

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL
POTENCIAL PRODUCTIVO DE PLANTACIONES FORESTALES EN LA
COMUNIDAD RÍO BLANCO, MUNICIPIO DULCE NOMBRE DE CULMÍ,
OLANCHO**

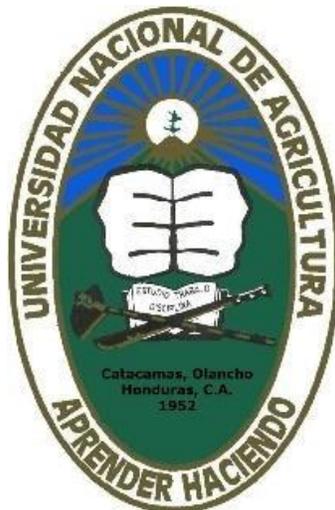
POR:

GIEZI MARIELA LÓPEZ MONTOYA

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE 2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL
POTENCIAL PRODUCTIVO DE PLANTACIONES FORESTALES EN LA
COMUNIDAD RÍO BLANCO, MUNICIPIO DULCE NOMBRE DE CULMÍ,
OLANCHO**

POR:

GIEZI MARIELA LÓPEZ MONTOYA

GERARDO JAIR LAGOS HERNÁNDEZ, M. Sc.

Asesor Principal, U.N.A.

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE 2013

DEDICATORIA

A **DIOS** todo poderoso,
Por brindarme la sabiduría necesaria,
Para poder llegar al final de una de mis metas.

A mi madre:
JOSEFA ADILIA LÓPEZ

A mi hijo:
SEBASTIAN KALE COREA

AGRADECIMIENTO

A mi **DIOS TODO PODEROSO** por nunca dejarme de la mano en cada momento de mi vida, por brindarme la fortaleza y sabiduría necesaria para seguir adelante en los momentos difíciles y poder lograr una de mis metas.

A mi madre **JOSEFA ADILIA LÓPEZ** por ser una persona muy importante en mi vida, por sus grandes esfuerzos y sacrificio como también por todos los sabios consejos que me ha brindado.

A mis dos hermanas **CARINA YOHANA LÓPEZ** y **DARLENE PAOLA LÓPEZ** por su apoyo moral, económico y por su cariño que siempre permanece conmigo.

A mis asesores **M. SC. GERARDO JAIR LAGOS, M. SC. RAMÓN CANACA** y **M. SC. JOSÉ TRINIDAD REYES** por compartir conmigo sus conocimientos que poseen y por su valioso tiempo y apoyo para hacer posible la culminación de este trabajo.

Al padre de mi hijo **DAVID EDMUNDO COREA** por todos los momentos que hemos compartido, amor sincero y por la mejor ayuda brindada.

A mis compañeros y amigos de la **Clase 2013**, porque desde que me integré a su grupo, me recibieron en un ambiente de amistad, como también permitiéndome aprender de cada uno de ellos; y de manera muy especial a **NELSON GÓMEZ** por su sincera amistad y apoyo en momentos muy difíciles; de igual forma a **CARMEN PAGUADA** y **DAVID MEJIA**.

CONTENIDO

CONTENIDO	iv
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos	2
III REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Bosques.....	3
3.2 Cobertura forestal en Honduras	3
3.3 Situación actual del sector forestal en Centroamérica	5
3.4 Áreas con potencial para reforestación en Honduras.....	5
3.5 Plantaciones forestales.....	6
3.6 Especies nativas de Honduras.....	6
3.7 Plantaciones en sistemas agroforestales	7
3.7.1Sistemas silvopastoríles	7
3.7.2Sistemas agrosilvopastoriles	7
3.7.3 Sistemas agrosilvícolas	7
3.8 Los suelos - sistemas naturales	7
3.9 El suelo forestal	8
3.10 La cubierta forestal	9
3.11 Propiedades del suelo y el desarrollo de la vegetación.....	9
3.12 Propiedades físicas del suelo	9
3.13 Efectos de las propiedades físicas.....	10
3.13.1 Textura del suelo.....	10
3.13.2 Color	11
3.13.3 Pendiente.....	11
3.13.4 Densidad aparente.....	12
3.14 Propiedades químicas del suelo	13

3.15 Efectos de las propiedades químicas	13
3.15.1 pH	13
3.15.2 Materia orgánica	14
3.16 Método de muestreo aleatorio simple.....	15
IV MATERIALES Y MÉTODO.....	16
4.1 Localización del área de estudio.....	16
4.2 Clima y suelos.....	17
4.3 Materiales y equipo.....	17
4.4 Método.....	18
4.5 Factor bajo estudio.....	18
4.6 Selección de los productores	18
4.7 Elaboración de mapas de fincas.....	18
4.8 Variables medidas para la caracterización edafológica del suelo.....	19
4.8.1 Textura del suelo.....	19
4.8.2 Pendiente del terreno	20
4.8.3 Densidad aparente.....	21
4.8.4 pH	21
4.8.5 Materia orgánica del suelo.....	22
4.8.6 Color del suelo.....	22
4.8.7 Propósito del productor.....	22
4.9 Categorización de variables edafológicas.....	23
4.9.1. Textura del suelo	23
4.9.2. Pendiente.....	24
4.9.3. Densidad aparente.....	24
4.9.4. pH del suelo	25
4.9.5. Materia orgánica del suelo.....	25
4.9.6. Color del suelo.....	26
4.9.7. Propósito del productor.....	27
4.10 Especies demandadas por el productor	28
4.11 Requerimiento edafológico de las especies forestales	28
4.12 Potencial productivo forestal del suelo	29

4.12.1	Potencial productivo forestal del suelo en las fincas estudiadas	29
4.13	Especies forestales recomendadas para el suelo de cada finca muestreada.....	30
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
5.1.	Especies de interés forestal para los productores	31
5.2.	Caracterización edafológica en las fincas.....	31
5.2.1.	Textura del suelo.....	32
5.2.2.	Color del suelo.....	33
5.2.3.	Potencial de acidez pH.....	34
5.2.4.	Densidad aparente.....	35
5.2.5.	Pendiente.....	35
5.2.6.	Materia orgánica	36
5.2.7.	Propósito del productor.....	37
5.3.	Determinación de categorías para el potencial productivo forestal del suelo	37
5.3.1.	Especies forestales demandadas por el productor	37
5.3.4.	Potencial productivo forestal del suelo en las fincas estudiadas	39
5.3.5.	Especies forestales latifoliadas recomendadas para los suelos muestreados	40
VI	CONCLUSIONES	41
VII	RECOMENDACIONES	42
VIII	BIBLIOGRAFÍA	43
IX	ANEXOS	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Escala de pH, (FAO <i>s.f.</i>).....	14
Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio, comunidad Río Blanco, municipio Dulce Nombre de Culmí, Olancho.	16
Figura 3. Determinación de la textura del suelo: a) muestras en reposo; b) lectura de las muestras.	20
Figura 4. Medición de la pendiente en los terrenos utilizando el clinómetro.....	20
Figura 5. Densidad aparente del suelo: a) toma de muestras; b) muestras en horno.....	21
Figura 6. Peachímetro utilizado para la medición de las muestras de suelo.	22
Figura 7. Determinación del color del suelo: a) tabla Munsell; b) comparación de colores.	22
Figura 8. Agregados del suelo en fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.....	32

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie de vocación forestal sometida a usos no forestales (km ²), año 1990, Honduras.	3
Cuadro 2. Propiedades físicas del suelo.	11
Cuadro 3. Principales grupos de materiales orgánicos del suelo.	15
Cuadro 4. Categorización de la variable textura del suelo.	23
Cuadro 5. Categorización de la variable pendiente del terreno.	24
Cuadro 6. Categorización de la variable densidad aparente del suelo.	25
Cuadro 7. Categorización de variable pH del suelo.	25
Cuadro 8. Categorización de variable contenido de materia orgánica del suelo.	26
Cuadro 9. Categorización de variable color del suelo.	27
Cuadro 10. Categorización de la variable de tipo cualitativa propósito de la plantación.	28
Cuadro 11. Textura del suelo en seis fincas de la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	32
Cuadro 12. Color del suelo en las fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	34
Cuadro 13. pH en suelos muestreados, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	34
Cuadro 14. Promedio de densidad aparente de suelos en fincas muestreadas en la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	35
Cuadro 15. Pendiente promedio de los terrenos en fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	36
Cuadro 16. Porcentaje de materia orgánica en suelos de fincas muestreadas en la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	36
Cuadro 17. Especies forestales de interés para los productores de la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	37
Cuadro 18. Rango de exigencias edafológicas de las especies forestales, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	38
Cuadro 19. Matriz para la categorización del potencial productivo forestal del suelo para especies latifoliadas.	39
Cuadro 20. Categorías del potencial productivo forestal del suelo para especies latifoliadas comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	39
Cuadro 21. Valores edafológicos del suelo para especies forestales latifoliadas en seis fincas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	40
Cuadro 22. Especies recomendadas según metodología de determinación del potencial productivo forestal para suelos en seis fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	40

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Sitios de muestreo dentro de las parcelas estudiadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí, Olancho.	50
Anexo 2. Análisis de muestras de suelo para la determinación de la textura y contenido de materia orgánica de seis parcelas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	53
Anexo 3. Procedimiento para la determinación del gradiente de pendiente en seis parcelas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	56
Anexo 4. Clases texturales del suelo (Soil Survey Staff USDA) y densidad aparente en (g/cm ³)... 57	
Anexo 5. Valores medios de porosidad, densidad y humedades a capacidad de campo y punto de marchitez para diferentes texturas.	58
Anexo 6. Requerimientos edafológicos de las especies forestales latifoliadas demandadas por los productores de la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	59
Anexo 7. Matriz de valores de las variables edafológicas de para las especies forestales latifoliadas demandadas por los productores de la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	59
Anexo 8. Matriz de valores mínimos para las variables edafológicas de las seis especies latifoliadas, de las seis fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	59
Anexo 9. Matriz de valores máximos para las variables edafológicas de las seis fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	59
Anexo 10. Matriz de valores de las variables edafológicas de las seis fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.	60

LÓPEZ MONTOYA, G.M. 2013. Caracterización edafológica para la determinación del potencial productivo de plantaciones forestales en la comunidad Río Blanco, municipio Dulce Nombre de Culmí, Olancho. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. 70p.

RESUMEN

La investigación se realizó en la comunidad de Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí, Olancho, con el objetivo de crear una metodología que sea de fácil aplicación para las instituciones que ejecutan proyectos de reforestación forestal o agroforestal, puesto que con esta metodología se podrá determinar de manera fácil las especies forestales adecuadas para los terrenos atendiendo al propósito del propietario y también a las características que presenta el suelo y que facilitan el pleno desarrollo del árbol traducido en un rápido crecimiento y vigorosidad. Las instituciones en general, podrán planificar la producción en vivero de las especies forestales atendiendo al potencial de los suelos para la producción forestal.

Las variables edafológicas consideradas fueron: textura del suelo, pendiente del terreno, densidad aparente, pH, contenido de materia orgánica, color del suelo y propósito del productor, es decir, la utilidad que espera obtener cada uno de los seis productores abordados, quienes demandaron las especies forestales siguientes: caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y macuelizo (*Tabebuia rosea*). Se muestrearon suelos de seis fincas, cuyo tamaño promedio es de 0.42 Mz.

Los suelos muestreados presentaron: textura franco arenosa, un 80% con color marrón, el pH oscila entre 4.5 y 6.6 siendo ácidos, la densidad aparente es baja (0.56 y 1.78 g/cm³), la pendiente es de quebrada a escarpada (31 a 45%), el contenido de materia orgánica es bajo (1.80 a 1.98%), mientras que el propósito del productor es realizar una plantación agroforestal combinando las especies forestales con fines de brindar sombra al cultivo de café y posteriormente realizar el aprovechamiento forestal.

Palabras claves: Edafología, suelos, reforestación, plantaciones forestales, agroforestería, planificación forestal, potencial productivo del suelo, metodología.

I INTRODUCCIÓN

Honduras es un territorio con una ubicación geográfica privilegiada, debido a ello cuenta con invaluables riquezas naturales, entre ellas ecosistemas altamente diversos contando con especies de plantas y animales únicos para el planeta. Sin embargo, por sus particulares características, estos recursos son vulnerables y cada día son más amenazados e incluso en riesgo de extinción. Esto se vincula al crecimiento poblacional y a las prácticas productivas no sostenibles, desarrolladas para suplir las necesidades humanas. La población hondureña necesita estar consciente del impacto de sus actividades sobre el entorno, la única manera de lograr esto es a través de la educación (PROCREA 2009).

En Honduras, se han realizado muchas investigaciones y producto de las mismas, se han generado metodologías; sin embargo, no se cuenta con una que considere el potencial productivo forestal del suelo que oriente la planificación de la producción forestal.

A través de la presente investigación se realizó una caracterización edafológica participativa para la determinación del potencial productivo forestal del suelo en seis fincas ubicadas dentro de la comunidad de Río Blanco, municipio de Dulce Nombre de Culmí, con tal información se creó una metodología capaz compatibilizar el propósito del productor, es decir la finalidad de la plantación (madera, sombra, leña) con el potencial que tiene el suelo; en otras palabras la determinación de las características edafológicas que permiten a dichas especies forestales su pleno desarrollo traducido a través del rápido crecimiento y la vigorosidad.

Cabe mencionar que se creó una metodología práctica y sencilla a partir de la cual las instituciones promoverán especies forestales, previo a la caracterización del suelo.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar el potencial productivo forestal de los suelos de la comunidad de Río Blanco, municipio Dulce Nombre de Culmí, Olancho, mediante la caracterización edafológica.

2.2 Objetivos específicos

Identificar las especies endémicas forestales que son de interés para los productores y productoras de la comunidad de Río Blanco.

Realizar la caracterización edafológica del suelo de las fincas de los productores y productoras que permita el conocimiento del potencial productivo forestal.

Crear una metodología práctica y de fácil aplicación que permita a las organizaciones promotoras de proyectos ambientales la planeación de la producción y reforestación forestal o agroforestal a partir del potencial productivo del suelo.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Bosques

El bosque es una extensión de tierra que contiene gran variedad de árboles, arbustos, hierbas, y es el hogar de diferentes clases de mamíferos, aves, reptiles, e insectos. El bosque es muy importante porque evita la erosión, influye en el clima y absorbe el dióxido de carbono. No existe una clasificación universalmente aceptada; sin embargo, en el caso de Honduras, es común utilizar la clasificación propuesta por Leslie Holdridge, creador del sistema Holdridge de zonas de vida, es un sistema global bioclimático para la clasificación de áreas de tierra (PROCREA 2009).

3.2 Cobertura forestal en Honduras

CONAFOR (2013) estima que la superficie de tierras con vocación forestal es de 98,629 km² (87.7% del territorio). Actualmente un 37.2% de tierras con vocación forestal están dedicadas a otros usos. La cobertura forestal se estima en 56,805 km² (50.5% del territorio) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie de vocación forestal sometida a usos no forestales (km²), año 1990, Honduras.

Área de vocación agrícola	Área de vocación forestal	Área total	Cobertura forestal	Área total sin bosque	Área de vocación forestal en otros usos
13,863 (12.3%)	98,629 (87.7%)	112,492 (100%)	56,805 (50.5%)	55,687 (49.5%)	41,824 (37.2%)

Fuente: Ferreira (2012).

En Honduras se distinguen cinco tipos de bosque de acuerdo a las especies predominantes y la nomenclatura comúnmente utilizada en el país: Bosque de Coníferas o Pinares, Bosques latifoliados de tierras bajas, Bosques Nublados, Bosques Secos y Bosque de Mangle o Manglar. A pesar de la alta diversidad de especies y la importancia de estos ecosistemas la atención se ha enfocado solamente a bosques de pinos, con poca atención a los bosques latifoliados y de mangle. Los bosques nublados y secos no han sido inventariados como unidades diferentes y la atención a su manejo ha sido casi nula (FAO 2000).

La pérdida en bosques latifoliados se calcula en 65 hectáreas/año debido principalmente a la agricultura migratoria para luego incorporar estos terrenos a ganadería extensiva. Los bosques latifoliados han recibido poca atención de parte del Estado hondureño que ha enfocado sus esfuerzos en bosques de pino, por ello las poblaciones los han visto como reservas de tierras para cultivo sin tomar en cuenta su valor. Los bosques de pino han sido sometidos a una explotación más intensiva afectando su calidad y densidad por lo que actualmente se encuentran degradados.

De acuerdo con PROCREA (2009) estos bosques han sido sometidos a la acción ganadera bajo tres formas principales:

- a) Corte total del bosque para la siembra de pastos.
- b) Raleo del bosque para permitir espacio para pastos.
- c) Pastoreo del ganado bajo bosque.

En todas las formas, el uso del fuego es la herramienta generalizada y práctica para renovar pastos. Tanto en bosques de pino como en las áreas descombradas en bosques latifoliados se observan grandes extensiones de terrenos altamente compactados y en proceso acelerado de degradación (FAO 2000).

3.3 Situación actual del sector forestal en Centroamérica

El sector forestal productor de madera en la región tiene un aporte al Producto Interno Bruto (PIB) que va del 0.5% en Panamá hasta el 3.1% en Honduras. Sin embargo, en todos los países se reconoce que esta contabilidad sólo incluye la producción primaria y el transporte, dejando de lado todo el sector secundario, el sector de servicios y el crecimiento del capital forestal, es decir, el crecimiento de los bosques naturales y las plantaciones. El empleo forestal en la región no está contabilizado en su totalidad. Más aún, en la mayoría de los países no se tiene contabilizada la cantidad de puestos de trabajo que se ubican en el sector “informal” de la economía, es decir, el empleo temporal y que se realiza por “tarea”, ligado a las actividades como el transporte de madera, la recolección de leña, plantas y semillas, entre otras. Por ejemplo, en Honduras la recolección de leña emplea a unas 27,000 familias en el sector rural (FAO y CCAD 2003).

3.4 Áreas con potencial para reforestación en Honduras

El área potencial de Honduras para reforestación, mediante proyectos en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es aproximadamente de 4.7 millones de hectáreas, de conformidad con las especificaciones establecidas por el Protocolo de Kyoto, correspondientes a la tierras deforestadas hasta diciembre de 1989. Como país signatario de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) del Protocolo de Kyoto y del Acuerdo de Marrakesh (Séptima Conferencia de las Partes, COP.7), Honduras puede tener acceso a proyectos forestales, dentro de ello una condicionante es la disponibilidad y acceso de áreas deforestadas y el otro aspectos son las características de la vegetación remanente (FAO 2000).

3.5 Plantaciones forestales

La repoblación forestal puede definirse como el "conjunto de técnicas que se necesitan aplicar para crear una masa forestal, formada por especies vegetales leñosas (árboles o arbustivas), que sea estable con el medio, en un terreno cuya vegetación actual es ineficaz en mayor o menor grado según el uso asignado al territorio, y que adoptando las características deseadas, cumpla con los fines que de ella se demanden". Se entiende por masa forestal el "conjunto de vegetales leñosos que ocupan una extensión relativamente grande y que interaccionan entre sus componentes (viven en espesura), que evoluciona en relación con su medio y que es objeto de tratamiento para obtener utilidades de ella" (Serrada 2000).

3.6 Especies nativas de Honduras

Una especie es reconocida como única o endémica cuando está restringida a una zona geográfica en particular; en términos más sencillos se le llama así, a la especie animal o vegetal propia y exclusiva de una determinada zona (PROCREA 2009).

PROCREA (2009) menciona algunas especies endémicas de Honduras; como ser:

- *Samanea saman* (Carreto)
- *Cordia alliodora* (Laurel blanco)
- *Terminalia amazonia* (Almendro)
- *Swietenia humilis* (Caoba del Pacífico)
- *Quercus oleoides* (Encino)
- *Tabebuia chrysantha* (Cortez amarillo)

3.7 Plantaciones en sistemas agroforestales

Las plantaciones en sistemas agroforestales son el efecto de los árboles en el aporte de nutrientes y la conservación del suelo (Ferreira 2012).

3.7.1 Sistemas silvopastoriles

Se incorporan árboles como elemento productivo, que hacen aportes a la alimentación animal y generan relaciones positivas entre el suelo, las pasturas y los animales (PROCREA 2009).

3.7.2 Sistemas agrosilvopastoriles

El sistema agrosilvopastoril es la mezcla de estratos muy complejos de árboles, arbustos, bejucos, cultivos perennes y anuales, animales (especialmente cerdos y gallinas) para generar una multitud de productos comerciales y de uso familiar; el pastoreo es muy común en la estación seca después de las cosechas para aprovechar los residuos de los cultivos (rastrojo) además del único follaje verde en verano (los árboles) (Ferreira 2012).

3.7.3 Sistemas agrosilvícolas

Son una práctica agroforestal que consiste en combinar árboles y/o arbustos con cultivos agrícolas en la misma unidad predial, estableciendo cultivos agrícolas en forma de callejones entre las hileras de árboles (INFOR 2004).

3.8 Los suelos - sistemas naturales

Los suelos son sistemas naturales abiertos y complejos, que se forman en la superficie de la corteza terrestre donde viven plantas y una diversidad de seres vivos, cuyas características y propiedades se desarrollan por la acción de los agentes climáticos y bióticos actuando sobre los materiales geológicos, acondicionados por el relieve y drenaje durante un período de tiempo (Ibáñez 2007).

A menudo, se define al suelo como la capa más externa, en su mayor parte no consolidada, de la corteza terrestre, cuyo grosor varía desde unos cuantos centímetros hasta más de tres metros. Además, se le describe, como una entidad natural que consta de materiales orgánicos y minerales sobre los que crece la planta. Desde luego, esta definición no es válida para todos los suelos, además de que algunas plantas que crecen en el aire y en el mar no tienen contacto directo con el suelo. No obstante, la descripción pone de relieve la estrecha relación que existe entre el suelo y las plantas, lo cual es la base para los estudios forestales (Pritchett 1986).

3.9 El suelo forestal

El suelo es un recurso natural no renovable debido a que su proceso de formación tarda cientos de años. Es un sistema dinámico que ejerce funciones de soporte biológico en los ecosistemas terrestres; interviene en los ciclos de carbono, azufre, nitrógeno y fósforo como parte fundamental en el equilibrio de los ecosistemas, funciona como filtro y amortiguador que retiene sustancias, protegiendo las aguas subterráneas y superficiales contra la penetración de agentes nocivos, transforma compuestos orgánicos descomponiéndolos o modificando su estructura consiguiendo la mineralización, también proporciona materias primas renovables y no renovables de utilidad para el ser humano.

La situación actual de este importante recurso no es alentadora, se requieren grandes y constantes esfuerzos para su estabilización y recuperación. El ser humano, como principal autor de la alteración, debe estar comprometido a realizar acciones de conservación y

restauración de suelos con la finalidad de evitar la pérdida de especies y ecosistemas y de garantizar la preservación de sus funciones (CONAFOR 2013).

3.10 La cubierta forestal

El término “cubierta forestal” se utiliza por lo general para designar a toda la materia orgánica, entre ella la hojarasca y las capas de materiales orgánicos en descomposición que descansan sobre la superficie del suelo mineral. Estas capas de materia orgánica y su microflora característica, así como su fauna, constituyen la fase verdaderamente dinámica del ambiente forestal, y representan el criterio más importante para distinguir los suelos forestales de los agrícolas (cultivados). La cubierta forestal constituye la zona donde vastas cantidades de restos de vegetales y animales, así como de “litter” u hojarasca del bosque, se desintegran por encima de la superficie del suelo mineral (Pritchett 1986).

3.11 Propiedades del suelo y el desarrollo de la vegetación

Pritchett (1986) considera que las propiedades de los suelos desarrollados bajo condiciones determinadas han influido mucho en el desarrollo y crecimiento de las plantas. Propiedades tales como: la textura, temperatura, pH, contenido de nutrientes, relaciones de humedad y relativas al material parental, son singularmente importantes.

3.12 Propiedades físicas del suelo

Según Pritchett (1986) se ha impuesto una opinión más equilibrada sobre la importancia de todas las propiedades del suelo en el medio ambiente forestal; opinión que implica el reconocimiento de que existe una estrecha interrelación entre las propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo, y aunque las adecuadas propiedades físicas pueden contribuir a compensar las propiedades químicas o biológicas deficientes, la productividad del suelo no puede ser sinónimo solamente de las características físicas.

3.13 Efectos de las propiedades físicas

De acuerdo con Honorato (2001), las propiedades físicas tienen los siguientes efectos en el suelo:

- Mejora la absorción de agua y contenido de aire en el suelo.
- Disminuye el escurrimiento superficial del agua.
- Facilita el laboreo del suelo.
- Influye en el color del suelo.

A continuación se describen algunas propiedades físicas del suelo:

3.13.1 Textura del suelo

Suarez (1982), citado por Hernández (2012) menciona que esta característica de los suelos se determina por porcentaje de cada uno de sus componentes minerales (arcilla, limo y arena). La textura es responsable entre otras condiciones de la fertilidad potencial, la permeabilidad, la humedad, la profundidad efectiva, y el grado, evolución y tipo genético, y las características químicas asociadas de los suelos.

El suelo en los “**bosques templados deciduos**” es relativamente rico debido a que, cada otoño, los árboles desprenden las hojas que produjeron la primavera previa. Esta vasta cantidad de material orgánico contribuye a la "capa de hojarasca" de los suelos forestales. Comparado a otros tipos de suelo, los arenosos son relativamente "jóvenes". El agua y el aire se mueven fácilmente entre los granos grandes de arena, por lo que este tipo de suelo retiene muy poca agua y es susceptible de secarse. Lo contrario sucede en los suelos arcillosos que frecuentemente suelen estar inundados debido a que las pequeñísimas

partículas de arcilla están fuertemente empaquetadas, lo que hace difícil el movimiento del agua y del aire. Los suelos arcillosos pueden ser lo suficientemente densos para dificultar el crecimiento en ellos de las raíces (Marcano *s.f.*).

Entre la textura arenosa y la arcillosa se encuentran las otras 10 clases, con características intermedias entre ambas. La textura franca se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes, demostrado en el cuadro 2 (Educarm 2013).

Cuadro 2. Propiedades físicas del suelo.

Propiedad física	Suelo Arenoso	Suelo arcilloso	Suelo franco
Permeabilidad	Alta	nula	media
Capacidad de retención de agua	Poco	mucho	medio
Aireación	Buena	mala	buena
Nutrientes	Pocos	muchos	medio
Tamaño de las Partículas	Media	muy fina	fina

Fuente: Modificado de Educarm (2013).

3.13.2 Color

El Sistema Munsell, describe todos los posibles colores en términos de tres coordenadas: matiz, que mide la composición cromática de la luz que alcanza el ojo; claridad, que indica la luminosidad u oscuridad de un color con relación a una escala de gris neutro; y pureza, que indica el grado de saturación del gris neutro por el color del espectro (Ovalles 2003).

3.13.3 Pendiente

En un punto dado es el ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno en ese punto. Es, en definitiva, la inclinación o desnivel del suelo. En lugar de expresarla como un ángulo, es más interesante representar la pendiente del terreno como un valor de tanto por ciento (%). Este se obtiene, multiplicando por 100 la tangente del ángulo que define el desnivel del suelo (Suarez 1982, citado por Hernández 2012).

3.13.4 Densidad aparente

La densidad aparente (o peso por volumen), es la relación del peso al vacío de un volumen dado de suelo no alterado con el peso de un volumen igual de agua. A diferencia de la densidad de las partículas, que considera solamente las partículas sólidas, las mediciones de densidad aparente incluyen el espacio ocupado por el aire, así como el volumen del suelo, y así, estas mediciones están relacionadas con la porosidad (Pritchett 1986).

La densidad aparente afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la especie de que se trate. Por ejemplo, para suelos arenosos una densidad aparente de 1.759 Kg m⁻³ limita el crecimiento de las raíces de girasol, mientras que en suelos arcillosos, ese valor crítico es de 1.460 a 1.630 Kg m⁻³, para la misma especie (UNNE 2003).

Los valores que puede tomar la densidad aparente dependen de muchos factores, que van desde la textura, contenido de materia orgánica, hasta el manejo que se le da al suelo, en contraste con la densidad real, que es más o menos constante, la densidad aparente es altamente variable. Esta es afectada por la estructura del suelo, que es, su flojedad o grado de compactación, así como también por sus características de contracción y expansión. Esto último depende tanto de su contenido de arcilla como de la humedad del suelo. El espacio poroso puede ser altamente reducido por compactación, pero nunca se puede llegar a eliminar totalmente (UNNE 2003).

3.14 Propiedades químicas del suelo

Pritchett (1986) demostró que la importancia de las propiedades químicas del suelo en el crecimiento arbóreo ha sido objeto de una considerable atención en años recientes, principalmente a causa de una mayor demanda de suelos forestales como resultado de la popularidad creciente de las poblaciones y del manejo intensivo de los bosques, los huertos de almácigos y los viveros forestales en muchas regiones del mundo.

Las propiedades químicas de mayor importancia en el manejo forestal son pH, materia orgánica y presencia de nutrientes esenciales como: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), entre otros.

3.15 Efectos de las propiedades químicas

Honorato (2001) menciona los efectos de las propiedades químicas del suelo, como ser:

- Aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIA), por sus siglas en ingles.
- Aumenta el poder tapón de los suelos.

3.15.1 pH

Las letras pH son la abreviación de “pondus hydrogenii”, traducido como potencial de hidrógeno. El pH es uno de los principales responsables de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la mayor o menor comparacion de los diferentes nutrientes (FCIEN *s.f.*).

Los suelos pueden tener una reacción ácida o alcalina, y algunas veces neutral. La medida de la reacción química del suelo se expresa mediante su valor de pH. El valor de pH oscila de 0 a 14, y el pH 7 es el que indica que el suelo tiene una reacción neutra. Los valores inferiores a 7 indican acidez y los superiores a 7 alcalinidades (FAO *s.f.*). Mientras más distante esté la medida del punto neutro, mayor será la acidez o alcalinidad (Figura 1).

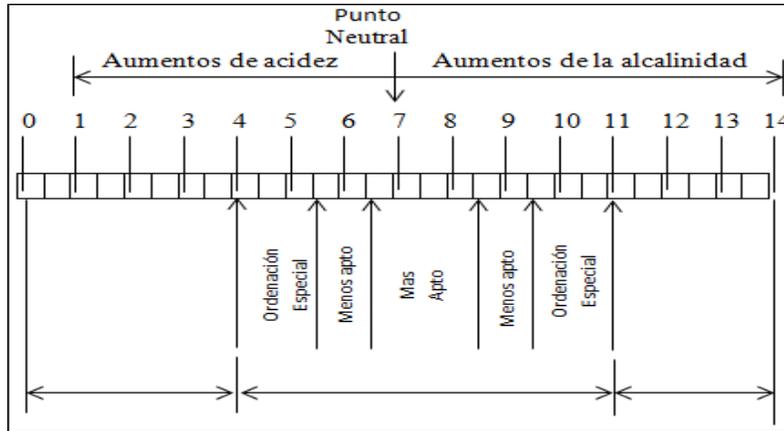


Figura 1. Escala de pH (FAO *s.f.*).

3.15.2 Materia orgánica

Honorato (2001) señaló que el contenido de materia orgánica en los suelos es muy variable y está fuertemente influido por las condiciones climáticas, especialmente precipitaciones. La distribución de la materia orgánica en el perfil del suelo es lo que se denomina perfil orgánico, que esta, en gran medida, influido por el tipo de vegetación.

Los materiales orgánicos que se encuentran en el suelo se agrupan de acuerdo con su grado de transformación, como se muestra en el cuadro 3 (Buol *et al.* 1997).

Cuadro 3. Principales grupos de materiales orgánicos del suelo.

Materia orgánica fresca (MF) (Órganos)	Materia orgánica no húmica (MNH) (Compuestos químicos simples)	Materia orgánica húmica (MH) (Coloides orgánicos)
Hojas	Celulosa (15 - 60%)	Ácido fúlvico
Tallos	Hemicelulosa (10 - 30%)	Ácido himatomelánico
Raíces	Lignina (5 - 30%)	Ácido húmico
Flores	Azúcares, aminoácidos y ácidos alifáticos (5 - 30%)	Humana
Frutos	Grasas, aceites, ceras, resinas y otros pigmentos (1 - 8%)	
	Proteínas (1 - 15%)	

Fuente: Buol *et al.* (1997).

3.16 Método de muestreo aleatorio simple

Es el esquema de muestreo más sencillo de todos y de aplicación más general. Este tipo de muestreo se emplea en aquellos casos en que se dispone de poca información previa acerca de las características de la población a medirse. Por ejemplo, si se quiere conocer la abundancia promedio de una especie de un bosque, una información simple sería un croquis con la superficie del bosque. Previa a la entrada al bosque, se debe cuadricular el croquis o mapa y, del total de estos cuadros, se debe seleccionar, aleatoriamente, un determinado número de cuadros que serán muestreados (BOLFOR 2000).

IV MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Localización del área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Dulce Nombre de Culmí, departamento de Olancho, específicamente en la comunidad de Río Blanco, ubicada en la parte suroeste de la montaña de El Malacate, cuya altitud oscila entre 850 y 1,100 msnm (Figura 2).

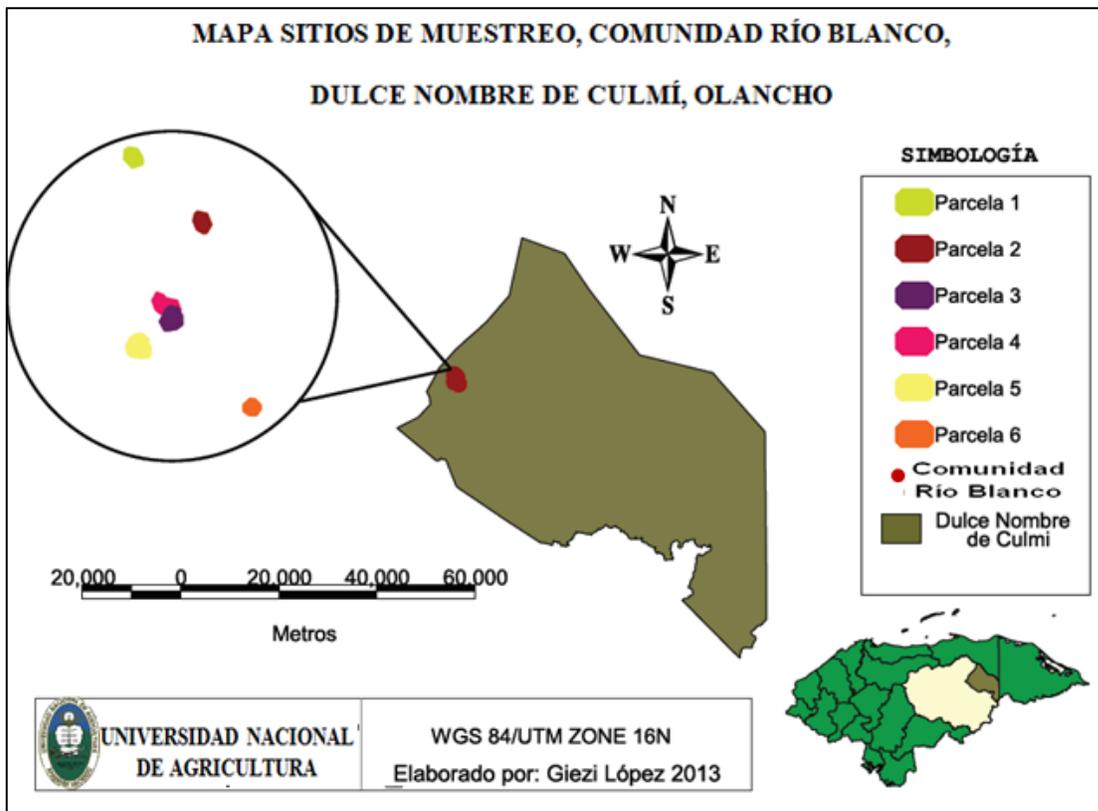


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio, comunidad Río Blanco, municipio Dulce Nombre de Culmí, Olancho.

4.2 Clima y suelos

Dulce Nombre de Culmí está ubicado a una altitud promedio de 600 msnm lo que favorece un clima cálido húmedo con bosques de coníferas, latifoliados y mixto. La temperatura y precipitación promedio anual son 26°C y 30 mm/año respectivamente, con una estación lluviosa marcada desde mayo a octubre.

Los suelos son desde profundos a poco profundos en zonas de valle, en laderas son mayormente con pendientes fuertes. Son pocas las tierras dentro del municipio que se encuentran en valle.

4.3 Materiales y equipo

Para la presente investigación utilizaron los siguientes materiales y equipos:

a) Materiales y equipo de campo

Formularios, tablero, lápiz tinta, libreta de apuntes, cabuya, machete, nivel de burbuja, bolsas plásticas, cinta métrica, barreno para muestreo de suelos, cilindros metálicos, botes plásticos, clinómetro y Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

b) Herramientas, equipo de oficina y de laboratorio

Computadora, software gvSIG, impresora, papel periódico, tabla Munsell, horno de disecación, balanza de precisión, vasos de precipitado de 50 ml, probetas de 1,000 ml, botellas de plástico con tapón, agitador mecánico de botellas, termómetro, cronómetro y peachímetro.

4.4 Método

Se utilizó el método descriptivo, puesto que fue necesario realizar descripciones a nivel de campo, las que fueron cualitativas y cuantitativas, dado que permitieron el levantamiento de la información fidedigna. Cabe mencionar que el proceso fue de amplia participación donde se valoró el conocimiento que poseen los productores y productoras en cuanto a la temática de las plantaciones forestales, quienes manifestaron el propósito de las mismas.

4.5 Factor bajo estudio

El factor bajo estudio fue la caracterización edafológica para la posterior determinación del potencial productivo forestal que tienen los suelos de las seis parcelas estudiadas dentro de la comunidad Río Blanco, municipio Dulce Nombre de Culmí como propuesta metodológica para la planificación y establecimiento de plantaciones forestales adaptables a la zona, por lo que se han identificado algunas variables físicas y químicas del suelo, además de otros parámetros que tienen relación con el clima.

4.6 Selección de los productores

Previamente se contó con un listado de productores, quienes son integrantes del Comité de Emergencia Local (CODEL) de la comunidad Río Blanco, del mismo fueron seleccionados cinco productores y una productora, en total seis productores cuyas áreas fueron estudiadas.

4.7 Elaboración de mapas de fincas

Mediante visitas de campo a cada una de las seis fincas de los productores seleccionados y utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se tomaron los puntos del perímetro de cada uno de los terrenos definidos por los productores, en los que a futuro se

realizarán plantaciones forestales, luego mediante el software de gvSIG se realizaron los respectivos mapas de dichas fincas (Anexo 1).

Dentro de cada mapa se definió una cuadrícula en la que de manera equidistante se ubicaron sitios de muestreo y que aunque las parcelas no eran iguales entre sí, se definió en cada una aproximadamente 21 sitios de muestreo por parcela y de estos de manera aleatoria simple fueron seleccionados 10 en los que se tomó igual cantidad de submuestras de suelo para luego crear una sola muestra por finca para el análisis de textura y materia orgánica. Además en dichos sitios de muestreo se realizaron las mediciones de otras variables que demandó la investigación, como ser: pendiente, densidad aparente, pH y color del suelo (Anexo 1).

4.8 Variables medidas para la caracterización edafológica del suelo

En cada uno de los seis terrenos visitados se procedió a la medición de siete variables de tipo edafológico, seis de ellas para la descripción del suelo, mientras que la otra variable es de tipo cualitativo y consistió en preguntarle al productor cual sería el propósito de la plantación que posteriormente realizará. Las variables son:

- a) Textura del suelo
- b) Pendiente del terreno
- c) Densidad aparente
- d) pH del suelo
- e) Contenido de materia orgánica
- f) Color del suelo
- g) Propósito del productor

4.8.1 Textura del suelo

Para el análisis de la textura de los suelos se recogieron muestras de suelo en cada una de las seis fincas (Figura 3), de igual manera para corroborar la información se envió muestras

de las seis fincas al laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano (Anexo 2).

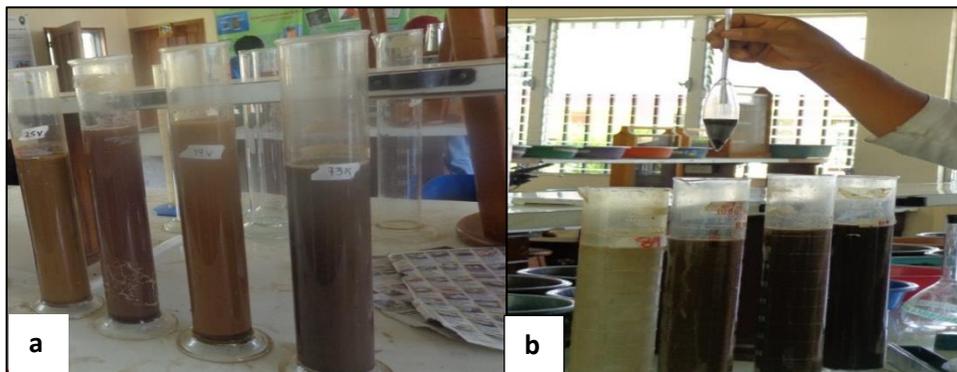


Figura 3. Determinación de la textura del suelo: a) muestras en reposo; b) lectura de las muestras.

4.8.2 Pendiente del terreno

Para la determinación de la pendiente del terreno en cada una de las seis fincas de los productores visitados se utilizó el clinómetro (Figura 4), método que fue comprobado por medio del método del nivel de burbuja y la cuerda, mismo que se explica en el (Anexo 3).



Figura 4. Medición de la pendiente en los terrenos utilizando el clinómetro.

4.8.3 Densidad aparente

La densidad aparente fue determinada a través del método descrito por Ibáñez (2007) y consistió en la toma de muestras de suelo utilizando un cilindro, luego las muestras se colocaron dentro del horno de desecación durante 24 horas a temperatura de 106°C (Figura 5), luego de transcurrido este tiempo se sacaron y fueron pesadas, dicho peso fue dividido entre el volumen del cilindro.



Figura 5. Densidad aparente del suelo: a) toma de muestras; b) muestras en horno.

4.8.4 pH

Para medir el pH de las seis muestras provenientes de igual número de parcelas, se utilizó un peachímetro marca Crison de sondas de temperatura (Figura 6).



Figura 6. Peachímetro utilizado para la medición de las muestras de suelo.

4.8.5 Materia orgánica del suelo

Para determinar el contenido de materia orgánica se enviaron las seis muestras de suelo al laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano (Anexo 2).

4.8.6 Color del suelo

Para medir el color del suelo se utilizó la tabla de Munsell donde a cada muestra de suelo se le realizaron dos lecturas; la primera, en suelo seco, y la segunda, en suelo húmedo (Figura 7).

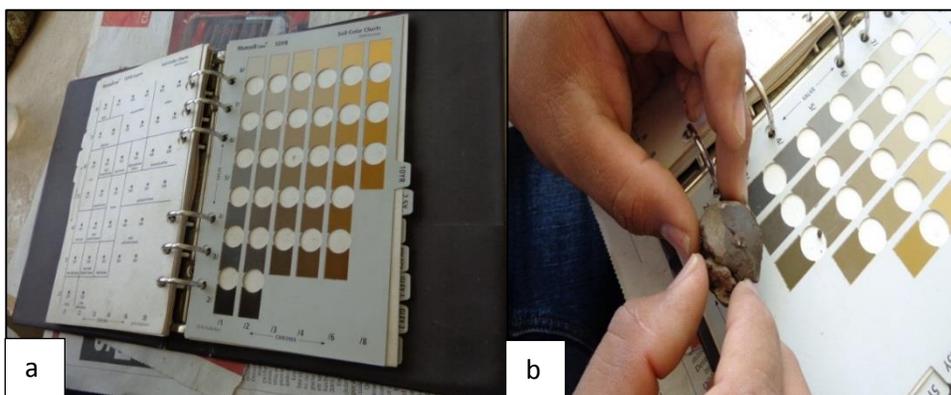


Figura 7. Determinación del color del suelo: a) tabla Munsell; b) comparación de colores.

4.8.7 Propósito del productor

Mediante la determinación de esta variable cualitativa se consideró la participación del productor o productora dueño o dueña de la finca, quien mostró interés para el

establecimiento de una parcela con especies forestales puras o mediante la agroforestería en los sitios donde fue realizada la caracterización del suelo.

4.9 Categorización de variables edafológicas

En función de la metodología que se creó, previamente fue necesaria la categorización de las variables edafológicas a fin de establecer valores máximos y mínimos para aquellas condiciones del suelo que permitieran el máximo o que limitaran el desarrollo de las especies forestales, tales categorías son:

4.9.1. Textura del suelo

De acuerdo con Educarm (2013) un suelo con textura franca es considerado el ideal porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, mientras que un suelo arcilloso dificulta el crecimiento de las raíces de las plantas; en tanto, un suelo arenoso retiene muy poca agua y es susceptible de secarse; por lo tanto se propuso establecer el valor máximo para el suelo de textura franca porque es ideal para el desarrollo de las plantas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Categorización de la variable textura del suelo.

Propiedad física del suelo	Suelo arenoso	Suelo arcilloso	Suelo franco
	1	2	3
Permeabilidad	Alta	Nula	Media
Capacidad de retención de agua	Poco	Mucho	Medio
Aireación	Buena	Mala	Buena
Nutrientes	Pocos	Muchos	Medio
Tamaño de las partículas	Media	Muy fina	Fina

Fuente: Creado a partir de Educarm (2013).

4.9.2. Pendiente

PDF (2000), citado por Lagos (2003) definió cuatro categorías para la clasificación de las pendientes dentro de una cuenca hidrográfica, para efectos de la presente investigación se asignará el mayor puntaje a los suelos con pendientes menores, significando que son valles donde las plantas se desarrollan mejor que con respecto a suelos con alto porcentaje de pendiente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Categorización de la variable pendiente del terreno.

Terreno	Porcentaje (%)	Categoría
Plano	0 - 15	3
Ondulado	16 - 30	3
Quebrado	31 - 45	2
Escarpado	Mayor de 45	1

Fuente: Modificado de PDF (2000), citado por Lagos (2003).

4.9.3. Densidad aparente

UNNE (2003) menciona que la densidad aparente afecta el crecimiento de las plantas debido al efecto que tiene la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces de las plantas; por lo que a mayor valor de densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo a disminuir; esto coincide con lo expresado por Donoso (1992), citado por Araucaria (2005) para quien valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados con buen drenaje y buena penetración de raíces, todo lo cual significa un buen crecimiento y desarrollo de los árboles; además presenta para suelos de rocas y minerales valores de 2.65 g/cm³; arena 1.9 - 1.7 g/cm³; Textura franca 1.3 - 1.0 g/cm³ y suelos ricos en humus 0.9 - 0.8 g/cm³; por tanto, valores altos en la categorización indicarán que los suelos son de textura franca y valores bajos se aplicarán a suelos arenosos que no retienen humedad y a suelos arcillosos que dificultan el desarrollo radicular de las plantas presentados en el cuadro 6 elaborado basado en los Anexos 4 y 5.

Cuadro 6. Categorización de la variable densidad aparente del suelo.

Textura del suelo	Densidad aparente (g/cm³)	Categoría
Arcilloso	1.39 – 1.40	1
Franco-arcilloso	1.40 – 1.42	2
Franco	1.42 – 1.45	3
Franco-arenoso	1.45 – 1.49	2
Arenoso	> 1.49	1

Fuente: Creado a partir de NRCS-USDA y Rawls *et al.* 1992, citados por UPM (*s.f.*), y Donoso (1992), citado por Araucaria (2005).

4.9.4. pH del suelo

Valores inferiores a siete indican acidez del suelo, en tanto, valores superiores a siete reflejan el grado de alcalinidad del suelo (FAO *s.f.*). Cabe mencionar que las coníferas prefieren un pH inferior a las latifoliadas, siendo lo ideal para coníferas 5.0 a 5.5, mientras que para las latifoliadas es 5.5 a 6.0. Esto se debe a que la mayoría de los nutrientes están disponibles para las plantas entre 5.0 y 6.0 en la escala del pH (Napier 1985). El cuadro 7 presenta la caracterización para esta variable.

Cuadro 7. Categorización de variable pH del suelo.

Valor de pH	Categorización	
	Coníferas	Latifoliadas
< – 5.0	1	1
5.0 – 5.5	3	2
5.6 – 6.0	2	3
> 6.0	1	1

Fuente: Creado a partir de Napier (1985).

4.9.5. Materia orgánica del suelo

De acuerdo con Napier (1985) un suelo se considera que tiene un buen contenido de materia orgánica si el contenido de la misma oscila entre 2 – 4%, siendo evidente su presencia aún más en suelos muy arenosos. Por otra parte, en suelos ácidos y bien drenados

la descomposición es muy rápida. Está claro que la reducción del contenido de materia orgánica se debe a la actividad de los microorganismos (Napier 1985). El cuadro 8 presenta la categorización creada para la presente investigación.

Cuadro 8. Categorización de variable contenido de materia orgánica del suelo.

Nivel de contenido	Contenido (%)	Categoría
Bajo	0 – 1	1
Medio	1 – 2	2
Alto	3 – 4	3

Fuente: Creado a partir de Napier (1985).

4.9.6. Color del suelo

De acuerdo con Ovalles (2003) el color marrón indica que un suelo posee un nivel medio a bajo de materia orgánica y un rango muy variable de fertilidad; por lo que un suelo de color negro indica altos contenidos de materia orgánica y por lo tanto de fertilidad alta, al respecto se ha categorizado esta variable en función del color considerando el mayor valor para un suelo de color negro y el valor menor a un suelo de color gris (Cuadro 9).

Cuadro 9. Categorización de variable color del suelo.

Color del suelo	Característica del suelo	Categoría
Gris	Puede ser indicativo del ambiente anaeróbico. Este ambiente ocurre cuando el suelo se satura con agua, siendo desplazado o goteado el oxígeno del espacio poroso del suelo.	1
Blanco	Se debe fundamentalmente a la acumulación de ciertos minerales o elementos que tienen coloración blanca, como es el caso de calcita, dolomita y yeso, así como algunas sales.	1
Rojo	Se asocia a procesos de alteración de materiales parentales bajo, condiciones de alta temperatura, baja actividad del agua, rápida incorporación de materia orgánica, alta liberación de Fe de las rocas, se asocia a niveles bajos de fertilidad del suelo, pH ácidos.	2
Marrón	Este color está muy asociado a estados iniciales a intermedios de alteración del suelo; se relaciona con condiciones de niveles medios a bajos de materia orgánica y un rango muy variable de fertilidad. En general se asocia con la concurrencia de: materia orgánica ácida parcialmente descompuesta y combinaciones de óxidos de Fe más materiales orgánicos.	2
Negro	Este color ha sido asociado con niveles altos de materia orgánica en el suelo, condiciones de buena fertilidad. Colateralmente tiene asociado otras condiciones físicas relacionadas con la M.O., tal como la presencia de buena estructura del suelo y rica actividad biológica.	3

Fuente: Creado a partir de Ovalles (2003).

4.9.7. Propósito del productor

En relación al propósito del productor, se han definido dos categorías que están relacionadas con el futuro de la plantación, valorando con mayor puntaje la opción que demandó mayormente la muestra de productores, dado que este es el máximo interés que ellos tienen para sus fincas, presentándose dos usos para las especies, como ser: sombra para cultivo de café y en segunda importancia para aprovechamiento forestal (Cuadro 10).

Cuadro 10. Categorización de la variable de tipo cualitativa propósito de la plantación.

Propósito	Característica	Categoría
Protección y sombra	Protección y sombra para cultivos (café).	1
Aprovechamiento forestal	Obtención de ingresos económicos a partir de la venta de madera.	2
Protección, sombra y aprovechamiento	Protección y sombra para cultivos agrícolas y el aprovechamiento final de la madera.	3

4.10 Especies demandadas por el productor

Al realizársele la consulta al productor y a la productora acerca de las especies que más le interesan, con las cuales estaría dispuesto a establecer una parcela forestal o agroforestal, al respecto contesto que está interesado en las especies: caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y macuelizo (*Tabebuia rosea*), todas con fines de protección para cultivos mediante la sombra al cultivo de café, con la visión de aprovechamiento final para la obtención de madera y productos menores como leña.

4.11 Requerimiento edafológico de las especies forestales

Con la información obtenida por parte de los productores; es decir, una vez conocidas las especies forestales demandadas por el productor, se procedió a buscar en la literatura los requerimientos edafológicos para las cuatro especies, como ser: caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y macuelizo (*Tabebuia rosea*).

Mediante la consulta de la literatura bibliográfica procedente del CATIE (2003), específicamente el Manual de Árboles de Centroamérica se obtuvo la información de la especies que permitió la creación de un cuadro donde se describen los requerimientos

edafológicos de las especies forestales para cada una de las siete variables planteadas en la presente investigación (Anexo 6).

4.12 Potencial productivo forestal del suelo

En función de los cuadros anteriores donde se muestra la categorización para cada una de las siete variables, se definió una matriz a través de la cual se estableció tres niveles de potencial productivo para un suelo determinado, considerando para el nivel alto los valores máximos de las categorías; para el nivel medio, los valores medios de las categorías y el valor mínimo de las categorías para el potencial bajo de productividad forestal del suelo. Cabe mencionar que para la variable pH se consideró la categorización correspondiente a las especies forestales latifoliadas, puesto que son estas las demandadas por los productores.

4.12.1 Potencial productivo forestal del suelo en las fincas estudiadas

Una vez definidas las categorías alta, media y baja de potencial productivo del suelo, se procedió al llenado de la matriz (Anexo 7) con los valores de las variables edafológicas determinadas en cada una de las seis fincas de los productores, donde posteriormente fue necesario comparar dichos valores del suelo con cada uno de los cuadros de categorización de cada una de las siete variables a fin de ubicar el valor edafológico del suelo dentro de la categoría y por ende determinar el valor que le corresponde dentro de la misma, pudiendo ser el valor uno, dos y tres, partiendo de la condición mínima hasta la máxima que necesita la especie forestal para desarrollarse mejor y con ello su mayor crecimiento en altura y diámetro. Este procedimiento se realizó para cada una de las cuatro especies referidas anteriormente.

4.13 Especies forestales recomendadas para el suelo de cada finca muestreada

Con la matriz anterior (creada en Microsoft Excel), con que se cuenta para cada una de las especies, sirvió para realizar recomendaciones al productor acerca de si conviene o no realizar tal plantación forestal o agroforestal, puesto que el potencial productivo forestal del suelo de su finca permite cubrir o no dichos requerimientos edafológicos de las cuatro especies forestales que él demanda.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Especies de interés forestal para los productores

La muestra contiene datos referentes a seis fincas de productores, todos de la comunidad de Río Blanco, municipio de Dulce Nombre de Culmí, cuyo tamaño promedio fue de 2,946 m²; es decir 0.29 ha ó 0.42 Mz. Cabe mencionar que el acceso a dichas propiedades es a través de la carretera primaria (de tierra) y todas las fincas se encuentran contiguas a las casas, es decir, son parte del solar de las mismas.

Todos los productores mostraron interés en la reforestación, las especies demandadas son: caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y macuelizo (*Tabebuia rosea*), de igual manera los productores demandaron otras especies frutales, como ser: coco, piña, cacao y plantas medicinales, como ser: ruda, valeriana, yanten y zacate de limón; que para efecto de la presente investigación solo se tomaron en cuenta las especies forestales latifoliadas.

En tal sentido, los seis productores abordados se interesaron en especies forestales que cubran sus expectativas, tales son: protección y sombra para el cultivo de café, y el aprovechamiento final de las mismas para aserrío (madera) y leña.

5.2. Caracterización edafológica en las fincas

En todas las fincas se midieron siete variables, como ser: Textura del suelo, pendiente, densidad aparente, pH, materia orgánica, color del suelo y propósito del productor. A continuación se presentan los resultados:

5.2.1. Textura del suelo

Las seis parcelas están conformadas por suelos de textura franco arenoso, con porcentajes de arena que sobrepasan el 68%, mientras que la fracción de limo y arcilla es baja; es decir en cantidades inferiores a 21%, tal y como lo demuestra el cuadro 11 y la figura 8.

Cuadro 11. Textura del suelo en seis fincas de la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Parcelas	Propietario	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
1	Rodrigo Estrada	65.5	19.5	14.9	Franco arenoso
2	Moisés Corea	75.6	15.1	9.2	Franco arenoso
3	Jorge Argueta	69	17.7	13.2	Franco arenoso
4	Doré Benítez	71.5	7.5	20.9	Franco arenoso
5	Claudio Cruz	71.5	16.2	11.9	Franco arenoso
6	Ana Alfaro	75.5	12.8	11.6	Franco arenoso

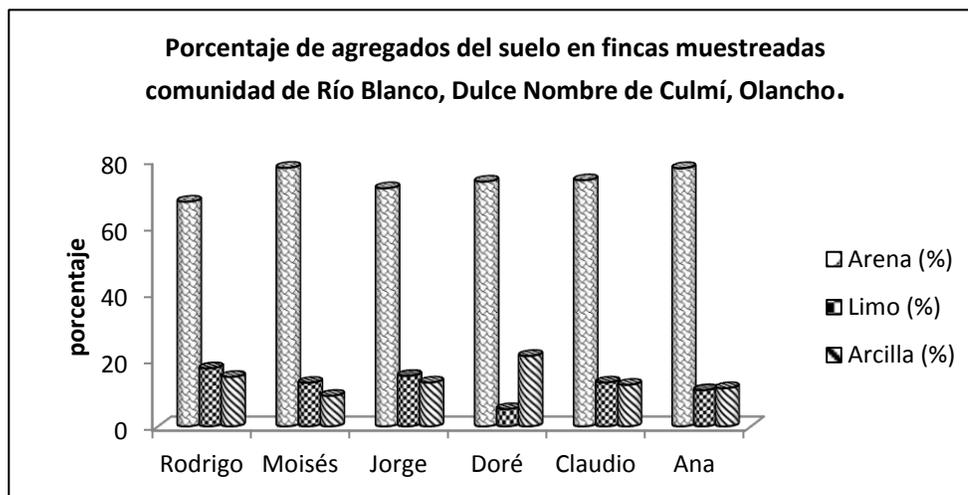


Figura 8. Agregados del suelo en fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

De acuerdo con INPOFOS (1996) el comportamiento más probable para un suelo de textura fina respecto a sus propiedades es: permeabilidad alta, superficie específica alta,

compacidad alta, temperatura vernal fría, capacidad de cambio alta, capacidad de retención de agua alta y energía de retención de agua alta. De acuerdo al suelo muestreado en cada una de las seis fincas, la textura es franco-arenosa; esto permite analizar que esta textura medianamente ligera en comparación a suelos arcillosos y franco-arcillosos, y por lo tanto, los suelos muestreados son propensos a la erosión por el agua y el viento si no existen plantas vivas como cobertura vegetal.

Además Educarm (2013) señala que en suelos de textura franco arenosa es considerado el ideal porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla; por lo tanto incide en el adecuado crecimiento de las raíces de las plantas.

5.2.2. Color del suelo

El 83% de los suelos muestreados presentaron color marrón pálido y solo en una finca se encontró un suelo de color pardo grisáceo (Cuadro 12), indicando que son suelos bien drenados, mostrando capas cuyos tonos son entre mezclados de color gris, consecuencia de la actividad anaeróbica. De acuerdo con Ovalles (2003), los suelos de color marrón están muy asociados a estados intermedios de alteración del suelo; también señala que esta característica se relaciona con condiciones de niveles medios a bajos de materia orgánica y un rango muy variable de fertilidad. Concluyendo que en general son suelos que se asocian con la concurrencia de materia orgánica ácida parcialmente descompuesta con combinaciones de óxidos de Fe más materiales orgánicos.

Cuadro 12. Color del suelo en las fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

N	Productor	Color	
		Seco	Húmedo
1	Rodrigo Estrada	Marrón amarillento	Amarillento marrón oscuro
2	Moisés Corea	Marrón pálido	Luz marrón oliva
3	Jorge Argueta	Marrón grisáceo	Pardo grisáceo oscuro
4	Doré Benítez	Amarillo marrón gris	Marrón oliva
5	Claudio Cruz	Pardo grisáceo oscuro	Pardo grisáceo muy oscuro
6	Ana Alfaro	Luz marrón oliva	Pardo grisáceo muy oscuro

5.2.3. Potencial de acidez pH

El pH del suelo de las fincas muestreadas oscila entre 4.5 y 6.6, considerándose un suelo con pH de muy ácido a ácido coincidiendo con lo expresado por FAO (*s.f.*), lo que a criterio de Napier (1985) constituye un rango de valores aceptable ya que lo ideal para las especies latifoliadas es un pH de 5.5 a 6.0, presentándose este rango dentro del ideal de 5.0 a 6.0 que es en el cual la planta tiene una buena disponibilidad de nutrientes asimilables, al respecto el cuadro 13 describe los valores encontrados en las fincas muestreadas:

Cuadro 13. pH en suelos muestreados, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí

Parcelas	Productores	pH
1	Rodrigo Estrada	5.1
2	Moisés Corea	5.2
3	Jorge Argueta	6.6
4	Doré Benítez	5.0
5	Claudio Cruz	4.5
6	Ana Alfaro	4.8

Por otra parte, INPOFOS (1996) menciona que los suelos con pH ácido existe una proliferación de muchos microorganismos del suelo. La actividad de estos determina, muchas veces, la disponibilidad de nutrientes para las plantas por ejemplo: cuando el suelo es ácido (pH entre 4.5 y 5.5) la descomposición de la materia orgánica hacia la producción de amoníaco (amonificación) se acelera debido a la acción de bacterias amonificantes.

5.2.4. Densidad aparente

La densidad aparente de los suelos muestreadas oscila entre 0.56 y 1.23 g/m³ (Cuadro 14), valores que según Donoso (1992), citado por Araucaria (2005) son característicos de un suelo de textura franca (1.3 - 1.0 g/cm³), puesto que valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados con buen drenaje y buena penetración de raíces, lo que se traduce en un buen crecimiento y desarrollo de los árboles.

Por su parte, UNNE (2003) menciona que la densidad aparente afecta el crecimiento de las plantas debido al efecto que tiene la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces de las plantas; por lo que a mayor valor de densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo a disminuir.

Cuadro 14. Promedio de densidad aparente de suelos en fincas muestreadas en la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Nº	Nombre productor	Rango (Vmax.-Vmin.)	Promedio (g/cm ³)
1	Rodrigo Estrada	(1.06 - 0.59)	0.88
2	Moisés Corea	(0.99 - 0.56)	0.95
3	Jorge Argueta	(1.21 - 0.76)	0.98
4	Doré Benítez	(1.23 - 0.67)	1.01
5	Claudio Cruz	(1.21 - 0.78)	0.82
6	Ana Alfaro	(1.21 - 0.56)	0.77

5.2.5. Pendiente

Las seis parcelas muestreadas se encuentran en un 83% en terrenos (Cuadro 15) que de acuerdo a la clasificación propuesta por PDF (2000), citado por Lagos (2003) son de tipo escarpada; lo que de alguna manera incide en el normal desarrollo de las plantas, pues es en terrenos planos (0 - 15%) donde mejor se desarrollan las especies arbóreas, por ser terrenos normalmente profundos sujetos a la menor erosión por escorrentía.

Cuadro 15. Pendiente promedio de los terrenos en fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Nº	Nombre productor	(º grados)	Porcentaje (%)
1	Rodrigo Estrada	29º	55
2	Moisés Corea	39º	81
3	Jorge Argueta	25º	47
4	Doré Benítez	36º	73
5	Claudio Cruz	22º	40
6	Ana Alfaro	24º	45

5.2.6. Materia orgánica

De acuerdo al análisis del suelo realizado por el laboratorio de suelos de El Zamorano, el contenido de materia orgánica para los suelos muestreados es bajo, oscilando entre 1.80 a 1.98% (Cuadro 16), lo que coincide con Napier (1985) que menciona que un suelo se considera que tiene un buen contenido de materia orgánica si el contenido de la misma oscila entre 2 – 4%, siendo evidente su presencia aún más en suelos muy arenosos.

Cuadro 16. Porcentaje de materia orgánica en suelos de fincas muestreadas en la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Nº	Nombre del productor	Porcentaje (%)	Nivel de contenido
1	Rodrigo Estrada	1.95	Bajo
2	Moisés Corea	1.80	Bajo
3	Jorge Argueta	1.98	Bajo
4	Doré Benítez	1.84	Bajo
5	Claudio Cruz	1.80	Bajo
6	Ana Alfaro	1.92	Bajo

Por otra parte, en suelos ácidos y bien drenados la descomposición es muy rápida. También menciona que está claro que la reducción del contenido de materia orgánica se debe a la actividad de los microorganismos.

5.2.7. Propósito del productor

Esta variable de tipo cualitativa expresa el interés del productor por las especies forestales; así como también la utilidad que desea de las mismas para con su finca (Cuadro 17). Cabe destacar que las cuatro especies son de uso múltiple, como ser sombra, madera y leña.

Cuadro 17. Especies forestales de interés para los productores de la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Nº	Nombre Productor	Especies forestales de interés			
		Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)	Cedro (<i>Cedrela odorata</i>)	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)	Macuelizo (<i>Tabebuia rosea</i>)
1	Rodrigo Estrada	X	X	X	X
2	Moisés Corea	X	X	X	X
3	Jorge Argueta	X	X	X	X
4	Doré Benítez	X	X	X	X
5	Claudio Cruz	X	X	X	X
6	Ana Alfaro	X	X	X	X

5.3. Determinación de categorías para el potencial productivo forestal del suelo

5.3.1. Especies forestales demandadas por el productor

Las especies forestales que más le interesaron a los productores, es decir con las que estaría dispuesto a establecer parcelas agroforestales en asocio con el cultivo de café son: Caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*), Cedro (*Cedrela odorata*), Laurel (*Cordia alliodora*) y Macuelizo (*Tabebuia rosea*), todas con fines de brindar sombra para cultivos y además con la visión de aprovechamiento final para la obtención de madera y productos menores como leña.

5.3.2. Matriz de requerimientos edafológicos de las especies forestales latifoliadas

Se consultó el Manual Árboles de Centroamérica del CATIE (2003) para la definición de los requerimientos edafológicos de las cuatro especies Caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*), Cedro (*Cedrela odorata*), Laurel (*Cordia alliodora*) y Macuelizo (*Tabebuia rosea*), creándose una matriz que describe los requerimientos edafológicos de las especies forestales latifoliadas para cada una de las siete variables edafológicas determinadas en la cada una de las seis parcelas, al respecto el Anexo 6 muestra dicha matriz.

En función de la matriz anterior (Anexo 6) se definieron tres nuevas matrices en las que se describen rangos y valores mínimos y máximos (Anexo 7, 8 y 9) que requieren las especies forestales latifoliadas para su pleno desarrollo, tal y como lo expresa CATIE (2003). Finalmente se elaboró un rango de exigencias edafológicas que contiene los valores mínimos y máximos que las especies forestales estudiadas requieren que posea un suelo, en el cual se desarrollan plenamente (Cuadro 18).

Cuadro 18. Rango de exigencias edafológicas de las especies forestales, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Nº	Especie	Rango de exigencia edafológica
1	<i>Swietenia macrophylla</i>	14 – 21
2	<i>Cedrela odorata</i>	13 – 21
3	<i>Cordia alliodora</i>	14 – 21
4	<i>Tabebuia rosea</i>	13 – 21

5.3.3. Matriz para la categorización del potencial productivo forestal del suelo

A partir de los valores determinados en los suelos de las fincas de los productores y productora (Anexo 10) y considerando lo establecido en cada una de las categorizaciones de las variables edafológicas (Cuadros 4 a 10), posteriormente se determinaron los valores máximos, medios y mínimos, estableciéndose tres niveles para la determinación del

potencial productivo forestal de un suelo. El Cuadro 19 muestra al respecto la categorización.

Cuadro 19. Matriz para la categorización del potencial productivo forestal del suelo para especies latifoliadas.

Nº	Potencial productivo	Textura	pH	Densidad aparente (g/m ³)	Color	Pendiente promedio (%)	Materia orgánica (%)	Propósito del productor	Potencial productivo del suelo
1	Alto	3	3	3	3	3	3	3	21
2	Medio	2	2	2	2	2	2	2	14
3	Bajo	1	1	1	1	1	1	1	7

Cabe mencionar que considerando los valores mostrados por el cuadro 19, fue necesario el establecimiento de un rango para cada uno de los niveles del potencial productivo forestal del suelo, como se muestra en el cuadro 20:

Cuadro 20. Categorías del potencial productivo forestal del suelo para especies latifoliadas comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Potencial productivo del suelo	Rango
Potencial Bajo	1 – 7
Potencial Medio	8 – 14
Potencial Alto	15 – 21

5.3.4. Potencial productivo forestal del suelo en las fincas estudiadas

Una vez definidas las categorías alta, media y baja de potencial productivo del suelo para especies forestales, se desarrolló diseño la matriz de valores edafológicos del suelo para las especies forestales para cada una de las seis fincas cuyos suelos fueron caracterizados (Cuadro 21).

Cuadro 21. Valores edafológicos del suelo para especies forestales latifoliadas en seis fincas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Parcela	Propietario	Textura	pH	Densidad aparente (g/m3)	Color (suelo seco)	Pendiente promedio (%)	Materia orgánica (%)	Propósito del productor	Valores edafológicos del suelo
1	Rodrigo Estrada	3	2	2	2	1	2	3	15
2	Moisés Corea	3	2	2	2	1	2	3	15
3	Jorge Argueta	3	3	2	2	1	2	3	16
4	Doré Benítez	3	2	2	2	1	2	3	15
5	Claudio Cruz	3	1	2	1	1	2	3	13
6	Ana Alfaro	3	1	2	2	1	2	3	14

5.3.5. Especies forestales latifoliadas recomendadas para los suelos muestreados

Finalmente fue posible determinar las especies que tienen potencial para desarrollarse en los suelos muestreados; por lo que no en todas las fincas se recomiendan las mismas, esto servirá para orientar al productor acerca de si conviene o no realizar tal plantación forestal o agroforestal, puesto que el potencial productivo forestal del suelo de su finca permite cubrir los requerimientos edafológicos de las cuatro especies (Cuadro 22).

Cuadro 22. Especies recomendadas según metodología de determinación del potencial productivo forestal para suelos en seis fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Parcela	Propietario	Valores edafológicos del suelo	Potencial productivo del suelo	Especies recomendadas			
				<i>Swietenia macrophylla</i> (14 - 21)	<i>Cedrela odorata</i> (13 - 21)	<i>Cordia alliodora</i> (14 - 21)	<i>Tabebuia rosea</i> (13 - 21)
1	Rodrigo Estrada	15	Alto	x	x	x	x
2	Moisés Corea	15	Alto	x	x	x	x
3	Jorge Argueta	16	Alto	x	x	x	x
4	Doré Benítez	15	Alto	x	x	x	x
5	Claudio Cruz	13	Medio	x	x	x	x
6	Ana Alfaro	14	Medio	x	x	x	x

Cabe mencionar que con esta metodología se pretende orientar la planificación de la producción forestal o agroforestal a fin de que recomendar las especies forestales latifoliadas a los productores considerando dos criterios esenciales, como ser:

- El propósito del productor o de la productora propietaria de la parcela, y
- Las características edafológicas que permitan a las especies forestales su pleno desarrollo traducido a través del rápido crecimiento y vigorizado.

VI CONCLUSIONES

Las cuatro especies forestales endémicas de mayor interés para los productores de la comunidad de Río Blanco son: caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y macuelizo (*Tabebuia rosea*); en tal sentido y de acuerdo con la metodología creada el suelo de cada una de las fincas muestreadas cumple con los requerimientos de las especies forestales mencionadas.

Los suelos muestreados presentaron: textura franco arenosa, el 80% color marrón, el pH oscila entre 4.5 y 6.6 siendo ácidos, la densidad aparente es baja (0.56 y 1.78 g/cm³), la pendiente es de relieve quebrado a escarpado (31-45%), mientras que el propósito de los productores es el establecimiento de una plantación agroforestal combinando especies forestales latifoliadas con el cultivo de café.

La metodología permite a partir de siete variables la determinación del potencial productivo forestal del suelo, que orientará a las organizaciones de desarrollo, la promoción y establecimiento de plantaciones forestales acorde a las características edafológicas de los terrenos, cuyos propietarios están interesados en la reforestación pura o mediante la agroforestería.

VII RECOMENDACIONES

Se recomienda a los productores el establecimiento de la plantación forestal utilizando las especies caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y macuelizo (*Tabebuia rosea*) en todas la parcelas, cuyos suelos fueron caracterizados edafológicamente.

Enriquecer la metodología de determinación del potencial productivo forestal del suelo, incorporando nuevas variables edafológicas como ser: porosidad, infiltración, profundidad efectiva del suelo, disponibilidad de nutrientes; también considerar variables climáticas como ser: altitud, temperatura, precipitación, evapotranspiración y zona de vida, entre otras.

Realizar otra investigación que considere una mayor cantidad de fincas muestreadas y también un mayor número de especies forestales y frutales de interés para los productores y productoras.

VIII BIBLIOGRAFÍA

- ARAUCARIA. 2005. Densidad aparente. En línea. Consultado 10 dic. Disponible en <http://araucarias.blogspot.com/2005/09/densidad-aparente.html>
- BOLFOR (Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, BO). 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia.
- BOSQUE S, J. 1992. Sistemas de Información Geográfica. Madrid, ES. Ediciones Rialp, S.A 451 p. (Colección: Monografías y tratados Gran Enciclopedia Rialp (GER), Serie: Geografía y Ecología).
- BUOL, W.; F. D. HOLE; R. J. McCRAKEN. and R. J. SOUTHARD. 1997. Soil Genesis and Classification. 4ª. Ed. Iowa State University Press. Iowa U. S. A. 527 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2003. Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas. Turrialba, C.R. 1080 p.
- CONIF (Corporación Nacional de Fomento e Investigación Forestal, CO). 1998. Guía para plantaciones forestales comerciales Orinoquia. Bogotá, Colombia. Consultado 11 jun. 2013. Disponible en [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-9%20rev%201%20\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-9%20rev%201%20(F)%20s.pdf)
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, MX). 2013. Suelos forestales. MX. Consultado 26 jun. 2013. Disponible en <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/suelos>

CNR (Comisión Nacional de Riego, CL). S.f. Servicio de programación y optimación del uso del agua de riego. Santiago de Chile. Consultado 05 dic. 2013. Disponible en http://www.sepor.cl/informacion_cartillas/S106_Cartilla_Infiltracion_del_agua_en_el_suelo.pdf

DEL TÁNAGO, MG. s.f. Infiltración. Unidad docente de Hidráulica e Hidrología, Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad Politécnica de Madrid, ES. Consultado 05 Nov. 2013. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/73907659/Capacidad-de-Infiltracion-en-Suelos>

DONOSO. 1992. Densidad aparente. Temuco, CL. Consultado 05 Nov. 2013. Disponible en <http://araucarias.blogspot.com/2005/09/densidad-aparente.html>

Educarm (Consejería de Educación, Formación y Empleo, ES.) 2013. Propiedades físicas del suelo. Murcia, ES. Consultado 26 jun. 2013. Disponible en http://www.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos_tema_2..pdf

FCIEN (Facultad de Ciencias UY). S.f. Reacción del Suelo. UY. Consultado 26 jun. 2013. Disponible en <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Reaccion%20del%20suelo.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2000. Cambios de la cobertura forestal en Honduras. Consultado 5 mayo 2013. Disponible en <http://www.fao.org/forestry/4050-0be67d19a4554efbd920f0fbc963d5801.pdf>

_____ 2009. Guía para la descripción de los suelos. Roma, ITA. Consultado el 05 Nov. 2013. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0541s/a0541s00.pdf>

_____ s.f. Propiedades químicas del suelo. Consultado 18 jun. 2013. Disponible en ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s04.htm#top

FAO Y CCAD (Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT; Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, NI). 2003. HONDURAS frente al cambio climático. Serie centroamericana de bosques y cambio climático. Tegucigalpa, HN.

FERREIRA C, O. 2012. Los Árboles y los Sistemas Agroforestales. Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. p.127.

HERNANDEZ MOYA, GA. 2012. Caracterización preliminar de un sistema agroforestal sucesional (safs), utilizando maíz (*Zea mays*) como cultivo indicador en la finca La Cosmopolitana, Restrepo, Colombia. Ing. Agrónomo. Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 99 p.

HONORATO, R. 2001. Manual de Edafología: Propiedades físicas. 4 ed. México D.F. 266 p.

IBÁÑEZ, JUAN. 2007. Profundidad efectiva y capacidad del uso de suelo. Consultado 7 mayo 2013. Disponible en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/14/61286>

INFOR (Instituto de Investigación Forestal de Chile). 2004. Sistemas Agrícolas. Concepción, CL. Consultado 26 jun. 2013. Disponible en https://www.google.hn/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.agroforesteria.cl%2Fagroforestaria%2Fpublicaciones%2Fdoc_download%2F11-cartilla-nd3-sistemas-agrosilvicolas.html&ei=xmjLUdzpOYju9AT0qICQCA&usg=AFQjCNGYbJK9p06Qaydz6Dbd4eIXhNbNxQ&sig2=iidn5eYsk1rTc8QGnw3xmw

INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fosforo). 1996. Informaciones agronómicas. Vol. 1 N° 4. Queretaro, Mx. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/C0D3A9F3894B389D06256B8000627333/\\$file/IA+1-4.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/C0D3A9F3894B389D06256B8000627333/$file/IA+1-4.pdf)

LAGOS H, GJ. 2003. Análisis de amenazas a terrenos inestables en la cuenca del río Calán, Siguatepeque, Honduras. Tesis Ing. Forestal, Siguatepeque, Honduras. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 103 p.

MARCANO, J. *s.f.* Importancia de los Bosques: El suelo. Consultado 18 Jun. 2013. Disponible en <http://www.jmarcano.com/bosques/important/suelo.html>

MARTÍNEZ M, YA. 1994. Conceptualización de Sistemas de Información Geográfica. Santafé de Bogotá, CO. IGAC. 42 p.

NAPIER, I. 1985. Técnicas de viveros forestales con preferencia especial a Centroamérica. Siguatepeque, HN. Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR). 291 P.

OVALLES VIANI, FA. 2003. El color del suelo: definiciones e interpretaciones. VE. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Consultado 13 jun. 2013.

Disponible en
http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n3/texto/fovalles.htm

PRITCHETT WILLIAM, L. 1986. Suelos Forestales. México D.F. 634 p.

PROCREA (Proyecto Centro Regional de Educación Ambiental, HN). 2009. Bosque Muy Seco Tropical del Valle de Aguan. HN. p.18

ROSALES Y OYUELA. 1996. Citado por OYUELA 1999. Principios básicos para la elaboración de planes de manejo para cuencas hidrográficas comunitarias. Comayagua, HN. Departamento de Investigación Aplicada. 30 p.

SABORÍO BEJARANO, LJ. 1996. Curso Regional Sobre: “Sistemas de Información Geográfica Aplicados a los Recursos Naturales en la Gestión de Manejo de Cuencas”: Teoría de los Sistemas de Información Geográfica con Énfasis en los Recursos Naturales. Mérida, VE. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. 60 p.

SERRADA, R. 2000. Apuntes sobre repoblaciones forestales. Consultado 11 jun. 2013.
Disponible en
<http://www.secforestales.org/web/images/serrada/v1textoviveros.pdf>

Steubing, Lore; et al. 2001 Métodos de Ecología Vegetal. Santiago de Chile. Consultado 01 jul. 2013. Disponible en
<http://books.google.hn/books?id=MJFLjwhXxJ0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

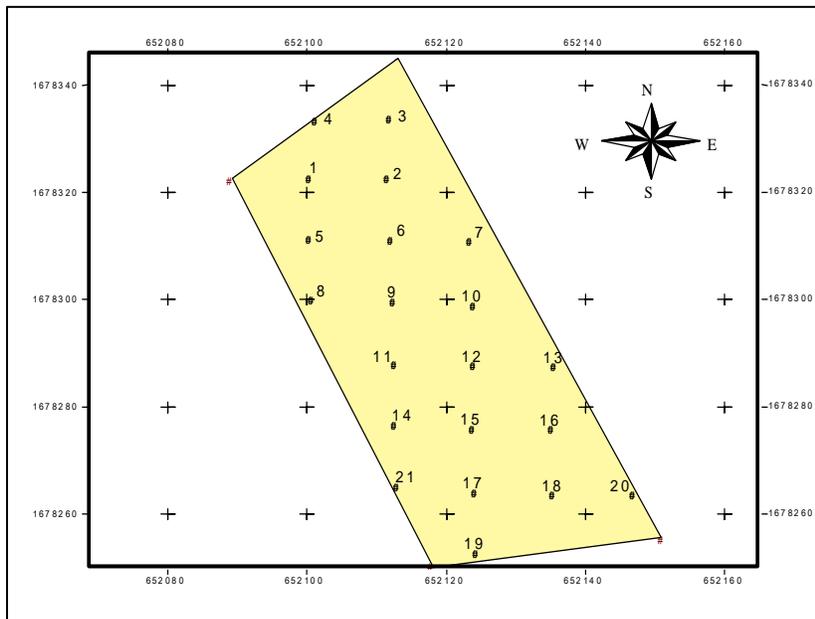
UNAM (Universidad México Americana del Norte). 2013. Clasificación física de los suelos. Consultado 8 mayo. 2013. Disponible en [http://www.igeograf.unam.mx/web/sigg/docs/pdfs/publicaciones/geosigloxxi/serie_text_uni/1/cp4.pdf](http://www.igeograf.unam.mx/web/sigg/docs/pdfs/publicaciones/geosigloxxi/serie_tex_uni/1/cp4.pdf)

UNNE (Universidad Nacional del Nordeste). 2003. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de suelo, en el NO de la Península Ibérica. Consultado 26 jun. 2013. Disponible en <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-032.pdf>

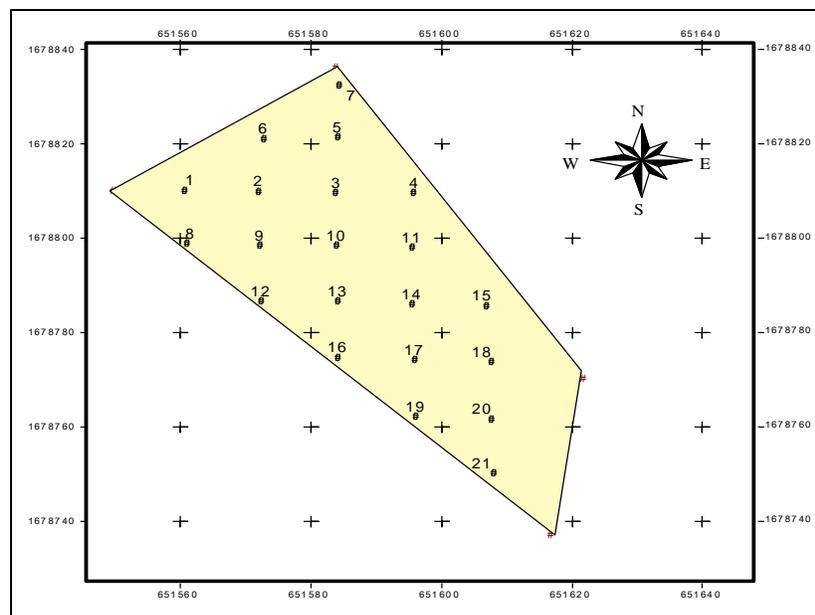
UPM (Universidad Politécnica de Madrid, ES). s.f. Estimación de la densidad aparente. Climatología aplicada a la ingeniería y medioambiente, ingeniería agroforestal. Consultado 27 jun. 2013. Disponible en <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-9/ESTIMACION-DE-LA-DENSIDAD-APARENTE.pdf>

IX ANEXOS

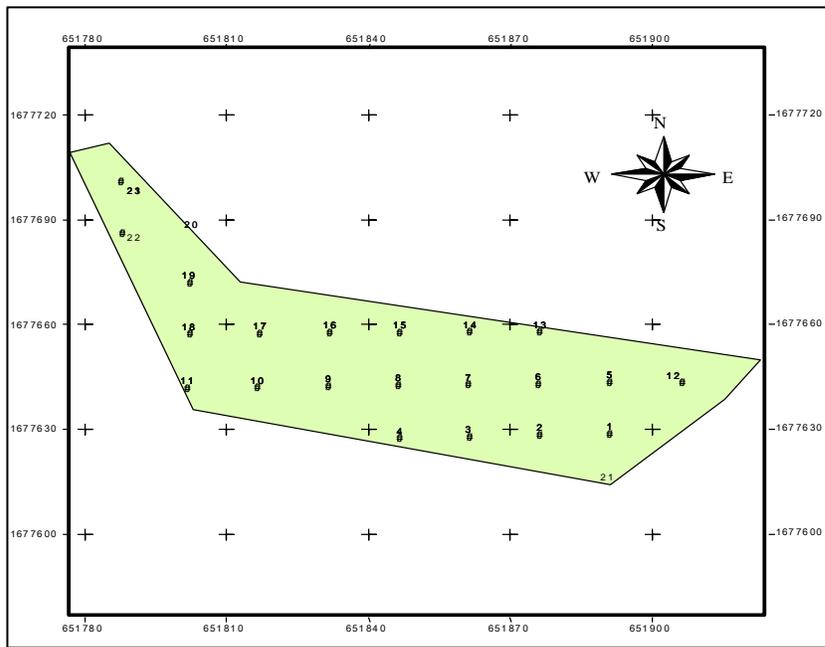
Anexo 1. Sitios de muestreo dentro de las parcelas estudiadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí, Olancho.



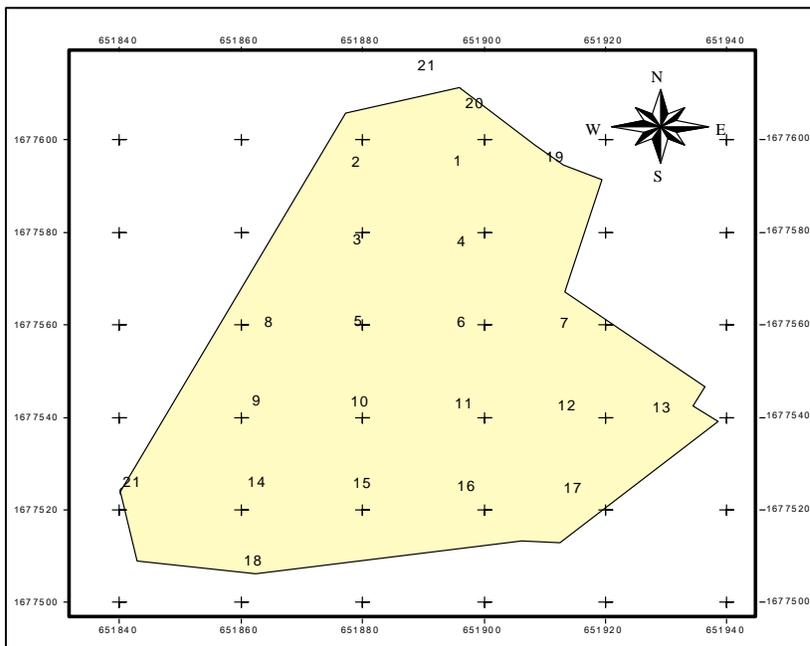
Parcela del Sr. Rodrigo Estrada, área 2,946 m²



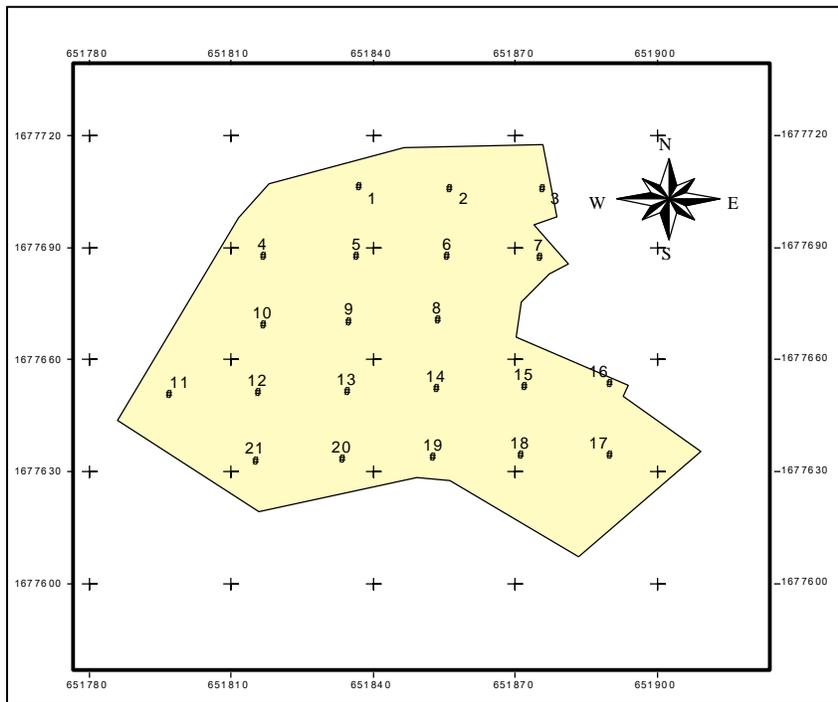
Parcela del Sr. Moisés Corea, área 2,760 m².



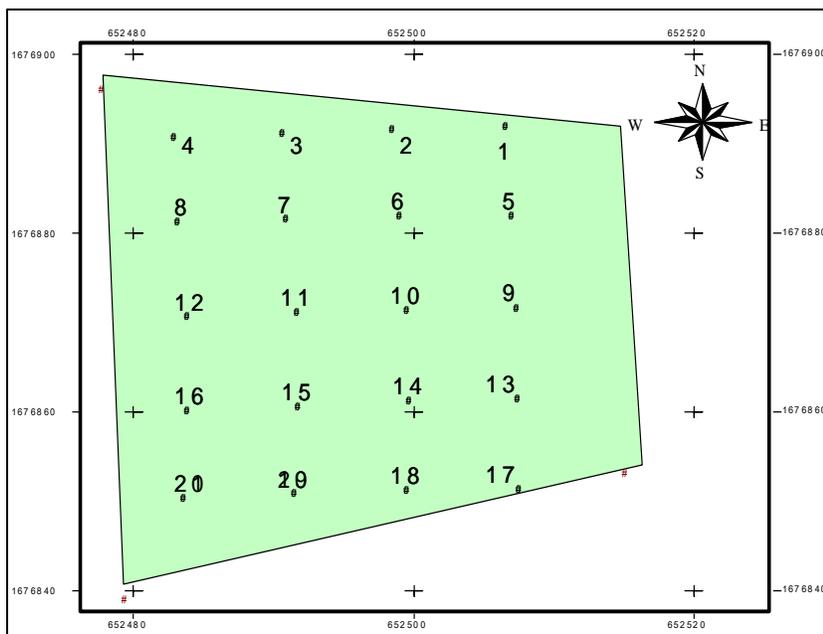
Parcela del Sr. Doré Benítez, área 5,142 m²



Parcela del Sr. Jorge Argueta, área 6,355 m².



Parcela del Sr. Claudio Cruz, área 7,854 m²



Parcela de la Sra. Ana Alfaro, área 2,165 m².

Anexo 2. Análisis de muestras de suelo para la determinación de la textura y contenido de materia orgánica de seis parcelas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

EAP ZAMORANO **LABORATORIO DE SUELOS**
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Zamorano tels. (504) 2287-2000 ext. 2316 Fax: (504) 2287-6242 Cel. 9969-6846
 Solicitante: GIEZI MARIELA LÓPEZ MONTOYA

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

Localización de la muestra. Río Blanco, El Cerro, D. N. de Culmí, Olancho.

# Lab.	Muestra	Textura	%			%
			Arena	Limo	Arcilla	M.O.
13-S-352	Caracterización Edafológica para Plantaciones Forestales Parcela 1	Franco Arenoso	67.5	17.5	14.9	Bajo 1.95

Rango Medio	2.00	0.20	13	Por: Saturación de bases	20	1.7	56	28	1.7	0.5
	4.00	0.50	30		80	3.4	112	112	3.4	80

Responsable del análisis: Ing. Moisés Sánchez Amaya. Interpretación: Ing. Dania Pamela Oliva.
 Ing. Gloria Arévalo de Gauggel M.Sc.
 Directora Unidad de Suelos

Análisis de suelo de la parcela del Sr. Rodrigo Estrada.

EAP ZAMORANO **LABORATORIO DE SUELOS**
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Zamorano tels. (504) 2287-2000 ext. 2316 Fax: (504) 2287-6242 Cel. 9969-6846
 Solicitante: GIEZI MARIELA LÓPEZ MONTOYA

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

Localización de la muestra. Río Blanco, El Cerro, D. N. de Culmí, Olancho.

# Lab.	Muestra	Textura	%			%
			Arena	Limo	Arcilla	M.O.
13-S-352	Caracterización Edafológica para Plantaciones Forestales Parcela 3	Franco Arenoso	71.5	15.2	13.2	Bajo 1.98

Rango Medio	3.00	0.25	10	Por: Saturación de bases	21	1.2	50	20	1.2	0.3
	2.00	0.45	29		80	3.0	110	110	3.3	80

Responsable del análisis: Ing. Moisés Sánchez Amaya. Interpretación: Ing. Dania Pamela Oliva.
 Ing. Gloria Arévalo de Gauggel M.Sc.
 Directora Unidad de Suelos

Análisis de suelo de la parcela del Sr. Moisés Corea.

EAP ZAMORANO LABORATORIO DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Zamorano tels. (504) 2287-2000 ext. 2316 Fax: (504) 2287-6242 Cel. 9969-6846

Solicitante: GIEZI MARIELA LÓPEZ MONTOYA

RESULTADOS DE ANALISIS
DE SUELOS

Localización de la muestra. Río Blanco, El Cerro, D. N. de Culmí, Olancho.

# Lab.	Muestra	Textura	%			%
			Arena	Limo	Arcilla	M.O.
13-S-352	Caracterización Edafológica para Plantaciones Forestales Parcela 2	Franco Arenoso				Bajo
			77.6	13.1	9.2	1.80

Rango Medio	2.00	0.10	15	Por: Saturación de bases	22	1.6	46	23	1.2	0.5
	3.00	0.50	35		77	3.4	116	116	3.0	77

Responsable del análisis: Ing. Moisés Sánchez Amaya.

Interpretación: Ing. Dania Pamela Oliva.

Ing. Gloria Arévalo de Gauggel M.Sc.

Directora Unidad de Suelos

Análisis de suelo de la parcela del Sr. Jorge Argueta.

EAP ZAMORANO LABORATORIO DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Zamorano tels. (504) 2287-2000 ext. 2316 Fax: (504) 2287-6242 Cel. 9969-6846

Solicitante: GIEZI MARIELA LÓPEZ MONTOYA

RESULTADOS DE ANALISIS
DE SUELOS

Localización de la muestra. Río Blanco, El Cerro, D. N. de Culmí, Olancho.

# Lab.	Muestra	Textura	%			%
			Arena	Limo	Arcilla	M.O.
13-S-352	Caracterización Edafológica para Plantaciones Forestales Parcela 5	Franco Arenoso				Bajo
			73.9	13.2	12.5	1.84

Rango Medio	2.00	0.35	13	Por: Saturación de bases	20	1.6	50	30	1.4	0.5
	2.00	0.50	30		80	3.2	114	114	3.0	80

Responsable del análisis: Ing. Moisés Sánchez Amaya.

Interpretación: Ing. Dania Pamela Oliva.

Ing. Gloria Arévalo de Gauggel M.Sc.

Directora Unidad de Suelos

Análisis de suelo de la parcela del Sr. Doré Benítez.

EAP ZAMORANO LABORATORIO DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Zamorano tels. (504) 2287-2000 ext. 2316 Fax: (504) 2287-6242 Cel. 9969-6846

Solicitante: GIEZI MARIELA LÓPEZ MONTOYA

RESULTADOS DE ANALISIS
DE SUELOS

Localización de la muestra. Rio Blanco, El Cerro, D. N. de Culmí, Olancho.

# Lab.	Muestra	Textura	%			%
			Arena	Limo	Arcilla	M.O.
13-S-352	Caracterización Edafológica para Plantaciones Forestales Parcela 4	Franco Arenoso				Bajo
			73.5	5.2	21.2	1.80

Rango Medio	3.00	0.25	10	Por: Saturación de bases	21	1.2	50	20	1.2	0.3
	2.00	0.45	29		80	3.0	110	110	3.3	80

Responsable del análisis: Ing. Moisés Sánchez Amaya.

Interpretación: Ing. Dania Pamela Oliva.

Ing. Gloria Arévalo de Gauggel M.Sc.

Directora Unidad de Suelos

Análisis de suelo de la parcela del Sr. Claudio Cruz.

EAP ZAMORANO LABORATORIO DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Zamorano tels. (504) 2287-2000 ext. 2316 Fax: (504) 2287-6242 Cel. 9969-6846

Solicitante: GIEZI MARIELA LÓPEZ MONTOYA

RESULTADOS DE ANALISIS
DE SUELOS

Localización de la muestra. Rio Blanco, El Cerro, D. N. de Culmí, Olancho.

# Lab.	Muestra	Textura	%			%
			Arena	Limo	Arcilla	M.O.
13-S-352	Caracterización Edafológica para Plantaciones Forestales Parcela 6	Franco Arenoso				Bajo
			77.5	10.9	11.5	1.92

Rango Medio	2.00	0.20	13	Por: Saturación de bases	20	1.6	53	25	1.6	0.5
	4.00	0.50	30		80	3.2	112	112	3.0	80

Responsable del análisis: Ing. Moisés Sánchez Amaya.

Interpretación: Ing. Dania Pamela Oliva.

Ing. Gloria Arévalo de Gauggel M.Sc.

Directora Unidad de Suelos

Análisis de suelo de la parcela de la Sra. Ana Alfaro.

Anexo 3. Procedimiento para la determinación del gradiente de pendiente en seis parcelas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Determinación de la pendiente mediante el método de la cabuya y el nivel de burbuja

Material y herramientas:

- Estacas
- Cabuya
- Nivel de burbuja

Procedimiento:

→ Para medir la pendiente se coloca una estaca en la parte alta, con la cabuya se amarra un extremo, esta debe medir un metro (100 cm), se estira y se le coloca el nivel de burbuja en medio.

→ Luego en el otro extremo se coloca la regla o metro para medir la altura. Una vez que la burbuja está a nivel, ahí se hace la lectura. Esta lectura está en porcentaje.

→ Es importante tomar un mínimo de 5 lecturas en puntos diferentes que son representativos de la misma inclinación del terreno y luego se determina la pendiente promedio.

Anexo 4. Clases texturales del suelo (Soil Survey Staff USDA) y densidad aparente en (g/cm³).

Clases texturales	da (g/cm ³)
Arena (<i>Sands</i>)	1.70-1.80
Arena gruesa (<i>Coarse sand</i>)	1.60-1.70
Arena y arena fina (<i>Sand and Fine Sand</i>)	1.55-1.65
Arena muy fina (<i>Very fine sand</i>)	
Arena franca (<i>Loamy sands</i>)	1.60-1.70
Arena franca gruesa (<i>Loamy coarse sand</i>)	1.55-1.65
Arena franca, Arena franca fina (<i>Loamy sand, Loamy fine sand</i>)	1.55-1.60
Arena franca muy fina (<i>Loamy very fine sand</i>)	
Franco arenosa (<i>Sandy loams</i>)	1.55-1.60
Franco arenosa gruesa (<i>Coarse sandy loam</i>) Franco arenosa y Franco arenosa fina (<i>Sandy loam Fine sandy loam</i>)	1.50-1.60
	1.45-1.55
Franco arenosa muy fina (<i>Very fine sandy loam</i>)	
Franca y franco limosa (<i>Loam and Silty loam</i>)	1.45-1.55
Limo (<i>Silt</i>)	1.40-1.50
Franco arcillosa (<i>Clay loam</i>)	1.40-1.50
Franco arcillo arenosa y franco arcillo limosa (<i>Sandy clay loam Silty clay loam</i>)	1.45-1.55
Arcilla arenosa (<i>Sandy clay</i>)	1.35-1.45
Arcilla limosa (<i>Silty clay</i>)	1.40-1.50
Arcilla (<i>Clay 35-50%</i>)	1.35-1.45
(<i>Clay 50-65%</i>)	1.25-1.35

Fuente: NRCS-USDA (www.mn.nrcs.usda.gov), citado por UPM (*s.f.*).

Anexo 5. Valores medios de porosidad, densidad y humedades a capacidad de campo y punto de marchitez para diferentes texturas.

Clase textural	Porosidad (%)	Densidad aparente (g/cm³)	-33 kPa (cm³/cm³)	-1,500 kPa (cm³/cm³)
Arena	43.7	1.49	0.091	0.033
Arena franca	43.7	1.49	0.125	0.055
Franco arenosa	45.3	1.45	0.207	0.095
Franca	46.3	1.42	0.270	0.117
Franco limosa	50.1	1.32	0.330	0.133
Franco arcillo	39.8	1.60	0.255	0.148
Franco arcillosa	46.4	1.42	0.318	0.197
Franco arcillo limosa	47.1	1.40	0.366	0.208
Arcillo arenosa	43.0	1.51	0.339	0.239
Arcillo limosa	47.9	1.38	0.387	0.250
Arcilla	47.5	1.39	0.396	0.272

Fuente: Rawls *et al.* 1992, citado por citado por UPM (*s.f.*).

Anexo 6. Requerimientos edafológicos de las especies forestales latifoliadas demandadas por los productores de la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Nº	Especie	Textura	pH (Especie)	Densidad aparente (g/m3)	Color	Pendiente promedio (%)	Materia orgánica (%)	Propósito de plantación
1	<i>Swietenia macrophylla</i>	Media o pesada. Desde arcilloso a arenoso, de preferencia suelos aluviales, profundos.	Ácido; y aún mejor en neutro o ligeramente alcalino.	No crece bien en suelos degradados o compactos.	Suelo bueno (color negro).	Desde planas hasta fuertes e inestables.	Suelos profundos y fértiles.	Sombra y maderable.
2	<i>Cedrela odorata</i>	Ligera a pesada.	Ácido a neutro (5-7).	Bien drenado y aireado.	Suelo bueno (color negro).	Desde planas hasta fuertes e inestables.	Suelos profundos y fértiles.	Sombra y maderable.
3	<i>Cordia alliodora</i>	Media o pesada.	4.5 - 6.5	No crece bien en suelos degradados o compactos.	Suelo bueno (color negro).	Desde tierras bajas planas hasta fuertes e inestables.	Suelos profundos y ricos en materia orgánica (Andepts).	Sombra y maderable.
4	<i>Tabebuia rosea</i>	Puede tolerar suelos franco arcillosos. Prefiere suelo franco, franco-arcilloso, arenosos y aluviales.	Tolera suelos ácidos. Desarrollo bueno en pH de 5.1 - 6.5.	Alto potencial para restauración ecológica, tolera suelos degradados o compactos.	Suelo bueno (color negro).	Desde tierras bajas planas hasta fuertes e inestables.	Suelo aluvial de alta profundidad y de mediana fertilidad.	Sombra y maderable.

Fuente: Creado a partir de información de CATIE (2003).

Anexo 7. Matriz de valores de las variables edafológicas de para las especies forestales latidoliadas demandadas por los productores de la comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Nº	Especie	Textura	pH (Especie)	Densidad aparente (g/m3)	Color	Pendiente promedio (%)	Materia orgánica (%)	Propósito de plantación
1	<i>Swietenia macrophylla</i>	1 - 3	1 - 3	2 - 3	3	1 - 3	3	3
2	<i>Cedrela odorata</i>	1 - 3	1 - 3	1 - 3	3	1 - 3	3	3
3	<i>Cordia alliodora</i>	2 - 3	1 - 3	1 - 3	3	1 - 3	3	3
4	<i>Tabebuia rosea</i>	2 - 3	1 - 3	1 - 3	3	1 - 3	2 - 3	3

Anexo 8. Matriz de valores mínimos para las variables edafológicas de las seis especies latifoliadas, de las seis fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Nº	Especie	Textura	pH (Especie)	Densidad aparente (g/m3)	Color	Pendiente promedio (%)	Materia orgánica (%)	Propósito de plantación	Requerimiento de la especie
1	<i>Swietenia macrophylla</i>	1	1	2	3	1	3	3	14
2	<i>Cedrela odorata</i>	1	1	1	3	1	3	3	13
3	<i>Cordia alliodora</i>	2	1	1	3	1	3	3	14
4	<i>Tabebuia rosea</i>	2	1	1	3	1	2	3	13

Anexo 9. Matriz de valores máximos para las variables edafológicas de las seis fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Nº	Especie	Textura	pH (Especie)	Densidad aparente (g/m3)	Color	Pendiente promedio (%)	Materia orgánica (%)	Propósito de plantación	Requerimiento de la especie
1	<i>Swietenia macrophylla</i>	3	3	3	3	3	3	3	21
2	<i>Cedrela odorata</i>	3	3	3	3	3	3	3	21
3	<i>Cordia alliodora</i>	3	3	3	3	3	3	3	21
4	<i>Tabebuia rosea</i>	3	3	3	3	3	3	3	21

Anexo 10. Matriz de valores de las variables edafológicas de las seis fincas muestreadas, comunidad Río Blanco, Dulce Nombre de Culmí.

Parcelas	Propietario	Textura	pH	Densidad aparente (g/m ³)	Color		Pendiente promedio (%)	Materia orgánica (%)	Propósito del productor
					Seco	Húmedo			
1	Rodrigo Estrada	Franco arenoso	5.1	0.47	Marrón amarillento	Amarillento marrón oscuro	55	1.95	Sombra y maderable
2	Moisés Corea	Franco arenoso	5.2	0.43	Marrón pálido	Luz marrón oliva	81	1.80	Sombra y maderable
3	Jorge Argueta	Franco arenoso	6.6	0.45	Marrón grisáceo	Pardo grisáceo oscuro	47	1.98	Sombra y maderable
4	Doré Benítez	Franco arenoso	5.0	0.56	Amarillo marrón gris	Marrón oliva	73	1.84	Sombra y maderable
5	Claudio Cruz	Franco arenoso	4.5	0.43	Pardo grisáceo oscuro	Pardo grisáceo muy oscuro	40	1.80	Sombra y maderable
6	Ana Alfaro	Franco arenoso	4.8	0.65	Luz marrón oliva	Pardo grisáceo muy oscuro	45	1.92	Sombra y maderable