículas de arena (partículas entre 0.05 a 2 mm de diámetro), facilitando con esto la infiltración del agua en el suelo. Por lo antes mencionado, a estos suelos se les asignó una ponderación 5, es decir, posibilidad de recarga muy alta (ver cuadro 9).

Los suelos inceptisoles en la microcuenca, poseen de forma predominante textura Arcillo limosa, por lo que hay un mayor porcentaje de partículas de arcilla en relación al limo, lo que dificulta la infiltración del agua en el suelo, asignándole a estos suelos una ponderación 2, es decir, con posibilidad de recarga baja.

Los suelos con textura arcillosa como los del orden Vertisol, presentan características que no favorecen a la infiltración del agua, debido a que estos tienen partículas muy finas de arcilla que al humedecerse, éstas se expanden, impidiendo así la infiltración, provocando además daños en las raíces de algunos cultivos por el agrietamiento producido cuando estos suelos se secan. En estos suelos hay un mayor número de microporos por lo que se le asignó ponderación 1, es decir, suelos con posibilidad de recarga muy baja.

Cuadro 9. Posibilidad de recarga hídrica por el tipo de suelo.

Subgrupo taxonómico	Textura predominante	Posibilidad de recarga	Área (Km ²)	% del total
Lithic Ustorthents	Franco arenoso	Muy alta	11.34	44.26
Typic Ustorthents	Franco arenoso	Muy alta	1.23	4.80
Typic Haplusterts	Arcilloso	Muy baja	0.45	1.76
Lithic Haplustepts	Arcillo limoso	Baja	12.60	49.18
Total			25.62	100

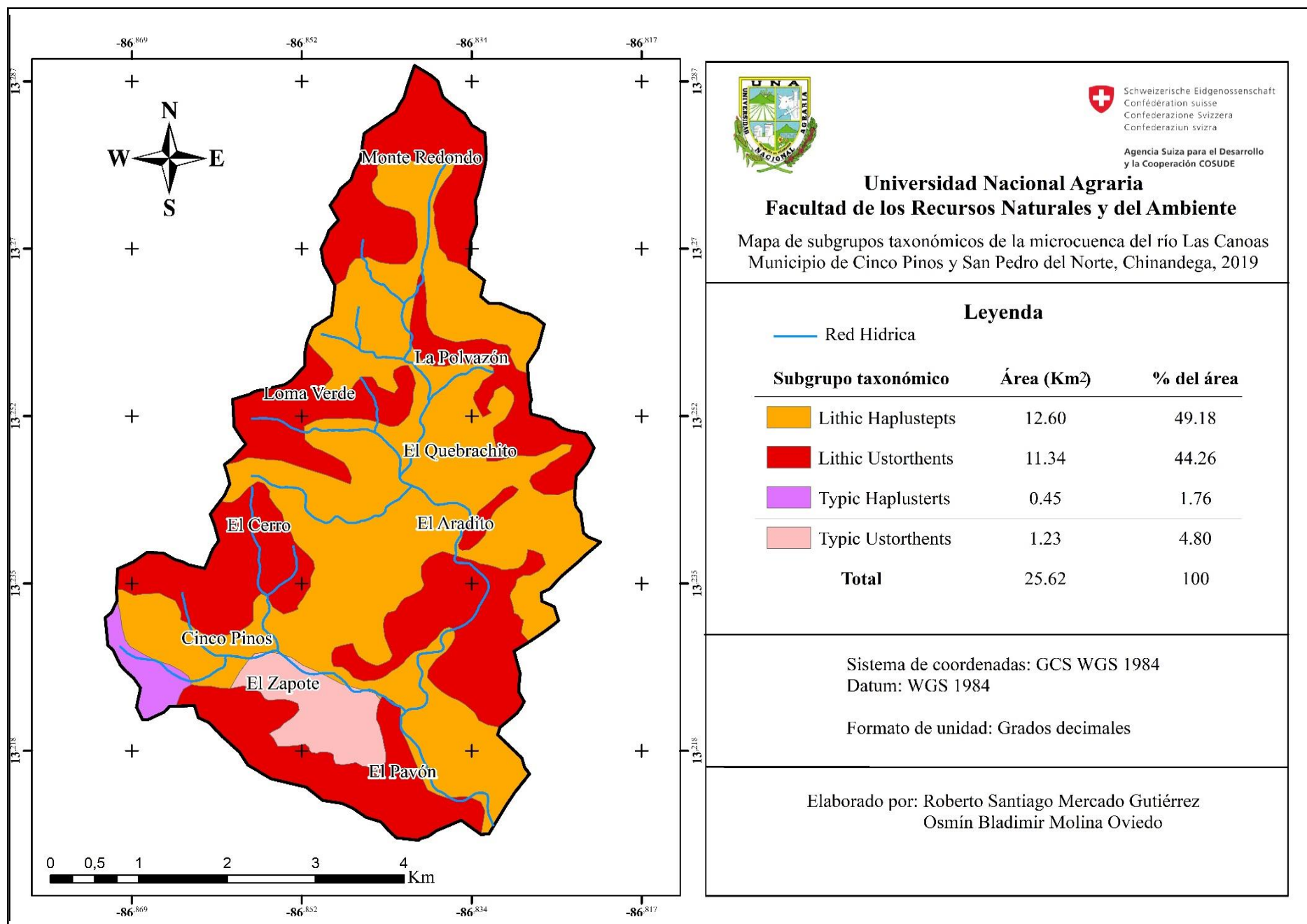


Figura 10. Mapa de subgrupos taxonómicos de la microcuenca del río Las Canoas, municipios de Cinco Pinos y San Pedro del Norte Chinandega.

4.1.3 Tipo de roca

El tipo de roca es uno de los elementos que más influencia tiene en la recarga del acuífero debido a que esta debe ser permeable para que el agua logre infiltrar a el acuífero. En la microcuenca La Canoa existen dos tipos de formaciones rocosas, las cuales según el mapa de INETER (2004) son: Matagalpa y Márgenes del Baolito de Dipilto. En la Figura 11 puede observarse que la formación que cubre una mayor proporción del área total es la Matagalpa con 80.41% (20.62 Km²), luego la formación Margenes del Batolito de Dipilto con 19.59% (5.02 Km²).

La formación Matagalpa tiene edad de 25 millones de años y está compuesta por roca como tobas riolíticas a dacíticas, lavas andesíticas a basálticas, ignimbritas y areniscas. Esta formación posee una ponderación 1 (ver Cuadro 10) lo que indica que son rocas impermeables, duras, cementadas, constituida por partículas muy finas, sin presencia de grietas o poros que dejen pasar el agua hacia el acuífero, a excepción de aquellas rocas que afloran en las quebradas en donde la erosión constantemente erosiona la zona meteorizada y las andesitas jóvenes intrusivas.

Al igual que la formación Matagalpa, la formación Márgenes del Batolito de Dipilto también poseen una edad de aproximadamente 25 millones de años, está formado por rocas intrusivas ácidas como la granodiorita. Estas rocas son impermeables debido a que son formadas bajo una intensa presión lo que hace que no haya lugar a la formación de poros, impermeabilizando el acuífero. Cabe destacar que en la zona de estudio, a estas rocas se les asignó una posibilidad de recarga baja (ponderación 2) puesto que según (Hodgson, 1971), “hay presencia de meteorización que ha vuelto las rocas relativamente friables y por ende, más susceptibles a presentar fisuras que permitan que el agua pueda ser transmitida a través de estas”.

Cuadro 10. Formaciones geológicas y su posibilidad de recarga.

Formaciones	Posibilidad de recarga	Ponderación	Área (Km ²)	% del total
Matagalpa	Muy baja	1	20.60	80.41
Márgenes del Batolito de Dipilto	Baja	2	5.02	19.59
Total			25.62	100

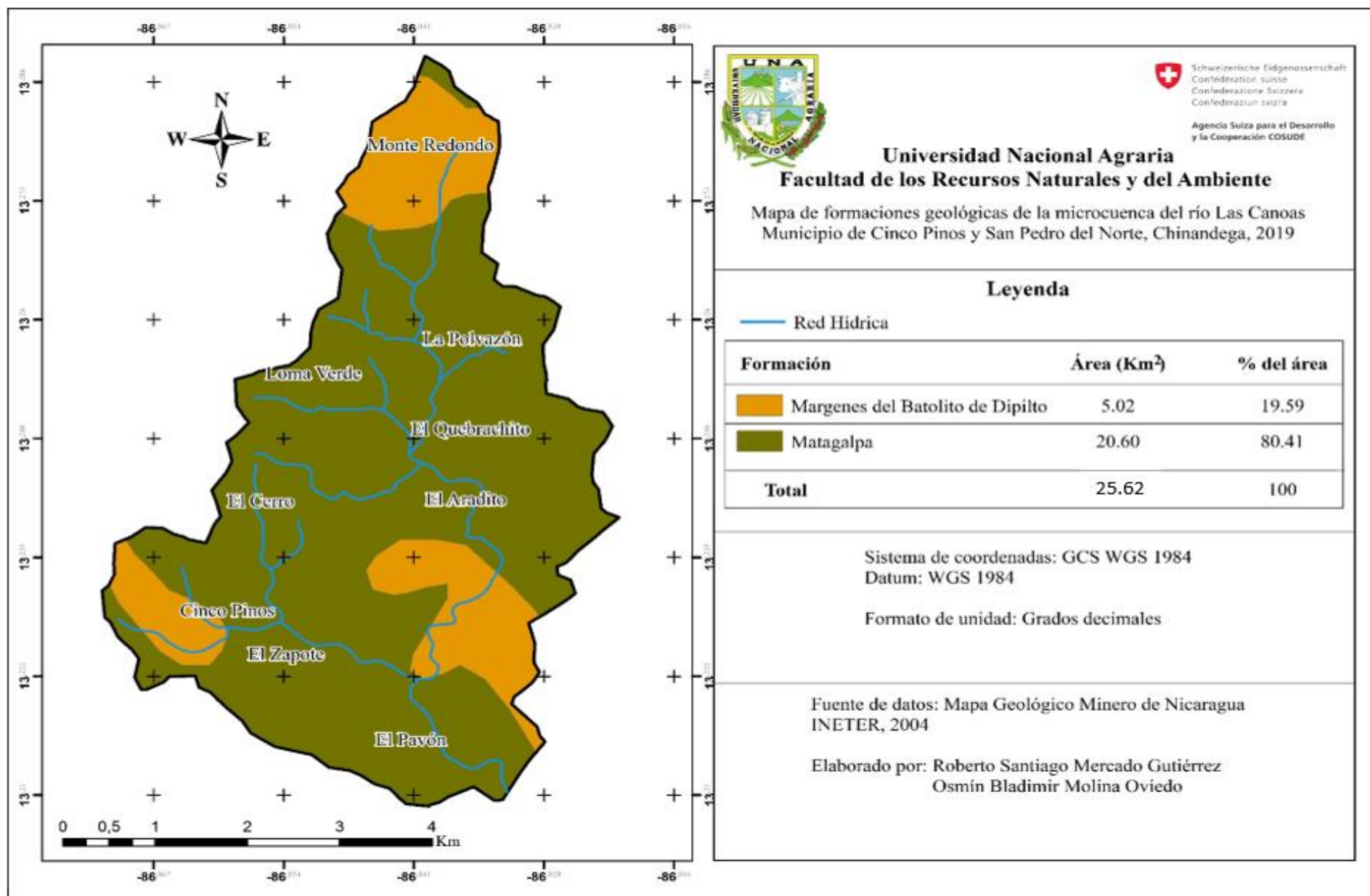


Figura 11. Mapa de formaciones geológicas, microcuenca del río Las Canoas, municipios Cinco Pinos y San Pedro del Norte Chinandega.

4.1.4 Uso del suelo

Según Benites, 2000

El uso del suelo es un elemento importante, ya que en función de este el suelo tendrá la capacidad y la facilidad de permitir que el agua infiltre, debido a que al haber arbustos bajos, cultivos, hierbas, árboles y restos superficiales, protegen la superficie de suelo de la pérdida de porosidad causada por el impacto directo de las gotas de lluvia.

Se determinaron 11 categorías de uso del suelo para la microcuenca del río Las Canoas. De estos usos, el agropecuario es el que ocupa el mayor porcentaje de área con un 29.20% a como se observa en el Cuadro 11. Este uso se caracteriza por tener cultivo y ganado en combinación, dándose de forma intensiva, lo que tiene como consecuencia que el suelo se compacte por las actividades ganaderas debido al sobrepastoreo, facilitando los la pérdidas de suelos por erosión, además que una vez realizada la cosecha de los cultivos agrícolas, el suelo queda desprovisto de vegetación, dificultando con esto la infiltración del agua. Esta situación se agudiza más al tener en cuenta que las áreas en las que usualmente se encuentran estos usos son áreas con pendientes moderadamente escarpadas a fuertemente escarpadas lo que acelera aún más estos procesos erosivos y de degradación edáfica.

El segundo uso que ocupa mayor extensión en la microcuenca es el Bosque Latifoliado Abierto que ocupa un porcentaje de 28.98%. en comparación al uso anterior, este posee una posibilidad de recarga hídrica alta debido a la cobertura vegetal que este presenta.

Benites, 2000 dice que:

Los bosque proveen una amplia cobertura defensora compuestas por cuatro estrato, o sea, el dosel de los árboles, los arbustos bajos, hierbas y restos superficiales, protegen el suelo y por consiguiente favorece a la formación de materia orgánica y canales subterráneos de la fauna que conducen a altas tasas de infiltración.

El uso de pasto más árboles dispersos se caracteriza por tener pasto con árboles dispersos que no generan suficiente cobertura y al igual que el uso agropecuario, este uso tiene problemas de infiltración debido a la compactación que es inducida por el ganado, además de que los árboles se encuentran muy dispersos. Este uso ocupa el 22.69 % del área total de la microcuenca (ver Figura 12) y posee una posibilidad de recarga muy baja.

Entre los usos de suelo con menor porcentaje de área están: Tacotal con 4.39%, este uso se caracteriza por ser un área en recuperación con árboles y arbustos de entre 1 a 9 metros de altura. estos usos favorecen a la infiltración. por que no posee suelos compactados y tienen un moderado porcentaje de cobertura (entre 30 y 50 %). El Bosque de Galería ocupa un porcentaje de área c respetco al aae total de 3.10%, éste uso posee una alta capacidad de infiltración debido a su cobertura. Asimismo, el bosque latifoliado cerrado (con 2.65 % de área respecto al total) posee una posibilidad de recarga muy alta al tener un mayor porcentaje de cobertura (más del 80 %) que ayuda a captar mejor el agua que precipita, así como el aporte de materia orgánica al suelo que mejora su estructura.

El Bosque de conífera abierto ocupa un área de 0.33 km² (1.29% del área total) y posee una posibilidad de recarga moderada, esto se debe que en estos bosques, por el tipo de copa que tienen y que crean espacios entre árboles por la intervención humana que han sufrido, quedando cierta área del suelo siempre expuesta. Estos bosques se encontraron en las partes con mayor altitud en la microcuenca (>800 msnm).

Sin embargo, esta condición no le quita la importancia que juegan estos bosques en el equilibrio de los ecosistemas y la regulación del ciclo hidrológico, por lo que se debe de hacer un plan de manejo.

Cuadro 11. Posibilidad de recarga según el uso del suelo en la microcuenca Las Canoas.

Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación	Área (Km ²)	% del total
Pasto más árboles dispersos	Muy baja	1	5.81	22.68
Bosque latifoliado abierto	Alta	4	7.42	28.96
Tacotal	Moderada	3	1.13	4.41
Agropecuario	Muy baja	1	7.48	29.20
Bosque latifoliado cerrado	Muy alta	5	0.68	2.65
Arboles dispersos más pasto	Moderada	3	0.64	2.50
Zona urbana	Muy baja	1	0.69	2.69
Vegetación arbustiva	Moderada	3	0.63	2.46
Bosque de conífera abierto	Moderada	3	0.33	1.29
Bosque de galería	Muy alta	5	0.79	3.08
Áreas sin vegetación	Muy baja	1	0.02	0.08
Total			25.62	100

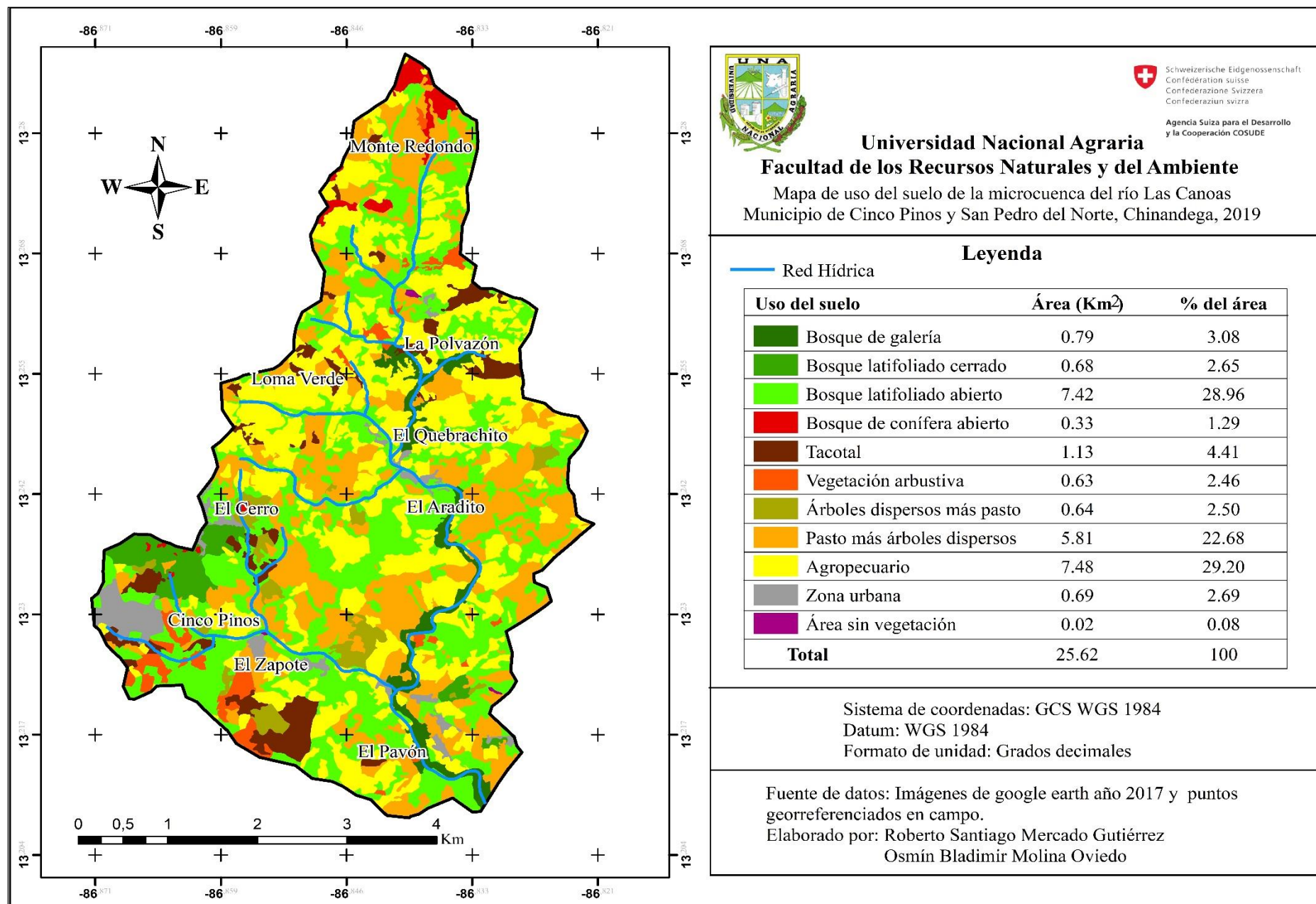


Figura 12: Uso del suelo de la microcuenca del río Las Canoas, Cinco Pinos y San Pedro del Norte, Chinandega.

4.1.5 Cobertura vegetal permanente

La cobertura vegetal es uno de los elementos más importantes, ya que intercepta las gotas de lluvia, disminuyendo su velocidad, esto ocurre al entrar en contacto con las hojas de los árboles. A su vez, éstas gotas al caer y entrar en contacto con la vegetación arbustiva y el pasto, reducen aún más su velocidad, haciendo que el agua se quede por más tiempo en la superficie del suelo lo que favorece a la infiltración.

A mayor cobertura vegetal aumenta la capacidad de infiltración y por consiguiente mayor será la recarga hídrica. por lo que se conservan mejor las características del suelo que también favorecen la recarga. “La cobertura vegetal estratificada, es decir, árboles, arbustos y hierbas, garantiza una mayor cubierta vegetal, mayor materia orgánica. mayor retención de agua y mayor infiltración” (Matus, 2007).

Como se puede observar en la Figura 14, el mayor porcentaje de área se encuentra dentro del rango de cobertura vegetal menor de 30%, lo que indica que hay una posibilidad de recarga muy baja por ser áreas en las que el suelo está más expuesto al impacto directo de las gotas de lluvia. Los usos en los que se encontraron estos porcentajes de cobertura vegetal son los agropecuarios, zonas urbanas, pasto más árboles, pasto y árboles más pasto. Las áreas con este bajo porcentaje de cobertura no favorecen a la infiltración del agua. por lo que al quedar el suelo expuesto, el agua se pierde por escorrentía superficial, provocando además erosión en el suelo, siendo mayor el impacto en aquellas áreas con pendiente escarpada.

En segundo lugar se puede observar que el 28.98% del área total de la microcuenca se encuentran en el rango de cobertura vegetal entre 50 y 70% lo que muestra que existe una posibilidad de recarga moderada, lo que indica que en estas zonas se encuentran áreas con buena cobertura vegetal, en la que hay usos del suelo con vegetación forestal.

Las áreas con cobertura entre 30 – 50%, son áreas en las que predomina la vegetación arbustiva y los tacotales o bosques en estado de recuperación. Aunque la posibilidad de recarga en este rango de cobertura es baja, es importante mencionar la importancia de mantener estas áreas con cobertura leñosa debido al importante papel que desempeñan en la infiltración del agua en el suelo, principalmente al reducir la velocidad de la escorrentía y la velocidad con la que el agua impacta el suelo.

En el caso de las áreas con cobertura vegetal entre 70 a 80% y mayores de 80%, son las que más benefician la infiltración del agua en el suelo, en estas áreas se encuentran bosques latifoliados cerrados y bosques de galería, aunque estos representen un porcentaje muy bajo en área dentro de la microcuenca.

Cuadro 12. Posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.

Rango	Posibilidad de recarga	Ponderación	Área (Km2)	% del total
<30%	Muy baja	1	14.64	57.12
30-50%	Baja	2	2.08	8.13
50-70%	Moderada	3	7.43	28.98
70-80%	Alta	4	0.68	2.67
>80%	Muy alta	5	0.79	3.10
Total			25.62	100

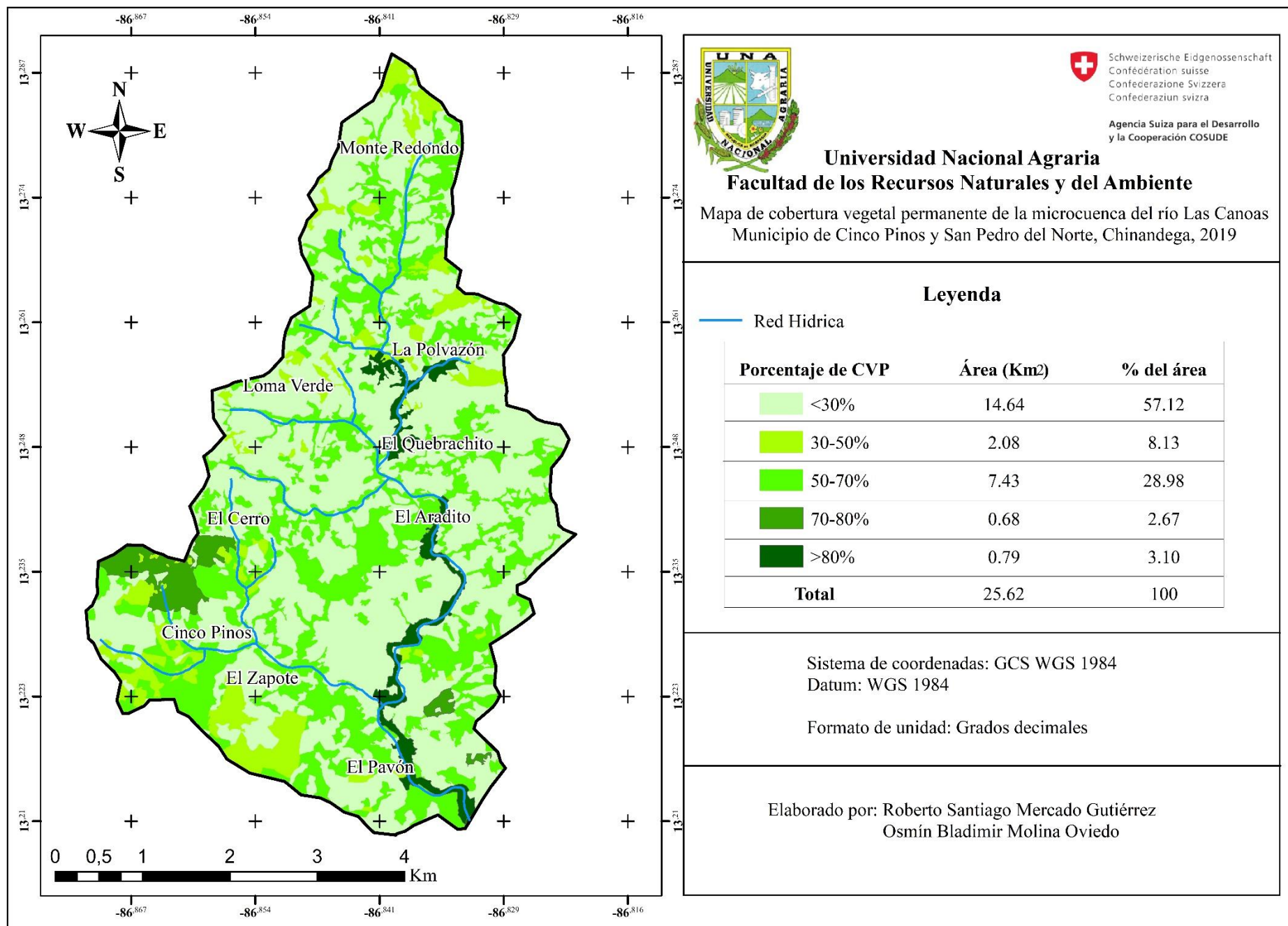


Figura 13. Mapa de cobertura vegetal permanente de la microcuenca del río Las Canoas, municipios de Cinco Pinos y San Pedro del Norte, Chinandega. 32

4.2 Caracterización de las zonas potenciales de recarga hídrica

El análisis de cada uno de los elementos (Pendiente, Tipo de suelo, Tipo de roca, Cobertura Vegetal Permanente y Uso actual del suelo) permitió delimitar cada una de las zonas con posibilidad de recarga y posteriormente su caracterización la cual resulta importante para definir acciones en aquellos sitios en los que las características de los usos del suelo sean desfavorable para la recarga hídrica.

En ese sentido, en la microcuenca Las Canoas se determinaron 5 posibilidades de recarga hídrica (ver Cuadro 13), siendo la posibilidad de recarga moderada la que predomina y cubre un 37.47% del área total, sin embargo, las posibilidades baja y muy baja suman un 57.22 % lo que indica que más de la mitad del área de la microcuenca posee características que no favorecen a la recarga y que resulta importante priorizar estas áreas para incrementar la recarga. En el caso de las posibilidades alta y muy alta representan un bajo porcentaje respecto al área total (4.92 y 0.39 % respectivamente) las cuales son zonas en las que hay mayor cobertura vegetal y usos del suelo predominantemente con vegetación forestal y arbustiva. A continuación se presenta la caracterización de cada una de las zonas delimitadas.

4.2.1 Zonas con posibilidad de recarga muy bajo

Estas zonas ocupan un 24% del área total de la microcuenca, siendo casi la cuarta parte por lo que es un área a priorizar dado el impacto negativo que puedan seguir ocasionando las prácticas agropecuarias inadecuadas. Esta zona presenta como características suelos arcillosos a arcillo limoso en su mayoría, además de que en estas áreas predominan usos del suelo tales como agropecuarios, pasto con árboles dispersos y algunos parches de bosque. Es característico en estas áreas el sobrepastoreo (pisoteo o compactación animal, principalmente vacas), lo que provoca que el suelo se compracte a tal grado que los poros se cierran, evitando la infiltración del agua y que esta se pierde por escorrentía.

Predominan las pendientes fuertemente escarpada a moderadamente escarpadas que, en conjunto con la poca cobertura vegetal (relacionada a los usos del suelo mencionado) es uno de los factores que inciden negativamente en la recarga hídrica dada una mayor escorrentía superficial y erosión de los suelos como consecuencia.

4.2.2 Zonas con posibilidad de recarga baja

Las zonas con baja posibilidad de recarga hídrica representan un 33.22% respecto al área total. Poseen características similares a las zonas con muy baja capacidad de recarga, con la diferencia de que estas áreas están cubiertas en su mayoría con pasto y vegetación arbustiva que frena el paso del agua disminuyendo la velocidad de la escorrentía en áreas con pendientes escarpadas, lo que ayuda a que cierta parte del agua infiltre. Presenta texturas del suelo que van de Arcillo – Limosos a franco arenoso (esta última principalmente en zonas con pendientes escarpadas), cobertura vegetal en su mayoría menor al 30 %, aunque hay menos áreas con pendientes fuertemente escarpadas, presentándose las pendiente moderadas y en algunas zonas, pendientes planas. La geología es similar en casi toda la microcuenca puesto que el 80.41% del área está sobre la formación Matagalpa la cual tiene características litológicas que no favorecen la recarga hídrica.

4.2.3 Zonas con posibilidad de recarga moderada

Las áreas con moderada posibilidad de recarga hídrica son las que ocupan mayor superficie en la microcuenca, con un 37.47% del área total. Estas zonas poseen uso del suelo con árboles dispersos más pasto, parches de bosque latifoliado abierto, tacotales y vegetación arbustiva, estos últimos al igual que los árboles tienen la capacidad de disminuir la velocidad de caída del agua y que impacte directamente en el suelo, a su vez evita una mayor escorrentía superficial, ayudando así a la infiltración. Las características del suelo que se presentan en estas zonas van desde suelos con textura Arcillo – Limosa a Franco Arenosa, con pendientes en su mayoría moderadamente onduladas a onduladas, en algunas áreas planas. La cobertura vegetal según el tipo de vegetación es en su mayoría menor al 30% pero también se presentan coberturas entre 30 a 50% que corresponden a las áreas con vegetación arbustiva y tacotales, así como áreas con cobertura superior al 50% en las que hay bosques.

4.2.4 Posibilidad de recarga alta

Las zonas con posibilidad de recarga alta ocupan un 4.92% del área total de la microcuenca. Estas áreas poseen buenas condiciones para la infiltración del agua en el suelo, predominan las áreas con cobertura vegetal entre los rangos de 70% y 80% y aquellas con más del 80%, existiendo usos del suelo como bosque latifoliado abierto y cerrado, tacotales, vegetación arbustiva y en menor proporción algunas áreas agropecuarias. La textura de los suelos van de Arcillo - Limosas a Franco – Arenosas, sin embargo, las mismas características de la vegetación permiten que se de una buena infiltración. Las pendientes que predominan son las planas y onduladas lo que favorece la recarga al estar el agua en mayor contacto con el suelo. Estas áreas deben ser manejadas correctamente para evitar que a futuro, estas áreas disminuyan su capacidad de recarga hídrica, principalmente por los cambios de uso del suelo a actividades que incidan de forma negativa en los ecosistemas.

4.2.5 Posibilidad de recarga muy alta

La posibilidad de recarga muy alta ocupa un 0.39% con respecto al área total de la microcuenca, estas zonas son las que tienen mejores condiciones o buenas aptitudes para la recarga de los acuíferos. Son áreas que tienen suelos con texturas Franco – Arenoso a Arcillo - Limoso, asimismo, el relieve es plano a ondulado, con uso del suelo predominante bosque de galería el cual posee una cobertura vegetal de más del 80%, ojos de agua y los bosques latifoliados abiertos. Estas áreas al igual que la anterior, deben ser manejadas con mucha responsabilidad para evitar su deterioro.

Cuadro 13. Posibilidad de recarga hídrica de la microcuenca Las Canoas.

Rango	Posibilidad de recarga	Área (Km2)	% del total
1-1.99	Muy baja	6.15	24.00
2-2.59	Baja	8.51	33.22
2.6-3.49	Moderada	9.60	37.47
3.5-4.09	Alta	1.26	4.92
4.1-5	Muy alta	0.10	0.39
Total		25.62	100

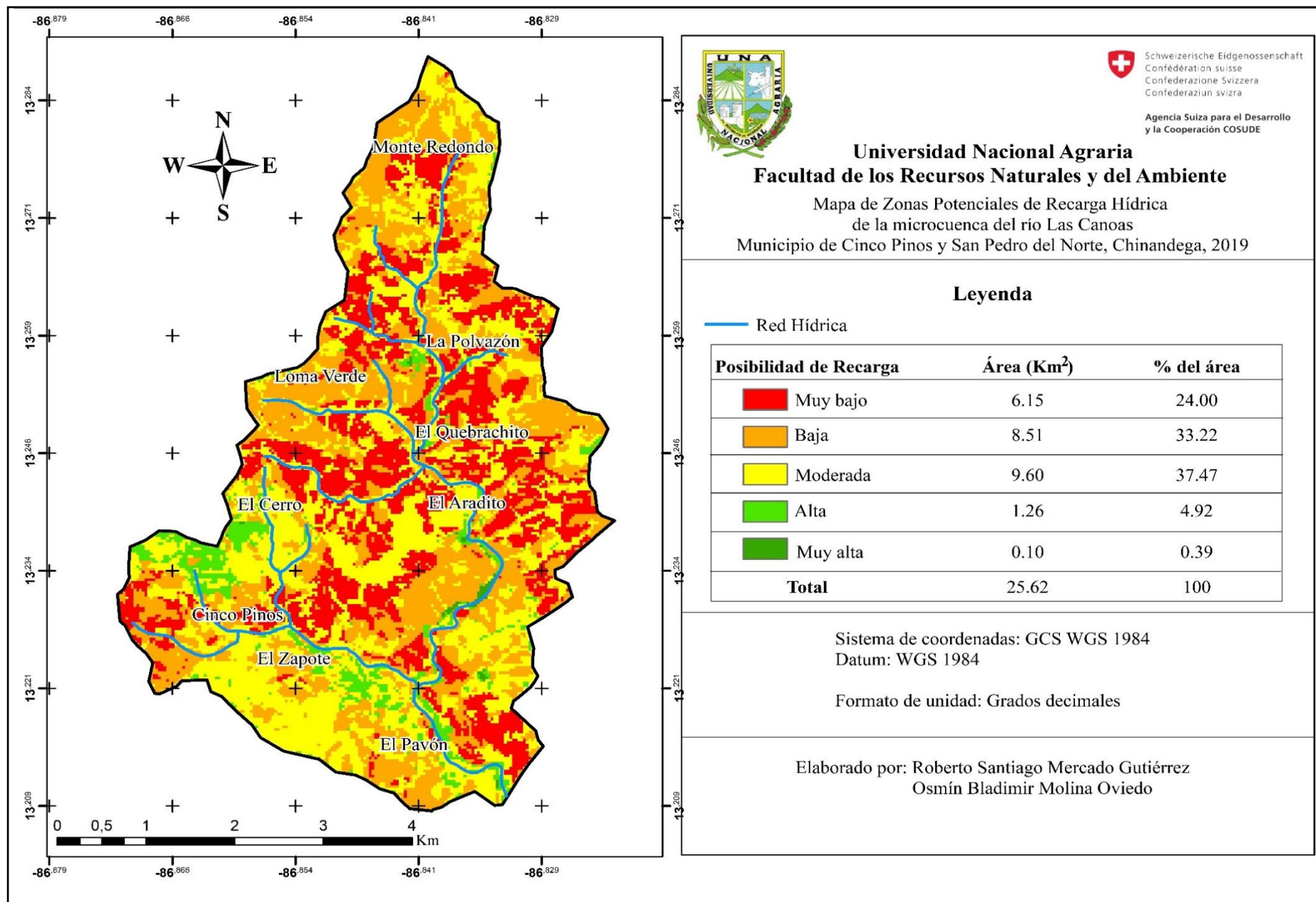


Figura 14. Mapa de Zonas Potenciales de Recarga Hídrica, microcuenca del río Las Canoas, municipios de Cinco Pinos y San Pedro del Norte, Chinandega.

4.3 Propuestas de acciones para incrementar la posibilidad de recarga en la microcuenca

Después de identificar todas aquellas áreas con y sin dificultad de recarga hídrica en la microcuenca Las Canoas y en conjunto con los actores locales de la microcuenca, se procedió a realizar una serie de propuestas que van orientadas a aumentar la posibilidad de recarga hídrica, estas enfocadas en el incremento de la cobertura vegetal, Obras de Conservación de Suelos y Agua (OCSA), Buenas Prácticas Agropecuarias y Educación Ambiental. Estas recomendaciones fueron realizadas según el grado de posibilidad que presentaba cada zona y se abordan a continuación.

4.3.1 En zonas con posibilidad de recarga Baja y Muy Baja

Las zonas con posibilidad de recarga baja y muy baja son las que presentaron mayores problemas para la infiltración de agua en el suelo debido a características particulares como son el predominio de zonas con pendiente moderadamente escarpadas, así como suelos con usos agropecuarios y suelos con texturas arcillosas a franco arcillosas. En ese sentido, en estos sitios se recomienda:

- a) **Actividades de reforestación:** Esta debe realizarse en diseño de tres bolillo o siguiendo las curvas de nivel, así como acompañarlo con terrazas individuales y acompañar esta práctica con barreras vivas con el objetivo de reducir la erosión del suelo por la escorrentía superficial. Se recomienda utilizar especies nativas con diferentes fines según la demanda de las comunidades (frutales, dendroenergéticas o para leña y carbón, maderables, entre otras), que puedan tolerar las condiciones edafoclimáticas de la zona. La actividad de reforestación debe darse seguimiento para asegurar que la mayoría de las especies establecidas sobrevivan, permitiendo incrementar la cobertura vegetal en estas áreas.

Es importante mencionar que existen áreas que presentaron suelos vertisoles (0.45 km²) estas se encuentran en áreas de llanos cercanas al casco urbano de Cinco Pinos y por las características propias de este tipo de suelo, se sugiere utilizar especies con un sistema radicular apto para soportar la presión del suelo al secarse y evitar la muerte de especies que no puedan responder ante esta situación, tomando en consideración la logística y el proceso que implica una reforestación responsable. Algunas especies que pueden adaptarse a este tipo de suelo son: Jicaro sabanero (*Crescentia alata* Kunth), Roble macuelizo (*Tabebuia rosea* DC), Guácimo de ternero (*Guazuma ulmifolia* Lam), Pochote (*Pochota fendleri* Seem.), entre otras.

Para el resto de áreas de la microcuenca, algunas especies que se recomiendan y que son propias de la zona son: Genízaro (*Samanea saman* Jacq), Madero negro (*Gliricidia sepium* Jacq), Mango (*Mangifera indica* L), Jocote (*Spondias purpurea* L), Laurel (*Cordia alliodora* Ruiz y Pav), Guanacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum* J), Naranja dulce (*Citrus sinensis* L), Limón real (*Citrus limon* L), Zapote (*Pouteria sapota* Jacq), Níspero (*Manilkara huberi* Ducke), Guachipilín (*Diphysa americana* Mill), Indio desnudo (*Bursera simaruba* L), Guácimo de ternero (*Guazuma ulmifolia* Lam), Quebracho (*Schinopsis balansae* Engl), Carao (*Cassia grandis* L.F), Guapinol (*Hymenaea courbaril* L), Ojoche (*Brosimum alicastrum* Sw),

Cedro real (*Cedrela odorata* L), Falso roble (*Tabebuia rosea* DC), Pino (*Pinus* Spp.) entre otras.

Cabe destacar que al no contar con información dendrológica de la o las especies de Pino que se encuentran en los bosques de pinares ubicados en las zonas con más altitud de la microcuenca, se ha dejado esta especie a nivel de género (*Pinus* spp.)

- b) **Establecimiento de obras de conservación de suelos y agua:** Como es un área de pendientes moderadas a escarpadas, se propone la construcción de discos de contención en aquellas áreas con cárcavas para su estabilización, zanjas de infiltración de acuerdo a la pendiente. Algo que resulta importante, principalmente para aprovechar el agua de lluvia y paliar el efecto de la época seca, es la cosecha de agua a través de la construcción de reservorios de laderas o lagunas artificiales.

Además de los diques de contención y las zanjas de infiltración, se aconseja el establecimiento de barreras vivas y muertas, este tipos de barreras se pueden contruir con lo que se cuentan en la finca o se pueden utilizar postes o estacas de especies prendedizas, y entre ellas se proponen: indio desnudo (*Bursera simaruba* L), madero negro (*Gliricidia sepium* Jacq), marango (*Moringa oleifera* Lam), espadillos (*Yucca filifera* C), chilamate (*Ficus trigonata* L), entre otros. También se sugieren especies no leñosas como: Zacate vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L), Piñuela de cerco (*Bromelia karatas* L), Gandul (*Cjanus cajan* L), frijol canavalia (*Canavalia gladiata* Jacq), Espadillo (*Yuca filifera* Chabaud), Leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam), Zacate limón (*Cymbopogon* DC). En el caso de las barreras muertas se pueden elaborar con piedras, basuras de cosechas anteriores o ramas muerta.

- c) **Agricultura y ganadería responsable:** No se aconseja el uso intensivo de la tierra para fines agropecuarios dada las características topográficas de estas áreas con posibilidad de recarga bajo y muy bajo, por lo que los cultivos deben ir acompañados de obras de conservación de suelos y agua, sembrar siguiendo las curvas de nivel para reducir los efectos negativos en el suelo y en las fuentes de agua.

Una práctica importante a considerar es la rotación de cultivos que permita a determinadas áreas dentro de una parcela no ser explotadas con un solo mismo tipo de cultivo, además de disminuir el uso de agroquímicos que contaminen los suelos y las fuentes de hídrica. Estas prácticas pueden ir acompañadas con el aporte de mulch (rastros sobre la superficie del suelo) que permitirá disminuir la incidencia de malezas y plagas en los cultivos.

- d) **Establecimiento de Sistemas Agroforestales:** Para disminuir el efecto de la agricultura y ganadería intensiva en los sistemas agropecuarios de las zonas con posibilidad de recarga baja y muy baja, teniendo en cuenta además que estos son los usos que predominan en toda la microcuenca, se recomienda el establecimiento de sistemas agroforestales en aquellas áreas con pendiente, de forma tal que permita el establecimiento de cultivos y árboles. Dentro de algunos sistemas que se recomiendan para esta zona se encuentran:

Sistema Quesungual: Este sistema se adapta a esta zona, ya que según (FAO/PASOLAC, 2005) estas tecnologías son funcionales para el trópico seco, aproximadamente entre unos 200 y 800 metros sobre el nivel del mar. El sistema quesungual consiste en manejar árboles dispersos y regeneración natural, con los cultivos de forma simultánea, lo que permitirá que las familias aprovechen los productos obtenidos del sistema (leña, madera, beneficios ecológicos como una mayor infiltración del agua en el suelo) además de la producción de los cultivos establecidos. Entre los árboles que se sugieren se encuentran: Carbón (*Vachellia pennatula* Schltdl y Cham), Genízaro (*Samanea saman* Jacq), Guanacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum* J), Laurel (*Cordia alliodora* Ruiz y Pav), Cedro (*Cedrela odorata* L), Madero negro (*Gliricidia sepium* Jacq), entre otros propios de esta zona.

Mejoramiento de las áreas de pasto con árboles dispersos: En la microcuenca se determinaron que existen aproximadamente 5.81 km² y las áreas de árboles dispersos con pasto (donde se evidenció mayor cantidad de árboles en el sistema) con una extensión territorial de 0.64 km². En estas áreas los árboles se encuentran muy dispersos y sin evidencia de manejo, por lo que incrementar la cobertura forestal en estas áreas traerá beneficios tanto para el ganado como para la infiltración de la recarga hídrica (los árboles ayudan a mejorar las características de los suelos).

Como se ha mencionado anteriormente, en estas área predominan las pendientes escarpadas, por lo que se debe considerar siempre acompañar las actividades de manejo de estos sistemas con las obras de conservación de suelos y agua que incluya división del potrero en lotes para hacer una rotación de pastoreo del ganado y establecer pastos de corte de alto valor nutritivo. Además se recomienda que el ganado este semi estabulado para disminuir el sobrepastoreo que favorece el escurrimiento superficial.

4.3.2 Zonas con posibilidad de recarga Moderada.

Estas áreas presentaron según la caracterización realizada, pendientes en su mayoría entre el 15 al 45 % (ondulada), áreas con usos agropecuarios, remanentes de bosque y tacotales, así como pasto con árboles dispersos y texturas más favorables para la recarga hídrica (arcillo limosa a franco arcillosa).

En ese sentido, a pesar que no son áreas aptas para ganadería, en estas áreas se recomienda establecer sistemas silvopastoriles (actividades pecuarias) y sistemas agroforestales que incluyan buenas prácticas que permitan disminuir el uso excesivo de agroquímicos y la sobreexplotación de los suelos, esto a través de la rotación de cultivos, el asocio de cultivos, la no quema, barreras muestars y vivas y otras obras de conservación de suelos y agua que favorezcan la siembra de agua a fin de crear un sistema agropecuario sostenible.

Se sugiere emplear sistemas de semiestabulación para las áreas ganaderas, esto con el objetivo de evitar el sobrepastoreo y el posterior daño al suelo, asimismo, combinar esta práctica con la introducción de especies forrajeras y pastos que permitan garantizar una mejor nutrición al ganado, incrementando a su vez la cobertura vegetal e incidiendo en la infiltración del agua.

Las actividades de reforestación deben llevarse a cabo en aquellas áreas que se encuentren sin cobertura o que esta sea muy baja, utilizando las especies ya recomendadas, entre otras que puedan surgir potencialmente de la misma demanda de los comunitarios, bajo una lógica técnica y con principios ecológicos.

En el caso de las áreas con tacotales y vegetación arbustiva, es importante darle seguimiento a la regeneración natural y eliminar algunas tensionantes o barreras que impidan que estas áreas puedan lograr su proceso de sucesión ecológica natural, estableciendo para ello un sistema de monitoreo donde se pueda ir visualizando cuáles son esas tensionantes o barreras (naturales o antropogénicas) que pueden interrumpir el proceso de sucesión y en caso de ser áreas de uso de las comunidades, elaborar un plan de manejo sostenible en el cual se asegure la no explotación del recurso forestal.

Se propone la creación de un vivero comunitario para dar respuesta a la demanda de plantas a ser utilizadas en la reforestación y establecimiento de Sistemas Agroforestales, teniendo como base que el material genético puede ser recolectado de árboles semilleros en la zona.

Es importante en estas áreas el establecimiento de las Obras de Conservación de Suelos y Agua que permitan disminuir la velocidad del escurrimiento superficial y por ende, incrementar la capacidad de infiltración de agua, partiendo de la ventaja que existe en estas áreas de contar en su mayoría con suelos de textura arcillo limosa a franco arenosa.

4.3.3 Zonas con posibilidad de recarga Alta y muy alta

En estas áreas, las cuales representan un porcentaje de 4.92% y 0.39% del área total respectivamente, son sitios con características favorables para la recarga, por lo que las propuestas para estos sitios va dirigida principalmente a manejar sosteniblemente los recursos, en ese sentido se propone:

1. Manejo los bosques naturales: Al encontrarse en estas áreas de forma predominante los usos forestales (Bosque latifoliado abierto y cerrado, bosques de galería y de pinares), es importante hacer un inventario forestal para conocer el estado en el que se encuentran estos bosques, así como la regeneración natural para que, a partir de esta información, se diseñe un sistema de manejo forestal que permita aprovechar sosteniblemente este recurso, involucrando a los comunitarios y obteniendo un beneficio tangible como intangible.
2. Buenas prácticas agropecuarias: En estas áreas se caracterizaron algunos sitios con usos agropecuarios, por lo que se propone la implementación de SAF y disminuir el sobrepastoreo que altere la estructura del suelo.
3. Sensibilización ambiental: Al encontrarse en estas zonas, remanentes o reductos de vegetación arbórea y arbustiva, se hace importante hacer énfasis en el cuidado y manejo racional de los recursos naturales en toda la población. Cabe destacar que este eje de sensibilización se debe hacer en todas las zonas de recarga de la microcuenca para que se logre una mayor consciencia en la población a todos los niveles.

4.3.4 Propuesta para los actores locales de la Microcuenca Las Canoas

Educación Ambiental

Esta propuesta tiene la finalidad de concientizar a todos los protagonistas respecto a los problemas ambientales existentes en la zona, además promover el interés y la voluntad de ayudar por medio de prácticas conservacionistas.

Para lograr dichos objetivos se precisa la participación de los extensionistas y líderes con la inclusión de todos actores de la microcuenca. A continuación, se muestran las acciones a considerar:

- Talleres de concientización ambiental. dirigidos a los comunitarios y centros de estudio.
- Intercambio de experiencia entre productores. por medio de talleres participativos.
- Facilitar asesoría técnica. gratuita. en situación de plagas y enfermedades.
- Boletines informativos que promuevan la conservación de los recursos.
- Manuales ilustrativos. sobre Buenas Prácticas Agroecológicas.

Manejo Agropecuario

No quema para evitar incendios forestales descontrolados o el daño a las propiedades del suelo.

Labranza mínima con manejo mulch para incrementar la actividad de los microorganismos, retener humedad y disminuir la incidencia de malezas.

Sistema de semiestabulación, establecer un tiempo de pastoreo del ganado en el potrero y luego en el establo

Establecer o incrementar el número de especies forrajeras en los potreros, este acto genera algunos beneficios como: Fuente de alimento con el forraje, disminuir la erosión del suelo al mantener una cobertura vegetal y reducir la velocidad de las lluvias, mejorando a su vez la estructura del suelo por el aporte de biomasa (materia orgánica).

Se hace necesario realizar capacitaciones en la construcción del aparato A, una herramienta muy importante para el establecimiento de las obras de conservación de suelos y agua. Dotar a los productores de tecnología y capacitación en el uso de celulares inteligentes, de modo que reciban alertas meteorológicas, boletines informativos, etc. Asimismo, dotarlos de semillas resistentes (a plagas y sequías) y semillas criollas para conservar el material genético.

Uso de cercas vivas para separar lotes de terreno y sustituir en la medida de lo posible las cercas muertas.

Buenas Prácticas Agroecológicas

Son fundamentales para reducir los riesgos de degradación del suelo y contaminación, además, para mejorar la estructura de éste y aumentar el nivel de productividad y rendimiento de los cultivos.

- Siembre de cultivos siguiendo el sentido de las curvas a nivel (para pérdidas de suelo).
- Rotación de cultivos (para mejorar el nivel productivo. evitando el monocultivo)
- Manejo de rastrojo (aumentar la actividad microbiana para mejora la fertilidad natural del suelo con el aporte de nutrientes).
- Cultivos de maíz y frijol intercalados con leguminosas. (Mejor la fertilidad de los suelos)
- Labranza mínima (para preservar la estructura del suelo).
- Manejo integral de plagas y enfermedades (con debido asesoramiento).
- No quema (para mantener la fertilidad de los suelos y favorecer la infiltración).
- Uso adecuado de agroquímicos y fertilizantes. evitando la contaminación de los suelos y el acuífero.

V. CONCLUSIONES

Se delimitaron las Zonas Potenciales de Recarga Hídrica en la microcuenca del río Las Canoas. Las zonas con posibilidad de recarga baja y moderada ocupan la mayor parte área de esta, por lo que se deberán de priorizarse en la implementación de las acciones que permitan incrementar el potencial de recarga hídrica.

La caracterización de las zonas potenciales de recarga permitió definir las áreas con potencial y limitaciones para la recarga hídrica en la microcuenca, siendo los usos de los suelos: agropecuario y pasto más árboles dispersos, así como el relieve donde predominan pendientes ondulada, favorecen al escurrimiento superficial, disminuyendo la posibilidad de percolación profunda.

Las propuestas de alternativas están en función de incrementar la cobertura vegetal a través de sistemas agroforestales y sistemas silvopastoriles a fin de reducir el escurrimiento superficial y se favorezca la recarga del acuífero.

Las estrategias y tecnologías que se emplearán para el manejo de la microcuenca son muy integrales puesto que se tomó en cuenta a todos los actores municipales para su aplicación.

VI. RECOMENDACIONES

Establecer una ruta que permita monitorear y medir cada una de las actividades o acciones que se pretenden ejecutar en la microcuenca. Asimismo, contemplar algún plan de contingencia para predecir algunos problemas a futuro.

Delimitar o demarcar físicamente todas o algunas de las zonas potenciales de recarga hídricas, con el objetivo de controlar y restaurar el área de estudio.

Protección y manejo sostenible de la microcuenca. (manejo de cobertura vegetal, regeneración natural, reforestación, cercado, uso de prácticas conservacionistas y tecnología limpia).

Diseñar incentivos o pagos de servicios ambientales, basados en los resultados, es decir, priorizar a dueños de bosques y fincas de modo que la experiencia incentive a otros productores a conservar y producir de manera sostenible el bosque.

El divulgar este documento facilitara la toma de decisión dentro de la microcuenca, a su vez, generará cambios y expondrá realidades, no antes vistas.

Preservar las zonas potenciales de recarga hídrica, principalmente el recurso suelo y bosque, ya que estos dos son los que ayudan en su mayoría a la recarga del acuífero, así como también un uso adecuado del suelo.

VII. LITERATURA CITADA

- Benites. (2000). *Limitación del estrés de agua y mejoramiento de los recursos hídricos*.
Obtenido de <http://www.fao.org/3/y4690s/y4690s08.htm#TopOfPage>
- Biotec, C. (04 de Agosto de 2010). *Guía práctica para la Caracterización del Suelo y del Terreno*.
Obtenido de
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69682/RASTA_2011.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- CACERES, L. F. (2015). *Identificación de zonas de recarga hídrica en la microcuenca del río negro, ciudad de guatemala sistematización de práctica profesional*. Obtenido de
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/15/Donis-Luisa.pdf>
- Castro Brenes . (2011). *Plan de manejo conservación de zonas con potencial de recarga hídrica, micro cuenca Las Jaguas, Ciudad Antigua*. Obtenido de
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN10C355c.pdf>
- Dávila , O., Ramírez, E., & Barbosa, I. (2005). *El manejo de un tacotal. p.4*. Obtenido de
http://repositorio.uca.edu.ni/2123/1/el_%20manejo_de_un_tacotal.pdf
- ENACAL. (2007). *Caracterización Municipal de San Juan de Cinco Pinos*. Obtenido de
<http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/enacal/Caracterizaciones/Chinandega/CincoPinos.html>
- Fajardo, A., Veneklaas, E., Obregón , S., & Beaulieu, N. (2017). *Los bosques de galería, guía para su apreciación y su conservación. P. 3* . Obtenido de
http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2017/07/Los_bosques_de_galeria.pdf
- FAO. (s.f.). *El manejo de Suelos de Arcillas Expandibles*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-de-arcillas-expandibles/es/>
- FAO/PASOLAC. (2005). *Tecnologías y metodologías validas para mejorar la seguridad alimentaria en las zonas secas de Honduras*. Obtenido de
http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-honfeb/agua_suelos.pdf
- FCCyT. (2012). *DIAGNÓSTICO DEL AGUA EN LA AMÉRICAS* . Obtenido de
<https://www.ianas.org/water/book/nicaragua.pdf>
- Gonzales , B., & López, S. (2020). *Caracterización de zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca del río La Carreta, Municipio de Cinco Pinos, Chinandega, 2018. p.15*.
Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4045/1/tnp10g643c.pdf>
- Hispagua Sistema Español de Información sobre el Agua. (2020). *Hidrogeología*. Obtenido de
<http://hispagua.cedex.es/datos/hidrogeologia#2>
- Hodgson. (1971). *Geología y anotaciones mineralógicas de la planicie del Noroeste y de la Precordillera Occidental. Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Informe 13. Managua*.

- INETER. (2016). *Suelos de Chinandega*. Obtenido de <http://www.ineter.gob.ni/Recursos%20hidricos.html>
- INIDE-MAGFOR. (2013). *Departamento de Chinandega y sus municipios. Uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario*. Chinandega.
- Kellman , M., Tackberry, R., Brokaw, N., & Meave, J. (1994). *Tropical gallery forest*. National Geographic Research y Exploration.
- Marín, E. (1992). *Mapa de zonificación agroecológica*. Managua.
- Martínez. (2010). *Ríos se secan por tala de árboles*. Obtenido de <https://www.laprensa.com.ni/2010/04/20/departamentales/22227-rios-se-secan-por-tala-de-arboles>
- Matus, O. (2007). *Elaboración de participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jocuapa, Matagalpa, Nicaragua. (Tesis de maestría)*. P.117, 119, 121, 123, 126. Obtenido de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3299/Elaboracion_participativa_de_una_metodologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Matus, O., Faustino, J., & Jiménez , F. (2009). *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Aplicación práctica en la subcuenca del río Jocuapa, Nicaragua*. CATIE. Obtenido de <https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/Guia%20Identificacion%20ZRHidrica.pdf>
- MX. (2015). *Definición de arbusto*. Obtenido de <https://definicion.mx/arbusto/>
- Nuñez Solís, J. (2001). *Manejo y conservación de suelos* . Costa Rica.
- OMS, O. (2015). *Boletín informativo El Agua*. Obtenido de https://www.paho.org/nic/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=datos-y-estadisticas&alias=716-boletin-informativo-el-agua&Itemid=235
- Porta, López, & Roquero. (2005). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3 ed. Madrid, ES: Mundi-Prensa.
- Stadtmuller. (1994). *Impacto Hidrológico del Manejo Forestal de Bosques Naturales Tropicales medidas para mitigarlo*. p.12. Obtenido de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2350/Impacto_hidrologico_del_manejo_forestal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vallecillo, R. (2019). *www.simas.org.ni*. Obtenido de <http://www.simas.org.ni/noticias/1917/un-breve-analisis-sobre-el-recurso-agua/>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Formato para la descripción de perfiles de suelos.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL

FORMATO PARA DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS

Fecha:	Perfil No.:	Localización:
Autor:	Humedad:	Coordenadas:
Uso Actual:	Zona de vida:	Elevación:
Material Parental:	Relieve:	Pendiente (%):
Erosión:	Alcalinidad:	Pedregosidad:
Drenaje superficial:	Escurrimiento superficial:	Permeabilidad:
Drenaje interno:	Posición en el relieve	Clasificación taxonómica de campo:
Observaciones:		

Hz	Prof. (cm)	Color		Textura	Estructura	Consistencia			pH	Limite	Poros	Raíces
		Seco	Hum.			Seco	Hum.	Mojado				
Observaciones												

Anexo 2. Formato con la descripción del perfil representativo del orden Inceptisol.

Fecha: 27/05/18	Perfil No. 2	Localización: La Cuesta
Autor: -	Humedad: Ústico	Coordenadas: 13 ⁰ 12' 56" N 86 ⁰ 52' 28" O
Uso Actual: Tacotal	Zona de Vida: Bosque seco tropical	Elevación: 335 msnm
Material Parental: Basalto	Relieve: Colinado	Pendiente: 8.5 %
Erosión: Severa	Alcalinidad: No	Pedregosidad: Si
Drenaje Superficial: Moderado	Escurrimiento Superficial: Moderada	Permeabilidad: Buena
Drenaje Interno: Bueno	Posición de Relieve: Ladera cóncava	Clasificación taxonómica de campo:
Observaciones:		

HZ	Prof. (cm)	Color		Textura	Estructura	Consistencia			pH	Límite	Poros	Raíces
		Seco	Húmedo			Seco	Húmedo	Mojado				
A	0-19	-	2.5 YR 2.5/4	Arcillosa	Subangular	-	-	Adhesivo	4	Abrupto	Pocos poros y tubulares	Muy pocas y finas
Bw	19-24	-	2.5 YR 3/2	Franco arcilloso	Subangular	-	-	Adhesivo	4	Abrupto	Pocos poros y finos	Muy pocas finas y gruesas
Bc	24-60	-	2.5 YR 3/4	Franco arcilloso	Subangular	-	-	Plástica y adhesiva	4	Abrupto	Pocos poros	Pocas finas y gruesas
C	+ 60		5 YR 5/8	Franco arcilloso	Subangular	-	-	Ligeramente plástico	4	Abrupto	Pocos poros	Pocas y finas
Observaciones:												

Anexo 3. Formato con la descripción del perfil representativo del orden Entisol.

Fecha: 14/04/18	Perfil No.: 3	Localización: Las Lajitas / Cerro Colorado
Autor: -	Humedad: Ústico	Coordenadas: 13° 10' 54.9" N 86° 49' 39.8" O
Uso Actual: Tacotal	Zona de Vida: Bosque seco tropical	Elevación: 170 msnm
Material Parental: Basalto	Relieve: Colinado	Pendiente: 31%
Erosión: Moderada	Alcalinidad: No hay	Pedregosidad: Si
Drenaje Superficial: Moderado	Escurrimiento Superficial: Moderado	Permeabilidad: Permeable
Drenaje Interno: Bueno	Posición de Relieve: Ladera convexa	Clasificación taxonómica de campo:
Observaciones:		

HZ	Prof. (cm)	Color		Textura	Estructura	Consistencia			pH	Límite	Poros	Raíces
		Seco	Húmedo			Seco	Húmedo	Mojado				
A	0-34	5 YR 4/4	5 YR 3/4	Franco arenoso	Granular	Friable	Plástico	Adhesivo	7	Plano claro	Muchos poros grandes y medianas	Pocas finas y medianas
R	+ 34											
Observaciones:												

Anexo 4. Formato con la descripción del perfil representativo del orden Vertisol.

Fecha: 14/04/18	Perfil No.: 4	Localización: El Jicaro
Autor: -	Humedad: Ústico	Coordenadas: 13 ⁰ 10' 54.1" N 86 ⁰ 51' 33.0" O
Uso Actual: Pasto árboles dispersos	Zona de Vida: Bosque tropical seco	Elevación: 310msnm
Material Parental: Basalto	Relieve: Montañoso	Pendiente: 3 %
Erosión: Moderada	Alcalinidad: No hay	Pedregosidad: Si (Poco)
Drenaje Superficial: Moderado	Escurrimiento Superficial: Bajo	Permeabilidad: Muy baja
Drenaje Interno: Malo	Posición de Relieve: Plano	Clasificación taxonómica de campo:
Observaciones:		

HZ	Prof. (cm)	Color		Textura	Estructura	Consistencia			pH	Límite	Poros	Raíces
		Seco	Húmedo			Seco	Húmedo	Mojado				
A	0-16	7.5 YR 6/1	7.5 YR 3/1	Arcilloso	Subangular	Duro	Plástico	Adhesivo	7	Plano y claro	Muchos poros medianos y finos	Pocas raíces finas
B	+16	10 YR 5/1	5 YR 4/1	Arcilloso	Subangular	Duro	Plástico	Adhesivo	7	Plano Claro	Muchos medianos y finos	-
Observaciones:												

Anexo 5. Análisis químico de las muestras de suelos de los perfiles representativos.



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AGRARIA**

Universidad Nacional Agraria
Laboratorio de suelos y Agua LABSA

Análisis Químico de suelos

Entidad: UNA – COSUDE

Contacto: Prof. Martha Orozco

Depto. Municipio: Chinandega. Cinco Pinos y San Pedro del Norte

No.	Cod LABSA	Descripción	Rutina				Bases					
			pH	MO	N	CE	K	Ca	Mg	Na	CIC	SB
			H ₂ O	%		µs/cm	meq/100 g suelo				%	
1	507	El Poton 0-24 cm	5.60	4.10	0.21	64.40	0.55	9.58	2.5 2	ND	17.2 0	73.5 3
2	508	El Poton 24-47 cm	5.49	2.66	0.13	18.56	0.35	5.55	1.8 9	0.1 2	14.8 1	53.4 6
3	509	Cerro colorado 0-34 cm	6.43	3.28	0.2	76.1	0.52	14.89	4.0 3	ND	23.0 9	84.0 3
4	776	Finca: El Papalón. Florencio García R. M#4 0-10	5.85	1.69	0.08	-	0.20	8.66	2.4 7	0.3 1	14.4 3	80.6 3
5	777	Finca: El Papalón. Florencio García R. M#4 >10	6.73	0.36	0.02	-	0.10	15.11	4.8 7	0.2 6	21.1 3	96.2 9

Anexo 6. Glosario

Bosque de galería: (Fajardo, Veneklaas, Obregón , & Beaulieu, 2017, pág. 3) citando a (Kellman , Tackberry, Brokaw, & Meave, 1994) dice que los bosques de galería son franjas de vegetación más o menos estrechas. que se disponen a o largo de los cursos de agua en regiones de sabana. Estos cordones de egetación. también conocidos como bosques rioarianos. pueden tener una anchura de escasos metros o alcanzarlos 300 metros.

Vegetación arbustiva: Son plantas leñosas semejantes aun árbol pero con un tamaño inferior. Estos arbustos estan formados por varios troncos que forman una estructura ramificada. al contrario del árbol que tiene un unico tronco. (MX, 2015).

Tacotal: “Es un zona que estuvo en descanso por más de 4 años y donde crecen plantas silvestres o introducidas por el hombre. Los tipos de plantas que predominan son los arbustos y árboles. con alturas de hasta 5 metros y con poca o casi nada de plantas espinosas. La única planta espinosa permitida es el cornizuelo”. (Dávila , Ramírez, & Barbosa, 2005, pág. 4).

Pasto con árboles dispersos: Áreas de pasto con ciertos árboles dispersos.

Árboles dispersos con pasto: Áreas con mayor cantidad de árboles que pasto.

Agropecuuario: Áreas en las que se incluyen cultivos anuales (granos básicos con predominio de maíz y frijol) y ganado simultáneamente.

Área sin vegetación: Zonas desprovistas de cualquier tipo de vegetación o cualquier uso.

Zona urbana: Se refiere a los asentamientos humanos. caminos. carreteras.

Bosque Latifoliado Abierto:

Anexo 7. Proceso de intersección en ArcGIS. Fuente: Elaboración propia.

