

**SISTEMA AGROFORESTAL BASADO EN CONDICIONES LOCALES DE SUELOS
AGRÍCOLAS Y NECESIDADES DE FAMILIAS MISAK DEL RESGUARDO INDÍGENA
DE GUAMBÍA, CAUCA**



**JUAN FERNANDO JIMÉNEZ RUIZ
ANDRÉS MAURICIO MUÑOZ ROBLES**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN
2019**

**SISTEMA AGROFORESTAL BASADO EN CONDICIONES LOCALES DE SUELOS
AGRÍCOLAS Y NECESIDADES DE FAMILIAS MISAK DEL RESGUARDO INDÍGENA
DE GUAMBÍA, CAUCA**

**JUAN FERNANDO JIMÉNEZ RUIZ
ANDRÉS MAURICIO MUÑOZ ROBLES**

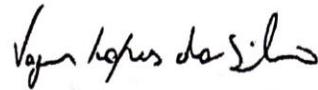
**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de
Ingeniero Forestal**

**Director
Mg. VAGNER LOPES DA SILVA**

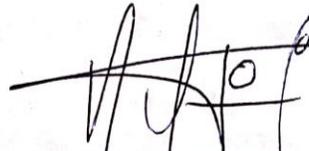
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN
2019**

Nota de aceptación

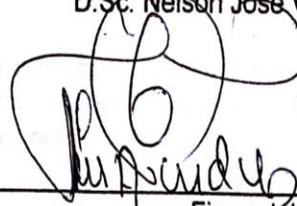
El director y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por los autores y lo encuentran satisfactorio.



Firma del director
M.Sc. Wagner Lopes da Silva.



Firma del Jurado
D.Sc. Nelson José Vivas Q.



Firma del Jurado
M.Sc. Fabio Alonso Prado C.

Popayán, 4 de febrero 2019.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la vida, el emprendimiento, la capacidad de crear, tomar oportunidades, perseverar en cumplir el sueño de formarnos profesionalmente y estar presente en los momentos más difíciles del proceso.

A nuestras familias para quienes vernos lograr metas es una prioridad, por su amor, entrega y apoyo incondicional en nuestro proceso formativo.

A nuestro director, Vagner Lopes da' Silva por depositar su confianza en nosotros, por su tiempo y guía en cada siguiente paso.

A la universidad Misak en representación del directivo: Taita Trino Morales Tombé y a Taita Luis Alberto Tombé Morales y el estudiante: Segundo Sánchez, que creyeron en este proyecto y se involucraron con la mejor actitud en el desarrollo del presente trabajo de investigación, con la intención de contribuir a elementos de importancia para la comunidad.

A la comunidad indígena Misak en general, que nos abrió la puerta de su casa y muchas veces de su familia, para compartir no solo espacios referentes a la investigación, sino inmersos en su cultura y tradiciones.

A Clementina Tunubalá, Trino Morales Tombé y Edgar Tunubalá; propietarios de los predios seleccionados para incluir en este trabajo de investigación, por su confianza y colaboración.

A los docentes que hicieron parte de nuestra formación profesional, por su vocación, el conocimiento entregado y el tiempo dedicado; base de un futuro promisorio.

DEDICATORIA

ANDRÉS MAURICIO MUÑOZ ROBLES

La vida es un constante ciclo de ciclos interconectados entre sí, cada uno impregnado de momentos vividos y experiencias recolectadas. Quiero dedicar estos años de formación académica y el cierre de un ciclo a Dios y mi familia, que incluso de lejos ha sabido hacerse sentir muy cerca. Por su amor, sacrificio y dedicación. Han sido, son y serán el motor de mi vida en las decisiones que como persona tendré que tomar.

A mi madre por su incondicionalidad, por depositar su confianza en mí, por dejar muchas cosas atrás teniendo como prioridad a nosotros sus hijos, por sus horas de trabajo duro y traspasar que hoy también tiene como fruto el ciclo que culmina y absolutamente los que comienzan, te amo.

A mi padre que me ha demostrado que las mejores lecciones de la vida no se aprenden con palabras, sino con ejemplo de trabajo, sacrificio, amor por la familia. A el que ha puesto varios de sus sueños en mí y que me ha dado la motivación para creer en mí, en lo que puedo hacer. La vida como un lapso insaciable de luchar por lo y los que quieres, te amo.

JUAN FERNANDO JIMÉNEZ RUIZ

Dedico este trabajo principalmente a Dios, eje de mi vida, guía en mi camino que permitió darme la oportunidad de estar con vida y salud para culminar una etapa más.

A mis padres y familia por ser constantes en su más grande aspiración de verme triunfar. Por ser guías permanentes y perseverantes en mis proyectos de vida y en mi camino de proceso de formación profesional

A lo maestros que, a lo largo de mi carrera, me brindaron su orientación y conocimiento. Por su gran labor en el proceso de mi formación profesional.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. MARCO REFERENCIAL	19
1.1 LOCALIZACIÓN	19
1.2 MARCO TEÓRICO	20
1.2.1 Saberes tradicionales	20
1.2.1.1 La cosmovisión	22
1.2.1.2 Los usos y costumbres	22
1.2.1.3 La autonomía	22
1.2.2 Universidad Misak	23
1.2.3 Características presentes en los suelos del Municipio de Silvia	23
1.2.4 Deterioro del suelo	23
1.2.5 Sobreexplotación	25
1.2.5.1 Sobreexplotación de las parcelas	26
1.2.5.2 Colonización de “lo caliente”	26
1.2.5.3 Colonización del páramo	26
1.2.6 Prácticas agrícolas, funciones predictivas y sistemas propuestos	26
1.2.6.1 Prácticas agrícolas	27
1.2.6.2 Funciones de Pedotransferencia (FPT)	28
1.2.6.3 Sistemas agroforestales (SAF)	29
1.2.6.4 Sistemas agrosilvopastoriles (SASP)	32
1.3 MARCO HISTÓRICO	33

	pág.
2. METODOLOGÍA	37
2.1 ÁREA DE ESTUDIO	37
2.1.1 Reconocimiento del área de estudio	37
2.1.2 Selección de predios	37
2.2 UNIDADES DE MUESTREO	38
2.3 TOMA DE MUESTRAS Y TRANSPORTE	39
2.4 ANÁLISIS DE LABORATORIO	40
2.5 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS PARA LA SELECCIÓN DE ESPECIES DEL SISTEMA	40
2.5.1 Evaluación de aspectos cualitativos	40
2.5.1.1 Aplicación de encuesta y entrevista	40
2.5.2 Evaluación de aspectos cuantitativos	41
2.5.2.1 Determinación de las condiciones del suelo	41
2.5.2.2 Estimación de propiedades hídricas del suelo	42
2.6 PROPUESTA DEL SISTEMA AGROFORESTAL	43
2.6.1 Sistemas a Implementar en la propuesta	43
2.6.1.1 Sistemas agrosilvopastoriles (SASP)	43
2.6.1.2 Sistema Agroforestal (SAF)	43
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1 ÁREA DE ESTUDIO	44
3.1.1 Reconocimiento del área de estudio	44
3.1.2 Socialización y selección de predios	44
3.2 UNIDADES DE MUESTREO	46
3.3 ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO	46

	pág.
3.4 INFORMACIÓN RECOPIADA PARA LA SELECCIÓN DE ESPECIES	47
3.4.1 Encuesta y entrevista	47
3.5 INFORMACIÓN DETALLADA DE LOS PREDIOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO	48
3.5.1 Información detallada predio No 1	48
3.5.2 Información detallada predio No 2	49
3.5.3 Información detallada predio No 3	51
3.6 ASPECTOS GENERALES Y ESPECÍFICOS PARA LA SELECCIÓN DE ESPECIES APTAS DEL SISTEMA	52
3.6.1 Encenillo (<i>Weinmannia spp</i>)	52
3.6.2 Motilón (<i>Hieronyma colombiana</i>)	52
3.6.3 Cerote de paramo (<i>Hesperomeles obtusifolia</i>)	52
3.6.4 Nacedero de clima frio (<i>Delostoma integrifolium</i>)	53
3.6.5 Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>)	53
3.6.6 Arrayan (<i>Myrtus italica</i>)	53
3.6.7 Lechero (<i>Sapium spp</i>)	53
3.6.8 Cedro de tierra fría (<i>Cedrela montana</i>)	53
3.7 SELECCIÓN DE ESPECIES DEL SISTEMA AGROFORESTAL	53
3.7.1 Adaptabilidad de las especies para cada predio	54
3.7.1.1 Lechero (<i>Sapium spp</i>)	55
3.7.1.2 Nacedero de clima frio (<i>Delostoma integrifolium</i>)	55
3.7.1.3 Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>)	55
3.7.2 Estimación de las propiedades hídricas del suelo	56
3.7.3 Determinación de agua disponible para las plantas	59
3.8 PROPUESTA DE NUEVOS SISTEMAS EN PREDIOS SELECCIONADOS	59

	pág.
3.8.1 Propuesta para el predio No 1	60
3.8.2 Propuesta para el predio No 2	61
3.8.3 Propuesta para el predio No 3	63
4. CONCLUSIONES	66
5. RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	82

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Análisis de propiedades físico-químicas del suelo	41
Cuadro 2. Niveles de información de las FPT	42
Cuadro 3. Información de las parcelas seleccionadas	45
Cuadro 4. Resumen resultados de laboratorio de suelos	46
Cuadro 5. Adaptabilidad de las especies seleccionadas	54

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación del resguardo indígena de Guambía en el Municipio de Silvia, Dpto. del Cauca	20
Figura 2. Área de estudio, Subcuenca Río Piendamó	38
Figura 3. Sistemas agrícolas de la comunidad	44
Figura 4. Ubicación de los predios seleccionados	45
Figura 5. Aplicación de encuesta y entrevista	47
Figura 6. Localización parcela predio No 1	48
Figura 7. Localización parcela predio No 2	50
Figura 8. Localización parcela predio No 3	51
Figura 9. Ingreso Datos en software Rosseta Lite v. 1.1, (FPTs M2) predio No 1	57
Figura 10. Ingreso Datos en software Rosseta Lite v. 1.1, (FPTs M2) predio No 2	57
Figura 11. Ingreso Datos en software Rosseta Lite v. 1.1, (FPTs M2) predio No 3	57
Figura 12. CRA estimada software RETC predio No 1; CRA Log (Pressure Head)	58
Figura 13. CRA estimada software RETC predio No 2; CRA Log (Pressure Head)	58
Figura 14. CRA estimada software RETC predio No 3; CRA Log (Pressure Head)	58
Figura 15. Esquema propuesta predio No 1	61
Figura 16. Esquema propuesta predio No 2	63
Figura 17. Esquema propuesta predio No 3	64

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Resultados análisis de suelo	82
Anexo B. Encuestas realizadas a los propietarios de los predios seleccionados	85
Anexo C. Coordenadas de los predios seleccionados	88

GLOSARIO

ABIÓTICO: comprende todo aquello que no forma parte o no es producto de los seres vivos, como los factores inertes: climático, geológico o geográfico, presentes en el medio ambiente y que afectan a los ecosistemas.

AGROBIODIVERSIDAD: subconjunto de la biodiversidad en general que se refiere a la variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos que se utilizan directa o indirectamente para la alimentación y la agricultura, incluyendo a los cultivos, la ganadería, la silvicultura y la pesca.

ANILLOS INFILTRÓMETROS: se utiliza para determinar el índice de infiltración del agua en el terreno y la capacidad para la irrigación, el drenaje, escoger la intensidad de las precipitaciones artificiales y el efecto de diferentes tratamientos para el suelo.

ARCILLA ALÓFANA: se derivan principalmente de la meteorización *in situ* de las cenizas volcánicas también pueden ser derivados de otros materiales volcánicos.

BARBECHO: terreno de labor que no se siembra durante uno o dos años para que la tierra descanse o se regenere.

BARRENO: es un dispositivo o herramienta utilizado para realizar agujeros o pozos cilíndricos extrayendo el material sólido perforado (ver Tornillo de Arquímedes) por medio de un tornillo helicoidal rotatorio.

BOUYOCOS: método utilizado para la determinación de la densidad de la solución de sedimentación por un hidrómetro calibrado, entrega directamente el contenido en porcentaje de la fracción de un diámetro x.

CAPACIDAD DE CAMPO: se refiere a la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje. El drenaje ocurre por la transmisión del agua a través de los poros mayores de 0,05 mm de diámetro; sin embargo, la capacidad de campo puede corresponder a poros que varían entre 0,03 y 1 mm de diámetro. El concepto de Capacidad de Campo se aplica únicamente a suelos bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido.

CAPACIDAD DISPONIBLE DE AGUA: es la cantidad de agua disponible para el crecimiento de las plantas y se encuentra entre la Capacidad de Campo y el Punto Permanente de Marchitez.

CO-APRENDIZAJE: proceso en el cual se rompen las metodologías propias de los sistemas oficiales de la educación formal, en los que no se distinguen o diferencian los sujetos en su relación con los otros como enseñantes o enseñados.

COMPOST: es un producto obtenido a partir de diferentes materiales de origen orgánico (lodos de depuración, estiércol, fracción orgánica de residuos sólidos, residuos agropecuarios y otros), los cuales son sometidos a un proceso biológico controlado de oxidación denominado compostaje.

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL SUELO: representa la mayor o menor facilidad con la que el medio deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo.

CONTENIDO VOLUMÉTRICO DEL SUELO: es una medida numérica, porcentual, de la humedad del suelos.

CORREDORES RIPARIOS: son cinturones provistos de vegetación que discurren a ambos lados de un cuerpo de agua con poblaciones de plantas y árboles que necesitan agua abundante para crecer y reproducirse.

COSMOGONÍA: concepto alude a los diversos mitos que explican el origen de la vida y del mundo.

CURVA DE RETENCIÓN DE AGUA DEL SUELO: representa la evolución del contenido volumétrico en agua o grado de saturación, en función de la succión y refleja la capacidad del suelo para retener agua en función de la succión ejercida.

DENSIDAD APARENTE DEL SUELO: relación que mide el peso del suelo o sustrato por unidad de volumen.

ENCALADO: consiste en incorporar al suelo calcio y magnesio para neutralizar la acidez del mismo, es decir para que el pH alcance un nivel ideal para el desarrollo normal de los cultivos y al mismo tiempo reduzca el contenido del aluminio y manganeso tóxico.

ETNOCIENCIA: tiene como objeto de estudio la cultura y el papel que el hombre cumple en relación a ella.

HUMIFICACIÓN: proceso de formación del humus (es decir, conjunto de procesos responsables de la transformación de la materia orgánica).

MACRONUTRIENTES DEL SUELO: elementos que son asimilados por las plantas en cantidades mayores que los micronutrientes.

MICORRIZA: define la simbiosis entre un hongo (mycos) y las raíces (rhizos) de una planta. Como en muchas relaciones simbióticas, ambos participantes obtienen beneficios. La planta recibe del hongo principalmente nutrientes minerales y agua, y el hongo obtiene de la planta hidratos de carbono y vitaminas que él por sí mismo es incapaz de sintetizar mientras que ella lo puede hacer gracias a la fotosíntesis y otras reacciones internas.

MICRONUTRIENTES DEL SUELO: son elementos que los cultivos requieren en bajas cantidades, y su clasificación en cuanto a su esencialidad, pueden variar en función del cultivo.

MONOCULTIVO: Sistema de producción agrícola que consiste en dedicar toda la tierra disponible al cultivo de una sola especie vegetal.

POLICULTIVO: sistema de cultivo agrícola que consiste en producir simultáneamente cultivos diferentes en una misma explotación.

PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE: se refiere al contenido de agua de un suelo que ha perdido toda su agua a causa del cultivo y, por lo tanto, el agua que permanece en el suelo no está disponible para el mismo. En esas condiciones, el cultivo está permanentemente marchito y no puede revivir cuando se le coloca en un ambiente saturado de agua.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas. Un servicio ecosistémico deriva de las funciones propias de los ecosistemas

SOBERANÍA ALIMENTARIA: capacidad de cada pueblo para definir sus propias políticas agrarias y alimentarias de acuerdo a objetivos de desarrollo sostenible y seguridad alimentaria.

TEXTURA DEL SUELO: se refiere a la cantidad y tamaño de las sustancias inorgánicas que posee: arena, limo y arcilla.

TIERRAS PARAMUNAS: zonas de páramo que constituyen parte de la región natural andina o el sistema cordillerano de la zona ecuatorial. Los páramos húmedos con presencia de frailejones existen solamente en Colombia, Ecuador y Venezuela.

RESUMEN

Este trabajo reúne fundamentos científicos asociados con saberes ancestrales de la etnia Misak en predios de familias ubicados en el resguardo indígena Guambía. Comunidad sin bases sólidas que permitan determinar demandas y ofertas de los suelos del territorio y en particular sus predios. Debido a la escasez de suelo disponible para cultivar, adoptan prácticas agrícolas que contribuyen a la deforestación, deterioro del suelo y contaminación del agua.

Se identificó la estructura físico-química del suelo de tres familias seleccionadas en sitios específicos del resguardo, basado en la guía de muestreo del IGAC (2006, 2009, 2013). Se realizó un análisis de su suelo que permitió determinar en predios 1, 2 y 3; valores correspondientes a contenido de materia orgánica de 12,3% (alto), 4,03% (bajo) y 9,65% (medio) respectivamente. El predio No 1 presentó deficiencias en Ca (2,70 meq/100g), Na (0,34 meq/100g), Cu (0,2ppm) y Fe (1,6ppm). Se presentaron altas concentraciones de Fe (119,8 ppm) para el predio No 2. El predio No 3 presentó deficiencias en bases de P (5,3 ppm), Mg (1,0 meq/100g), Na (0,28 meq/100g), Cu (0,4 ppm) y Fe (4,9 ppm). Datos fundamentales para la organización de los nuevos sistemas, donde se determinaron propiedades hídricas del suelo correspondiente a agua disponible para las plantas (ADP) mediante la estimación de curva de retención de agua (CRA) con ayuda del software RETC v6.02; determinando así, todos los predios seleccionados, presentan valores de ADP sobre el rango óptimo (>20%); propuesto por Reynolds *et al*; 2009. Se incorporaron a los sistemas la especies: aliso (*Alnus Jorullensis*), lechero (*Sapium spp*) y nacedero (*Delostoma integrifolium*), especies nativas adaptadas a la zona y asociadas con sistemas de producción integrados, buscando suplir las necesidades, optimizar la producción y contribuir al entorno.

Palabras clave: Comunidad Misak, intercambio de saberes, prácticas agrícolas, análisis de suelo, sistemas agroforestales, sistemas agrosilvopastoriles, optimización, funciones de pedotransferencia.

SUMARY

This work brings together scientific foundations associated with ancestral knowledge of the Misak ethnic group in the farms of families located in the Guambía indigenous reservation. Community without solid bases that allow to determine demands and offers of the lands of the territory and in particular its properties. Due to the scarcity of land available for cultivation, they adopt agricultural practices that contribute to deforestation, soil deterioration and water pollution.

The physical-chemical structure of the soil of three families selected in specific sites of the shelter was identified, based on the IGAC sampling guide (2006, 2009, 2013). An analysis of the soil was carried out, which allowed determining in lots 1, 2 and 3; values corresponding to organic matter content of 12.3% (high), 4.03% (low) and 9.65% (medium) respectively. Property No. 1 showed deficiencies in Ca (2.70 meq /100g), Na (0.34 meq/100g), Cu (0.2ppm) and Fe (1.6ppm). High concentrations of Fe (119.8 ppm) were presented for farm No. 2. Farm No. 3 showed deficiencies in P (5.3 ppm), Mg (1.0 meq/100g), Na (0.28 meq/ 100g), Cu (0.4 ppm) and Fe (4.9 ppm). Fundamental data for the organization of the new systems, where soil water properties corresponding to water available for plants (ADP) were determined by estimating the water retention curve (CRA) with the help of the RETC software v6.02; thus determining, all the selected properties present ADP values over the optimum range (> 20%); proposed by Reynolds et al; 2009. The species were incorporated into the systems: Aliso (*Alnus Jorullensis*), Lechero (*Sapium spp*) and Nacedero (*Delostoma integrifolium*), native species adapted to the area and associated with integrated production systems, seeking to meet the needs, optimize production and contribute to the environment.

Key words: Misak community, exchange of knowledge, agricultural practices, soil analysis, agroforestry systems, agrosilvopastoral systems, optimization, pedotransference functions.

INTRODUCCIÓN

El Municipio de Silvia se encuentra en un momento crucial para realizar y actualizar estudios sobre el constante desgaste que ha sufrido el suelo con el manejo que se ha dado por décadas, careciendo de bases científicas y conocimiento técnico de su potencial (MUNICIPIO DE SILVIA, 2000) En el caso puntual de la comunidad indígena Misak, se puede observar incluso desde las vías del territorio, monocultivos en pendientes pronunciadas y algunas tierras planas sin algún tipo de práctica conservacionista del suelo y del agua, como consecuencia de la escasez de tierras para hacer uso del suelo en actividades agrícolas y desencadenando una sobreexplotación.

Como una acción de mitigación ante: 1) el deterioro del suelo, 2) ampliación de la frontera agrícola y 3) tala indiscriminada, aparece la base del presente estudio, centrado en los sistemas agroforestales (SAF), y que abren camino a los sistemas agrosilvopastoriles (SASP), (Molina, 2012; Valencia, 2014). Estos sistemas contienen aspectos técnicos que brindan información para consolidar un sistema integral compuesto por árboles asociados a los actuales cultivos agrícolas y pecuarios, en la búsqueda de sostenibilidad y eficiencia productiva. Surgiendo, además, como una combinación de tecnologías que se han sistematizado con el fin de ofrecer una alternativa viable, sostenible, económica y ecológica a prácticas como monocultivos y ganadería extensiva. Sin embargo, debido a la incompatibilidad entre las tecnologías utilizadas y el ambiente productivo, se está ocasionando un acelerado deterioro del suelo y la ampliación de la frontera agrícola hacia las áreas menos adecuadas (Hernández & Gutiérrez, 1999). Lo anterior, permitirá: (1) generar la información necesaria para la evaluación de las condiciones del suelo, (2) identificación de los sistemas productivos establecidos en las parcelas de las familias del estudio, y (3) hacer uso de herramientas de fácil utilización, bajo costo y aplicación rápida para el conocimiento de condiciones ambientales de los territorios. Como herramienta disponible para resolver la necesidad de medir y sistematizar las informaciones del manejo del suelo, existen las funciones de pedotransferencia (FPT) que se definen como funciones predictivas de cierta propiedad del suelo a partir de otras propiedades rutinariamente medidas, más económicas y de fácil medición que, aplicadas a relaciones matemáticas, permiten transferir datos que tenemos en datos que necesitamos (Baker & Ellison, 2007).

La comunidad Misak, ha utilizado a lo largo de su historia los saberes tradicionales como único argumento para dar uso al suelo en cuanto a producción y manejo en general, prácticas que han permeado el uso aplicado a las tierras de la región de un intercambio de saberes. Es de gran importancia para la comunidad Misak conocer como las especies forestales, agrícolas y pecuarias se pueden asociar, puesto que esto tornaría más eficiente la utilización de la tierra (MUNICIPIO DE SILVIA, 2000). Este trabajo tiene como objetivo, basado en el saber tradicional y técnico, elaborar una propuesta de un sistema agroforestal o agrosilvopastoril, incorporando especies nativas de la región, para el manejo productivo y sostenible en parcelas seleccionadas, correspondientes a familias del Resguardo Indígena Ancestral de Guambía.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 LOCALIZACIÓN

El municipio de Silvia está situado en el nororiente del Departamento del Cauca, al suroccidente de Colombia, entre los 2°47'37" y 2°31'24" de latitud norte y entre los 76°10'40" y 76°31'05" de longitud al occidente del meridiano de Greenwich, sobre el flanco occidental de la cordillera central. La cabecera municipal está ubicada entre el río Piendamó y la quebrada Manchay sobre los 02°36'50" norte y 76°22'58" al oeste, a 2.600 metros de altitud. Dista de Popayán 59 Km y su área es de 662,4 Km² (Municipio de Silvia, 2016).

El Resguardo Indígena (RI) de Guambía, de la etnia Misak, está ubicado en el Municipio de Silvia, Departamento del Cauca, Colombia, teniendo los Resguardos Indígenas (RIs) de Pitayo, Moras y Páez al Norte; el RI de Páez de Yaquivá, el corregimiento de Gabriel López y la zona campesina de Santa Lucía (Municipio de Totoró) al Oriente; la cabecera municipal de Silvia al Sur; y el RI Páez de Quichaya y el RI Guambiano de Quizgó al occidente; el área del RI de Guambía es de 21.053 ha. En donde tienen gran protagonismo los suelos del tipo andisol, que según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se definen como suelos negros de origen volcánico que típicamente se encuentran en zonas montañosas (CABILDO DE WAMPÍA, 2014). El Resguardo indígena de Guambía cuenta con un promedio de temperatura de 12°C (Pachón, 1996).

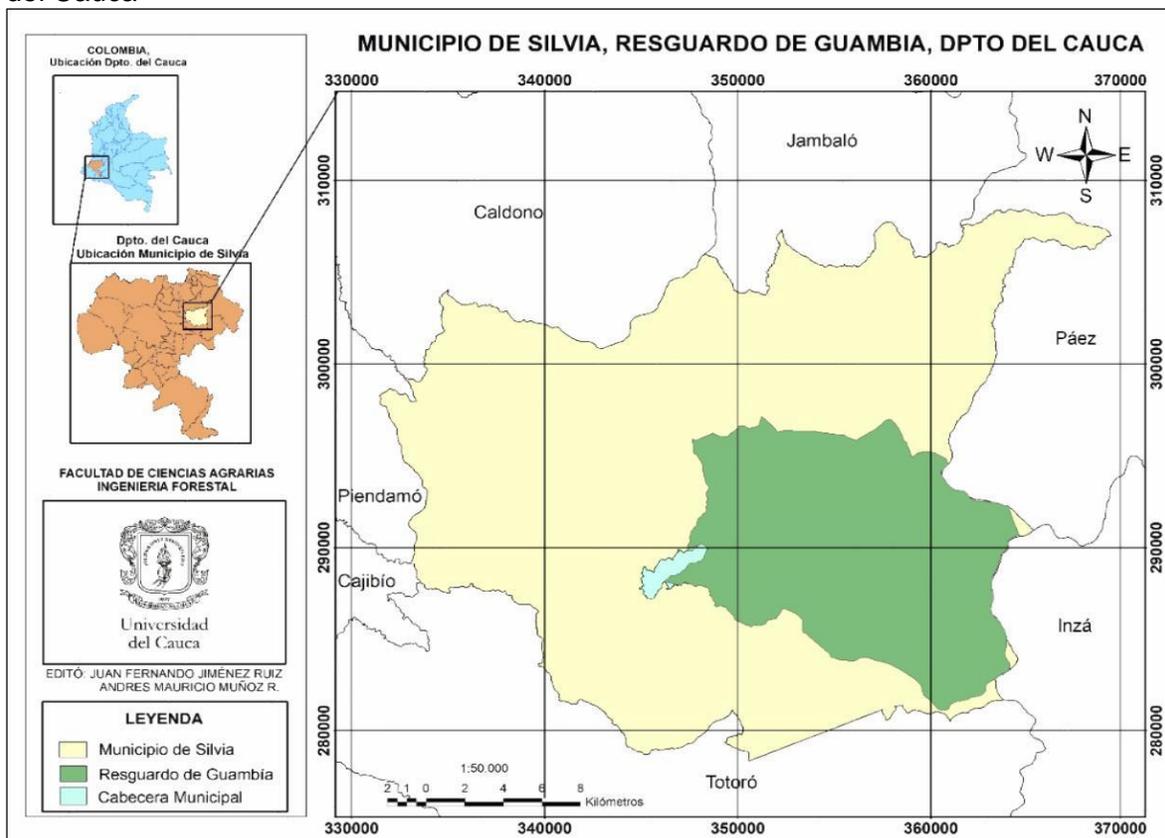
El paisaje andino de la región se caracteriza por una compleja topografía, con pequeños valles y altas montañas, donde los páramos de las Delicias, Moras y el alto de Guanacas, sobresalen como los accidentes orográficos más importantes. Sus tierras están regadas por numerosos ríos y riachuelos que bajan de la cordillera y surcan el territorio en varias direcciones.

El área de estudio del presente trabajo se encuentra en la subcuenca del río Piendamó que atraviesa el resguardo indígena de Guambía para desembocar más tarde en el río Cauca. Se decidió seleccionar esta zona de estudio porque está conformada por la principal corriente fluvial de esta región y sobre ella confluyen una serie de quebradas y riachuelos como: Cacique, Manchay, Michambe y Agua Blanca (Pachón, 2000).

Dentro de la base económica de esta comunidad indígena se encuentra la producción de alimentos, en la cual tiene gran importancia la agricultura familiar y colectiva, siempre teniendo presente el respeto cultural por "La Madre Tierra", en donde se da gran importancia también al agua. Teniendo como los principales cultivos: papa, maíz, trigo, cebolla, frijol, habas, repollo, quinua y otras semillas propias de la región, con sus respectivos sistemas de producción (Ministerio de Cultura, 2004). Dentro del territorio se encuentran tres zonas de relativa importancia que se diferencian entre sí por la altitud y de las cuales dos son usadas para producir alimentos. En la parte alta y con más bajas

temperaturas, se produce entre otros, papa, cebolla, ulluco y ajo. En las zonas más bajas y que cuentan con temperaturas más elevadas, se produce generalmente el maíz y el trigo. Por último, el territorio de las partes más altas está constituido por tierras paramunas que son inadecuadas para la producción de alimentos debido a la alta humedad y bajas temperaturas (Pachón, 1987).

Figura 1. Ubicación del resguardo indígena de Guambía en el Municipio de Silvia, Dpto. del Cauca



Fuente. Adaptado de DANE, 2017.

1.2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen tres conceptos fundamentales que se relacionan con el problema de estudio 1) saberes tradicionales, 2) características de los suelos del Municipio de Silvia, 3) prácticas, funciones y sistemas propuestos en el desarrollo de este problema.

1.2.1 Saberes tradicionales. El ser humano en la medida de su existencia ha acumulado información por milenios que le permite de cierto modo autosuficiencia alimentaria, aún en las condiciones más adversas. La gran riqueza abordada en este caso por los saberes

agrícolas tradicionales, se enriquece ciclo a ciclo y se transmite por la tradición oral. Saberes que se corresponden con la cosmovisión de las comunidades y que brindan independencia en cuanto las fluctuaciones de los precios del mercado internacional (Gómez y Gómez, 2006).

La agricultura industrializada, producto de la revolución industrial y la ciencia moderna, se ha impuesto en gran parte del mundo, dejando atrás y pasando por encima de los conocimientos locales, visualizados como atrasados, arcaicos, primitivos, o inútiles. Esta exclusión, no hace más que confirmar uno de los rasgos de la modernidad industrial: su desdén, e incluso su irritación, por todo aquello considerado como tradicional. En consecuencia, el mundo moderno es un mundo que tiende a quedarse sin memoria, un mundo amenazado por la amnesia, por eso la importancia de trabajar con los saberes y necesidades de las comunidades locales, para encontrar un conocimiento híbrido, local y moderno, para auxiliar la gestión de los territorios (Toledo, 2005).

Involucrar a los grupos técnicamente diferenciados en los procesos de creación de conocimiento y toma de decisiones, incorpora información científica en contextos sociales, además puede alterar fundamentalmente las preguntas que se hacen, cómo se enmarcan los cambios en las prácticas y cómo romper los estigmas entre los diferentes tipos de conocimiento. Con esta investigación, se quieren encontrar sinergias, diferencias, contrastes entre las dos partes (conocimiento técnico y saberes tradicionales de la comunidad) en procesos de aprendizaje dirigidos a abordar mejores fundamentos, dar importancia a los tipos de saberes y objetividad en las conclusiones, incluyendo el coaprendizaje, que al juntar diversos conocimientos para intercambiar necesidades, experiencias y diferentes ángulos de visión hacia temas específicos, se considera necesario para construir procesos de decisión y estructuras de adaptación que ayuden a navegar por futuros inciertos (Shaw & Kristjanson, 2013). Aumentar el alcance y valor de la agricultura ecológica, la agrobiodiversidad y la soberanía alimentaria en trabajo conjunto con la comunidad indígena Misak, además de fortalecer el espacio ganado en cuanto al valor que se da a sus conocimientos, es algo que tiene como base la investigación, con fin de concluir datos de interés que permitan fortalecer su soberanía alimentaria y contribuir al desarrollo sostenible en base a ideales participativos, conocimientos locales, técnicos, que facilitan y desafían los esfuerzos hacia la colaboración (Cockburn, 2013).

A pesar de la presión que se ejerce por la globalización del mundo, el conocimiento ancestral de la comunidad indígena Misak ha sobrevivido conservando la esencia que le caracteriza. En buena parte al valor que se le da a la tradición oral como medio de formación, que ha trascendido en el tiempo y ha permitido traer a la actualidad los legados de los ancestros de la comunidad (Tunubalá, 2014).

El saber tradicional de la comunidad se sostiene gracias a los pilares que según el Proyecto educativo Guambiano del año 2010, están comprendidos por: el territorio, la cosmovisión, los usos, costumbres y la autonomía; razón por el que se considera un factor fundamental de casi todos los procesos a desarrollarse en la comunidad (Tunubalá, 2014).

1.2.1.1 La cosmovisión. Una particular interpretación del mundo se vive desde el pensamiento Misak, donde el aspecto coyuntural está dado por su sabiduría de la naturaleza. El ser Misak y la naturaleza crean una conexión tan importante, que orienta su existencia, llamada ley natural o derecho mayor. Aquel que se expresa por medio de cantos, sueños, pulsaciones, el caer de los árboles, ruido del agua, llamados de los animales, el chocar de las piedras, lugares sagrados y muchos otros que determinan la forma de vivir de los está cultura (Tunubalá, 2014).

1.2.1.2 Los usos y costumbres. Se habla de aquellas acciones que vitalizan la identidad del ser Misak, algunos valores, aspectos espirituales, sociales e incluso físicos, en los que interviene la forma de vestir, comunicarse, y comportarse. Todos ellos llevados a la interrelación con otras culturas. En donde contrastan de manera significativa, debido a lo subjetivo de sus cualidades y aspectos propios (Tunubalá, 2014).

1.2.1.3 La autonomía. Es la capacidad de tomar decisiones y actuar basados en un criterio que permita reflejar la esencia individual y de la comunidad en general, tomando posturas y actitudes que permitan desarrollarse como individuo, como persona social y comunitaria, fortaleciendo así, la identidad cultural en donde la comunidad tiene una diferencia marcada, debido a que el conocimiento trasciende generación tras generación, al mismo tiempo que avanza en un continuo estado de desarrollo. Además, interviene en la educación llevada al aula de clase, su relación con la comunidad y la naturaleza en general, sin dejar de lado las asociaciones con aspectos sociales, políticos, económicos que se representen en su autonomía, usos, costumbres, cosmovisión y su territorio; durante el tiempo que dure el proceso de formación de quienes participan (Tunubalá, 2014).

El saber ancestral llevado a la concepción que tiene la comunidad Misak con las plantas, está dado porque estas no significan simplemente un recurso disponible o no, como lo plantea occidente, sino que, por el contrario, es un ser que genera aspectos positivos para quienes habitan el mismo territorio, como un lugar de descanso, sombra y reposo. Lo más importante, es la casa del agua o lo que sería lo mismo, la casa del Pishimisak (Ser superior protector del territorio) (Agredo y Marulanda, 2002).

Los saberes tradicionales entonces, ocupan un lugar privilegiado dentro de la base del futuro por construir. Pero, este conocimiento es funcional si trasciende, si se comparte, que es donde se incluye el diálogo, aquel que es posible cuando ambas partes son interlocutoras, cuando se “teje la palabra” a partir de una igualdad suficiente. Lo que se traduce en dejar de lado la concepción de: “querer aprender del otro” y enfocarse en: “querer aprender con el otro”. Fin que, para lograrse, es necesario que existan espacios y metodologías distintas basadas en lo social, político, metodológico, económico, espiritual y cultural (UNESCO, 2015).

El desarrollo en este caso es directamente proporcional al coaprendizaje, es así como al juntar diversos saberes o conocimientos y mundos sociales para intercambiar

necesidades, valores y normas, se considera necesario para abordar de manera más efectiva problemas complejos y para generar espacios de decisión y estructuras de adaptación que contribuyan al futuro. Es entonces, cuando el coaprendizaje ayuda a incluir a los grupos socialmente diferenciados en los procesos de creación de conocimiento a tomar decisiones, enmarcar cambios y generar respuestas con mejores bases (Shaw & Kristjanson, 2013).

No es el Misak con su saber ancestral o los investigadores con su conocimiento científico, sino la articulación de la información que ambos aportan a un tema en común, de esa forma para construir los puentes de comunicación es importante la participación y la colaboración de las comunidades y de ambas partes, además preguntarnos ¿Cuáles son las estrategias de la diversidad de formas de conocimiento? Es decir, ¿cómo los saberes o ciencias indígenas interrogan a la naturaleza? al inquirir sobre las estrategias cognitivas en los conocimientos tradicionales, pues el objetivo que se tiene es intentar comprenderla y traducirla; entonces, con toda probabilidad habrá una cierta inconmensurabilidad, pero como ha señalado Kuhn, siempre hay posibilidades de intertraducción (Villamar, 2012).

1.2.2 Universidad Misak. Centro educativo libre que se fundó en el 2010 y fue promulgada jurídicamente por el Cabildo de Guambia en 2011 (Revart, 2016). En ella convergen desde niños hasta adultos para asistir a clases y a las diversas actividades comunitarias que se gestan en la universidad (Revart, 2016). Este proyecto educativo mantiene un carácter fuertemente autónomo ante la crisis del pensamiento y la economía occidental, basado en los pilares de crecimiento Misak (usos y costumbres) con el objetivo de “recuperar la tierra para recuperarlo todo”, es decir, no sólo se enseñan diversas disciplinas en estas aulas y sus ágoras rurales, sino también, el valor de la historia, la identidad y la cultura de los pueblos originarios (Revart, 2016).

1.2.3 Características presentes en los suelos del Municipio de Silvia. El Municipio se caracteriza por presentar suelos andisoles, los cuales son derivados de cenizas volcánicas. Presentan excelentes propiedades físicas, sobre todo de drenaje, así como buena fertilidad gracias a la acumulación superficial de materia orgánica humificada (Jaramillo, 2002) y a la presencia de arcilla alofanada, que permiten gran variedad de cultivos que se caracterizan por ser una fuente esencial de alimentos. Además, este tipo de suelo, es sustento de valiosos ecosistemas en las cordilleras, bosques andinos y páramos, a los cuales proveen de nutrientes y les permiten regular su ciclo hídrico (Santoyo, 2013). Pero, estas tierras agrícolas se están volviendo gradualmente menos productivas, por cuatro razones principales: pérdida de la estructura del suelo, disminución de la materia orgánica, pérdida del suelo y pérdida de nutrientes. Estas razones son efectos producidos básicamente por el uso, manejo inadecuado del suelo y por la acción de la erosión acelerada. De esta manera el suelo sufre pérdidas en su estructura física, química y biológica original (Bertoni y Lombardi, 1985).

1.2.4 Deterioro del suelo. Los suelos andinos sufren pérdidas progresivas de su calidad por efecto de la erosión producto tanto del viento como del agua. Además, la actividad destructiva de los elementos naturales es catalizada por prácticas culturales como la

sobreexplotación, la no rotación de parcelas, el sobrepastoreo que impide la regeneración de praderas, etc. Así, la superficie de suelo fértil disponible para la producción agrícola se incrementa con las superficies que los campesinos preparan cada año (Paz, 2008). Con esto, se puede ilustrar el deterioro del suelo en tres etapas básicas. La primera etapa incluye las características originales (materia orgánica y estructura) que son destruidas gradualmente.

En la segunda etapa, la materia orgánica alcanza valores bajos y el suelo pierde estructura. Por último, en la tercera etapa el proceso de erosión es tan violento que la tierra comienza a ser abandonada por el agricultor, debido a la baja productividad y dificultad de operación de máquinas a causa de la existencia de surcos y cárcavas en el campo (Mielniczuk & Scheneider, 1984). De esta manera, el deterioro del suelo va acompañado de cambios en una o más de sus propiedades y estructura a condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos. En términos generales, el deterioro del suelo provoca alteraciones y perturbaciones en el nivel de fertilidad de los sistemas productivos (Wildner & Da Veiga, 1994).

Además, el uso del suelo en algunas ocasiones produce un deterioro considerable debido principalmente a efectos antrópicos; es importante considerar que habitualmente la deforestación se encuentra asociada con el cambio de uso del suelo forestal hacia otro uso, así como con la ampliación de la frontera agrícola, sin percatarse que, como resultado, el suelo generalmente se deteriora en dos o tres ciclos de cultivo. Entre las áreas recubiertas de vegetación que tienen los suelos más deteriorados se encuentran los bosques, muchos de los cuales se localizan en zonas montañosas en donde, además, están sujetos a la presión de la erosión hídrica. Así, la deforestación y las prácticas agrícolas son factores que inciden en la calidad del suelo y en su capacidad para resistir a la acción del viento y del agua (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2000).

El Municipio de Silvia ocupa sus suelos en: ganadería para la producción de leche, agricultura con cultivos en su mayoría de: maíz, frijol, papa, ajo, mora, hortalizas y pastos; siendo en muchos casos suelos de reserva (debido a su ubicación en alturas mayores a 3000 m.s.n.m.) que cuentan con una profundidad mínima debido a que son suelos en formación, razones por las que en los últimos tiempos, el déficit de tierra laborable ha tenido como consecuencia una alta presión sobre el suelo existente (Municipio de Silvia, 2000).

Grandes áreas erosionadas son producto de prácticas inadecuadas en el suelo, estas incluyen: aplicación de agroquímicos, expansión de frontera agrícola (situación que salta a la vista desde las vías del territorio) y pecuaria hacia los Páramos, en donde la deforestación es protagonista trayendo consigo cultivos de amapola, ganado y reducción del bosque primario. Situación que repercute en grandes conflictos por disputa de terrenos en los resguardos (Municipio de Silvia, 2000). El Municipio de Silvia en el Departamento del Cauca presenta suelos que se constituyen en uno de los recursos naturales decisivos para adelantar el proceso de planificación y ordenamiento territorial, ya que su análisis correspondiente suministra la información básica para poder determinar su

aptitud, potencial, obstáculos y limitantes para el uso múltiple de las tierras presentes en todo el territorio. Por ello, el suelo es un elemento rotundo para el adelanto y desarrollo de las principales actividades económicas del municipio como lo son la agricultura y ganadería (Municipio de Silvia, 2000).

1.2.5 Sobreexplotación. Los procesos de pérdida de tierras en varias regiones de América Latina, tienen su origen en factores sociales, económicos y culturales, que se traducen en la sobreexplotación de los recursos naturales y en la aplicación de prácticas inadecuadas de manejo de suelo y agua. La consecuencia de todo eso es la inhabilitación productiva de muchas tierras agrícolas que va en detrimento de la producción de alimentos para una población creciente en estos este continente. Durante las últimas décadas se han realizado numerosos esfuerzos para mitigar el deterioro de las tierras agrícolas, pero el proceso de cambio para la adopción de nuevas tecnologías conservacionistas, por parte de los agricultores, todavía presenta un índice bajo (Instituto Internacional de Agricultura Tropical - FAO, 1997).

Las necesidades de la población generan un uso desmedido del suelo. Los procesos de deforestación, erosión, agotamiento, pérdida de suelo, desertificación, pérdida de ecosistemas, sedimentación de ríos, pérdida de flora y fauna; se han acentuado. La ocupación del medio, asociada a una variabilidad de relieve de fuertes pendientes, presión por las tierras y un sobrepastoreo, ha provocado una pérdida del suelo de las tierras cultivadas y de las pasturas, disminuyendo la productividad y acentuando el empobrecimiento (Reinoso, 1997).

En Colombia, un País que está al borde de lo sustentable, debido a que el consumo sube y los recursos bajan; a pesar de eso, tiene una enorme oportunidad de desarrollo y cuenta con la fortuna de tener más recursos de los que utiliza. Aunque tiene con un promedio de cuatro hectáreas de terreno por persona y consume 1,8 hectáreas, debe estar alerta, porque hay países mejor posicionados como es el caso de Bolivia, que tiene 20 hectáreas de biocapacidad por cada habitante promedio (Herrera, 2011).

Existe una región que se ha llevado a una gran sobreexplotación, Guambía por años ha sido sometida a técnicas agrícolas inadecuadas para el territorio, lo que sumado la deforestación de la vegetación endógena para cercas vivas, postes para demarcación de linderos y la introducción de especies foráneas, ha ido cambiando el uso del suelo, ha transformado paulatinamente el paisaje andino y ha agotado en gran medida la fauna originaria. Venados, guaguas, cusumbos y armadillos; existen solamente en la memoria de los abuelos, y solo eventualmente se cruzan en el camino de quienes transitan por el territorio (Pachón, 2000).

En la medida del tiempo, los integrantes de la comunidad Misak han desarrollado estrategias que les han permitido mitigar algunos de los efectos negativos, consecuencia de la escasez creciente de la tierra. Siempre teniendo como base la revitalización étnica en busca de mantenerse en el tiempo (Pachón, 2000). Entre ellas se incluye:

1.2.5.1 Sobreexplotación de las parcelas. Una solución pensada a corto plazo, que ha involucrado la modificación de su tecnología tradicional de producción. Estos cambios están ligados a la disminución del tiempo de descanso de las tierras entre la etapa de cosecha del último ciclo productivo y la preparación del terreno para el nuevo ciclo (Pachón, 2000).

1.2.5.2 Colonización de “lo caliente”. La necesidad de tener más tierras para trabajar ha llevado a los integrantes de la comunidad a querer expandir su territorio, cruzar la línea y colonizar nuevos lugares. Para eso, han incursionado en la compra de fincas fuera del resguardo. Esta metodología permite que Piendamó, Caldono, Morales, Pescador y Carpintero, sean considerados por ellos, como territorio Misak (Pachón, 2000).

1.2.5.3 Colonización del páramo. la necesidad de expandir sus terrenos agrícolas ha hecho que las tierras antes vedadas para la agricultura, donde predominaba bosque de primer o segundo nivel, estén siendo deforestadas para cambiar el uso del suelo a uno productivo, haciendo uso de la tecnología tradicional Misak. Y aunque pareciera que la altura de estas tierras, la humedad y el exceso de agua fuera un problema, la tecnología tradicional Misak, ha desarrollado metodologías que convierten estos factores en influyentes positivos para las unidades productivas. La humedad y el exceso de agua son manejados mediante eficientes sistemas de drenaje que atraviesan las parcelas, evitando así que el agua cree posos o llegue a estancarse. En el caso de los fuertes vientos, mediante un ingenioso sistema basado en el conocimiento de su dirección, intensidad y la topografía del terreno, se seleccionan y se descartan las laderas en las que es conveniente o no instalar sistemas de producción agrícola (Pachón, 2000).

La recuperación de tierras: es un proceso que ha venido tomando fuerza en los últimos años. Se estima que los cabildos de Guambía han recuperado alrededor de 2.000 hectáreas en sus alrededores. Estrategia que les ha permitido desarrollar su potencial productor de alimentos y animales (Pachón, 2000). La sobreexplotación es un asunto que va a tomar tiempo resolver, que requiere de conocimiento científico y saberes tradicionales, enfocados en un intercambio basado en la comunicación de las partes. Es importante adaptar las estrategias existentes o crear nuevas que mitiguen los problemas actuales referentes a la tierra, que se relacionan con la producción agrícola en busca del bien comunitario e individual (FAO, 2015).

1.2.6 Prácticas agrícolas, funciones predictivas y sistemas propuestos. La agricultura desde una perspectiva que incluye los sistemas dinámicos, denota las grandes contribuciones a la humanidad de las culturas originarias, que incluye por ejemplo la domesticación de la papa. El equilibrio del estado actual entre la agricultura y la población debe además tener en cuenta las limitaciones impuestas por las condiciones climáticas adversas, la precariedad de las herramientas de trabajo y la erosión de suelos con otra aptitud de uso. Además, los esquemas de rotación presentes en las comunidades andinas se basan en Agricultura extensiva, que incluye un largo periodo de descanso y la agricultura intensiva, que incluye un corto periodo de descanso o no lo incluye (Paz, 2008). Para la comunidad Misak su agricultura tradicional es fundamental, de ella depende la fuente de su

alimentación y comercialización de algunos productos, sin embargo, los Misak conciben la tierra como algo más allá de un bien económico, siendo “La Madre Tierra” uno de los principales pilares de su cosmovisión. Sin embargo, muchos de los cultivos tradicionales fueron reemplazados por la siembra de productos fácilmente comerciables, no habiendo una interacción entre los sistemas productivos (Cruz *et al.*, 2010).

1.2.6.1 Prácticas agrícolas. Este conjunto de técnicas que conllevan a acciones tendientes a reducir los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en la producción, cosecha y acondicionamiento en campo, procesamiento, empaque, transporte y almacenamiento con el fin de proporcionar un marco de agricultura sostenible, documentado y evaluable, respetando el medio ambiente (Jaramillo *et al.*, 2007). En este caso, la conceptualización está encaminada a llevar las tradicionales prácticas agrícolas a un nivel óptimo en búsqueda del incremento en la cantidad y calidad de la producción. Por otro lado, la referencia para prácticas agrícolas es especificada por un proceso mediante el cual, al haber cultivado la tierra durante miles de años, el resultado es una diversidad impresionante de cultivos y una gran variedad de técnicas que dejan mejores resultados productivos, pero hoy en día, muchos productores trabajan fuera de sus tierras, provocando preocupaciones sobre la pérdida de algunos cultivos indígenas, junto con las tradiciones culturales asociadas (Ibáñez, 2009).

El conocimiento y las prácticas tradicionales cuentan con la ventaja de que son generados en el contexto inmediato de las condiciones de vida de las poblaciones rurales, lo que proporciona una rica información sobre las prácticas agrícolas, agroforestales, de manejo de plagas, fertilización de suelos, así como sobre una multiplicidad de patrones de cultivo. Es, por lo tanto, un conocimiento básicamente contextual. Su principal desventaja, sin embargo, reside en el hecho de que siempre tiene una naturaleza fragmentaria y provisional. No obstante, el incremento de la variabilidad climática ha reducido la confianza de los agricultores en el conocimiento tradicional y los ha obligado a buscar apoyo en los pronósticos climáticos científicos (Llambi & Linderman, 2011).

Se destacan entonces, estas prácticas como un conjunto de conocimientos adquiridos en función del tiempo, basadas en el conocimiento y la apreciación de las condiciones locales, transmitidos a través de generaciones mediante vía práctica y que han venido siendo implementados por las comunidades para comprender su entorno local. Como factor que se destaca y discrepa, se tiene la no evolución de estas prácticas, que no han evolucionado y se han venido adaptando a las cambiantes condiciones locales (Llambi & Linderman, 2011).

En la cultura Misak, el trabajo y la tierra están estrechamente ligados, es gracias al cuidado y uso de prácticas agrícolas ancestrales que la tierra se calienta y se reproduce, dando paso a la base de la economía de esta comunidad. La agricultura que, junto con su cosmogonía se integra en el respeto que se debe tener a la madre tierra, dando también un valor importante y único al agua, razón por la cual, son los primeros pobladores hijos y cultivadores de ella en el continente (Ministerio de Cultura, 2004). Los Misak siempre han trabajado la tierra, las semillas, abonos naturales e instrumentos de trabajo; transmitiendo

la costumbre de kuallipik-kumik- de ser trabajador y p̄θi-k̄θmumik–no ser perezoso, lo que permite caracterizarlos en el buen manejo y aprovechamiento de los suelos, dando paso a resultados positivos en el rendimiento de la producción, que se encuentran asociados a la economía de mercado del territorio Misak (Tunubalá & Trochez, 2008).

La agricultura permite a la comunidad relacionarse entre sí y practicar toda la cosmovisión, la educación y hasta la medicina, ya que esta también depende de la madre tierra, porque les brinda gran variedad de plantas medicinales que requieren; por ello, la agricultura se practica a través del Alik familiar y comunitario, donde se comparten productos agrícolas de acuerdo a las cosechas que se han manejado mediante prácticas ancestrales, utilizando el suelo de ladera o de montaña y practicando además, asociaciones entre cultivos (Tunubalá & Trochez, 2008).

1.2.6.2 Funciones de Pedotransferencia (FPT). Los suelos se presentan como la base de la agricultura y el medio en el que crecen la mayoría de las plantas destinadas a la producción agrícola. Aquellos que han llevado un manejo adecuado tienen la capacidad de producir cultivos sanos que alimenta personas y animales, además de ofrecer otros tipos de usos como el ambiental y ecológico, convirtiéndolos en un ecosistema vivo y dinámico, en el cual, se presentan gran cantidad de microorganismos que cumplen diferentes funciones vitales como la descomposición de materia orgánica, control de enfermedades de las plantas, mejoramiento de la estructura del suelo; generando efectos positivos en capacidad de retención de agua y nutrientes que ayudan a mejorar la producción de los cultivos presentes (Instituto Internacional de Agricultura Tropical-FAO, 2015). Sin embargo, el deterioro del suelo debido al uso intensivo y/o inadecuado de este, representa una problemática que afecta a la humanidad, ya que genera impactos negativos en las propiedades y funciones del suelo haciéndolo menos productivo, tanto en sistemas convencionales como tradicionales (Aguilar *et al.*, 2015).

En este contexto, el uso de las FPT en suelos agrícolas se hace necesaria principalmente para estimar procesos en condiciones locales y la calidad del suelo de acuerdo con su vocación agrícola para el manejo local (Aguilar *et al.*, 2015).

Las FPT son un término usado en la Ciencia del Suelo, para ser interpretadas como funciones predictivas de ciertas características de un determinado suelo a partir de otras de las que se encuentra información disponible o sobre las que es más económico o fácil de obtener (Gutiérrez, 2010). El término FPT fue introducido por Bouma (1989) como “traduciendo datos que tenemos en los que necesitamos”. Los datos de más fácil obtención provienen de las variables que normalmente se registran en las descripciones de suelos que han sido estandarizadas o se determinan de una manera rutinaria en los laboratorios de análisis (pedregosidad, profundidad de la muestra, profundidad del suelo, color, textura, estructura, consistencia, carbono orgánico, contenido de materia orgánica, pH, etc.). Las FPT añaden valor a esta información elemental, convirtiéndola en estimaciones de otras características de determinación más compleja y costosa. En especial, las características hidrodinámicas del suelo, como la conductividad hidráulica y su relación con la curva característica del suelo (Wösten, Pachepsky y Rawls, 2001).

Actualmente hay varias de estas funciones validadas con bases de datos en el mundo, aunque hay bastante discusión respecto a su potencial para predecir los parámetros en suelos diferentes a los utilizados para su desarrollo. Por lo tanto, es necesario obtener datos de las propiedades físicas e hídricas de suelos locales que permitan evaluar la eficiencia de esas funciones (Moreira y Medeiros, 2004).

También, es importante reconocer que existen diferentes tipos de FPT, para las cuales el primer grupo se fundamenta en clasificar los diferentes tipos de suelos por su composición textural y de acuerdo a esto, asignar parámetros iguales, asumiendo que el suelo de similar textura tiene parámetros hidráulicos semejantes (Carsel y Parrish, 1988; Rawls, Brakensiek y Saxton, 1982). Por otro lado, el segundo grupo de FPT se basa de acuerdo a ecuaciones de regresión lineal y/o no lineal, las cuales permiten generar una solución mediante propiedades hídricas que cambian en forma continua con ayuda del triángulo de clasificación textural (USDA); para este, los resultados pueden ser mejorados cuando se usan atributos del suelo tales como la porosidad, densidad aparente o contenido de materia orgánica (Zimmermann y Basile, 2011).

El proceso de deterioro del suelo y el agua se encuentran fuertemente relacionados entre sí, debido a perturbaciones que afectan de manera negativa aquellos procesos hidrológicos que son definitivos en el balance del agua y regímenes de humedad presentes en el suelo (Sentís, 2015). Además, estos procesos se encuentran determinados por condiciones de uso y manejo que se le dé al suelo; sin embargo, la mayoría de las veces la conservación del suelo y el agua se evalúan de manera individual y consecuentemente la predicción y prevención de los efectos derivados de su deterioro generan resultados inadecuados, por ello es importante lograr el desarrollo y selección de prácticas adecuadas de uso y manejo de la tierra, las cuales pueden ser sostenibles en el tiempo (Sentís, 2015).

Para predecir o estimar procesos de deterioro en el suelo y sus posibles efectos, se debe empezar por tomar aquellas relaciones que existen entre las características físicas del suelo y sus propiedades hidrológicas (Sentís, 2015).

Aún existe desconexión entre el conocimiento que se tiene de los suelos y las necesidades de la comunidad. Esto conlleva que las decisiones que se toman en circunstancia a las problemáticas ligadas a la ciencia del suelo sean inconsistentes (International Union of Soils Science IUSS, 2015). Por ello el suelo como un componente dinámico de la biosfera, tiene la capacidad de generar además de alimentos, otros servicios ecosistémicos de tipo social y/o cultural, los cuales en muchos casos no son considerados para seleccionar y destinar el suelo para cualquier uso o fin (Zuñiga *et al.*, 2014). Entonces, en la literatura no se hayan estudios en que se encuentre una vinculación entre los servicios ecosistémicos y los atributos del suelo, sin embargo, una manera de realizar este vínculo sería mediante el uso de FPT (Zuñiga *et al.*, 2018).

1.2.6.3 Sistemas agroforestales (SAF). Cada día incrementa la necesidad de que se resuelvan problemas trascendentes asociados con el cambio climático global y la

seguridad alimentaria. La investigación agrícola juega un papel crucial en la contribución económica y social de las comunidades, pues el efecto que tiene la expansión en búsqueda de más producción es directamente proporcional a la necesidad de llegar a hacerlo de manera sostenible (Aguar *et al.*, 2014). La intensificación sostenible en América latina, aunque no se considere como una visión que implique un replanteamiento global de cómo se producen y consumen los alimentos, si se considera como un enfoque amplio y bien establecido (Ortiz y Alfaro, 2014). Aumentar la heterogeneidad dentro de los sistemas integrados, agricultura, ganadería y silvicultura – es un factor trascendental de respuesta a los cambios ambientales, lo que puede tomarse como una alternativa en búsqueda de incrementar la sostenibilidad de los agroecosistemas (Lisboa *et al.*, 2014).

Con eso la intensificación sostenible es un concepto que aparece en función no solo de mejorar la productividad de los suelos aplicando sistemas productivos dependiendo del tipo de suelo, pues toma fuerza en las prioridades mundiales, como método para hacer frente a los múltiples y complejos desafíos que enfrenta la agricultura del siglo XXI, sino que también reduce la huella ecológica de algunos sistemas de producción (Rao *et al.*, 2017). En este sentido, se puede pensar en intensificar por medio de diseños agrarios que utilizan la base de los SAF, por ejemplo: agricultura – ganadería; ganadería – silvicultura y agricultura–silvicultura– ganadería. Estos sistemas, pueden restaurar las tierras deterioradas y mejorar la adaptación del sistema a la sequía y el anegamiento asociado al cambio climático y la producción (Rao *et al.*, 2017).

El eje agroforestería se subdivide en dos factores, uno de ellos es el forestal, en donde la conducta de la comunidad a partir de observaciones del paisaje, permite determinar niveles de vulnerabilidad, teniendo en cuenta variables como pendiente, presencia de barreras rompe vientos, distancia a bosques protectores, diversidad de cultivos, materia orgánica, etc. (Altieri, 2016). El componente arbóreo juega un papel trascendental, pues la mayoría de los beneficios resulta de medidas agroecológicas que fortalecerán la capacidad de recuperación de las tierras de los agricultores y por tanto de la comunidad (Altieri, 2016).

La sustentabilidad en un sistema agroforestal se da si este es capaz de mantenerse en el tiempo y, además cuenta con la posibilidad de cambiar oportunamente cuando las condiciones así lo exigen para poder seguir funcionando en el largo plazo. Para esto, los recursos, procesos ecológicos y sociales que lo hacen funcionar, deben ser capaces de reproducirse y por tanto, autorregularse y coordinarse para ser compatibles, amortiguar oportunamente a perturbaciones coyunturales adversas, reorganizarse y adaptarse cuando se presentan cambios estructurales internos y externos (Nahed, 2008).

Por la fuerte influencia de los SAF en el suelo, que aparecen como respuesta al interés mundial de adoptar medidas para mitigar la deterioración de la tierra causada por la producción agrícola, una de las estrategias propuestas, integra el reemplazo de los sistemas de monocultivo con sistemas agrosilvopastoriles, culturalmente aceptados, adaptados a los agroecosistemas locales y que integren: cultivos, pastos para ganado y árboles (Lisboa *et al.*, 2014).

Sistema de cerca viva: son siembras lineales de arbustos y/o árboles, en uno o varios estratos y de forma perpendicular a la dirección principal del viento para reducir los efectos de la erosión eólica sobre el suelo, que se utilizan como setos, división de lotes, linderos entre propiedades o barreras rompe viento y como fuente de leña, carbón, madera, frutos o forraje. Este tipo de sistema está diseñado para la protección de cultivos, ganado, infraestructura y suelo. Consiste en el establecimiento de una o más hileras de árboles, como una barrera para detener el viento o para reducir su intensidad (Sotomayor et al., 2008).

Otros beneficios del sistema de cerca viva son su uso frecuente como lindero entre predios y fuente de productos maderables y/o combustible. Este sistema puede establecerse con diferentes distancias de siembra (Sotomayor et al., 2008):

Distancia 2 metros: En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia de 2 metros entre cada árbol, para un total de 50 árboles por cada 100 metros lineales de cerca.

Distancia 2.5 metros: En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia de 2.5 metros entre cada árbol, para un total de 40 árboles por cada 100 metros lineales de cerca.

Distancia 5 metros: En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia de 5 metros entre cada árbol, para un total de 20 árboles por cada 100 metros lineales de cerca.

Cortinas rompe viento: se consideran como asociaciones de árboles usados para la protección de cultivos y animales, incluso donde la agricultura es intensiva. Además de cumplir una función protectora, estos árboles usados como cortinas rompe vientos producen madera, abono verde, leña y frutos, entre otros.

Estas barreras están constituidas por una o varias hileras de árboles, que tienen la función de reducir la velocidad del viento en parcelas con fines agropecuarios, reducir el movimiento del suelo, disminuir la acción mecánica del viento sobre el cultivo, protección de la fauna silvestre, regulación de las condiciones del microclima y funciones paisajísticas (Farfán, 2013).

Distancias entre plantas: los espaciamientos mínimos y máximos de los árboles dentro de la barrera serán:

Arbustos. Si se establecen especies como *Crotalaria*, *Cajanus*, *Tephrosia*, etc., la distancia entre plantas está entre 1,0 y 2,5 m.

Árboles y coníferas de copa pequeña o media. En barreras sencillas de 2,0 a 6,0 m, en barreras dobles o múltiples de 1,0 a 4,5 m.

Árboles de copa ancha. En barreras sencillas de 3,0 a 4,5 m, en barreras dobles o múltiples de 3,0 a 6,0 m.

En barreras dobles. Cuando se establecen barreras dobles, la separación entre hileras puede ser entre 0,5 a 1,0 m para arbustos y entre 2,0 a 6,0 m para árboles con alta densidad.

1.2.6.4 Sistemas agrosilvopastoriles (SASP). Estos sistemas presentan una interacción biológica entre árboles involucrados en una misma área perteneciente a cultivos, componente arbóreo, pastos y animales para cría, cuyo propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando en principio la sostenibilidad, ya que al haber un aumento en la presión sobre el suelo producto de la explosión demográfica que se registra en algunos lugares, puede conducir a la pérdida del mismo, de esta manera se ofrece como alternativa para detener ese proceso, la explotación de la tierra a través de SASP (López, 2008). Estas prácticas tienen un alto potencial para mantener y mejorar la productividad en áreas que presenten problemas de baja fertilidad y exceso o escasez de humedad de los suelos, garantizando a largo plazo una productividad aceptable y aplicando prácticas de manejo compatibles con las habituales de la población local (Musálem, 2002). Es de gran importancia resaltar que los SASP también pueden desempeñar funciones en la diversidad biológica dentro de ecosistemas deteriorados y de esta manera, suministrar hábitats y recursos para las especies de animales y plantas; manteniendo la conexión del paisaje y facilitando el movimiento de animales, semillas y polen; haciendo las condiciones de vida del paisaje menos duras para los habitantes del bosque; reduciendo la frecuencia e intensidad de los incendios; disminuyendo los efectos colindantes sobre los fragmentos restantes y aportando zonas de amortiguación a las zonas protegidas (Fassbender, 1993).

Al contrario de los monocultivos, los SASP proporcionan una de las mejores alternativas para aumentar los rendimientos en terrenos erosionados o afectados de alguna manera, busca diversificar la producción de tierras, mantener sistemas ecológicos y sostener otras industrias rurales, basados en una planificación estratégica a largo plazo, que combinen tecnologías locales y científicas (Cornelio, 2017).

Es importante que cualquiera sea el sistema propuesto, cumpla ciertos objetivos y apoye algunos principios para la agricultura sostenible y resiliente: minimizar efectos adversos en la calidad del agua, la biodiversidad y la salud humana como consecuencia de prácticas que busquen fertilizar el suelo; mejorar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados a nivel de paisaje y fincas; prevenir la erosión de suelo, optimizar la protección, el uso y el reciclaje de recursos renovables al tiempo que minimiza el uso de recursos no renovables e insumos externos, promover la viabilidad económica al reducir la dependencia tecnológica y de insumos, reduciendo los costos de producción y la creación

de mercados locales de solidaridad, que contribuya a la cohesión cultural e intercultural (Altieri, 2016).

1.3 MARCO HISTÓRICO

Una investigación realizada en Brasil denominada “Sequestro de carbono e reserva de nutrientes em diferentes sistemas de uso da terra” afirmó que la estabilidad de los ecosistemas a lo largo del tiempo, tiene como base tres componentes fundamentales: el flujo de energía, el ciclo de nutrientes y la regulación de sus poblaciones de plantas y animales. Así, se puede asegurar que, dentro de cada sistema, los nutrientes se mueven en ciclos de componentes bióticos a abióticos (Odum, 1969). Por esta razón, integrar árboles con sistemas agropecuarios, pastos o ganado, genera efectos positivos en la producción y restauración del desequilibrio causado por la exportación de productos agrícolas y animales (Gliessman, 2005).

Los agricultores de la región semiárida de Brasil han convertido los SAF, estudiados como una alternativa a la gestión agrícola tradicional (Araújo-Filho *et al.*, 2001; Drumond *et al.*, 2004; Marin *et al.*, 2006). Estudios de Aguiar *et al.* (2010); Iwata *et al.* (2012); Nogueira *et al.*, Oliveira, Teixeira & Araújo-Filho (2008) y Silva *et al.* (2011), demostraron los efectos beneficiosos de los SAF en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, así como en la preservación de la diversidad de plantas (Almeida, Oliveira y Bezerra, 2009; Campanha *et al.*, 2011). Algunos de los estudios anteriores se desarrollaron en áreas experimentales del Centro Nacional de Investigación de Cabras y Borregos (CNPCCO), en la parte norte del estado de Ceará, Brasil, donde los SAF se están estudiando como una alternativa a la gestión tradicional de la agricultura familiar.

La principal característica de las especies arbóreas usadas en sistemas integrados, es contar con la función de mejorar el suelo por capacidades fisiológicas como la de integrar nitrógeno, y cumplir con el efecto de abono generado a través de sus hojas o sus frutos. Particularmente en el estado de Trujillo, en Venezuela, se usan leñosas perennes por ejemplo del género *Albizia*, que constituyen uno de los grupos de árboles leguminosos de mayor naturaleza multipropósito, la especie *Albizia lebbeck* por ejemplo, se ha destacado en los últimos años como una especie de gran interés en los SASP para ser utilizada como fuente proteica suplementaria en la alimentación de rumiantes (Medina *et al.*, 2010).

Entre ejemplos de estudios que sobresalen en este contexto, se encuentran la “evaluación de propiedades morfológicas de los suelos asociados a los ecosistemas de Páramos en Nariño, Sur de Colombia y su vínculo con los servicios ecosistémicos (SE) a través de una función de pedotransferencia (FPT)”; el cual mediante un enfoque instructivo va dirigido a la regulación ambiental de la zona de estudio (Zúñiga *et al.*, 2018). De esta manera se describió morfológicamente 42 horizontes de suelo de origen volcánico, en un rango de nueve ecosistemas comprendidos entre páramos hasta cultivos, en la zona Andina de Nariño, Sur de Colombia; en general, los suelos más profundos se encontraron en sistemas de páramos y bosque nativo, presentando una coloración más oscura, evidencia

de mayor acumulación de carbono orgánico en el suelo (Zúñiga *et al.*, 2018). La densidad aparente del suelo varío entre 0.13 a 1.35 Mg m⁻³ y el carbono orgánico del suelo entre 0.60 a 23.77%; esta propiedad explicó la densidad aparente del suelo ($P < 0.0001$; $r^2 = 0.83$) y se describió a partir de una ecuación inversa de primer orden, en el cual el carbono orgánico del suelo es un indicador útil para estimar aspectos cuantitativos del sistema poroso del suelo, que permiten inferir servicios ecosistémicos de regulación de agua, aire y nutrientes de los Páramos (Zúñiga *et al.*, 2018). Finalmente, se propusieron “cartillas informativas de suelo” como herramientas que permitirán informar y crear conciencia en los pobladores de la zona de influencia respecto de la importancia del suelo como capital natural y evitar que la sentencia de F.D. Rossevelt se convierta en una incómoda realidad (Zúñiga *et al.*, 2018).

Los sitios de muestreo se seleccionaron de acuerdo con la vegetación predominante y las variaciones altitudinales de los ecosistemas; de esta manera en cada uno de los lugares de estudio se realizaron calicatas de aproximadamente 1 m³ de volumen y se separaron in situ los horizontes de suelo de acuerdo con los cambios en su coloración y su clase textural, lo cual permitió determinar la profundidad efectiva del suelo y el espesor de cada horizonte detectado (Zúñiga *et al.*, 2018). Utilizando la metodología propuesta por (Schoeneberger, Wysocki, & Benham, 2002), se determinaron las siguientes propiedades morfológicas del suelo: 1) Color (Munsell soil color book); 2) clase textural (al tacto); 3) estructura (forma, tamaño y grado); 4) consistencia en húmedo y en saturado; 5) tamaño y cantidad de raíces; 6) forma y nitidez de los límites de los horizontes y aspectos específicos observables en los horizontes (p. ej. Rasgos redoximórficos). Mediante el uso de FPT junto con las propiedades morfológicas evaluadas en el anterior estudio, se pudo inferir que cada horizonte de suelo está proporcionando uno o más servicios ecosistémicos en función de la propiedad de suelo más dominante (Zúñiga *et al.*, 2018).

El deterioro del suelo es uno de los principales problemas que afecta a la humanidad, impactando negativamente sobre las funciones ambientales y productivas de los territorios, ocasionando baja productividad en sistemas agrícolas, forestales y pecuarios (Aguilar-Duarte *et al.*, 2015). Un estudio realizado en México que tuvo como objetivo la aplicación de FPT para estimación de índices de calidad (depuración, descomposición y fertilización) en los suelos agrícolas de la Península de Yucatán en México, mediante el cual se realizó el muestreo y análisis de suelos en zonas agrícolas, originándose una base de datos de variables edáficas, a las que se les aplicó ecuaciones de regresión múltiple, ya generadas y validadas en diferentes suelos prístinos de Yucatán y que se tomaron como referencia de comparación. Se observó que los suelos tipo K'an kab, presentan evidencias de deterioro en cuanto a la función depurativa. Los suelos tipo Ak'al che's, presentaron baja capacidad de fertilización. De manera general, de los tres indicadores de calidad del suelo, la capacidad de descomposición de C es el más favorable en todos los suelos, seguido de la capacidad de depuración y finalmente, la capacidad de fertilización. Es así como las FPT permitieron estimar índices de calidad agrícola y ambiental de suelos e identificar el estado actual (Aguilar *et al.*, 2015).

Es claro que, en la región Andina, la escasez de agua y el deterioro de la tierra abren paso a la pobreza y debilitan la seguridad alimentaria (Cook *et al.*, 2011; Kemp *et al.*, 2011). Sin

embargo, prácticas indígenas, estrategias y sistemas de producción que han sido adoptadas de sus ancestros, se han desarrollado en varios paisajes de la región, demostrando sostenibilidad, permaneciendo así por largos periodos de tiempo, teniendo en cuenta que estas técnicas de adaptación pueden ser diferentes de acuerdo a las especies y al diseño que mejor se adapte al entorno y condiciones ambientales del sitio, lo cual apunta a sostener la disponibilidad de agua y por lo tanto la productividad de la tierra (Krois & Schulte, 2013a). Un claro ejemplo en la cual se realizaba el uso de estas técnicas se encuentra en los Andes, en el cual se estima que antiguas terrazas cubrían un millón de hectáreas (ha) y de las cuales 500.000 a 600.000 ha se encontraban en Perú, alcanzando un gran desarrollo entre los Incas, teniendo como principal estrategia aplicada a las tierras áridas de la región, la gestión de riesgos para poder garantizar una buena producción de la tierra, mediante gestión del agua, intervención y control de la acumulación y erosión del suelo (Browman, 1987). De esta manera, el uso de FPT en la actualidad aplicado en un enfoque de modelo hidrológico permitiría estudiar y medir el impacto de técnicas de conservación de suelos y aguas (Krois & Schulte, 2013).

De acuerdo con lo anterior, existen investigaciones que apuntan a evaluar el impacto de las técnicas de conservación del suelo y el agua mediante el uso de FPT basadas en modelos hidrológicos, en las cuales, algunas especies forestales características de la zona de investigación juegan un papel importante en los resultados de dichos estudios. Un claro ejemplo corresponde al estudio realizado en la cuenca del río Ronquillo en el norte de los Andes del Perú, el cual tuvo como objetivo, evaluar varios escenarios de implementación para conservación del suelo y agua bajo las categorías "movimiento de tierras", "forestación" y "control de la construcción de presas (Krois & Schulte, 2013). En este contexto, para los escenarios que llevaron a cabo para el de movimiento de tierras se desarrollan sobre la base de un modelo de apoyo en el cual, se utiliza un procedimiento de evaluación multicriterio que tiene en cuenta el sitio ambiental; criterios de evaluación tales como meteorología, hidrología, topografía, uso del suelo y propiedades del suelo en el cual, cada criterio de evaluación del sitio ambiental se tiene en cuenta usando una matriz de comparación por pares, método conocido como el Proceso de Jerarquía Analítica (Krois & Schulte, 2013).

Los escenarios de forestación se desarrollan para la plantación de especies de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*; esta etapa de desarrollo de escenario se basa en dos hipótesis subyacentes: La primera corresponde a las áreas forestales existentes, las cuales construirán el núcleo de la forestación futura. La segunda hipótesis se basa en la idea común de que, para la conservación del suelo, agua y el control de la erosión, de las áreas degradadas serán sujeto a forestación (Krois & Schulte, 2013). Para la implementación de represas de control, se desarrollaron dos escenarios; el primero, las represas de control se implementan en todos los canales de flujo, mientras que en el segundo, las represas de control se implementan solo en canales de flujo intermitente (Krois & Schulte, 2013). Una de las fuentes de incertidumbre en este estudio, es la representación espacial del suelo y la cubierta vegetal ya que, en paisajes heterogéneos, el valor del muestreo del suelo es limitado y los valores obtenidos en la muestra pueden no ser representativos para un área más grande, ni para el valor de elemento efectivo necesario como un parámetro de entrada para el modelo hidrológico; además, los parámetros de humedad en el suelo presentes en el tiempo y el espacio son difíciles de

medir. En consecuencia, las FPT, que proporcionan estimaciones de los parámetros basadas en variables de textura del suelo, se aplican ampliamente (Beven, 2012). Estas relaciones empíricas entre diferentes parámetros que componen el suelo mediante FPT permiten mejorar la interpolación de información de terreno, es decir, extenderla desde un nivel de pedon hasta unidades cartográficas más amplias (Casanova *et al.*, 2003).

En Colombia se encuentra un importante estudio llevado a cabo en el Valle del Cauca sobre la conductividad hidráulica del suelo con el nuevo indicador del United States Department of Agriculture (USDA), el estudio tuvo presencia en cuatro suelos (Typic Pellustert, Cumulic Haplustoll, Petrocalcic Natrustalf y Fluventic Haplustoll) del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), utilizando una malla flexible anidada de 68 puntos de muestreo en dos profundidades (superficial y zona de menor penetrabilidad). El índice "Rosetta" de conductividad hidráulica saturada se calculó mediante una función de pedotransferencia que conjuga densidad aparente y textura, y trae la opción de trabajar con la curva característica del suelo. Para validarlo se estudió el grado de correlación lineal, con los siguientes testigos: infiltración básica por anillos infiltrómetros, conductividad hidráulica saturada deducida a partir de la parte final de la curva de lámina acumulada obtenida de la prueba de infiltración, la calculada a partir del flujo saturado en los pozuelos y la determinada por el método del permeámetro de cabeza constante. Con el fin de explicar la variabilidad del índice, se estudió la relación multivariada con otras propiedades físicas. Este índice de conductividad hidráulica no tuvo aplicación en estos suelos dadas sus bajas correlaciones con los testigos. La variabilidad dependió en gran medida de la estructura, la textura, la consistencia y el drenaje (Lozano *et al.*, 2005).

Los Andisoles son suelos que se caracterizan por presentar propiedades hidrofísicas, químicas y biológicas favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo cual hace que sean considerados de especial interés tanto en el componente ambiental como en el agrícola (Gómez, 2011). En la universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Edgar Hincapié Gómez realizó un trabajo de investigación en el año 2011, llamado: estudio y modelación del movimiento del agua en suelos volcánicos de ladera, este consistió en la caracterización física e hidrológica de dos Andisoles en condiciones de ladera y las propiedades del suelo como la distribución de partículas por tamaño, densidad aparente y real, porosidad, conductividad hidráulica saturada, retención de humedad a diferentes tensiones y contenido de materia orgánica fueron determinados para cada uno de los horizontes diagnóstico de 6 perfiles de suelo. Los resultados encontrados de las propiedades físicas e hidráulicas concuerdan con los valores promedios reportados para Andisoles y permitieron confirmar que dichos suelos tienen propiedades únicas que los hacen diferentes a los demás suelos (Gómez, 2011). En una segunda fase, se desarrolló un modelo matemático basado en la ecuación de Richards, con el fin de estimar los flujos del agua en el perfil del suelo en condiciones de suelos de ladera; este modelo propuesto en el estudio permitió realizar una descripción cuantitativa de las propiedades hidráulicas y de los flujos de agua a través del perfil del suelo, en dos Andisoles de la zona cafetera central de Colombia (Gómez, 2011).

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se van a presentar las cinco etapas de la metodología seguida en el desarrollo de este proyecto: (1) reconocimiento del área de estudio, (2) unidades de muestreo, (3) toma de muestras y transporte, (4) análisis de laboratorio y (5) recopilación y procesamiento de datos.

Se busca además, definir características, oferta y demanda de micro y macronutrientes del suelo, las necesidades de la comunidad basada en comunicación y representada en cartografía social; que permita resolver: Basado en lo anterior, ¿cuál es el sistema más apropiado para cada predio? Sistema que permita además de contribuir a las familias y la comunidad, lo haga con los efectos negativos de prácticas agrícolas que actualmente afectan el resguardo. En el punto (6) se propone un sistema que genere beneficios al suelo, a la producción de los cultivos agrícolas y al ambiente, además teniendo como base el resultado de los puntos (4) y (5), las condiciones hídricas del suelo, los saberes tradicionales y el conocimiento técnico basados en una amplia comunicación.

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1 Reconocimiento del área de estudio. Se realizaron salidas de campo para el reconocimiento de la zona, con el fin de establecer características de manera general que permitiera identificar los sistemas productivos utilizados por la comunidad, con toma de fotografías para apoyar la información descriptiva del uso actual del suelo/terreno, sus problemas y necesidades; además de permitir recopilar información en la zona como complemento de la información teórica (Aguilar *et al.*, 2016) y planificar el trabajo de campo.

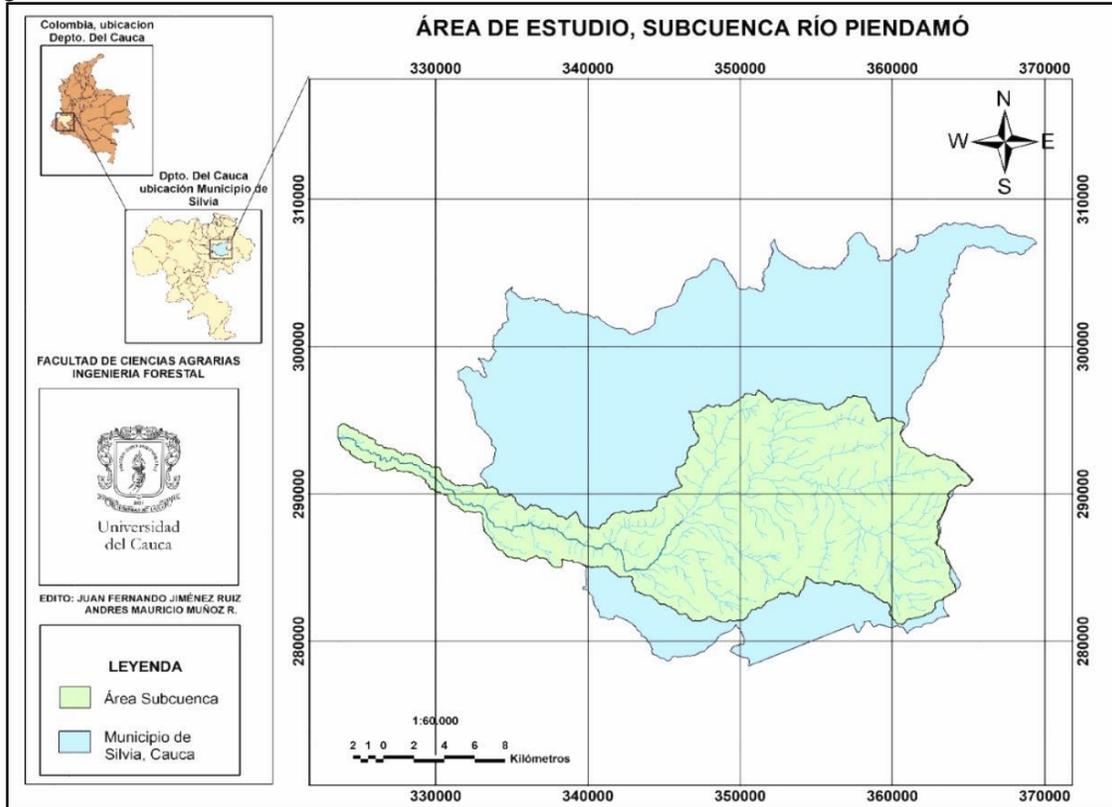
2.1.2 Selección de predios. Para la selección de predios dentro del área de estudio, se tuvieron en cuenta, criterios relevantes que permitieron identificar parcelas óptimas para establecer en futuro un sistema agroforestal, silvopastoril o agrosilvopastoril, en búsqueda de optimizar los sistemas actuales que desarrollan los propietarios.

Los criterios utilizados fueron: (1) altitud, (2) uso actual del suelo/terreno, (3) sistemas de producción, (4) aplicación o no de agroquímicos, (5) implementación de SAF mediante la identificación de las especies arbóreas más representativas de acuerdo al uso y necesidad de los propietarios de los predios y (6) acceso a la zona (Toledo & Barrera-Bassols, 2008).

En este proceso de selección de los predios convenientes y significativos para la evaluación, se contó con el apoyo de la Ala Kusreik Ya - Misak Universidad, que hizo parte importante del proyecto por medio de uno de sus directivos y un estudiante, que estuvieron inmersos en el desarrollo de algunos objetivos específicos, en la

socialización del proyecto con los propietarios de los predios seleccionados y en el desarrollo del trabajo de campo.

Figura 2. Área de estudio, Subcuenca Río Piendamó



Fuente. Adaptado de IGAC, 2017.

En la socialización del proyecto se explicó a los propietarios, que, a partir de muestras, se ejecutó un análisis fisicoquímico de los suelos con fines de fertilidad. logrando evaluar las condiciones químicas que ofrecen las parcelas en el desarrollo de los procesos productivos. Adicional, a partir de estos datos se propone el asocio con especies forestales; entre otros, para mejorar el rendimiento y calidad de sus cultivos (Gobernación del Cauca, 2008).

2.2 UNIDADES DE MUESTREO

Para la selección de los sitios de muestreo se utilizó la metodología descrita por Instituto Geográfico Agustín Codazzi (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2006, 2009), de esta manera se tuvieron en cuenta aquellas áreas con características similares, con base en los siguientes criterios: grado de pendiente, grado de erosión, tipo de vegetación (edad de la explotación y cultivos anteriores), manejo previo (fertilización y preparación del suelo), presencia de rocas y cuerpos de agua.

Si el predio es uniforme en los aspectos anteriores se considera como una unidad para el muestreo en un área no mayor de 10 hectáreas, de lo contrario puede subdividirse en áreas de según las diferentes características encontradas, para cada una de las cuales se efectúa el muestreo. La herramienta más apropiada para el muestreo y del cual se hizo uso fue el barreno, pues con él, puede mantenerse una cantidad y profundidad de muestra por punto (IGAC, 2013).

Además de las metodologías utilizadas, hubo un importante factor de orden público para la selección de los predios, el cual tuvo suceso durante el segundo semestre del año 2017, que incluyó las comunidades indígenas situadas en El Pital, El Rosal, el cruce al Municipio de Silvia, La Agustina, Puente del Río Mondomo, La Agustina y El Descanso, el cual creó un ambiente tenso e inseguro en el perímetro. La negociación de las comunidades indígenas (incluida la comunidad Misak) con el gobierno, llevaron al bloqueo de vías hasta tanto el presidente de la república no implementase los acuerdos establecidos en mesas de diálogo anteriores, razón por la cual el acceso al área de estudio, llevó a que la comunidad concediera apenas el permiso de parcelas con características puntuales.

De acuerdo con lo anterior, se seleccionaron predios correspondientes a familias de la comunidad indígena Misak que tuviese uno de sus integrantes en relación con la Universidad del Resguardo y que además estuviese dedicado a la producción agrícola. Para esto, en cada predio se usó un muestreo sistematizado (IGAC, 2006, 2009, 2013), en el que se ubicaron cuatro puntos por sitio de muestreo al azar, en dos zonas de cultivo de las fincas seleccionadas, con el fin de generar información representativa del predio acerca de la fertilidad general del terreno, cantidades de micro y macronutrientes.

Una vez seleccionados los predios, se realizó la georreferenciación de las unidades de muestreo mediante un equipo GPS Garmin eTrex 30x, que cuenta con un margen de error de 3 metros; realizando el recorrido de los linderos pertenecientes a cultivos agrícolas del predio, actividad desarrollada en conjunto con los propietarios y guías asignados por la Universidad Misak. Así, fue posible conocer el área de estos cultivos, pertenecientes a las parcelas seleccionadas.

2.3 TOMA DE MUESTRAS Y TRANSPORTE

Se realizaron pruebas de campo y muestreo para análisis de laboratorio, en donde se ubicaron cuatro puntos al azar con el fin de reunir una muestra representativa por cada parcela. Con ayuda del barreno, se realizaron los muestreos, como un tipo de excavación utilizada en estudios morfológicos y pedológicos de suelo, de medidas correspondientes a la metodología establecida (Porta, Lopez y Roquero, 1999).

Se extrajeron cuatro muestras (A, B, C, D) de 0 - 20 cm que generalmente corresponde a la profundidad de acción de las raíces. Posteriormente se obtuvo una muestra representativa de cada parcela de 1 kg, que se transportó en papel encerado. Cada

muestra se identificó con las iniciales del propietario y el número de muestra correspondiente de forma concisa y exacta para hacer más eficiente el trabajo de oficina, teniendo en cuenta que el rótulo no estuviese en contacto directo con el suelo a analizar (IGAC, 2013).

Se usó como guía el protocolo que establece los requisitos a seguir para registrar, transportar y conservar muestras, que serán sometidas a análisis físico para determinar su clase textural y análisis químicos para determinar: pH, materia orgánica, contenido de macro y micronutrientes. De esta guía se implementaron los protocolos seis, siete y ocho; correspondientes a envasado e identificación de la muestra, registro y transporte (SAG, 2010).

2.4 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Las muestras son entregadas al laboratorio de suelos de la Gobernación del Cauca, que realizó un análisis completo de estas por parcela, que Incluyeron determinaciones de: textura, pH, materia orgánica, porcentaje por Bouyoucos, fósforo disponible, potasio intercambiable, cationes intercambiables (CIC), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), azufre (S), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn), además de una serie de recomendaciones, en las cuales se presenta una serie de advertencias correspondientes a ausencias en bases como carbonatos de calcio o abundancia en (Fe) para un suelo normal (ver anexo A).

2.5 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS PARA LA SELECCIÓN DE ESPECIES DEL SISTEMA

Para el establecimiento de un SAF o SASP, fue primordial tener en cuenta factores cualitativos y cuantitativos que se deben evaluar.

2.5.1 Evaluación de aspectos cualitativos. Es importante dejar atrás el concepto de ciencia colonial, que abarca el que “las comunidades solo participan como informantes” y que, en cambio participen en la propuesta para el nuevo sistema en colaboración mutua (Echeverri & Román, 2008). Para esto, se desarrolló un intercambio de saberes, en donde las partes contribuyeron con su criterio al respecto.

2.5.1.1 Aplicación de encuesta y entrevista. De acuerdo a lo anterior, los propietarios de las fincas en la comunidad, brindaron información según el saber local, y con la obtención del análisis de resultados del presente trabajo de investigación, se realizaron observaciones que aportaron al mismo propósito desde el punto de vista de las etnociencias, que incluyó junto con en el conocimiento científico (Echeverri & Román, 2008). Una vez seleccionadas las parcelas correspondientes a familias de la comunidad indígena Misak, se acudió a la obtención de información por medio de entrevistas

personales a los propietarios de los predios, acompañadas de una encuesta (ver anexo B), que incluye preguntas abiertas y cerradas sobre las especies arbóreas a las que se les da mayor uso (forrajes, leña, construcción, alimento, medicamentos, instrumentos, rituales y artesanías), además del conocimiento tradicional relacionado con la sustitución de los aspectos industrializados a los que les es necesario acceder (fertilizantes, plaguicidas y medicinas). La encuesta se diligenció por los autores del presente trabajo de investigación, donde se plasmó la idea de los entrevistados, generalidades y datos de interés en concordancia con el cumplimiento de los objetivos a trabajar, seguido de recorridos en campo que permitieron obtener información, fotografías y traslapar lo obtenido en las entrevistas (Posey, 1987).

Obtenidas las especies de interés para la comunidad, se diligenció la información obtenida en campo, laboratorio y oficina, con el fin de levantar los géneros en que se distribuyen y las familias a las que corresponden las especies aptas seleccionadas para integrar la propuesta del nuevo sistema (Aguilar *et al.*, 2016).

2.5.2 Evaluación de aspectos cuantitativos. Como factor cuantitativo, se evaluaron las condiciones del suelo para conocer si las especies seleccionadas son apropiadas en el establecimiento del sistema de acuerdo con las determinaciones del suelo presentes en los análisis de laboratorio (textura, materia orgánica, pH, micro y macronutrientes). Es importante tener en cuenta aspectos hídricos basados en las especificaciones de suelo y agua; de esta manera determinar la disponibilidad de agua en el suelo para las plantas, para establecer planificación de riego de ser necesario.

2.5.2.1 Determinación de las condiciones del suelo. Para la interpretación de resultados se tuvieron en cuenta el análisis de propiedades físico-químicas que entrega la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de propiedades físico-químicas del suelo

Propiedades Físico-Químicas	De acuerdo con su:	Análisis
Macro y micronutrientes	Contenido	Excesivo, abundante, suficiente, moderado, pobre, ínfimo.
pH	Clasificación	Alcalino, neutro, ligeramente ácido, moderadamente ácido, fuertemente ácido, muy alcalino
Materia Orgánica (MO)	Contenido	Alto, medio y bajo
Tipo de textura	Clasificación	Franco, limoso, arenoso y las posibles combinaciones
Porcentaje por Bouyoucos	Porcentaje	Porcentaje

Fuente. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural; 2017.

De manera complementaria, el análisis ofreció una serie de recomendaciones generales para la estabilidad nutricional del suelo y permitió generar un concepto de aptitud y adaptabilidad basado en las condiciones edáficas del predio que induzca a crear sinergia entre el sistema agrícola y el componente arbóreo, obteniendo los resultados esperados.

2.5.2.2 Estimación de propiedades hídricas del suelo. Se generó la necesidad de conocer las condiciones hídricas del suelo para el sistema propuesto en el presente trabajo, ya que autores como (Retamales y Hancock, 2012), señalando que, si se presenta un estrés hídrico generado por un déficit o exceso de agua disponible para las plantas, puede provocar cambios fisiológicos que desencadenan la disminución en el rendimiento y calidad del cultivo. De esta manera, se propuso determinar la cantidad de agua disponible para las plantas (ADP), mediante la estimación de la curva de retención de agua (CRA), que permite describir la capacidad del suelo para almacenar agua a diferentes tensiones y así, entregando información basada en propiedades hídricas de este, que se encuentra entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMT), correspondiente a 60 y 15430 hectopascales (hPa) para Andisoles (Hartge & Horn, 2009; López *et al.*, 2013).

Aplicación del software Rosseta. Existen software que permiten realizar estas estimaciones, entre los que se encuentra el RETC, que en su estructura está incorporado el programa Rosetta, que permite estimar los parámetros de la CRA a través de un enfoque jerarquizado de FPT como información de entrada (Schaap *et al.*, 2001). El programa presenta 5 niveles (modelos) de entrada de información, que se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Niveles de información de las FPT

Nivel de información (Modelo)	Información de entrada
M1	Clase textural (USDA)
M2	% Arena, limo y arcilla (ALA)
M3	ALA + densidad aparente (DA) (ALADA)
M4	ALADA+ contenido de agua a 33 kPa (CA33)
M5	ALADA + CA33 + Contenido de agua a 1500kPa (CA1500)

Fuente: Software Rosseta Lite v.1.1., 2018.

De acuerdo a lo anterior, el modelo que se utilizó para realizar la estimación de los parámetros de la CRA para cada parcela, fue el nivel de FPT M2, ya que este sugiere el ingreso de datos correspondientes a porcentajes texturales de: arena, limo y arcilla (presentes en los resultados de laboratorio de suelos de cada predio). Los parámetros estimados que describen la curva de retención de agua (θ_s , θ_r , α , n y m), fueron ajustados mediante el programa RECT (Retention Curve) v.6.02, a través del modelo propuesto por van Genuchten (1980):

$$\theta(\psi_m) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \psi_m)^n]^m}; \quad m = 1 - \frac{1}{n} \quad ; n > 1 \quad (\text{Ec. 1})$$

En donde θ es el contenido volumétrico de agua; Ψ_m es la tensión de agua (hPa); θ_s y θ_r son los contenidos volumétricos de agua en saturación (equivalente a 0 hPa) y residual (equivalente a > 15.000 hPa) respectivamente; α , n y m son parámetros empíricos adimensionales que describen la forma de la curva (Van Genuchten, 1980).

Determinación del agua útil (disponible) para el sistema: la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez representa la fracción de agua útil (disponible) para el cultivo (Israelsen & West, 1922). El agua disponible para las plantas para cada parcela (ADP, Vol. %) se calculó mediante la ecuación 2.

$$\text{ADP (\% Vol)} = \text{CC} - \text{PMP} \quad (\text{Ec. 2})$$

2.6 PROPUESTA DEL SISTEMA AGROFORESTAL

Basados en las necesidades de los propietarios de las parcelas seleccionadas y en la oferta de recursos naturales del área de estudio, se seleccionaron las especies nativas pertinentes para proponer un sistema diverso que genere beneficios al suelo, a la producción de los cultivos agrícolas, al ambiente y por tanto a los propietarios de los predios y la comunidad; teniendo como referencia el análisis de resultado de las muestras de suelo del laboratorio de la Gobernación del Cauca, condiciones hídricas del suelo, saberes tradicionales y conocimiento técnico.

2.6.1 Sistemas a Implementar en la propuesta. Se propone usar sistemas incluyentes que integren: sistemas arbóreos, cultivos agrícolas, y (según sea necesario) sistemas de pastos y barbecho.

2.6.1.1 Sistemas agrosilvopastoriles (SASP). Se enfocó para la propuesta de aquellos predios compuestos a su vez por subsistemas y las interacciones que entre ellos ocurren, para así mejorar la producción mediante el uso integrado y sostenible de los recursos de la unidad productiva, incluyendo el componente agrícola, pastoril, forestal y familiar. (CATIE, 1993).

2.6.1.2 Sistema Agroforestal (SAF). Las propuestas que incluyeron este sistema, se diseñaron dentro del contexto de buenas prácticas agrícolas en las parcelas, en donde la participación y voluntad de cada familia fue clave. Así, este sistema reemplaza los monocultivos o policultivos agrícolas; o se adhiere a estos creando nuevos sistemas que, entre otras ventajas a mediano y largo plazo, trabaje en conjunto con los cultivos establecidos, mejore los ingresos de producción de madera y productos no maderables como: forrajes, compost, medicinas tradicionales y miel, entre otros (Hernández y Gutiérrez, 1999).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Reconocimiento del área de estudio. Se identificaron pocas asociaciones de sistemas de producción agropecuarios con el componente arbóreo. Las principales especies incluídas en los predios (mas no necesariamente de los sistemas productivos) fueron: Aliso (*Alnus jorullensis*); (Pinstu en lengua Misak), Nacedero de clima frio (*Delostoma integrifolium*); (Pilele), Motilón (*Hieronyma colombiana*); (Panstθ), Lechero (*Sapium spp*); (Latsθ), Arrayan (*Myrtus italica*), Cedro de tierra fría (*Cedrela montana*), Cerote de paramo (*Hesperomeles obtusifolia*); (ketra Peñil), Encenillo (*Weinmannia spp*); (Kelek), Mano de oso (*Oreopanax perursi*); (Muñeca tsik) y especies introducidas: Pino patula (*Pinus patula*) y Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) (Ucalito) (Municipio de Silvia, 2000).

Dentro de los sistemas productivos y pecuarios reconocidos en la zona (ver figura 3), se identificaron cultivos de: cebolla (*Allium cepa*), habas (*Vicia faba*), col (*Brassica sp*), ajo (*Allium sativum*), trigo (*Triticum sativum*), papa (*Solanum tuberosum*), quinua (*chenopodium quinoa*), maíz (*Zea Mays*), ullucos (*Ullucos tuberosum*), fresa (*Fragaria*), pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), pasto Falsa poa (*Holcus lanatus*) y establecimiento de cabezas de ganado. (Municipio de Silvia, 2000).

Figura 3. Sistemas agrícolas de la comunidad



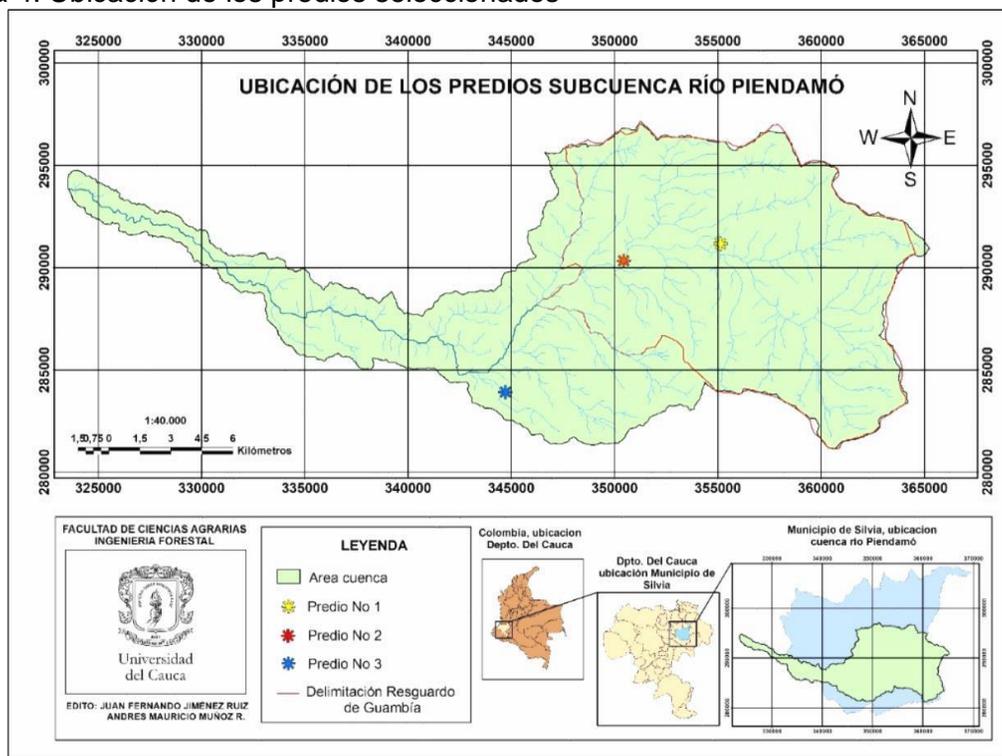
3.1.2 Socialización y selección de predios. El factor de orden público limito de manera significativa la selección de predios. El cual, tuvo suceso durante el segundo semestre del año 2017, e incluyó las comunidades indígenas situadas en El Pital, El Rosal, el cruce al

municipio de Silvia, La Agustina, Puente del Río Mondomo, La Agustina y El Descanso, esto creó un ambiente tenso e inseguro en el perímetro. La negociación de las comunidades indígenas (incluido el Resguardo Indígena Misak) con el gobierno, llevó al bloqueo de vías hasta tanto el presidente de la república no implementa los acuerdos establecidos en mesas de diálogo anteriores (Periódico Nuevo Siglo, 2017), razón por la cual el acceso a el área de estudio, buscando preservar la integridad de quienes participaron en esta investigación, llevó a que la comunidad concediera apenas el permiso de parcelas correspondientes a familias que tuvieran relación directa con la Universidad Misak, que brindo el acompañamiento por medio de un directivo y estudiante; que guiaron el camino hacia los predios con características establecidas en la metodología del presente trabajo de investigación. De esta manera, se obtuvieron tres predios distribuidos respectivamente en las veredas: Cumbre nueva, Trébol y Las Delicias (ver cuadro 3 y figura 4), que cuentan con parcelas que incorporan sistemas de producción agrícolas.

Cuadro 3. Información de las parcelas seleccionadas

Vereda	Parcela No	Área zona cultivos en m ²	Pendiente %	Coordenadas geográficas		Altitud (m)
				X	Y	
Cumbre Nueva	1	1082,6	48	76°18'11.26"O	2°38'0.71"N	3002,1
Delicias	2	2798	0	76°20'43.86"O	2°37'33.88"N	2647,8
Trébol	3	2450,2	9	76°23'48.18"O	2°34'4.45"N	2465

Figura 4. Ubicación de los predios seleccionados



Fuente: Adaptado de IGAC, 2017.

3.2 UNIDADES DE MUESTREO

Una vez escogidas las unidades de muestreo según la metodología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2006, 2009, 2013) usando criterios como: grado de pendiente, grado de erosión, tipo de vegetación (edad de la explotación y cultivos anteriores), manejo previo (fertilización y preparación del suelo), presencia de rocas y cuerpos de agua; se encontró que ningún predio es necesario subdividirlo porque las áreas correspondientes son pequeñas. Se procedió a realizar la georreferenciación de las unidades escogidas, donde se encontró su ubicación precisa y áreas correspondientes (ver cuadro 3).

3.3 ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO

Durante 23 días calendario, el laboratorio de análisis de suelos de la Gobernación del Cauca realizó las pruebas a cada una de las muestras (ver anexo A).

Cuadro 4. Resumen resultados de laboratorio de suelos

Predio No	Vereda	pH	M.O (%)														
			0 – 1000m					1000 – 2000m				2000 – 3000m					
1	Cumbre Nueva	5,43	12,3														
	MACRO Y MICRONUTRIENTES																
	P	Sat Al	Al	Ca	Mg	K	Na	CiC e	B	Cu	Fe	M n	Zn	Co	M o		
	ppm	%	(meq/100g)					(ppm o mg/kg)									
	37,3	1,65	0,1	2,7	1,75	1,17	0,34	5,96	0,35	0,2	1,6	14,1	2,6	T	T		
	CLASIFICACIÓN TEXTURAL																
	Textura					Evidencia de cenizas volcánicas					Textura por Bouyoucos (%)						
	Franco					Si					Arena		Arcilla		Limo		
											51,44		17,64		30,92		
	RECOMENDACIONES GENERALES																
No hay presencia de carbonatos de calcio CaCO ₃																	
Predio No	Vereda	pH	M.O (%)														
			0 – 1000m					1000 – 2000m				2000 – 3000m					
2	Delicias	5,83	4,03														
	MACRO Y MICRONUTRIENTES																
	P	Sat Al	Al	Ca	Mg	K	Na	CiC e	B	Cu	Fe	M n	Zn	Co	M o		
	ppm	%	(meq/100g)					(ppm o mg/kg)									
	13,1	0	0	5,44	2,31	0,8	0,43	8,99	0,39	2,6	119,8	52,9	4,4	0,5	0,4		
	CLASIFICACIÓN TEXTURAL																
	Textura					Evidencia de cenizas volcánicas					Textura por Bouyoucos (%)						
	Franco					Si					Arena		Arcilla		Limo		
											42,88		22,56		34,56		
	RECOMENDACIONES GENERALES																
Se presentan altas concentraciones de Fe para un suelo normal																	

Cuadro 4. (Continuación)

Predio No	Vereda	pH	M.O (%)													
			0 – 1000m						1000 – 2000m				2000 – 3000m			
3	El Trébol	4,79														
MACRO Y MICRONUTRIENTES																
	P	Sat Al	Al	Ca	Mg	K	Na	ClC e	B	Cu	Fe	M n	Zn	Co	M o	
	ppm	%	(meq/100g)						(ppm o mg/kg)							
	5,3	26,09	1,2	1,6	1	0,5	0,28	3,4	0,32	0,4	4,9	6	1,5	T	T	
CLASIFICACIÓN TEXTURAL																
Textura					Evidencia de cenizas volcánicas					Textura por Bouyoucos (%)						
										Arena		Arcilla		Limo		
Franco arenoso					Si					56,72		18,72		24,56		
RECOMENDACIONES GENERALES																
No hay presencia de carbonatos de calcio CaCO ₃																

Fuente. Gobernación del Cauca; 2017.

3.4 INFORMACIÓN RECOPIADA PARA LA SELECCIÓN DE ESPECIES

3.4.1 Encuesta y entrevista. Con ayuda de la encuesta (ver figura 5) y la cartografía social (ver figuras 6, 7 y 8) como herramientas inclusivas, se obtuvo una construcción colectiva desde la perspectiva de cada propietario de los predios parte de la presente investigación. Así, se pudieron establecer nuevos procesos de planeación con el fin de pasar del conocimiento plasmado de forma convencional al conocimiento colectivo, construido en base al criterio del conocimiento técnico, el saber tradicional (comunidad), a la oferta de recursos, demanda de los cultivos y necesidades de las familias.

Figura 5. Aplicación de encuesta y entrevista



Gracias al uso de estas herramientas, se logra obtener una ubicación dentro del contexto de la comunidad, que genera argumentos para tener presente como las especies arbóreas que la familia prioriza según sus necesidades, características benéficas del

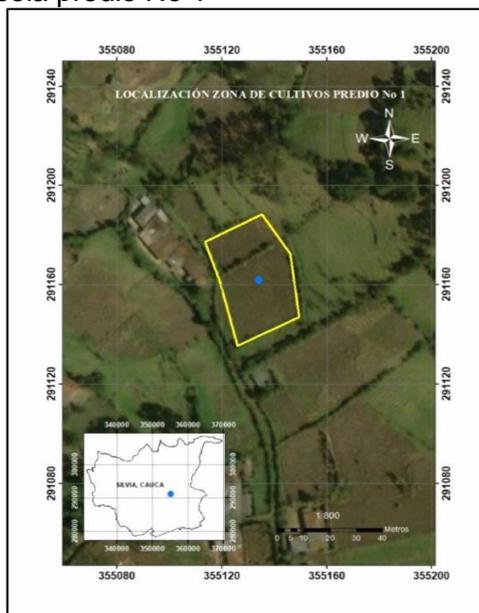
suelo, agua y condiciones que permiten proponer un nuevo sistema con sinergia entre sus partes, organización de estas, que genere resultados benéficos para la comunidad, mitigue el deterioro del suelo e incluso mejore la producción del sistema. Con esta información, la evaluación de condiciones del suelo y las propiedades hídricas de la parcela. Se tiene la certeza que las especies seleccionadas son apropiadas en el establecimiento del este.

3.5 INFORMACIÓN DETALLADA DE LOS PREDIOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO

De acuerdo a la socialización con la comunidad y los resultados entregados por el laboratorio de suelos de la Gobernación del Cauca, se logró establecer información trascendente acerca de los predios que hicieron parte de esta investigación, que incluye aspectos generales y específicos que contribuyeron en la selección de las especies indicadas a usar dentro de la propuesta para un sistema agroforestal y/o agrosilvopastoril.

3.5.1 Información detallada predio No 1. Este predio está ubicado en la vereda Cumbre nueva (ver figura 6). Cuenta con una zona de cultivo con un área de (1082,6 m²) delimitado por coordenadas descritas en el anexo C. Es un predio con una pendiente de 48% que incluye cultivos en pequeñas plazas de: papa (*Solanum tuberosum*), cebolla (*Allium cepa*), quinua (*Chenopodium quinoa*). Hay presencia de individuos de *Sapium spp* distribuidos en los linderos perimetrales, cumpliendo el papel de cerca viva y barrera rompe viento. En los alrededores de este predio se observa la presencia de individuos de aliso (*Alnus Jorullensis*) de avanzada edad.

Figura 6. Localización parcela predio No 1



Fuente. Modificado de imagen satelital, software ArcGIS v.10.5.

Una vez entregadas las muestras al laboratorio de suelos de la Gobernación del Cauca, se solicitó un tipo de análisis completo, que tuvo lugar del 4/12/2017 al 27/12/2017 (ver anexo C). Se obtuvo el resultado, que se nombró como muestra “1”, con código: 4301.

El suelo presente en el predio No 1, obtuvo un pH de 5,43 clasificado como fuertemente ácido. Se presentan deficiencias o contenido ínfimo en bases de calcio (Ca) correspondiente a (2.7 meq/100g), sodio (Na); (0,34 meq/100g), cobre (Cu); (0,2 ppm), y hierro (Fe); (1,6 ppm). Para este tipo de suelo de carácter ácido, se presenta además, un escaso aprovechamiento de nitrógeno y boro por las plantas (Ibáñez, 2007).

Este predio obtuvo el contenido de materia orgánica más alto con respecto a las otras parcelas, correspondiente al 12.3%, lo que favorece el desarrollo de una buena estructura, que mejora la aireación del suelo y la capacidad de retención de agua, protege de la erosión y favorece la actual reserva de elementos disponibles (Andrades y Martínez, 2014).

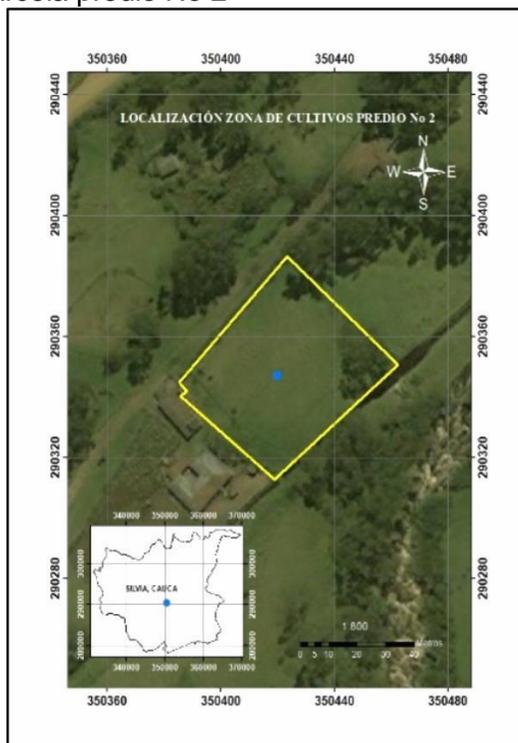
La textura que se obtuvo como resultado en el análisis de laboratorio, fue “Franco”, que, debido a su textura aceptable, tiene las mayores posibilidades de tener o poder adquirir una buena estructura y de poder satisfacer las exigencias medias del crecimiento vegetal con las labores culturales normales (Echave, 2017).

Es importante generar un manejo adecuado al suelo, basado en estrategias de adición de cal ya que, dentro de los resultados de laboratorio para este predio, se denota deficiencia en calcio, un elemento nutritivo que para la mayoría de las plantas y su disponibilidad es adecuada cuando el suelo se ha encalado para corregir problemas de acidez (Espinosa y Molina, 1999), además del uso eficiente de fertilizantes, rotaciones de cultivos adecuadas y diversificación de los mismos. Así, aunque los efectos negativos de la acidez del suelo son resultado de las propiedades físicas y químicas de este, se puede compensar si se asegura su alto contenido de materia orgánica (Rojas, 2016).

3.5.2 Información detallada predio No 2. Está ubicado en la vereda Las Delicias. Se encuentra al borde de la carretera y cuenta con un área de 2798 m² (ver figura 7), delimitado por coordenadas descritas en el anexo C. Es un predio con pendiente del 0% que se encuentra delimitado en uno de sus lados por un cuerpo de agua y que además está cercado por individuos de *Sapium spp* y *Eucalyptus globulus*, además cuenta con un área de 2689.74 m² dedicados a la producción de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y una pequeña área de 90,85 m² destinada a cultivos de cebolla (*Allium cepa*), ollucos (*Ullucos tuberosum*) y maíz (*Zea mays*).

Una vez entregadas las muestras al laboratorio de suelos de la Gobernación del Cauca, se solicitó un tipo de análisis completo, que tuvo lugar del 4/12/2017 al 27/12/2017 (ver anexo C). Se obtuvo el resultado del predio No 2, que se nombró como “15”, con código: 43025.

Figura 7. Localización parcela predio No 2



Fuente: Modificado de imagen satelital, software ArcGIS v.10.5.

Este suelo, obtuvo un pH de 5,83 clasificado como moderadamente ácido. Teniendo en cuenta que el pH ideal para la mayoría de los cultivos se encuentra entre 5.5 y 6.5 (Hernández, 2009), es posible afirmar que se representa una condición de suelo que permite el uso agrícola, considerando la implementación de una gama importante de cultivos con preferencia de suelos de tendencia ácida (Castillo, Corral, Eguarte, Garnica, & Padilla, 2009).

En este análisis se encontró deficiencias o contenido ínfimo en bases de fósforo (P); (13,1 ppm) y Sodio (Na); (0,43 meq/100g). Además, presenta principalmente altas concentraciones de Hierro (Fe); (119,8 ppm) para un suelo normal.

En situaciones particulares como puede ser en suelos saturados, los niveles de hierro pueden incrementarse hasta llegar a niveles tóxicos, debido a un aumento en la solubilidad de este elemento (Guerra, 2013), por ello, es importante evitar el riego excesivo que agudice estas condiciones para este predio.

Además, para disminuir las concentraciones de hierro presente en el suelo de este predio, (Sierra, 2017) sugiere la enmienda con Zinc y el aumento en la concentración de fósforo (más de 60 ppm), lo cual para este caso, corresponde a un contenido deficiente (13,1 ppm).

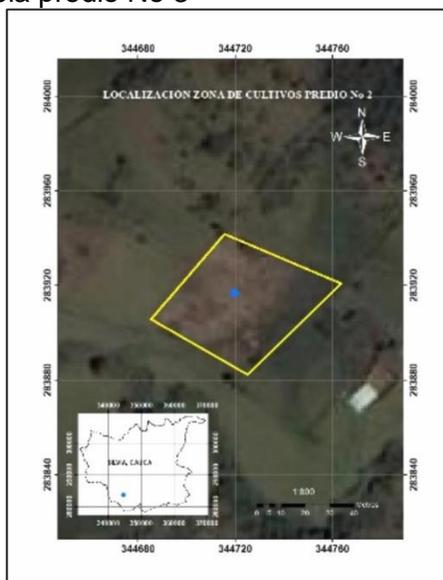
En cuanto al contenido de materia orgánica presento un nivel “bajo” correspondiente al 4.03% lo cual, tiene un efecto importante sobre la capacidad de intercambio catiónico del suelo, influyendo directamente sobre la fertilización de este y haciéndolo más susceptible a procesos erosivos, por lo que es muy importante realizar regularmente aportes de abonos orgánicos procedentes de materiales carbonados de origen animal o vegetal, que se traducirán en una mejora del suelo y en un efecto positivo para los cultivos del predio; aumentando la calidad y el rendimiento de las cosechas.

Será posible, de este modo, alcanzar una agricultura más sostenible para este suelo, buscando siempre alcanzar el objetivo de producir más y mejores alimentos para poder atender las necesidades de la familia en este aspecto (Nieto, 2017), además de que la presencia de materia orgánica es clave en la instalación de huertas, jardines y emprendimientos hortícolas, entre otros que se quieran realizar dentro de esta parcela. De hecho, se puede evitar el uso de insumos químicos, como fertilizantes; se ayuda a mantener una mejor textura y estructura natural de los suelos productivos, y la familia ahorran dinero.

La textura que se obtuvo como resultado en el análisis de laboratorio, fue “Franco” al igual que el predio No 1.

3.5.3 Información detallada predio No 3. Este predio se encuentra ubicado en la vereda Trébol. Cuenta con un área de 2450,2 m² (ver figura 8) y delimitado por coordenadas descritas en el anexo C. Presenta una altitud de 2465 msnm y pendiente de 9%. Este predio incluye: vivienda de sus propietarios, cultivo de maíz, área de barbecho y está cercado por postes con alambre.

Figura 8. Localización parcela predio No 3



Fuente. Modificado Imagen satelital, software ArcGIS v.10.5.

Entregadas las muestras al laboratorio de suelos de la Gobernación del Cauca, se solicitó un tipo de análisis completo, que tuvo lugar del 4/12/2017 al 27/12/2017 (ver anexo A). Se obtuvo el resultado del predio No 3, que se nombró como “10”, con código: 43020, para el cual corresponde un pH de 4,79 clasificado como fuertemente ácido.

Este suelo, presenta contenido deficiente o ínfimo en bases de fósforo (P); (5,3 ppm), calcio (Ca); (1,60 meq/100g), magnesio (Mg); (1,00 meq/100g), sodio (Na); (0,28 meq/100g), cobre (Cu); (0,4 ppm) y hierro (Fe); (4,9 ppm). Es importante al igual que el predio No 1, generar un manejo adecuado al suelo, basado en estrategias de enclavado y uso eficiente de fertilizantes orgánicos (Espinosa & Molina, 1999). Estas deficiencias reducen notablemente la actividad de microorganismos y su función en el ciclo de nutrientes del suelo (Fernández, Farji-Brener & Satti, 2014).

En este predio, se obtuvo un contenido “medio” de materia orgánica correspondiente a 9,65%, por lo que al igual que el predio No 2, requiere el mejoramiento de este contenido que a su vez aporte, en el mantenimiento y la mejora de las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo (Docampo, 2008). La textura que se obtuvo como resultado en el análisis de laboratorio, fue “Franco arenoso”, lo que se interpreta como un suelo que presenta mayor contenido porcentual de arena con respecto al suelo de los predios No 1 y 2, el cual, al tener mayor aireación pone a disposición de los cultivos mayor cantidad de nitrógeno mineral, por la mineralización de la materia orgánica (Lacasta *et al.*, 2006).

3.6 ASPECTOS GENERALES Y ESPECÍFICOS PARA LA SELECCIÓN DE ESPECIES APTAS DEL SISTEMA

A continuación se presentan las especies nativas más representativas de acuerdo a su uso por la comunidad (Municipio de Silvia, 2000).

3.6.1 Encenillo (*Weinmannia spp.*). Esta especie presenta para la comunidad propiedades medicinales para el ganado mediante el uso de sus hojas. Además, se utiliza en construcción de vigas, tirantes, leña, cuarterones.

3.6.2 Motilón (*Hieronyma colombiana*). Según el plan básico de ordenamiento territorial del Municipio de Silvia del año 2000, es una especie que cuenta con áreas arbóreas en peligro de extinción, porque todos estos conjuntos compactos están atacados por una enfermedad que no deja desarrollar los árboles como sucede en los límites de los resguardos de Quizgó y Pitayó y Guambia y Quichaya. Para la comunidad es utilizada su madera en construcción.

3.6.3 Cerote de paramo (*Hesperomeles obtusifolia*). Utilizado dentro del resguardo para el uso en construcción, cercas y postes como barrera anti ganado, presenta frutos con propiedades medicinales.

3.6.4 Nacedero de clima frío (*Delostoma integrifolium*). Es una especie bastante común en la comunidad, se reconoce como una planta que crece de manera silvestre y tiene varios usos: medicinal, forrajera, cerca viva y leña.

3.6.5 Aliso (*Alnus jorullensis*). Según la entrevista realizada a los propietarios de los predios, afirman que esta especie se está empezando a incorporar de manera esporádica en asocio con cultivos como tomate de árbol, papa y cebolla, además de ser utilizada como leña y cerca viva.

3.6.6 Arrayan (*Myrtus italyca*). Especie arbustiva, en algunos casos las familias Misak las utilizan su madera en construcción y leña.

3.6.7 Lechero (*Sapium spp*). La especie arbórea con propiedades curativas, medicinales y con variedad de usos para la comunidad, su savia se utiliza contra la esclerosis, verrugas y otro tipo de patologías, además de usarse como un buen elemento para delimitar sus predios, cercas vivas, posteadura y leña. Se desconocen en la comunidad aptitudes de la especie como: su capacidad de ofrecer sombra a cultivos permanentes, protección contra erosión y beneficios en corredores riparios (Molano, Quiceno y Roa, 2016).

3.6.8 Cedro de tierra fría (*Cedrela montana*). La comunidad utiliza su madera en la construcción de cucharas, cabos para hachas.

3.7 SELECCIÓN DE ESPECIES DEL SISTEMA AGROFORESTAL

Aunque las especies arbóreas nativas de elevadas altitudes presentan tasas lentas de crecimiento que dificultan su proceso de multiplicación e inclusión en arreglos, se dispone de algunas especies con alto potencial para los sistemas de producción de trópico alto por su crecimiento relativamente rápido y sus beneficios al ecosistema, características que les ha permitido su difusión y aceptación (Matta *et al.*, 2009).

Por medio de la encuesta y entrevista realizada a los propietarios que viven y trabajan el suelo de los predios seleccionados junto a su familia, se obtuvo que el trabajo de la tierra, es el eje central de su sustento y el generador de recursos principal. Dos de los tres propietarios usan cerca viva para delimitar sus cultivos, mientras que el predio número tres se utiliza posteadura y alambre. Según lo encontrado en campo, las especies que mejor cumplen esta función para la comunidad son: *Sapium spp* y *Alnus jorullensis*.

Se encontró que las especies nativas más eficientes respecto a las necesidades de las familias, que poseen características especiales y que además se incluyen dentro de posibles asociaciones con los cultivos de los predios seleccionados, se encontraron:

Delostoma integrifolium (forraje, cerca viva, leña), *Alnus jorullensis* (producción micorrizas, sombrío, cerca viva, aporte de materia orgánica), *Sapium spp* (barrera rompe viento, cerca viva, propiedades medicinales, leña).

Solo en uno de los tres predios se encontró un sistema dentro del cual se involucra cultivos agrícolas, árboles y pastos para ganadería (predio No 2), ocupando este último el 70% del predio, en el cual se evidencian la presencia de individuos de *Eucalyptus globulus* y *Sapium spp* que cumplían la función de barrera rompe viento y cerca viva. El eucalipto entonces, es la especie introducida que usa la comunidad, principalmente como combustible para sus fogones, puesto que la mayoría tiene la visión de “disminuir la población” de una especie no propia de la zona que para ellos tiene excesiva demanda de agua.

Lo anterior indica que hay gran interés por los SASP, el impase es la poca información para un adecuado establecimiento con fundamentos que den soporte a la ventaja que se quiere lograr para los cultivos agrícolas, producción de madera, beneficios para sistemas pastoriles, pecuarios y de la propia familia. Aunque se hace uso del componente arbóreo sobre todo con el fin de delimitar predios o de cerca viva, no se tiene en cuenta todos los beneficios de la especie que usan para tal fin, o no se tiene en cuenta otra(s) que suplan la misma necesidad, pero que a su vez aporten al suelo, al ecosistema y/o a la comunidad de una manera más eficiente e incluso rentable.

De acuerdo a lo anterior las especies seleccionadas para incluir en los sistemas a proponer corresponden a:

Alnus jorullensis
Sapium spp
Delostoma integrifolium

3.7.1 Adaptabilidad de las especies para cada predio. Se determinó con base en la evaluación de las condiciones de suelo según los resultados de laboratorio de la gobernación del Cauca en cuanto a disponibilidad de micro y macronutrientes en el suelo, contenido de materia orgánica, pH, textura, recomendaciones presentes en los análisis de suelo, oferta del recurso hídrico, condiciones ambientales y necesidades de las familias propietarias. Además, se tuvieron en cuenta aspectos como altitud y precipitación en la que mejor se desempeñan las especies (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Adaptabilidad de las especies seleccionadas

Especie	Características	Observación
<i>Sapium spp</i>	Altitud	Se lograron identificar individuos de esta especie distribuidos en toda el área de estudio. Se establece así, que esta especie es adapta sin dificultad para los tres predios y por tanto es viable integrarle al sistema.
	precipitación	
	pH del suelo	
	Textura	

Cuadro 5. (Continuación)

Especie	Características	Observación
<i>Delostoma integrifolium</i>	Altitud	Especie nativa de amplia distribución en la región andina, crece desde 1000 hasta 3500 msnm.
	Precipitación	Su desarrollo óptimo se basa en precipitaciones entre 600ml y 4000ml. La precipitación media anual en la zona es de 1556mm
	pH del suelo	La especie se adapta mejor en suelos con pH moderadamente ácido
	Textura	Se adapta bien a suelos con textura limo arenosa
<i>Alnus Jorullensis</i>	Altitud	Especie que se adapta en alturas entre 1000 y 3200 m.s.n.m.
	Precipitación	Se desarrolla adecuadamente en zonas de precipitación media anual entre 1000mm y 3000mm. La precipitación media anual en la zona es de 1556mm
	pH del suelo	La especie se adapta bien a suelos con pH entre 4,5 y 6,0
	Textura	Prefiere suelos Franco- arenosos y ricos en materia orgánica

Fuente. Ochoa y Navas, 2016; Pineda, 2017; Penagos, 2005.

3.7.1.1 Lechero (*Sapium spp*). Es la especie forestal que predomina en el paisaje dentro del espacio destinado a cultivos, siendo la predilecta en cuanto a cerca viva por su rápido crecimiento y debido a que su reproducción no requiere cuidados muy específicos, que generalmente en la comunidad se hace por esquejes (Léon y Chavarri-R, 2006). *Sapium spp*, es la especie nativa que se encuentra distribuida por toda el área de estudio y cumple todos los criterios de adaptabilidad, sumado a sus propiedades curativas, medicinales, variedad de usos para el propietario, su familia y comunidad. Es una especie importante por su capacidad de ofrecer sombra a cultivos permanentes, protección contra erosión y beneficios en corredores riparios que se multiplica por esquejes o semilla, indicado para incluir en las primeras etapas de proyectos de restauración del paisaje en las comunidades originarias donde habita (Haene & Di Giacomo, 2017).

3.7.1.2 Nacedero de clima frío (*Delostoma integrifolium*). Especie es de suma importancia para la comunidad. Se evidencio la presencia de individuos separados por distancias importantes como arboles aislados y en algunos linderos. Es importante tener en cuenta que es apropiado intercalar individuos de esta especie con individuos de aliso (*Alnus jorullensis*) debido a que su producción de biomasa del nacedero es mayor, bajo sombra moderada que a plena exposición de luz solar (Moreno, Márquez, Guerrero, Chacon, & Preston, 2002). Esta especie, además, atrae mediante sus flores, aves e insectos y es perfecta para usar como barrera rompe viento, lindero arbolado, corredor biológico y sombrío. Es una especie que tiene buena respuesta a fertilización orgánica y perfecta para proponer en un sistema que le incluya como especie forrajera para cerdos, aves, conejos, cuyes y caballos (Arronis, 2009).

3.7.1.3 Aliso (*Alnus jorullensis*). Es una especie que se encuentra ampliamente distribuida en el resguardo indígena de Guambia. Para la comunidad, trae consigo beneficios cómo: producción de micorrizas, sombrío y cerca viva.

Por otro lado, esta investigación busca promover su implementación con bases que, sumadas a las generadas por la comunidad, incluya: la restauración de suelos deteriorados por agricultura y ganadería en áreas de ladera, que por su sistema radicular superficial y extendido contribuya a la estabilización de taludes, ya que por su condición de especie caducifolia produce gran cantidad de hojarasca rica en nitrógeno y de rápida descomposición, que se incorpora al suelo como materia orgánica, mejora la fertilidad y estructura del suelo, disminuyendo así, los efectos de los procesos erosivos (Matta et al., 2009 ; Espinoza, Slaton & Mozaffari, 2012).

Alnus jorullensis es una especie que fija nitrógeno al suelo a través de los nódulos que posee en las raíces superficiales, mediante la acción de hongos de género Actinomiceto, pudiendo llegar a fijar entre 40 y 320 kilos de nitrógeno/hectárea/año, dependiendo de la densidad de árboles (Pineda, 2017). *Alnus jorullensis* es una especie forestal útil además en impulsar la multiplicación de las micorrizas y por tanto propicia un ambiente de mayor competencia, no favorable para los agentes patógenos (Matta et al., 2009).

Otra de sus características se encuentra presente en su sistema radicular superficial y extendido, el cual se utiliza para la estabilización de taludes, además por su condición de especie caducifolia, produce gran cantidad de hojarasca rica en alto contenido de proteína y el grado de aceptación por parte de los animales, constituyen una excelente fuente de forraje. Así, cuando el propietario lo requiera, podrá satisfacer la necesidad de proveer nutrimentos a sus animales (Muñoz, Calvache y Yela, 2013). Al mismo tiempo, tiene características que le permiten establecerse muy bien como barrera rompe viento y/o cerca viva, además de su potencial para la preparación de compost gracias a su aporte en materia orgánica generada por su hojarasca. Por último, Es una especie favorable en la conservación de las cuencas hidrográficas si se siembra en los márgenes de los cuerpos de agua, así que se puede sugerir una reforestación que incluya esta característica como una recomendación que busca contribuir a la comunidad y el entorno (Matta et al., 2009). De esta manera, al sobreponer la información obtenida con la investigación, los resultados del análisis de laboratorio y datos del trabajo de campo, se obtiene por predio seleccionar las especies adecuadas para el sistema a proponer por predio.

3.7.2 Estimación de las propiedades hídricas del suelo. Al ingresar los datos correspondientes a los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en los análisis de laboratorio de suelos en el software Rosetta (input) se genera la estimación de los parámetros de flujo de agua (output) correspondientes a θ_s , θ_r , Alpha, n, Ks para cada predio (figuras 9, 10 y 11).

De esta manera, los parámetros estimados permiten generar la CRA ajustada (Figuras 12, 13 y 14) al modelo de Van Genuchten (1980). A continuación, se presenta una relación entre el contenido de agua del suelo y su potencial matriz (tensión de humedad), expresada gráficamente por una curva denominada “curva de retención de agua”. Es necesario entender cómo la tensión se relaciona con el contenido en agua y cómo ésta varía con la profundidad de la zona radicular y pendiente del terreno ya que, este es un factor importante que aumenta el coeficiente de escorrentía en pendientes mayores, pues

la misma microtomografía embalsa más agua en terrenos tendidos que en terrenos empinados (Paredes, 2006; Lieth, 2001).

Figura 9. Ingreso Datos en software Rosseta Lite v. 1.1, (FPTs M2) predio No 1

Select Model	
<input type="radio"/> Textural classes	<input type="radio"/> SSCBD+ water content at 33 kPa (TH33)
<input checked="" type="radio"/> % Sand, Silt and Clay (SSC)	<input type="radio"/> Same + water content at 1500 kPa (TH1500)
<input type="radio"/> %Sand, Silt, Clay and Bulk Density (BD)	

Input	
Textural Class	Unknown
Sand [%]	51.44
Silt [%]	30.92
Clay [%]	17.64
BD [gr/cm3]	
TH33 [cm3/cm3]	
TH1500 [cm3/cm3]	

Output	
Theta r [cm3/cm3]	0.0569
Theta s [cm3/cm3]	0.3937
Alpha [1/cm]	0.0175
n [-]	1.4157
Ks [cm/day]	16.28

Figura 10. Ingreso Datos en software Rosseta Lite v. 1.1, (FPTs M2) predio No 2

Select Model	
<input type="radio"/> Textural classes	<input type="radio"/> SSCBD+ water content at 33 kPa (TH33)
<input checked="" type="radio"/> % Sand, Silt and Clay (SSC)	<input type="radio"/> Same + water content at 1500 kPa (TH1500)
<input type="radio"/> %Sand, Silt, Clay and Bulk Density (BD)	

Input	
Textural Class	Unknown
Sand [%]	42.88
Silt [%]	34.56
Clay [%]	22.56
BD [gr/cm3]	
TH33 [cm3/cm3]	
TH1500 [cm3/cm3]	

Output	
Theta r [cm3/cm3]	0.0665
Theta s [cm3/cm3]	0.4073
Alpha [1/cm]	0.0130
n [-]	1.4420
Ks [cm/day]	8.20

Figura 11. Ingreso Datos en software Rosseta Lite v. 1.1, (FPTs M2) predio No 3

Select Model	
<input type="radio"/> Textural classes	<input type="radio"/> SSCBD+ water content at 33 kPa (TH33)
<input checked="" type="radio"/> % Sand, Silt and Clay (SSC)	<input type="radio"/> Same + water content at 1500 kPa (TH1500)
<input type="radio"/> %Sand, Silt, Clay and Bulk Density (BD)	

Input	
Textural Class	Unknown
Sand [%]	56.72
Silt [%]	24.56
Clay [%]	18.72
BD [gr/cm3]	
TH33 [cm3/cm3]	
TH1500 [cm3/cm3]	

Output	
Theta r [cm3/cm3]	0.0578
Theta s [cm3/cm3]	0.3901
Alpha [1/cm]	0.0231
n [-]	1.3768
Ks [cm/day]	18.52

Figura 12. CRA estimada software RETC predio No 1; CRA Log (Pressure Head)

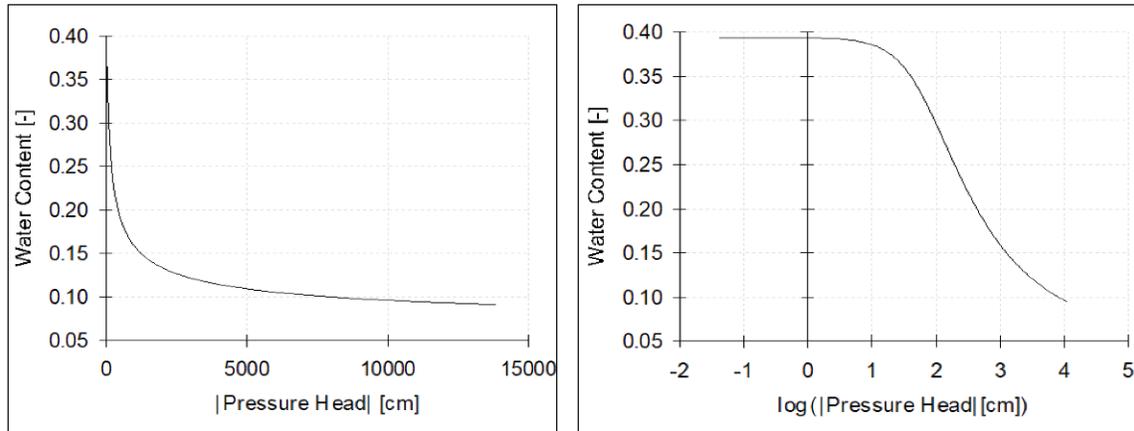


Figura 13. CRA estimada software RETC predio No 2; CRA Log (Pressure Head)

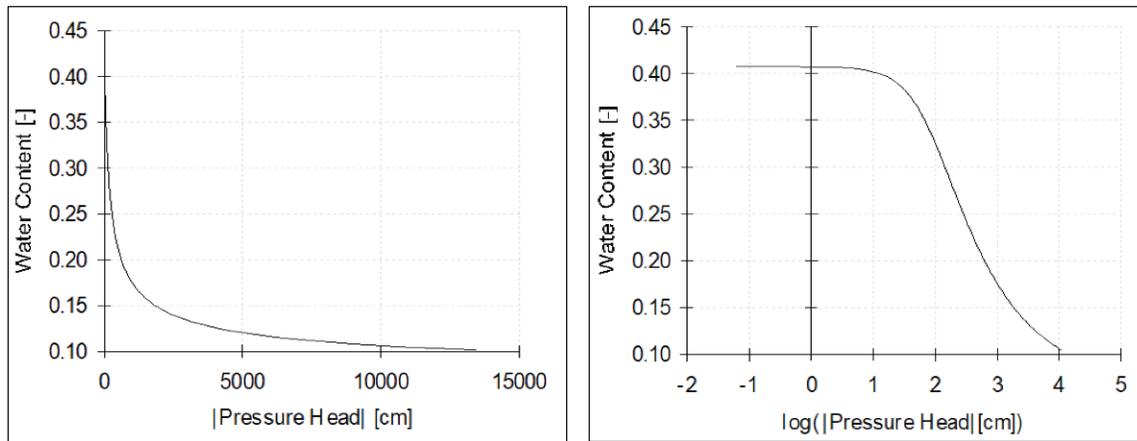
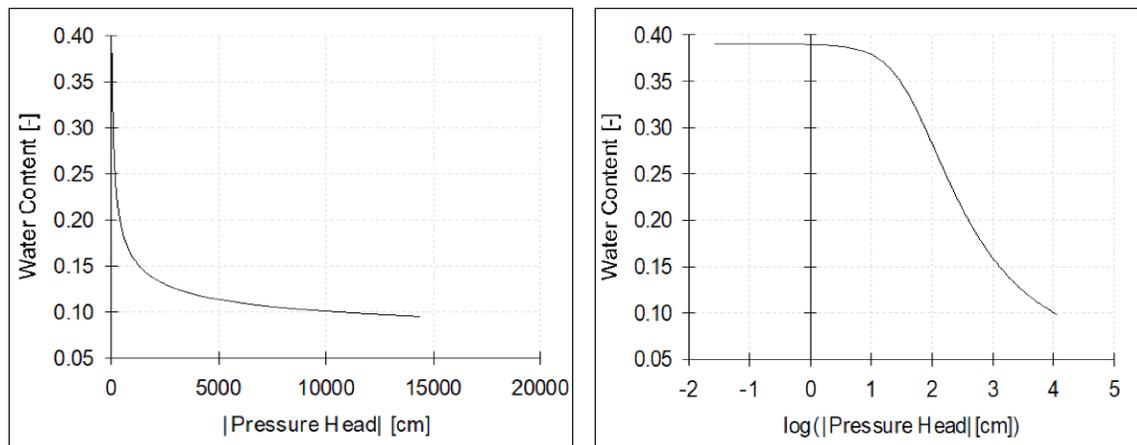


Figura 14. CRA estimada software RETC predio No 3; CRA Log (Pressure Head)



La CRA presente en cada uno de los gráficos, demuestra que a medida que el agua es absorbida por la planta o se evapora, el estatus de agua progresa a lo largo de la curva hacia tensiones más altas y bajos contenidos de agua. Es importante conocer estos parámetros hídricos al momento de establecer un cultivo ya que, aunque los Andisoles presentan una alta retención de agua (40 a 60% a 33 kPa), elevada porosidad total (60 a 80%) y el buen drenaje interno, se tornan frágiles cuando éstas se alteran fuertemente y algunas como la retención de agua y la porosidad, cambian en forma irreversible (Quantin, 1972; Vidal, Fernández, & Duarte, 1981). Por ello conocer estas propiedades hídricas, permite llevar a cabo estrategias de manejo del suelo como lo es la planificación de riego adecuado.

3.7.3 Determinación de agua disponible para las plantas. Este parámetro no solo brinda información sobre el porcentaje de retención de humedad de suelo, sino que también permite establecer criterios para descartar el uso de especies que sean muy demandantes de agua.

De la ecuación 2 se tiene:

$$\text{ADP predio No 1} = \text{CC} - \text{PMP} = 0.3937 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 - 0.0578 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$$

$$\text{ADP predio No 1} = 0.3359 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$$

$$\text{Expresado en \% (conversión humedad gravimétrica)} = (\text{ADP}/\text{DA}) \times 100 = 32,1\%$$

$$\text{ADP predio No 2} = 0,4073 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 - 0,0665 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$$

$$\text{ADP predio No 2} = 0,3408 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$$

$$\text{Expresado en \%} = 42,7\%$$

$$\text{ADP predio No 3} = 0,3901 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 - 0,0578 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$$

$$\text{ADP predio No 3} = ,3323 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$$

$$\text{Expresado en \%} = 41,5\%$$

De lo anterior, se deduce que los 3 predios se encuentran entre 32,1 y 42,7% correspondientes a valores de ADP sobre el rango óptimo (> 20% ADP) presentado por (Reynolds *et al.*, 2009), generando las condiciones apropiadas de agua disponible para las plantas.

3.8 PROPUESTA DE NUEVOS SISTEMAS EN PREDIOS SELECCIONADOS

Como respuesta a la necesidad de replantear lineamientos ambientalmente sostenibles y económicamente viables en el corto y largo plazo; en el que interactúen árboles, cultivos, y sistemas pastoriles (si es el caso), se propuso dinamizar y diversificar los espacios con SAF o SASP pertinente a las necesidades de cada propietario, para así crear un

sinergismo entre sus componentes bajo un manejo integral que permitiera mejorar las condiciones del suelo y la productividad, al tiempo que se reduce el impacto ambiental de los sistemas netamente tradicionales, minimizando los disturbios a la estabilidad ecológica (Matta *et al.*, 2009).

3.8.1 Propuesta para el predio No 1. Con la información resultante del análisis de laboratorio, los datos obtenidos en campo y el saber tradicional de la comunidad sobrepuesta, se obtuvo que las especies que mejor se adaptan y suplen más necesidades a este tipo de suelo, a las necesidades de sus propietarios y a los cultivos presentes, son: *Alnus jorullensis* y *Sapium spp.*

Como parte del dialogo de saberes, se pudo definir que el aliso es una de las dos especies que, basado los criterios de inclusión y exclusión, hace parte de la propuesta para el primer predio. A pesar de que una de las grandes aptitudes del Aliso (*Alnus jorullensis*) se evidencia en los linderos como cerca viva y cortinas rompe vientos, con un distanciamiento es de 2 x 2 m. Sin embargo, en un análisis hecho en campo y en dialogo con la familia, la mayor limitante en este caso, es el ganado de predios colindantes.

Teniendo en cuenta que la especie es muy susceptible al ramoneo, es correcto hacer uso de cuidados especiales como la protección por estacas para aquellos individuos de temprana edad expuestos.

Una vez conocidos los beneficios de incluir aliso (*Alnus jorullensis*) dentro del sistema de cultivos agrícolas (ver figura 15), se establecieron tres criterios principales en función a las necesidades del propietario:

Incremento de micorrizas al suelo.

Sostener de manera eficiente el suelo debido a su elevada pendiente.

Proveer de leña y madera a largo plazo.

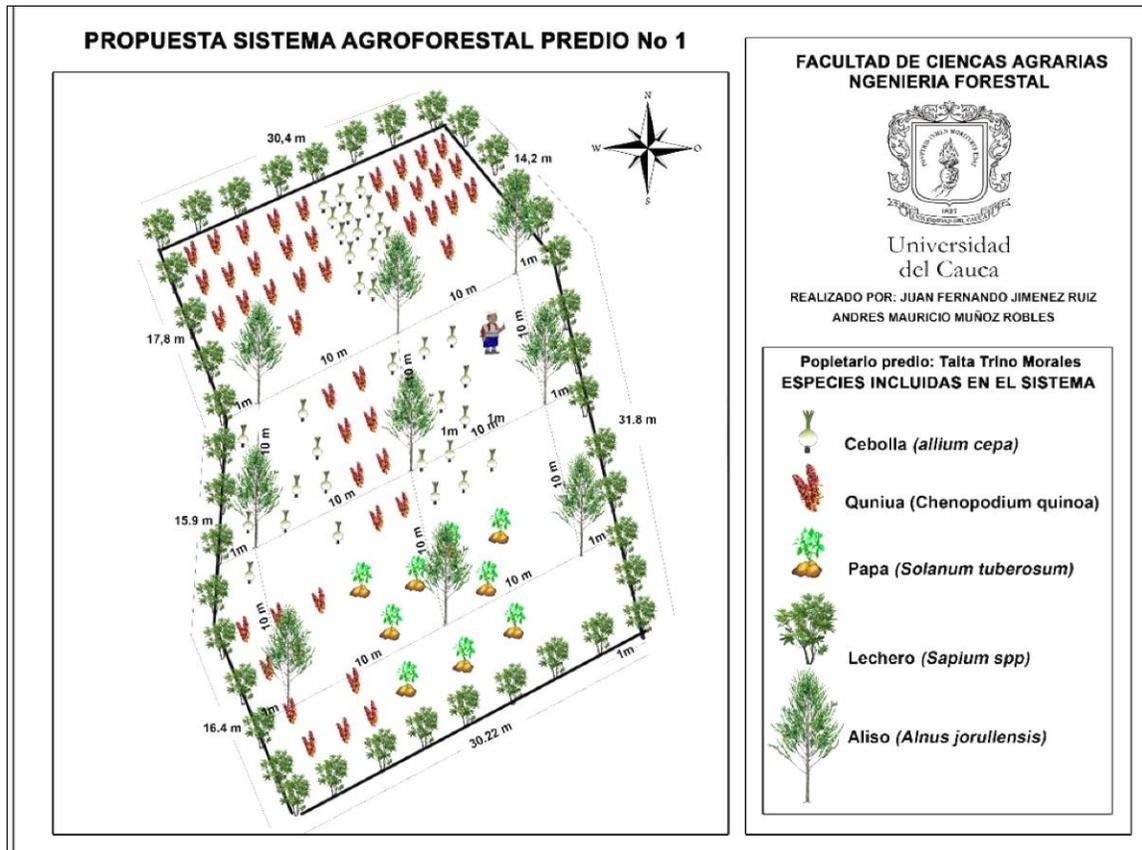
Dentro de la propuesta, se lograron ubicar nueve árboles en tres franjas (distribuidos de tal manera que, según el saber tradicional, la sombra no afectase los cultivos) entre la quinua, la cebolla y la papa en una distribución de 10x10 m, que se encuentra dentro del rango de 10m – 12 m entre cada uno, establecida por Penagos *et al.* (2005).

La pendiente fue un factor determinante en la distribución de los componentes del sistema, orden en el que el criterio del propietario fue fundamental teniendo en cuenta la época de cosecha de cada cultivo.

El lechero (*Sapium spp*) es la especie que se encontró delimitando el predio en sus linderos perimetrales. Aunque sería preciso un asocio con *Alnus jorullensis*, el ganado de

los predios vecinos no permitiría su desarrollo por el ramoneo, razón por la que no se incluye dentro de la cerca viva y se decide mantener el sistema cercado por esta especie.

Figura 15. Esquema propuesta predio No 1



3.8.2 Propuesta para el predio No 2. Con la información resultante del análisis de laboratorio, los datos obtenidos en campo y el saber tradicional de la comunidad sobrepuesta, se obtuvo que las especies que mejor se adaptan y suplen más necesidades a este tipo de suelo, sus propietarios, a los cultivos presentes y aptas para el sistema agrosilvopastoril, son: *Alnus jorullensis*, y *Sapium Sp*. Basados en el reconocimiento de la zona, se encontró:

Área de cultivo: 90,85 m²

Área dedicada a pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*): 2689,74 m²

Área correspondiente a especies forestales nativas: 0m²

Alnus jorullensis se adapta por excelencia a las condiciones que ofrece en el predio y a las necesidades de la familia que ahí habita, pues por su condición de especie caducifolia, produce gran cantidad de hojarasca rica en nitrógeno y de rápida descomposición,

aportando materia orgánica al suelo. En conjunto con la especie *Sapium spp* puede intercalarse en los linderos del predio, pues tiene características que le permiten establecerse muy bien en conjunto y como barrera rompe viento y/o cerca viva (Penagos *et al.*, 2005). Es importante tener en cuenta que el crecimiento del aliso se ve afectado por la competencia del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en las etapas iniciales del crecimiento del árbol, motivo por el cual se estableció esta especie sin contacto directo con el pasto, buscando que este no interfiera en su desarrollo inicial, pues cuando ya se encuentra establecido, *Pennisetum clandestinum* es muy buen pasto en un sistema silvopastoril en conjunto con *Alnus Jorullensis* (Santacruz, Guerrero y Estrada, 2011).

Las principales necesidades de la propietaria del predio y su familia se concentraron en: aumentar el área destinada a la producción agrícola sembrada con Maíz, cebolla y olluco, disminuir el suelo destinado al pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) e incluyendo especies arbóreas nativas en el predio, que contiene una cantidad importante de individuos de *Sapium spp* delimitándole y cumpliendo función de cerca viva.

En los linderos del predio ya se encuentra establecido un sistema que incluye el componente arbóreo compuesto mayormente por individuos de lechero (*Sapium Sp*) y tres individuos de Eucalipto que contribuyen al factor medicinal, paisajístico y reserva de madera y/o leña. Para la determinar la distribución del nuevo sistema, es importante tener en cuenta que el aliso (*Alnus Jorullensis*) se ve afectado por la competencia del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), por lo cual se debe proponer una ubicación dentro del nuevo sistema sin contacto directo en las etapas iniciales de crecimiento del árbol.

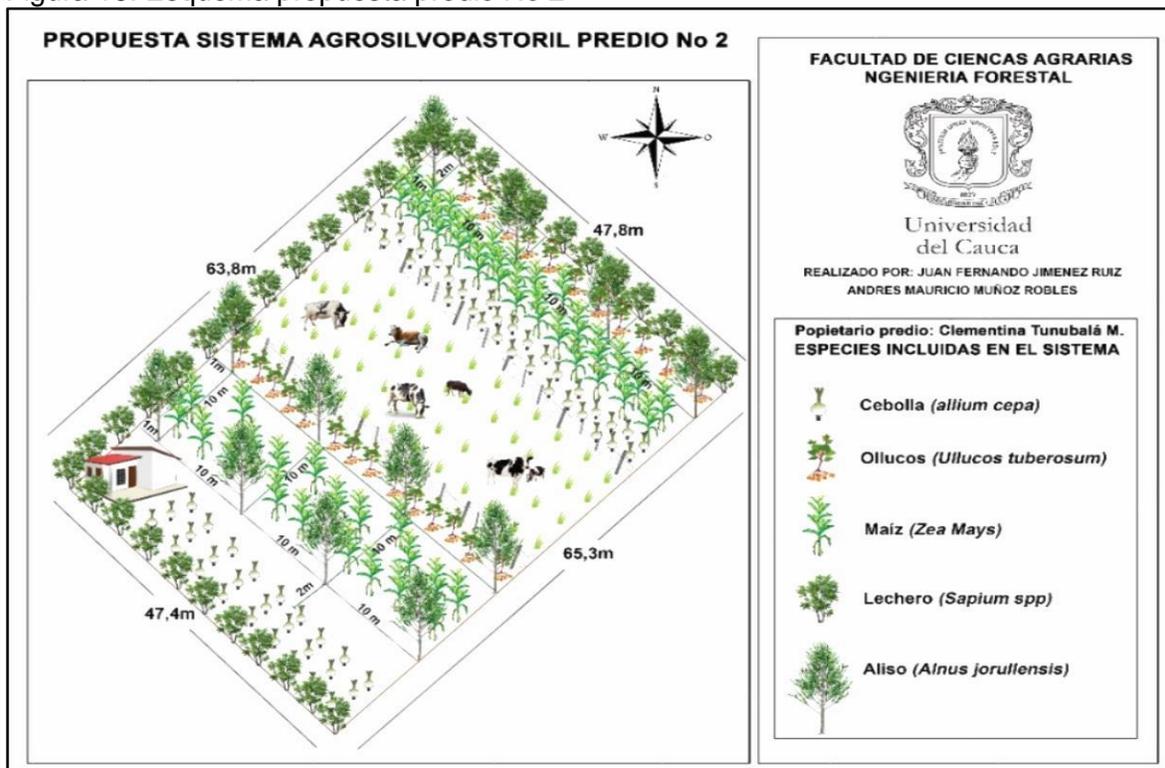
Al interior, se establecerán franjas sembradas de manera tradicional de maíz, cebolla y olluco en asocio con Aliso (*Alnus Jorullensis*) distribuido linealmente a 10 m de distancia entre uno y otro individuo, teniendo en cuenta que estos no brinden sombra a cultivos que necesitan estar expuestos 100% a los rayos solares, razón por la cual se siembran a tres metros del cultivo de cebolla, en una distribución de 10x10, que se encuentra dentro del rango de 10m – 12 m entre cada uno, establecida por Penagos *et al.* (2005).

Basado en lo anterior, se propone de manera inclusiva y concertada, un sistema que pase de un área de 2689.75 m² sembrados de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) que alimentaba las cabezas de ganado que se tuvieron en algún momento; a 827,5 m², que alimentará las actuales, lo que corresponde al 30% del área disponible del predio. De esta manera, se cuenta con un área para producción agrícola de 1953 m², correspondiente al 70% del área disponible para cultivar, con cebolla, maíz, olluco, aliso y un área de pastoreo con pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (ver figura 16). Fue determinante para elegir la distribución, la entrada principal del ganado que se ubica entre los individuos de lechero que hacen parte de la cerca viva y que el propietario no accedió a modificar por conveniencia a la hora de retirar el ganado del predio.

Dentro de este sistema, se descartó la posibilidad de integrar Pasto falsa poa (*Holcus Lanatus*), debido a que, aunque crece bien en suelos ácidos, ricos en materia orgánica y

se adapta desde suelos francos, hasta arenosos; también requiere elevado contenido de fósforo (P) (Vicuña, 1985). Basados en los resultados de análisis de laboratorio, el fósforo se presenta en 13,1 ppm, para una catalogación de contenido “pobre” o “deficiente”. Sumado al abundante contenido de hierro (Fe), que tiene como consecuencia interferir en la absorción de fósforo (P) para las plantas.

Figura 16. Esquema propuesta predio No 2



En concordancia con la familia, se decidió mantener el pasto Kikuyo (*Pennisetum Clandestinum*), que responderá bien al asocio con Aliso (*Alnus Jorullensis*), debido a que este produce gran cantidad de hojarasca que se incorporará al suelo en un suplemento de nitrógeno, al que responde bien esta especie de pasto, que además presenta buenos resultados en suelos bajos en fósforo, que concuerda con la deficiente presencia de este elemento en el predio dos (13,1 ppm).

3.8.3 Propuesta para el predio No 3. Basados en las necesidades de los propietarios y las condiciones del predio, para la propuesta fue prioridad:

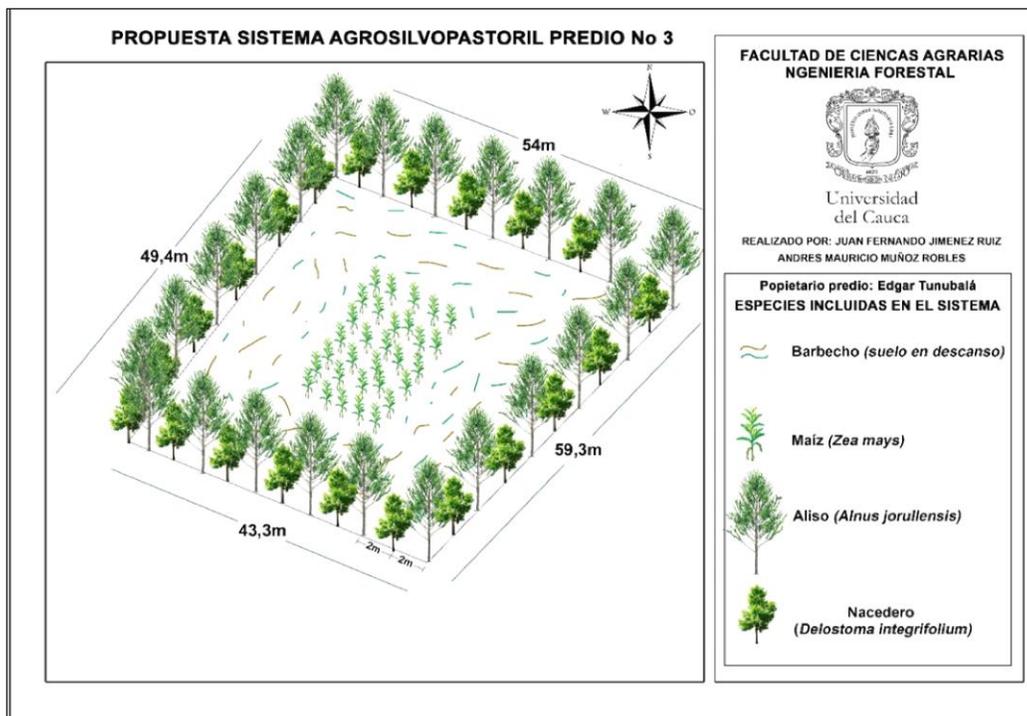
- Mitigar la erosión del suelo.
- Incorporar materia orgánica al suelo (además de los sobrantes de la cosecha del maíz).
- Que el sistema proporcione un banco forrajero en función de establecer una fuente de proteína para el proyecto de cunicultura presente en el predio.

El determinante para proponer la distribución de los componentes del nuevo sistema se basó en que al tiempo que se deben suplir estas necesidades, por concepto del propietario se debe evitar disminuir el área destinada al barbecho y el cultivo de maíz. Así, teniendo en cuenta los requerimientos, el nacedero (*Delostoma integrifolium*) y Aliso (*Alnus jorullensis*), son especies que cumplen a cabalidad la demanda de banco de proteína. Además, los cogollos o ramas tiernas del nacedero se utilizan en lugar de lejía para separar la cascara del maíz en la preparación de la mazamorra, que es un alimento típico, preparado con maíz, leche y panela o azúcar (Katto, 2001).

El aliso (*Alnus jorullensis*), al mismo tiempo que tiene características que le permiten establecerse muy bien como barrera rompe viento y/o cerca viva, es también una especie utilizada para la preparación de compost gracias a sus altos contenidos de nitrógeno. Así, cuando el propietario lo requiera, podrá satisfacer la necesidad de proveer nutrientes por medio de forrajes a sus animales (Muñoz *et al.*, 2013). Los productores del municipio de Pupiales, por ejemplo, utilizan el follaje tierno como desparasitante de especies menores, entre ellas los cuyes y conejos.

En los linderos perimetrales de este predio, es crucial tener en cuenta que es apropiado intercalar individuos de nacedero con individuos de aliso (*Alnus jorullensis*), debido a que la producción de biomasa del nacedero es mayor bajo sombra moderada que a plena exposición de luz solar. Entonces, se sembrarán en el nuevo sistema 1:1 buscando que el aliso provea de sombra parcial a los individuos de nacedero (ver figura 18).

Figura 17. Esquema propuesta predio No 3



Para fertilizar este sustrato, se recomienda aplicar periódicamente abono orgánico al suelo en busca de aumentar el contenido de calcio, fósforo y otros elementos en los que se presenta déficit. Este se obtendrá de un compost con base: excremento de conejo, residuos de cosecha de maíz y hojarasca de aliso. Además de mantener los niveles adecuados de materia orgánica en el suelo, lo anterior estará garantizando la obtención de una producción sostenible de forraje (Penagos et al., 2005; Palomenque, 2009; Jiménez, Muschler, & Köpsell, 2001).

4. CONCLUSIONES

El análisis de muestras de suelo realizado en laboratorio, el uso de herramientas predictivas de cierta propiedad del suelo y la comunicación con la comunidad en base a visitas, encuestas y cartografía social, permitió generar la información necesaria para evaluar las condiciones locales del suelo.

La identificación de los sistemas productivos establecidos en los predios seleccionados realizada en el reconocimiento de la zona de muestreo, visitas a los predios de las familias y encuestas, permitieron definir el poco asocio con el componente arbóreo como parte de los actuales sistemas de producción.

Las FPT se usaron como herramienta de fácil manejo, bajo costo y aplicación rápida, aplicadas en esta investigación para la estimación de propiedades hídricas del suelo. Su evaluación permitió establecer que el 100% de los predios seleccionados presentan valores entre 32,1% y 42,7% de ADP sobre el rango óptimo (>20%). Motivo por el que, en ninguno de los sistemas integrales, fue necesario incluir riego.

Se seleccionaron tres familias que incluyen los cultivos agrícolas como su principal fuente de sustento. Al relacionar: “el saber del uno con el saber del otro”, con el fin de dar el mismo valor de importancia a cada tipo de saber en los procesos de creación de conocimiento, toma decisiones y planeación; se logró proponer dos SAF y un SASP que asocian: Aliso (*Alnus jorullensis*), lechero (*Sapium sp*) y Nacedero (*Delostoma integriflimum*) con las necesidades de las familias, que permiten la sostenibilidad ambiental de la producción agrícola y promueven la mitigación del efecto negativo de prácticas culturales como la sobreexplotación de parcelas, ampliación de la frontera agrícola y uso excesivo de agroquímicos.

Las familias parte del presente trabajo de investigación, cuentan con un análisis de laboratorio de suelos 0-20cm, estimación de propiedades hídrica y georreferenciación, como herramientas útiles para la implementación de los sistemas propuestos y/o futuros proyectos.

5. RECOMENDACIONES

La acidez del suelo y su efecto en las plantas, es una de las causas más importantes de degradación de los suelos agrícolas a nivel mundial, por eso es importante generar un manejo adecuado al suelo basado en estrategias de adición de cal, uso eficiente de fertilizantes rotaciones de cultivos adecuadas y diversificación de los mismos.

Es conveniente que la comunidad aplique las propuestas y establezca los sistemas según el trabajo mancomunado, buscando llevar a la realidad la presente investigación que, con sus resultados logrará generar argumentos para promover el establecimiento de sistemas inclusivos como el agroforestal, silvopastoril o agrosilvopastoril, en búsqueda de diversificar los sistemas como estrategia clave para la conservación del agua, suelo, optimizar el reciclaje de nutrientes, favorecer la producción en las parcelas y aumentar la oferta de servicios ecosistémicos.

Una vez establecidos los sistemas parte de este trabajo, es conveniente establecer monitoreo de las parcelas incluidas en esta investigación, que sirva como base para observar la eficiencia, eficacia y efectividad de los sistemas parte de cada propuesta. Este instrumento debe ser de fácil manejo, para que cada propietario siga el desarrollo en función de los resultados.

Es imprescindible mejorar los sistemas de producción agrícola en pequeña y mediana escala, entendiendo estos como la principal fuente de alimentos e ingresos para una buena parte de la población. La optimización de estos sistemas es fundamental para la reducción de la escasez y el logro de los objetivos de seguridad alimentaria.

Es trascendente continuar con trabajos de investigación que logren relacionar: “el saber del uno con el saber del otro”, con el fin de dar el mismo valor de importancia a cada tipo de conocimiento, incluyendo el coaprendizaje como parte importante de la investigación, que ayuda a incluir los grupos socialmente diferenciados en los procesos de creación de conocimiento, a tomar decisiones, enmarcar cambios y generar propuestas con mejores argumentos.

Es necesario el establecimiento de diferentes tipos de SAF y SASP que asocien especies arbóreas nativas, que además permitan la sostenibilidad ambiental de la producción agrícola y promuevan la mitigación del efecto negativo de prácticas culturales como la sobreexplotación de parcelas, ampliación de la frontera agrícola y uso excesivo de agroquímicos. En búsqueda de diversificar los sistemas como estrategia clave para la conservación del agua, suelo, optimizar el reciclaje de nutrientes, favorecer la producción en las parcelas donde se desarrolle el proyecto, y aumentar el ofrecimiento de servicios ecosistémicos, teniendo en cuenta que las asociaciones buscan la cooperación entre sí.

BIBLIOGRAFÍA

AGREDO, O. y MARULANDA, L.S. Artistas Guambianos : Informe de sistematización del proceso de educación de “La casa del Taita Payán, como una estrategia didáctica y pedagógica para la enseñanza y revitalización del pensamiento Guambiano”. Programa Proandes – Unicef Colombia. Etnoeducación en Cauca y Nariño. Grupo de Estudios en Educación Indígena y Multicultural GEIM. Vicerrectoría de Investigaciones. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia: 2002, pág. 1-35.

AGUIAR, M.I.; FIALHO, J.S.; CAMPANHA, M.M. y OLIVEIRA, T.S. Carbon sequestration and nutrient reserves under different land use systems. En: Embrapa Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, 2014, pág. 81-93.

_____ ; MAIA, S. M. F., XAVIER, F.; MENDONÇA, E.; FILHO, J.A. & OLIVEIRA, T.S. Sediment, nutrient and water losses by water erosion under agroforestry systems in the semi-arid region in northeastern Brazil. En: Agroforestry Systems, 2010, vol. 79, pág. 277-289.

AGUILAR, Y.; BAUTISTA, F.; MENDOZA, M.E.; FRAUSTO, O.; IHL, T. y DELGADO, C. IVAKY: Índice de la Vulnerabilidad del Acuífero Kárstico Yucateco a la Contaminación. En: Revista Mexicana de Ingeniería Química, 2016, vol. 15, no. 3, pág. 913-933.

_____ ; CANO, A.; RAMÍREZ, J. y BAUTISTA, F. Funciones de pedotransferencia para estimar índices de calidad en suelos agrícolas de zonas kársticas. En: Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (40: 2015: Año internacional de los suelos. Crear conciencia en la Sociedad para el manejo sostenible del suelo. Memorias. Sociedad Mexicana de Ciencia del Suelo. México: 2015), pág. 623-627.

ALMEIDA, M.; OLIVEIRA, T.S. y BEZERRA, A. Biodiversidade em sistemas agroecológicos no município de Choró, CE, Brasil. En: Ciência Rural, 2009, vol. 39, no. 4, pág. 1080-1087.

ALTIERI, M.A. Developing and promoting agroecological innovations within country program strategies to address agroecosystem resilience in production landscapes: a guide. En: Berkeley Universidad de California, 2016, pág. 1-46.

ANDRADE, H. y SANTAMARÍA, G. Cartografía Social para la planeación participativa. En: Memorias del Curso: Participación Comunitaria y Medio Ambiente. Proyecto de capacitación para profesiones del Sector Ambiental. Ministerio del Medio Ambiente e ICFES. Bogotá: 1997.

ANDRADES, M. y MARTINEZ, E.M. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Universidad de la Rioja-Servicio de Publicaciones. En: Iberus, 2014, vol. 3, pág. 16-34.

ARAÚJO-FILHO, J.A.; BARBOSA, T.; CARVALHO, F. y CAVALCANTE, A. Sistema de produção agrossilvipastoril para o semi-árido nordestino. En: Embrapa, 2001, vol. 1-2.

ARRONIS, V.D. Banco Forrajero de Nacedero (*Trichantera gigantea*), como opción sostenible para producción de carne y leche. en: Hojas Divulgativas InfoAgro, 2009, pág. 1-2.

BAKER, L. y ELLISON, D. Optimisation of pedotransfer functions using an artificial neural network ensemble method. En: Geoderma, 2007, vol. 144, pág. 277-285.

BERTONI, J. y LOMBARDI, F. Conservação do solo. En: Erosión de Suelos en América Latina. Erosión y Pérdida de Fertilidad del Suelo. En: Taller FAO, 1992.

BEVEN, K.J. Rainfall-runoff modelling: the primer. Rainfall-Runoff Modelling: The Primer: Second Edition. Jhon Wiley & Sons, Ltd.

BOUMA, J. Using soil survey data for quantitative land evaluation. Advances in soil science. Stewart, B.A., ed. New York: 1989, pág. 117-213.

BROWMAN, D.L. Arid land use strategies and risk management in the Andes: a regional anthropological perspective. Westview Pres. FAO USDA: 1987

CABILDO DE WAMPYA. III ampliación del Resguardo de Guambia para la conservación y preservación del territorio, cosmovisión y el derecho mayor del Pueblo Misak. Silvia, Cauca: Autoridad Ancestral del Pueblo Misak - Territorio Wampia. 2014.

CAMARGO, S.L.; MONTAÑO, N.; MERA, C.J. y ARIAS, S. Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. En: Revista Digital Universitaria, 2012, vol. 13, no. 7.

CAMPANHA, M.M.; ARAÚJO, F.S.; MENEZES, M.; SILVA, V. y MEDEIROS, H.R. Estrutura da comunidade vegetal arbóreo-arbustiva de um sistema agrossilvipastoril, em Sobral - CE. En: Revista Caatinga, 2011, vol. 24, no. 3, pág. 94-101.

CARSEL, R.F. y PARRISH, R.S. Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. En: Water Resources Research, 1988, vol. 24, no. 5, pág. 755.

CASANOVA, M.; SEGUEL, O.; JOEL, A.; MESSING, I.; LUZIO, W. y VERA, W.E. funciones de pedotransferencia para conductividad hidráulica en laderas de secano. En: Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 2003, vol. 3, pág. 42-48.

CASTILLO, D.I.; CORRAL, J.A.; EGUIARTE, D.; GARNICA, J. y PADILLA, G. Distribución espacial del pH de los suelos Agrícolas de Zapopan, Jalisco, México. En: Agricultura Técnica en México, 2009, vol. 35, no. 3, pág. 267-276.

CATIE. Proyecto sistemas de producción Agrosilvopastoriles para pequeños productores de ladera con sequia estacional de Centroamerica. Informe Final. Turialba, Costa Rica: 1993.

COCKBURN, J.J. Tense collaborations and exchange interrupted: Gendered participation in ecological agriculture projects in post-neoliberal (?) Bolivia. En: Electronic Theses and Dissertations, 2013.

COLOMBIA. GOBERNACIÓN DEL CAUCA. Gobernación del Cauca pone a disposición de los productores el Laboratorio de Análisis de Suelos. Gobernación del cauca. Popayán: 2008.

_____. MINISTERIO DE CULTURA. Misak (Guambianos), la gente del agua, del conocimiento y de los sueños. Awá Kuaiker, gente de la montaña. SGS – El Ministerio. Bogotá: 2004.

COOK, S.; FISHER, M.; TIEMANN, T. y VIDAL, A. Water, Food and Poverty: Global-and Basin-Scale Analysis. En: Water International, 2011, vol. 36, pág. 1-16.

CORNELIO, D.L. Modeling land use sustainability in Fiji Islands (Research P). 2017 Fiji Islands. Trabajo de Post Graduado. German National Library. Green Verlag ©: 2017.

CRUZ, J.P.; HEJEILE, L.G.; LOZADA, J.M. y SÁNCHEZ, C.G. Caracterización del pueblo Misak. Relación con la tierra. Proyecto Educativo Comunitario Pueblo Misak. Universidad Pedagógica Nacional. Departamento de Ciencias Sociales. 2010.

DANE DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Marco Geoestadístico Nacional (MGN). Bogotá: 2017.

DEXTER, A.R. Soil physical quality Part I. Theory, effects of soils texture, density, and organic matter and effects on root growth. En: Geoderma, 2004, vol. 120, pág. 201-204.

DOCAMPO, R. La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en producción frutícola. En: Transactions - American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology, 2008, vol. 60, no. 3, pág. 389–395.

DÖRNER, J.; DEC, D.; PENG, X. y HORN, R. Efecto del cambio de uso en la estabilidad de la estructura y la función de los poros de un andisol (typic hapludand) del sur de Chile. En: Rev. Cienc. Suelo Nutr., 2009, vol. 9, no. 3, pág. 190-209.

DRUMOND, M.A.; MORGADO, L.B.; RIBASKI, J.; ALBUQUERQUE, S.G. y CARVALHO, O.M. Contribuição da Embrapa Semi-Árido para o desenvolvimento dos sistemas agroflorestais no Contribution of Embrapa Semi-Arid to the development of the agroforestry system in the Brazilian Semi-Arid Region. En: Agrossilvicultura, 2004, vol. 1.

DUARTE, C. y TRÓCHEZ, F.B. La Cartografía Social: herramienta de análisis a las conflictividades territoriales desde los saberes locales y colectivos [en línea]. La Silla Vacía ©: 2017 [citado noviembre, 2018]. Disponible en internet en: <https://lasillavacia.com/silla-llena/red-etnica/historia/la-cartografia-social-herramienta-de-analisis-las-conflictividades>

ECHAVE, M.A.S. Propiedades físico-químicas de los suelos. Capítulo 10. Instituto de Agrimensura. Universidad de la República. Facultad de Ingeniería. Uruguay: 2017.

ECHEVERRI, J.A. y ROMÁN, O. Diálogo de saberes y meta-saberes del diálogo: una perspectiva amazónica. En: Revista Estudios Sociales Comparativos, 2008, vol. 2, no. 1.

ELLIES, A. Algunos aspectos de la hidrofobicidad de los suelos derivados de cenizas volcánicas. En: Boletín de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, 1978, vol. 2.

ESPINOSA, J. y MOLINA, E. Acidez y encalado de los suelos. En: IPNI International Plant Natural Institute, 1999, vol. 1, no. 46.

ESPINOZA, L.; SLATON, N. y MOZAFFARI, M. Agricultura y Recursos Naturales. Cómo Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos. University of Arkansas System. División of Agriculture Research and Extension, 2012.

FAO. Comida, territorio y memoria. Bogotá, Colombia: 2015.

FARFÁN, F.V. Guía para el establecimiento de barreras con árboles y sombrío del café. En: Cenicafe, Ciencia, tecnología e innovación para la caficultura colombiana, 2013, no. 6.

FASSBENDER, H. Modelos edafológicos de Sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica: 1993.

FERNÁNDEZ, A.; FARJI-BRENER, A.G. y SATTI, P. Factores que infuyen sobre la actividad microbiana en basureros de hormigas cortadoras de hojas. En: Ecología Austral, 2014, vol. 24, no. 1, pág. 103–110.

GLIESSMAN, S.R. Agroecología: Processos ecológicos em agricultura sustentável. Serie Estudios Rurales. 2005.

GÓMEZ, J.A. y GÓMEZ, G. Saberes tradicionales agrícolas indígenas y campesinos: rescate, sistematización e incorporación a la IEAS. En: Ra Ximhai, 2006, vol. 2, pág. 97-126.

GÓMEZ, E.H. Estudio y modelación del movimiento del agua en suelos volcánicos de ladera. Universidad Nacional de Colombia. 2011.

GOMEZ, U.S. Bioingeniería para amarrar la tierra. El vetiver es una de las plantas que sirven para revegetalizar y recuperar taludes [en línea]. Periódico El Colombiano © ®: 2011, pág. 9-11 [citado diciembre, 2018]. Disponible en internet en: http://www.elcolombiano.com/historico/bioingenieria_para_amarrar_la_tierra-BFEC_133938

GUERRA, V.I. Cuando los nutrientes esenciales se vuelven tóxicos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina: 2013, pág. 1-5.

GUTIÉRREZ, A. La densidad aparente en suelos forestales del Parque Natural Los Alcornocales. Universidad de Sevilla. España: 2010.

HAENE, E. y DI GIACOMO, A. Plantas que atraen aves: Curupí y lecherón. En: Research Gate, 2017, septiembre.

HARTGE, R. y HORN, R. Die physikalische Untersuchung von Böden. Praxis Messmethoden Auswertung. 4. vollst. Überarbeitete Auflage. Schweizerbart Vorlage, Stuttgart: 2009.

HERNANDEZ, R. Química de la acidez del suelo. Casos Especiales de Acidez. Documento de trabajo. Suelos. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia. Documento no publicado. 2009.

HERNÁNDEZ, S. y GUTIÉRREZ, M.A. Manejo de Sistemas Agrosilvopastoriles. Unidad de alimentación animal. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela de Zootecnia. Guatemala: 1999.

HERRERA SILVA, J. La importancia de ver al planeta como una finca. Archivo periódico El Tiempo. Bogotá: 15, noviembre, 2011.

IBAÑEZ, J.J. Acidez y alcalinidad (pH) o reacción del suelo. En: Curso de Diagnóstico de Suelos en Campo, un universo invisible bajo nuestros pies. Los suelos y la vida [Blog]. Madrid: 2007. Disponible en internet en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/24/64266>

_____. Cultivos Indígenas, Comunidades Rurales en Latinoamérica, Diversidad Agrícola y Agroturismo [Blog]. Madrid: 2009. Disponible en internet en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/09/08/124469>

IGAC INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras, departamento del Cauca, escala 1:100.000. IGAC. Bogotá D.C.: 2009.

_____. Guía de muestreo de suelos. IGAC. Bogotá D.C.: 2013.

_____. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Tomo 6. IGAC. Bogotá D.C.: 2006.

_____. Resguardos indígenas en Colombia. IGAC. Bogotá D.C.: 2017.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - FAO. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. FAO. 2015.

_____. Suelos ácidos. FAO. 2018.

IUSS INTERNATIONAL UNION OF SOILS SCIENCE. Vienna Soil Declaration. Soil matters for humans and ecosystems. Proclaimed at the Celebration of the International Year of Soils 2015 Achievements and Future Challenges. Viena: 2015.

ISRAELSEN, O.W. y WEST, F.L. Water-Holding Capacity of Irrigated Soils. Utah State University. En: UAES Bulletins, 1922, Paper 149, no. 24.

IWATA, B.D.; LEITE, L.; ARAUJO, A.; NUNES, L.; GEHRING, C. y CAMPOS, L. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. En: Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental, 2012, vol. 16, no. 7, pág. 730-738.

JARAMILLO, J.N.; RODRÍGUEZ, V.P.; GUZMÁN, M.A.; ZAPATA, M.C. y RENGIFO, T.M. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) Bajo Condiciones Protegidas. FAO: 2007.

JARAMILLO J, D.F. Clasificación de los suelos. Algunos órdenes de suelo y sus características morfológicas [Blog]. WordPress.com ®: 2002 [citado diciembre, 2018]. Disponible en internet en: <https://biologiadesusuelos2014.wordpress.com/clasificacion/>

JIMÉNEZ, F.; MUSCHLER, R. y KÖPSELL, E. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Introducción a la agroforestería. CATIE. Turrialba, Costa Rica: 2001.

RÍOS KATTO, C.I. Guía para el cultivo y aprovechamiento del Nacedero, Naranjillo o Cajeto. Serie Ciencia y Tecnología, no. 97. 2001, 52p.

KEMP-BENEDICT, E.; COOK, S.; ALLEN, S.L.; VOSTI, S.; LEMOALLE, J.; GIORDANO, M. y KACZAN, D. Connections between poverty, water and agriculture: Evidence from 10 river basins. En: Water International, 2011, vol. 36, no. 1, pág. 125-140.

KROIS, J. y SCHULTE, A. Modeling the Hydrological Response of Soil and Water Conservation Measures in the Ronquillo Watershed in the Northern Andes of Peru. En: Conferencia ICWRER (6: Klobentz, Germany, 2013).

LÉON, W.J. y CHAVARRI, B.N. Anatomía xilemática del tallo de 8 especies de la subfamilia Euphorbioideae (Euphorbiaceae) en Venezuela. En: Revista de la Facultad de Agronomía, 2006, vol. 106, no. 1, pág. 1-12.

LACASTA, C.; BENÍTEZ, M.; MAIRE, N. y MECO, R. Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos. En: Congreso SEAE (7: Zaragoza, España: 2006, no. 110).

LISBOA, F.; CHAER, G.; FERNANDES, M.F.; BERBARA, R. y MADARI, B.E. Soil Biology & Biochemistry. En: Soil Biology and Biochemistry, 2014, vol. 78, pág. 97-108.

LLAMBI, L. y LINDERMAN, T. Informe de política 10. Prácticas ancestrales de manejo de recursos naturales. FAO. 2011, pág. 1-4.

LÓPEZ, G. Sistemas Agroforestales Tropicales. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural pesca y alimentación. IICA: 2008.

LOPEZ, I.; KEMP, P.; DÖRNER, J.; DESCALZI, C.; BALOCCHI, O. y GARCÍA, S. Competitive strategies and growth of neighboring *Bromus valdivianus* Phil. and *Lolium perenne* L. plants under water restriction. En: *Journal of Agronomy and Crops Science*, 2013, vol. 199, pág. 449-459.

LOZANO, J.; MADERO, E.; TAFUR, H.; HERRERA, O. y AMÉZQUITA, E. La conductividad hidráulica del suelo estudiada en el Valle del Cauca con el nuevo indicador del USDA. En: *Acta Agronómica*, 2005, vol. 54, no. 3, pág. 11-18.

MARIN, A.; MENEZES, R.; SILVA, E. y SAMPAIO, E. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no agreste Paraibano. En: *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 2006, vol. 30, no. 3, pág. 555-564.

MARTÍNEZ, A. Particularización al método de los coeficientes de escorrentía. Método de los coeficientes de escorrentía. Mauco Generalizado [en línea]. Oasification ®: 2006 [citado septiembre, 2018]. Disponible en internet en: <http://www.oasification.com/archivos/Coefficientes%20de%20escorrent%C3%ADa.pdf>

MATTA, L.S.; SAAVEDRA, G.; CAMPOS, P.; SALCEDO, T.; TRIANA, J.; PERALTA, A. y ESCOVAR, L. ELI Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano. En: *Corpoica*, 2009, vol. 1.

MEDINA, M.; GARCÍA, D.; MORATINOS, P.; COVA, L. y CLAVERO, T. Nursery evaluation of species with fodder potential for agro forest systems in Trujillo state, Venezuela. En: *Revista de la Facultad de Agronomía*, 2010, vol. 27, no. 2, pág. 232-250.

MÉXICO. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Deforestación y cambio en el uso del suelo. INECC. México: 2000.

MIELNICZUK, I. & SCHENEIDER, P. Aspectos socio-económicos do manejo de solo no Sul do Brasil. En T Simposio de Manejo do Solo e Plantío Direto no Sul do Brasil e III Simposio de Conservacao de Solo do Planalto. Passo Fundo, RS: 1984, pág. 3-19.

MOLANO, J.G.; QUICENO, M.P. y ROA, C. El papel de las cercas vivas en un sistema agropecuario en el Pidemonte Llanero. FAO. 2016.

MOLINA, C. Manejo agroecológico de caña de azúcar y sistemas silvopastoriles intensivos: alternativas sostenibles para el valle geográfico del río Cauca, Reserva Natural El Hatico. En: Revista Técnicaña, 2012, vol. 29, pág. 28-35.

MOREIRA, L.; RIGHETTO, A. y MEDEIROS, V. Soil hydraulics properties estimation by using pedotransfer functions in a northeastern semiarid zone catchment, Brazil. Manno, Switzerland: 2004.

MORENO, F.; MÁRQUEZ, A.; GUERRERO, A.; CHACÓN, C. y PRESTON, T. Árboles forrajeros premisorios para la producción agropecuaria, manejo y reproducción. En: Jornadas técnicas de ganadería, 2002.

MUNICIPIO DE SILVIA. Estudio previo de convivencia y oportunidad. Oficina Asesora de planeación. Silvia, Cauca, Colombia: 2016.

_____. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Silvia [en línea]. Silvia, Cauca, Colombia: 2000 [citado octubre, 2018]. Disponible en internet en: <http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POT/silvia/POT%20biofisico.pdf>

MUÑOZ, D.; CALVACHE, D. y YELA, J. Especies forestales con potencial agroforestal para las zonas altas en el departamento de Nariño. En: Revista de Ciencias, 2013, vol. 29, no. 1, pág. 38-53.

MUSÁLEM-SANTIAGO, M.Á. Sistemas agrosilvopastoriles: Una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. En: Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 2002, vol. 8, no. 2, pág. 91-100.

NIELSEN, D.R.; REICHARDT, K. y WIERENGA, P. Characterization of field measured soil water properties. Isotope and radiation techniques in soil physics and irrigation. Proceedings of an international symposium on isotope and radiation techniques in soil physics and irrigation studies jointly organiz. Colección NCL. IAEA. 1983.

NIETO, J. La importancia de la materia orgánica en el suelo. Plataforma Tecnológica de Agricultura Sostenible [en línea]. Agricultura Sostenible.org ®: 2017 [citado noviembre, 2018]. Disponible en internet en: http://www.agriculturasostenible.org/v_portal/informacion/informacionver.asp?

NOGUEIRA, R.; OLIVEIRA, T.; TEIXEIRA, A. y ARAÚJO, J.A. Redistribuição de carbono orgânico e fósforo pelo escoamento superficial em sistemas agrícolas convencionais e agrofloretais no semi-árido cearense. En: Ceres, 2008, vol. 55, no. 4, pág. 327-337.

OCHOA, D.M. y NAVAS, A.V. Árboles y arbustos de los ríos de cuenca Azuay - Ecuador. Serie textos apoyo a la docencia. Universidad del Azuay. Ecuador: 2016.

ODUM, E.P. The Strategy of Ecosystem Development. An understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. En: Science, 1969, vol. 164, pág. 262-270.

ORTIZ, R. y ALFARO, D. Intensificación Sostenible de la Agricultura en América Latina y el Caribe. Reporte de síntesis de una consulta electrónica. En: Research Gate, septiembre, 2014.

OSPINA, C.; HERNÁNDEZ, R.; GÓMEZ, D.; GODOY, J., ARISTIZÁBAL, F. PATIÑO, J. y MEDINA, J. Guías Silviculturales. El Aliso o Cerezo. FNC, Proexport, Cenicafe. Bogotá: 2005.

PACHÓN, X.C. Introducción a la Colombia Amerindia. Instituto colombiano de antropología. Publicaciones Banco de la República. Bogotá, D.C.: 1987.

_____. Los Wampi o la gente de Guambia. Geografía humana de Colombia. 1a. ed., vol. 2. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. Bogotá D.C.: 1996.

PALOMEQUE, E.F. Sistemas Agroforestales. Volumen 1 [en línea]. Huehuetán, Chiapas, México: 2009 [citado enero, 2019]. Disponible en internet en: https://www.academia.edu/7424278/Sistemas_Agroforestales

PATIL, N. y RAJPUT, G. Evaluation of water retention functions and computer program "Rosetta" in predicting soil water characteristics of seasonally impounded shrink-swell soils. En: Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2009, vol. 3, pág. 286-294.

PAZ, H.L. Problemas y perspectivas de la agricultura andina. En: Perspectivas, 2008, Colombia.

PERIÓDICO NUEVO SIGLO. Indígenas mantienen bloqueos en vía Cali-Popayán [en línea]. El nuevo Siglo ®: 2017 [citado diciembre 2018]. Disponible en internet en: <https://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/11-2017-indigenas-mantienen-bloqueos-en-via-cali-popayan>

PINEDA, O. El arbol de Aliso (*Alnus jorullensis*) para protección ambiental en climas templados y frios. En: Engormix, 2017, no. 1-5.

PORTA, C.; LÓPEZ, M. y ROQUERO, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. IEC: 1999.

POSEY, D. Etnobiología: teoría e práctica. En: Petrópolis: Vozes/FINEP, 1987, pág. 15-25.

POWERS, R.; TIARKS, A. y BOYLE, J. Assessing soil quality: in the United States. The Contribution of Soil Science to the Development of and Implementation of Criteria and Indicators of Sustainable Forest Management, 1998, pág. 53.

QUANTIN, P. Les andosols. Revue bibliographique des connaissances actuelles. En: Orstom, 1972, serie Pedol, vol. 10, no. 3, pág. 273-301.

RAO, I.; PETERS, M.; CASTRO, A.; SCHULTZE-KRAFT, R.; WHITE, D.; FISHER, M. y RUDEL, T. The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. En: The International Center for Tropical Agriculture (CIAT), 2017.

RAWLS, W. J., GISH, T., & BRAKENSIEK, D. (1991). Estimating soil water retention from soil physical properties and characteristics. En: Advances in Soil Science, vol. 16, pág. 213-230.

REINOSO, J. Conferencia Electrónica “Estrategias para la Conservación y Desarrollo Sostenible de Páramos y Punas en la Ecorregión Andina: Experiencias y Perspectivas”. En: Estrategias para Conservación y Desarrollo Sostenible del Altiplano, 1997, vol. 111, no. 2, pág. 217-231.

RETAMALES, J. y HANCOCK, J. Blueberries, Crop production science in horticulture. CAB international, London: 2012.

REVART, D. La Universidad Libre Misak: Un modelo pedagógico ante la crisis del pensamiento y la economía occidental [en línea]. Ruptura Colectiva ©: 2016 [citado 2018]. Disponible en internet en: <http://rupturacolectiva.com/la-universidad-libre-misak-un-modelo-pedagogico-ante-la-crisis-del-pensamiento-y-la-economia-occidental/>

SALEM, B. & NAO, T. La producción de leña en los sistemas agrícolas tradicionales. En: Unasyva, 2018, vol. 131, pág. 1-8.

SANTACRUZ, E.; GUERRERO, J. y ESTRADA, F. Efecto del arreglo silvopastoril (*Alnus Acuminata* K.) y Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* H.) sobre el comportamiento

productivo en novillas Holstein en el antiplano del departamento de Nariño. En: Agroforestería Neotropical, 2011, vol. 1.

SANTOYO, H. H. Suelos andisoles: Importancia y amenazas. AIDA América ©. 2013.

SCHAAP, M.; LEIJ, F. y VAN GENUCHTEN, M. Rosetta: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. En: Journal of Hydrology, 2001, vol. 251, no. 3-4, pág. 163-176.

SCHOENEBERGER, P.; WYSOCKI, D. y BENHAM, E. Field Book for Describing and Sampling Soils. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural. National Soil Survey Center Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture, 2002, pág. 1-228.

SENTÍS, I. Problemas de Degradación de suelos en América Latina: Evaluación de causas y efectos. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. 2015.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO SAG. Protocolo de Toma de Muestras de Suelos. Gestión Ambiental, Ministerio de Agricultura. Chile: 2010.

SHAW, A. y KRISTJANSON, P. Catalysing adaptive capacity for development and climate change: An exploration of social learning and social differentiation in the CGIAR. Working Paper No. 43. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), 2013, vol. 43.

SIERRA, C. Una relación intensa: El Hierro, el suelo y la planta. Diario El Mercurio, Santiago de Chile. Chile: 2017.

SILVA, G.; LIMA, H.; CAMPANHA, M.; GILKES, R. y OLIVEIRA, T. Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in the Brazilian semi-arid region. En: Geodema, 2011, vol. 167-168, pág. 61-70.

SOTOMAYOR, A.; GARCIA, E.; LUCERO, A.; VARGAS, V.; VILLARROEL, A. y MOYA, I. Modelos Agroforestales. Sistema Productivo Integrado para una Agricultura Sustentable. Instituto Forestal (INFOR), 2008, vol. 433.

TOLEDO, V. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. En: LEISA Revista de Agroecología, 2005, pág. 16-19.

TOLEDO, V. y BARRERA, N. La Memoria Biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales [en línea]. 2008. Disponible en internet en: http://era-mx.org/biblio/Toledo-_y_Barrera_2008.pdf

TOMASELLA, J.; HODNETT, M. y ROSSATO, L. Pedotransfer Functions for the Estimation of Soil Water Retention in Brazilian Soils. En: Soil Science Society of America Journal, 2000.

TUNUBALÁ, F. Saberes y tradiciones del pueblo Misak en relación con el conocimiento científico escolar: Las Plantas. Universidad del Valle. 2014.

TUNUBALÁ, F. y TROCHEZ, J.B. Segundo plan de vida de permanencia y crecimiento Misak. Mananasrøkurri, Mananasrønkatik, Misak Waramik. OIM: 2008.

UNESCO. El mundo entendido desde el conocimiento ancestral [en línea]. 2015. Disponible en internet en: Recuperado partir de <http://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/indigenas-el-mundo-entendido-desde-conocimiento-ancestral/33039>

VALENCIA, F. Agroforestería y sistemas agroforestales con café. Cenicafé. Manizales: 2014.

VAN GENUCHTEN, M.T. A Closed-form equation for prediccting hydraulic conductivity of unsaturated soils. En: Soil Science Society of America Journal, 1980.

_____; LEIJ, F. J., & YATES, S. R. The RETC Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils. United States Environmental Reseach Laboratory, 1991, pág. 93.

VEREECKEN, H.; JAVAUX, M.; WEYNANTS, M.; PACHEPSKY, Y.; SCHAAP, M. y VAN GENUCHTEN, M. Using pedotransfer functions to estimate the van Genuchten-Mualem soil hydraulic properties. En: Soil, Water and Environmental Science, 2010.

VICUÑA, P.E. Pastos y forrajes de clima frio [en línea]. SENA: 1985. Disponible en http://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/446/12/vol3_pastos_clima_frio_op.pdf

VIDAL, I.; FERNANDEZ, B. y DUARTE, N. Influencia de cuatro métodos de labranza sobre la velocidad de infiltración y estabilidad de los agregados del suelo. En: Agric. Tec., 1981, vol. 41, pág. 83-88.

VILLAMAR, A. El diálogo de saberes, una utopía realista. En: Integra Educativa, 2012, vol. 5., pág. 15-29.

WEIL, R.R. & BRADY, N.C. The nature and properties of soils. En: Researchgate, 2016.

WILDNER, L. & DA VEIGA, M. La erosión y el rendimiento de los cultivos. En: Revista: Erosión de suelos en América Latina, 1994.

WÖSTEN, J.; PACHEPSKY, Y. & RAWLS, W. Pedotransfer functions: Bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. En: Journal of Hydrology, 2001, vol. 3-4, pág. 123-150.

ZIMMERMANN, E. & BASILE, P. Estimación de parámetros hidráulicos en suelos limosos mediante diferentes funciones de pedotransferencia. En: Tecnología y Ciencias del Agua, 2011, vol. 2, no. 1, pág. 99-116.

ZUÑIGA, F.; DORNER, J.; THIERS, O. y BLUM, W. ¿Qué nos quiere decir el Suelo? En: Agrosur, 2014, vol. 42, no. 2, pág. 1-4.

ZÚÑIGA, F.; HUERTAS, J.; GUERRERO, G.; DÖRNER, J. & ORJUELA, H. Propiedades morfológicas de los suelos asociadas a los ecosistemas de Páramo, Nariño, Sur de Colombia. En: Research Gate, 2018.

ANEXOS

ANEXO A. Resultados análisis de suelo

Resultados predio No 1

 Gobernación del Cauca Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural		Nombre: Trino Morales Finca: Tel / Fax: Vereda: Cumbre Nueva Municipio: Silvia Dpto: 10. Cauca		DD MM AA Fecha entrada : 4 12 2017 Fecha salida : 27 12 2017 Material : <u>Suelo</u> Tipo de análisis : COMPLETO																		
		TT2 0-40																				
RESULTADOS DEL ANALISIS																						
Nº Muestra	Codigo Lab.	Prof. (cm)	pH 1:2,5	N-total	M.O			P (ppm)	Sat Al (%)	Al (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	ClCe (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Co (ppm)	Mo (ppm)
					0-1000 (%)	1000-2000 (%)	2000-3000 (%)															
1	43011	0,2	5,43	0,61	12,30	37,3	1,65	0,10	2,70	1,75	1,17	0,34	5,96	0,35	0,2	1,6	14,1	2,6	T	T	T	T
CONSULTE AL AGRÓNOMO DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA SELECCIONAR LOS FERTILIZANTES, METODOS Y EPOCAS DE APLICACION																						
Interpretación de los resultados: A: Contenido "abundante" o alto más no excesivo. B: Contenido "suficiente" o adecuado. C: Contenido "moderado" o adecuado. D: Contenido "bajo" o deficiente. E: Valor muy alto "excesivo" que puede ser perjudicial. F: Contenido nulo o "muy pobre". Para pH: A: Alcalino; B: Neutro; C: Ligera mente ácido; D: Moderadamente ácido; E: Fuertemente ácido; F: Muy alcalino. Para M.O: A: Alto; M: Medio; B: Bajo																						
Nº Muestra	Cod. Lab.	Cultivo	TEXTURA: 00 Franco EVIDENCIA DE CENIZAS VOLCANICAS: SI T = TRAZAS										TEXTURA X BOLYUCOS ARENA: 51.44% ARCILLA: 17.54% LIMO: 30.92%									
RECOMENDACION																						
No hay Presencia de Carbonatos de Calcio CaCO ₃ .																						
RECOMENDACION FERTILIZACION																						
Nutrientes puros en Kg/Ha/Año																						
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO																		
Metodos de Analisis																						
Análisis Intercamb: ACI IN: M.O. Walkley & Black. P: Bray I. Ca, Mg, K y Na: AcOH/4N 1N pH7 Cu, Fe, Zn, Mn: Doble Acido. B: Absorción Atómica y/o Asimetrin.																						
NOTA: Los resultados obtenidos son validos únicamente para la muestra analizada y la misma fue tomada por personal ajeno al Laboratorio. Consulte con su Ing. Agrónomo Asesor.																						
Carrera 6 calle 22N Obras Publicas Departamentales. Tel: Laboratorio (2)8237893 Telefax SADR (2)8231043 E-mail: labsueloscauca@hotmail.com																						
Analistas: Ricardo Bonilla - Viviana Muñoz Elaboró: Henry Sánchez Revisó: Ing. Hernando Sanchez Escobar															 Vo Bo							

Fuente. Gobernación del Cauca (2017).

Resultados predio No 2

 Gobernación del Cauca Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural		Nombre: Ciemencia Tunubala		DD	MM	AA																
		Finca:	Fecha entrada:	4	12	2017																
		Tel / Fax:	Fecha salida:	27	12	2017																
		Vereda: Delicias	Material: Suelo																			
		Municipio: Silvia	Tipo de análisis: COMPLETO																			
		Dpto: 10. Cauca																				
CT 0-40																						
RESULTADOS DEL ANALISIS																						
N° Muestra	Codigo Lab.	Prof. (cm)	pH 1:2,5	N-total	M.O			P (ppm)	Sat Al (%)	Al	Ca	Mg	K	Na	ClCa	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Co	Mo
					0-1000	1000-2000	2000-3000															
15	43025	0,2	5,83	0,20		4,03	13,1	0,00			5,44	2,31	0,81	0,43	8,99	0,39	2,6	119,8	52,9	4,4	0,5	0,4
			D	D		B	D				B	C	A	F		B	A	A	A	A	C	C

CONSULTE AL AGRÓNOMO DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA SELECCIONAR LOS FERTILIZANTES, MÉTODOS Y EPOCAS DE APLICACIÓN

Interpretación de los resultados: A: Contenido "abundante" o alto más no excesivo. B: Contenido "suficiente" o adecuado. C: Contenido "moderado" o adecuado. D: Contenido "bajo" o deficiente. E: Valor muy alto "Tóxico" que puede ser perjudicial. F: Contenido nulo o "muy pobre".

Para pH: A: Alcalino. B: Neutro. C: Ligera y ácido. D: Moderadamente ácido. F: Fuertemente ácido. E: Muy alcalino.

Para M.O: A: Alto. M: Medio. B: Bajo.

N° Muestra	Cod. Lab.	Cultivo	TEXTURA: 06 Franco	TEXTURA X BOUYOCOS
15	43025		EVIDENCIA DE CENIZAS VOLCÁNICAS: SI	ARENA ARCILLA LIMO
			T+ TRAZAS	42,88% 22,56% 34,56%

RECOMENDACIÓN

No hay Presencia de Carbonatos de Calcio CaCO₃.
 El presente suelo su de elementos menores esta indicando de acuerdo a la metodología utilizada que el elemento Fe su concentración es alta para un suelo normal.

RECOMENDACIÓN FERTILIZACIÓN				
Nutrientes puros en Kg/Ha/Año				
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO

Metodos de Analisis

Acidez intercamb. KOH 1N, M.O. Walkley & Black.
 P Bray II
 Ca, Mg, K y Na: AcOHM 1N pH7
 Cu, Fe, Zn, Mn: Doble Acido.
 B: Absorción Atomica y/o Azometin.

NOTA: Los resultados obtenidos son validos únicamente para la muestra analizada y la misma fue tomada por personal ajeno al Laboratorio.
Consulte con su Ing. Agrónomo Asesor.

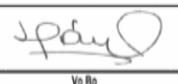
Carrera 6 calle 22N Obras Publicas Departamentales. Tel: Laboratorio (2)8237893 Telefax SADR (2)8231043
 E-mail: labsueloscauca@hotmail.com


 Vo Bo

Analistas: Ricardo Borilla - Viviana Muñoz
 Elaboró: Henry Sánchez
 Revisó: Ing. Hernando Sanchez Escobar

Fuente. Gobernación del Cauca (2017).

Resultados predio No 3

		Nombre: Edgar Tunubala		DD	MM	AA																	
Gobernación del Cauca Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural		Finca:		Fecha entrada :	4	12	2017																
		Tel / Fax:		Fecha salida :	27	12	2017																
		Vereda: Trebol		Material : <u>Suelo</u>																			
		Municipio: Silvia		Tipo de análisis : COMPLETO																			
		Dpto: 10. Cauca																					
ET 0-40																							
RESULTADOS DEL ANALISIS																							
N° Muestra	Codigo Lab.	Prof. (cm)	pH 1:2,5	N-total	M.O			P (ppm)	Sat Al (%)	Al	Ca	Mg	K	Na	ClCa	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Co	Mo	
					0-1000	1000-2000	2000-3000																
10	43020	0,2	4,79	0,48				9,65	5,3	26,09	1,20	1,60	1,00	0,52	0,28	3,40	0,32	0,4	4,9	6,0	1,5	T	T
			F	C				M	F			D	F	A	F		B	F	F	C	C	F	F
CONSULTE AL AGRÓNOMO DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA SELECCIONAR LOS FERTILIZANTES, METODOS Y EPOCAS DE APLICACION																							
Interpretación de los resultados: A. Contenido "abundante" o alto más no excesivo. B. Contenido "suficiente" o adecuado. C. Contenido "moderado" o adecuado. D. Contenido "pobre" o deficiente. E. Valor muy alto "excesivo" que puede ser perjudicial. F. Contenido rítmico o "muy pobre".																							
Para pH: A. Alcalino. B. Neutro. C. Ligeramente ácido. D. Moderadamente ácido. E. Fuertemente ácido. F. Muy alcalino. Para M.O: A. Alto. M. Medio. B. Bajo.																							
N° Muestra	Cod. Lab.	Cultivo	TEXTURA: 08 Franco Arenoso EVIDENCIA DE CENIZAS VOLCANICAS: SI T = TRAZAS													TEXTURA X BOUYOCOS ARENA: 56.72% ARCILLA: 16.72% LIMO: 24.56%							
10	43020		No hay Presencia de Carbonatos de Calcio CaCO ₃ .													RECOMENDACION							
RECOMENDACION FERTILIZACION																							
Nutrientes puros en Kg/Ha/Año																							
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO																			
Metodos de Analisis																							
Acidez intercamb. KCl 1N. M.O. Walkley & Black. P: Bray II. Ca, Mg, K y Na: AcOH 1N pH 7. Cu, Fe, Zn, Mn: Doble Acido. B: Absorcion Atomica y/o Azometin.																							
NOTA: Los resultados obtenidos son validos únicamente para la muestra analizada y la misma fue tomada por personal ajeno al Laboratorio. Consulte con su Ing. Agrónomo Asesor.																							
Carrera 6 calle 22N Obras Publicas Departamentales. Tel: Laboratorio (2)8237893 Telefax SADR (2)8231043 E-mail: labsueloscauca@hotmail.com																							
Analistas: Ricardo Bonilla - Viviana Muñoz Elaboró: Henry Sánchez Revisó: Ing. Hernando Sanchez Escobar																							
																							 Va Bo

Fuente. Gobernación del Cauca (2017).

ANEXO B. Encuestas realizadas a los propietarios de los predios seleccionados

Encuesta realizada al propietario predio No 1



Universidad
del Cauca

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, INGENIERIA FORESTAL

ENCUESTA PROPIETARIO DE PREDIO SELECCIONADO

Fecha: 29/11/2017

No de predio: 1

Diligenciado por: Juan Fernando Andrés Muñoz R.

Propietario(a): Taita Tino Morales Tombo

Ocupación: Docente, Agricultor

Vereda: Crucero Nueva

Composición familiar: Dos hijos, esposa

Uso del suelo: Agricultura

Área del predio, ¿como esta delimitado?: 1.952m² Cera Viva / Lebrero

Cultivos: Cebolla, Papa, Quinua

¿Hace uso de agroquímicos?: Si: No: ¿Cuales?: 10-30-10, Homate, Leishman

¿Hace uso de abonos orgánicos?: Si: No: ¿Cuales?: Bosashi

¿Asocia el componente arbóreo con sus sistemas productivos?: Si No ¿De qué manera? Aliso Para Producción de mielazas, Sombra, Cera Viva

¿Incluye especies nativas o introducidas par suplir sus necesidades? Si No

¿Porqué? Obtener nutrientes

Especie: Aliso Usos: Mielazas, Sombra
lechero Usos: Medicinal, Cera Viva
Usos: _____

¿Implementa sistemas pastoriles y/o pecuarios?: Si: No: ¿Cuales?: _____

¿Tiene establecidos sistemas de riego en sus cultivos?: Si: No:

¿Hace uso de practicas culturales?: Si: No: ¿Cuales?: Rotación de Cultivos

Encuesta realizada al propietario predio No 2



Universidad del Cauca

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, INGENIERIA FORESTAL

ENCUESTA PROPIETARIO DE PREDIO SELECCIONADO

Fecha: 29/11/2017

No de predio: 2

Diligenciado por: Juan Jimenez, Andrés Muñoz

Propietario(a): Clementina Turubachi Morales

Ocupación: Agricultora

Vereda: Delicias

Composición familiar: Madre dos hijos

Uso del suelo: Agricultura y Pastos

Área del predio, ¿como esta delimitado?: 90.85m² Cerca Viva

Cultivos: Maíz, Cebolla, Olluco

¿Hace uso de agroquímicos?: Si: No: ¿Cuales?: _____

¿Hace uso de abonos orgánicos?: Si: No: ¿Cuales?: Residuos de Maíz, Olluco, Cebolla

¿Asocia el componente arbóreo con sus sistemas productivos?: Si No ¿De qué manera? Cerca Viva

¿Incluye especies nativas o introducidas par suplir sus necesidades? Si No ¿Porqué? Ajbas en Cerca Viva, Leña Posteadora

Especie: Lechazo Usos: Medicinal, Cerca Viva

Cualabo Usos: Maduro, Leña, Pastos

¿Implementa sistemas pastoriles y/o pccuarios?: Si: No: ¿Cuales?: Kikuyu

¿Tiene establecidos sistemas de riego en sus cultivos?: Si: No:

¿Hace uso de practicas culturales?: Si: No: ¿Cuales?: Cenizas, Rotacionamiento R. para las Semillas

Encuesta realizada al propietario predio No 3



Universidad
del Cauca

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, INGENIERIA FORESTAL

ENCUESTA PROPIETARIO DE PREDIO SELECCIONADO

Fecha: 10/12/2012

No de predio: 3

Diligenciado por: Juan Tancara, Arleán Huícar

Propietario(a): Edgar Tancara

Ocupación: Agricultor

Vereda: Tiribol

Composición familiar: Esposa, hijos

Uso del suelo: Agricultura

Área del predio, ¿cómo está delimitado?: Posteado con Eucalipto y alambre

Cultivos: Maíz

¿Hace uso de agroquímicos?: Si: , No: , ¿Cuales?: _____

¿Hace uso de abonos orgánicos?: Si: , No: , ¿Cuales?: _____

¿Asocia el componente arbóreo con sus sistemas productivos?: Si / No ¿De qué manera? _____

¿Incluye especies nativas o introducidas para suplir sus necesidades? Si / No /

¿Por qué? Eucalipto para Postecadura

Especie: Eucalipto Usos: Postecadura

Usos: _____

Usos: _____

¿Implementa sistemas pastoriles y/o pecuarios?: Si: , No: , ¿Cuales?: _____

¿Tiene establecidos sistemas de riego en sus cultivos?: Si: , No:

¿Hace uso de practicas culturales?: Si: , No: , ¿Cuales?: Barrido

ANEXO C. Coordenadas de los predios seleccionados

Coordenadas parcela predio No 1

Propietario: Taita Trino Morales

Coordenadas UTM

18N UTM 0355122, 0291160 altitud 2999
18N UTM 0355122, 0291149 altitud 2996
18N UTM 0355126, 0291141 altitud 2997
18N UTM 0355128, 0291131 altitud 2995
18N UTM 0355153, 0291144 altitud 3008
18N UTM 0355150, 0291162 altitud 3011
18N UTM 0355144, 0291172 altitud 3012
18N UTM 0355138, 0291186 altitud 3012
18N UTM 0355116, 0291171 altitud 3001
18N UTM 0355122, 0291163 altitud 2998
18N UTM 0355123, 0291160 altitud 2998
18N UTM 0355124, 0291158 altitud 2998

Coordenadas parcela predio No 2

Propietario: Clementina Tunubalá

Coordenadas UTM

18N UTM 350414.30, 290345.72 altitud 2647
18N UTM 350451.70, 290384.97 altitud 2648
18 N UTM 350486.01, 290352.50 altitud 2648
18 N UTM 350450.70, 290315.52 altitud 2648
18 N UTM 350419.05, 290327.67 altitud 2648
18 N UTM 350422.38, 290332.50 altitud 2648

Coordenadas parcela predio No 3

Propietario: Edgar Tunubalá

Coordenadas UTM

18N UTM 0344689, 0283917 altitud 2465
18N UTM 0344712, 0283943 altitud 2467
18N UTM 0344763, 0283924 altitud 2468
18N UTM 0344699, 0283896 altitud 2464
18N UTM 0344677, 0283904 altitud 2463
18N UTM 0344690, 0283918 altitud 2463