



Solutions for environment and development  
Soluciones para el ambiente y desarrollo

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
ESCUELA DE POSGRADO

Provisión de los servicios ecosistémicos carbono y madera en pasturas  
activas del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica

por

Jhonnie Mauricio Daza Castillo

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado  
como requisito para optar por el grado de

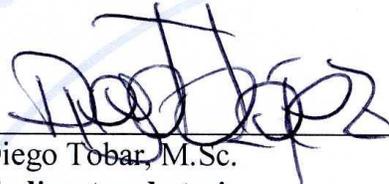
*Magister Scientiae* en Agroforestería Tropical

Turrialba, Costa Rica, 2013

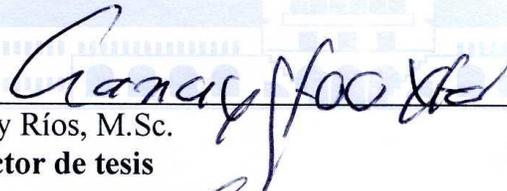
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA TROPICAL**

**FIRMANTES:**



Diego Tobar, M.Sc.  
**Codirector de tesis**



José Ney Ríos, M.Sc.  
**Codirector de tesis**



Miguel Cifuentes, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



Pablo Imbach, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



Thomas Dormody, Ph.D. / Francisco Jiménez, Dr. Sc.  
**Decano / Vicedecano de la Escuela de Posgrado**



Jhonnie Mauricio Daza Castillo  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Jesús Daza y Gloria Castillo por ser la luz que ilumina mi camino, por el sacrificio incondicional y la fe depositada en mí.*

*A Lilú, mi hermanita, por todo su apoyo, comprensión y dedicación.*

*Con todo mi amor y cariño para los tres.*

# AGRADECIMIENTOS

Todo lo vivido en esta etapa no hubiera sido posible sin el apoyo de:

Mis padres quienes me enseñaron a luchar y me han apoyado en todo momento, a mi Lilú con quien compartimos momentos únicos en CATIE después de una temporada larga separados, sin su apoyo alcanzar esta meta no hubiera sido posible.

A Diego Tobar mi codirector de tesis por el apoyo total, por permitirme aprender de él y retarme permanentemente. A Miguel Cifuentes miembro del comité consejero por sus valiosos aportes, dedicación, consejos y fe depositada en mí.

A los miembros del comité Ney Rios y Pablo Imbach por todos sus comentarios y aportes los cuales enriquecieron esta investigación. Al Dr. Muhammad Ibrahim por su apoyo, comprensión y consejos.

A todos los productores ganaderos del CBVCT que compartieron su tiempo y conocimientos conmigo, sin su ayuda y valiosos aportes no habría sido posible realizar este documento, a todos ellos muchas gracias, este trabajo es para ustedes.

A los docentes y personal de posgrado del CATIE por toda su colaboración y por brindarme las herramientas académicas para culminar esta etapa.

A Constanza y a Rosita por ser mis guías espirituales por más de un año, gracias por sus consejos, aliento y jalones de orejas, gracias por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

A Freddy por su colaboración y por ser mi tutor en el manejo y uso de ArcGis, sin sus enseñanzas este proceso hubiera sido más largo.

A mis compañeros de la generación 2011-2012 por su amistad y apoyo, en especial a Violeta, Juliano, Claudia, Amilkar, Cata, Manuel, Ivancho, Juliancho, Yuri y Darío por todo lo vivido y compartido durante esta etapa, espero nuestros caminos se crucen nuevamente en un futuro cercano.

## **BIOGRAFÍA**

El autor nació en San Juan de Pasto – Colombia el 05 de septiembre de 1984. Inició sus estudios universitarios en enero de 2003 en la carrera de Ingeniera Agroforestal, en 2005 ingresa al grupo de investigación estudiantil PIFIL en donde realiza una investigación financiada por la Universidad de Nariño, posteriormente con apoyo del grupo de investigación realiza su trabajo de grado culminando en 2007. A inicios del 2008 viaja a Costa Rica para realizar una pasantía en el CATIE en el Proyecto Cacao Centroamérica con la cual cumple con los requisitos para recibir el grado Ingeniero Agroforestal de la Universidad de Nariño.

En 2009 trabajó como instructor agrícola en el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, impartiendo clases a jóvenes emprendedores de la costa pacífica nariñense en el cultivo de cacao. En junio de 2010 con apoyo de colegas registran la fundación ECOSUR – Soluciones Ambientales. En septiembre del mismo año fue acreedor de una beca financiada por el gobierno de Italia para realizar un curso de dos meses sobre PyMES en el sector hortofrutícola, vitivinícola y ganadero llevado a cabo en el Centro Universitario de Bertinoro con apoyo de la Universidad de Bologna en Italia.

En 2011 regresa a CATIE para iniciar sus estudios de maestría en Agroforestería Tropical y Especialización en Práctica del Desarrollo.

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO .....	VI
ÍNDICE DE CUADROS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS .....	XII
GLOSARIO .....	XII
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
1 INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
1.1 Objetivos del estudio .....	3
1.1.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
2 MARCO CONCEPTUAL .....	4
2.1 Corredores Biológicos .....	4
2.1.1 <i>Corredor Biológico Mesoamericano</i> .....	4
2.1.2 <i>Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca - CBVCT</i> .....	4
2.2 Sistemas silvopastoriles .....	5
2.2.1 <i>Tipos de sistemas silvopastoriles</i> .....	6
2.2.2 <i>Cercas vivas (CV)</i> .....	6
2.2.3 <i>Árboles y arbustos dispersos en potreros (AD)</i> .....	6
2.2.4 <i>Sistemas silvopastoriles y su potencial para la producción de madera</i> .....	7
2.3 Almacenamiento de carbono .....	7
2.3.1 <i>Almacenamiento de carbono en SSP</i> .....	8
2.3.2 <i>Estimación del carbono en la biomasa aérea</i> .....	8
2.4 BIBLIOGRAFIA .....	10

3	CAPITULO 1. Caracterizacion de sistemas silvopastoriles y percepcion del estado del componente arboreo en fincas ganaderas del CBVCT, Costa Rica.....	15
3.1	RESUMEN .....	15
3.2	INTRODUCCION .....	15
3.3	MATERIALES Y METODOS .....	16
3.3.1	<i>Área de estudio</i> .....	16
3.3.2	<i>Selección de la muestra</i> .....	17
3.3.3	<i>Muestra de productores</i> .....	19
3.3.4	<i>Procesamiento de la información</i> .....	20
3.4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20
3.4.1	<i>Caracterización de productores y fincas</i> .....	20
3.4.2	<i>Usos de la tierra</i> .....	21
3.4.3	<i>Percepción acerca del estado del componente arbóreo en las fincas</i> .....	22
3.4.4	<i>Tipos de cercas vivas en las fincas</i> .....	23
3.4.5	<i>Aprovechamiento productos en cercas vivas y árboles dispersos</i> .....	24
3.4.6	<i>Especies empleadas en el sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros</i> .....	26
3.4.7	<i>Especies empleadas en el sistema silvopastoril cercas vivas</i> .....	26
3.4.8	<i>Objetivos de tener árboles en la finca</i> .....	27
3.4.9	<i>Preferencia de especies a sembrar a futuro</i> .....	28
3.5	CONCLUSIONES .....	28
3.6	RECOMENDACIONES .....	29
3.7	BIBLIOGRAFIA .....	29
4	CAPITULO 2. Almacenamiento de carbono actual y potencial en pasturas activas del Corredor Biológico Volcánica Central- Talamanca, Costa Rica.....	32
4.1	RESUMEN .....	32
4.2	INTRODUCCIÓN .....	32
4.3	MATERIALES Y METODOS .....	33
4.3.1	<i>Área de estudio</i> .....	33
4.3.2	<i>Uso de herramientas SIG</i> .....	34
4.3.3	<i>Estimación de biomasa y carbono</i> .....	35
4.4	RESULTADOS Y DISCUSION .....	38

4.4.1	<i>Área de pasturas con baja densidad arbórea y sin árboles</i> .....	38
4.4.2	<i>Kilómetros de cercas vivas y cercas muertas presentes en el CBVCT</i> .....	40
4.4.3	<i>Estimación de biomasa y carbono en el componente arbóreo</i> .....	43
4.4.4	<i>Estimación carbono actual y potencial</i> .....	43
4.4.5	<i>Magnitud de compensación financiera a escala de paisaje por compra de créditos de carbono</i> .....	48
4.5	CONCLUSIONES .....	49
4.6	RECOMENDACIONES .....	49
4.7	IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS PARA EL DESARROLLO .....	50
4.8	BIBLIOGRAFIA .....	51
	ANEXOS .....	53

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ejemplos de ecuaciones alométricas para estimar componentes de la biomasa, recomendadas y publicadas en la literatura científica para especies individuales y grupos de especies de vegetación en zonas tropicales.....	9
Cuadro 2. Número de fincas ganaderas por distrito y sistema de producción (leche, carne y doble propósito) en el CBVCT – Sector Cartago.....	18
Cuadro 3. Muestreo estratificado proporcional al tamaño de la población de cada sistema de producción (leche, carne y doble propósito) en el CBVCT.....	19
Cuadro 4. Número de fincas ganaderas entrevistadas por distrito y sistema de producción (leche, carne y doble propósito) en el CBVCT.....	19
Cuadro 5. Tamaño de las fincas ganaderas (en hectáreas) por sistema de producción (leche, carne y doble propósito) en el CBVCT.....	21
Cuadro 6. Porcentajes de usos de la tierra por sistema de producción (leche, carne y doble propósito).....	22
Cuadro 7. Aprovechamiento de servicios y usos de especies arbóreas por sistema de producción (leche, carne y doble propósito), expresado en porcentaje.....	25
Cuadro 8. Especies representativas presentes en árboles dispersos en potreros por sistema de producción (leche, carne y doble propósito).....	26
Cuadro 9. Especies representativas presentes en cercas vivas por sistema de producción (leche, carne y doble propósito).....	27
Cuadro 10. Objetivos de tener árboles en las fincas por sistema de producción (leche, carne y doble propósito).....	27
Cuadro 11. Especies arbóreas preferidas por sistema de producción (leche, carne y doble propósito).....	28
Cuadro 12. Formulas alométricas para estimación de biomasa en cercas vivas y árboles dispersos en potreros de Centroamérica.....	36
Cuadro 13. Incremento de la cobertura arbórea potencial por escenarios, en relación del escenario actual.....	36
Cuadro 14. Variaciones en la distribución porcentual de cercas vivas y tipo de cobertura arbórea en pasturas por rango altitudinal – escenario 2.....	37
Cuadro 15. Variaciones en la distribución porcentual de cercas vivas y tipo de cobertura arbórea en pasturas por rango altitudinal – escenario 3.....	38
Cuadro 16. Distribución pasturas con baja densidad arbórea y sin árboles por rango altitudinal expresada en porcentaje – CBVCT.....	39
Cuadro 17. Distribución cercas vivas simples y multiestratos por rango altitudinal expresada en porcentaje – CBVCT.....	41

Cuadro 18. Valor de almacenamiento de carbono por tipo de uso de suelo – CBVCT.....	43
Cuadro 19. Stock de carbono actual en usos de suelo de pasturas activas por rango altitudinal – CBVCT.....	44
Cuadro 20. Modelación del stock de carbono potencial (moderado) en usos de suelo de pasturas activas por rango altitudinal – CBVCT.....	45
Cuadro 21. Modelación del stock de carbono potencial (conservacionista) en usos de suelo de pasturas activas por rango altitudinal – CBVCT.....	46
Cuadro 22. Proyección del stock de carbono potencial (año 2030) en usos de suelo de pasturas activas por rango altitudinal – CBVCT.....	47
Cuadro 23. Compensación financiera (actual y a 20 años) por créditos de carbono a escala de paisaje.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca.....	5
Figura 2. Mapa coberturas de uso del suelo Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica 2012.....	17
Figura 3. Distribución de fincas por sistema de producción en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca.....	20
Figura 4. Percepción del estado de la cobertura arbórea expresada en porcentaje en sistemas de producción (leche, carne y doble propósito) y a nivel general en el CBVCT.....	23
Figura 5. Tipo de cercas vivas (simples y multiestratos) por sistema de producción (leche, carne y doble propósito) y a nivel general en el CBVCT expresada en porcentaje.....	23
Figura 6. Distribución porcentual aprovechamiento maderable en CV y AD por sistema de producción (leche, carne y doble propósito) y a nivel general en el CBVCT.....	25
Figura 7. Mapa coberturas de uso del suelo Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica 2012.....	34
Figura 8. Esquema clasificación pasturas en base a su cobertura arbórea.....	35
Figura 9. Esquema metodológico uso de ArcGis 10.1 y Google Earth pro.....	35
Figura 10. Mapa distribución de pasturas con baja densidad arbórea y sin árboles por rango altitudinal – CBVCT.....	40
Figura 11. Mapa distribución de cercas vivas y muertas por rango altitudinal en pasturas activas del CBVCT.....	42
Figura 12. Mapa stock de carbono actual en pasturas activas del CBVCT.....	45
Figura 13. Mapa pasturas arboladas y sin árboles del CBVCT proyección año 2030.....	47
Figura 14. Mapa stock de carbono año 2030 en pasturas activas del CBVCT.....	48

## LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

**AD:** Árboles dispersos en potreros

**CBM:** Corredor Biológico Mesoamericano

**CBVCT:** Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca.

**CCAD:** Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo

**CGF:** Comité de Gobernanza Forestal Nicaragua

**CV:** Cercas vivas

**DAP:** Diámetro a la altura del pecho, medido a 1.30m del suelo

**GPS:** Global positioning system

**SAF:** Sistemas agroforestales

**SSP:** Sistemas silvopastoriles

## GLOSARIO

**Cercas vivas (CV):** cultivos de leñosas perennes dispuestas como perímetro o lindero de los diferentes usos de suelo en la finca.

**Sistema silvopastoril (SSP):** Interacción entre leñosa perenne, herbáceas y animales bajo un sistema integral.

**Árboles dispersos en potreros (AD):** Árboles y/o arbustos que crecen deliberadamente en lotes desinados a la ganadería.

**Pasturas con alta densidad arbórea:** Pasturas con más de 30 árboles por hectárea.

**Pasturas con baja densidad arbórea:** Pasturas con menos de 30 árboles por hectárea.

**Stock de carbono:** Existencias de carbono; carbono almacenado en diferentes componentes de un ecosistema natural o productivo.

## RESUMEN

El 25% del territorio del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT) está destinado a la ganadería de leche, carne y doble propósito. Los sistemas silvopastoriles (SSP) predominantes en este uso de suelo son las cercas vivas (CV) y árboles dispersos en potreros (AD), los cuales ayudan a incrementar la rentabilidad de las fincas y proporcionan servicios ambientales (conservación de la fauna local, regulación y calidad del agua y el secuestro de carbono) y ecológicos (disminución de la degradación de las pasturas). El objetivo del presente estudio fue identificar el estado del componente arbóreo y las especies dominantes en CV y AD y su potencial de secuestro de carbono. Para este fin se caracterizó por medio de encuestas e identificación visual en campo el componente arbóreo presente en CV y AD en 108 fincas ganaderas del CBVCT: carne (35), leche (38) y doble propósito (35). Para calcular el potencial de secuestro de carbono se utilizaron imágenes satelitales y el mapa de uso de suelo actual, diferenciando dos rangos altitudinales (<700 msnm y >700 msnm) en los que se calcularon los kilómetros de cercas vivas y muertas y las hectáreas de pasturas sin árboles y con baja densidad arbórea (<30 árboles/ha). Posteriormente, se realizaron las estimaciones de carbono en cuatro escenarios que difieren respecto de la cobertura arbórea: *i*) actual, *ii*) potencial moderado, *iii*) potencial conservacionista y *iv*) proyección año 2030. El 54% de los encuestados manifestó que la densidad arbórea en las fincas ha aumentado en los últimos 10 años, el 29% que se mantiene y el 16% que ha disminuido. Las fincas con sistema de producción de carne y doble propósito tienen mayor cobertura arbórea y diversificación de sus sistemas silvopastoriles, además realizan un mayor aprovechamiento de madera, postes, frutos y forraje. En contraste, las fincas bajo el sistema de producción de leche tienen menor cobertura arbórea y realizan un menor aprovechamiento de los mismos materiales y productos. Las CV multiestratos presentaron mayores cantidades de carbono almacenado ( $5,2 \pm 0,73$  tC), seguido por las pasturas arboladas menores a 700 msnm ( $4,9 \pm 0,13$  tC), pasturas arboladas mayores a 700 msnm ( $3,53 \pm 0,13$  tC) y finalmente las CV simples ( $2,41 \pm 0,47$  tC). Se concluye que el CBVCT tiene un alto potencial para aumentar el *stock* de carbono incrementando la cobertura arbórea en paisajes ganaderos, en especial en fincas bajo el sistema de producción de carne y doble propósito en donde los productores son más receptivos a incrementar la cobertura arbórea.

## ABSTRACT

The 25% of territory in the Volcanica Central – Talamanca Biological Corridor (VCTBC) is used for dairy cattle, beef and dual purpose. Silvopastoral systems (SSP) prevailing in this land use are live fences (CV) and scattered trees in paddocks (AD), which help increase farm profitability and provide environmental (local wildlife conservation, regulation and water quality and carbon sequestration) and ecological services (reduction in pasture degradation). The goal of this study was to identify the state of the tree component, the dominant species in CV and AD, and their carbon sequestration potential. The tree component present in AD and CV characterized by means of visual identification and surveys in 108 farms of the VCTBC: meat (35) milk (38) and dual-purpose (35). To calculate the carbon sequestration potential we used satellite images and a map of current land use, distinguishing between two altitudinal ranges (<700 m and > 700 m) in which we calculated the km of live and dead fences plus the area of pastures without trees and with low tree density (<30 trees / ha). Carbon estimates were also assessed under four tree cover scenarios: *i*) current, *ii*) moderate potential, *iii*) conservation potential, and *iv*) 2030 projection. A 54% of interviewees declared tree density in farms has increased in the last 10 years, while 29% consider it has remained stable, and 16% that it has decreased. Farms with beef production and dual purpose systems have more tree cover and diverse silvopastoral systems. They also make better use of wood, fence posts, fruits and fodder. In contrast, milk farms have lower tree cover and make less use of those same products and materials. Live fences showed higher amounts of carbon storage ( $5,2 \pm 0,73$  tC), followed by wooded pastures under 700 m in elevation ( $4,9 \pm 0,13$  tC), wooded pastures over 700 m in elevation ( $3,53 \pm 0,13$  tC), and simple live fences ( $2,41 \pm 0,47$  tC). We conclude there is a high potential to increase the carbon stock in the VCTBC by increasing tree cover in cattle landscapes, especially on farms under meat and dual purpose production systems, where farmers are more receptive to increasing tree cover.

## 1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción ganadera en conjunto utiliza el 70% de toda la superficie agropecuaria y 30% de la superficie terrestre mundial, convirtiéndola en una de las actividades que más presión ejercen sobre los recursos naturales (Steinfeld *et ál* 2006). En América Latina el área de praderas y pastos permanentes es de 551,3 millones de hectáreas, equivalentes al 77,8% de toda la superficie agropecuaria. El 16,2% de la superficie mundial de praderas se encuentran en América Latina (FAO 2009).

En Latinoamérica el establecimiento de pasturas para ganadería ha sido el principal motor del cambio de uso de la tierra, trayendo como consecuencia la deforestación de bosques y la fragmentación de paisajes (Harvey *et ál*. 2005). En 1961 el área de pasturas permanentes en Centroamérica era de 9,1 millones de hectáreas. Para el año 2001 se habían incrementado a 13,6 millones (FAOSTAT 2005). En Costa Rica el 46,4% del territorio está destinado a la actividad ganadera (Moya 2002), ubicándola en los principales renglones de producción del país.

Costa Rica ha experimentado tasas de deforestación altas en el pasado. Su historia demuestra la tensión entre desarrollo económico y la conservación ambiental. En el periodo comprendido entre principios de los años 1970 y comienzos de los años 1990 el país tuvo uno de los índices de deforestación más altos en el mundo tropical, con un promedio de 3,7%, que se redujo a 1.2% a finales del siglo XX (Sanchez *et ál*. 2002).

Reconocida esta problemática, el gobierno de Costa Rica en 1994 crea la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC), la cual se encarga de las negociaciones de proyectos potenciales de cambio climático en los sectores de energía y uso y cambio de uso de la tierra (Rojas y Aylward 2003). Se establecieron políticas para incentivar la reforestación y en 1997 inicia el sistema de Pago de Servicios Ambientales (PSA) en la modalidad de conservación. En 2003 se incluyen los sistemas agroforestales dentro del PSA, visualizándolos como sumideros de carbono potenciales, lo que ha favorecido el incremento de la cobertura arbórea en los sistemas de producción (Moreno 2005). En 2010 se reportaron incrementos del 0,94 en la cobertura forestal del país (FONAFIFO 2012).

Estudios en diferentes sistemas de producción agrícola en los cuales se incluye el componente arbóreo han demostrado su influencia positiva en la rentabilidad de las fincas, disminuyendo la presión ejercida hacia los bosques (Kaimowitz 2001). Los sistemas silvopastoriles (SSP) ayudan a incrementar la rentabilidad de las fincas (Alonzo e Ibrahim 2001) ya que el componente arbóreo ofrece beneficios económicos extras como la producción de madera, postes para cercas, frutos y forrajes de alta calidad (Ibrahim *et ál*. 2001). También proporcionan servicios ambientales como la conservación de la fauna local, la regulación y calidad del agua en las cuencas hidrográficas (Chará y Murgueitio 2005), y el secuestro de carbono (Andrade *et ál*. 2008). Entre los beneficios ecológicos adicionales de incluir el componente arbóreo en fincas ganaderas se encuentra la disminución de la degradación de las pasturas (Szott *et ál*. 2000) comparadas con las pasturas en monocultivo.

A nivel de paisaje los SSP contribuyen al aumento de la cobertura arbórea por medio de la regeneración natural (Ibrahim y Camargo 2001).

Los SSP más utilizados en fincas ganaderas son las cercas vivas y árboles dispersos en potreros. Cada arreglo silvopastoril varía en composición y estructura, dependiendo su función en términos productivos y ecológicos. Las cercas vivas tienen la función de dividir potreros y a su vez proveer madera, forraje, frutos y conectividad en el paisaje, por su parte los árboles dispersos en potreros generan un microclima favorable para los animales, proveen madera, frutos y forraje como suplemento alimenticio y ayudan a la conservación de la fauna local. A pesar del reconocimiento del potencial que poseen los SSP para almacenar carbono, aún falta información del potencial de secuestro de carbono en la biomasa arbórea a nivel de paisaje.

El presente estudio tiene como objetivo analizar el estado actual del componente arbóreo y calcular el servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono (actual y potencial) en SSP (cercas vivas y árboles dispersos) del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT). La información generada será importante para que los tomadores de decisiones del sector público y privado puedan seguir impulsando el incremento de la cobertura arbórea en fincas ganaderas para aumentar la provisión de servicios ecosistémicos encaminados a la carbono neutralidad, meta proyectada por el gobierno costarricense para 2021.

## **1.1 Objetivos del estudio**

### **1.1.1 Objetivo general**

Analizar el potencial del servicio ecosistémico almacenamiento de carbono en pasturas activas en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT).

### **1.1.2 Objetivos específicos**

1. Identificar la preferencia de especies maderables y de usos múltiples de productores ganaderos del CBVCT.
  - ¿Cuáles especies arbóreas y arbustivas usan actualmente los productores ganaderos en el CBVCT?
  - ¿Cuáles especies arbóreas y arbustivas les gustaría implementar en sus fincas?
  
2. Cuantificar el área de pasturas y kilómetros lineales de cercas vivas con potencial para incrementar la cobertura arbórea de los sistemas silvopastoriles del CBVCT.
  - ¿Cuál es el área total de pasturas sin árboles y con árboles (Baja y alta densidad de árboles) en el CBVCT?
  - ¿Cuántos kilómetros de cercas muertas se pueden destinar para el establecimiento de cercas vivas en el CBVCT?
  
3. Estimar el *stock* de carbono en las áreas de pasturas del CBVCT.
  - ¿Cómo varían las existencias de carbono en el paisaje productivo ganadero del CBVCT?

## **2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1 Corredores Biológicos**

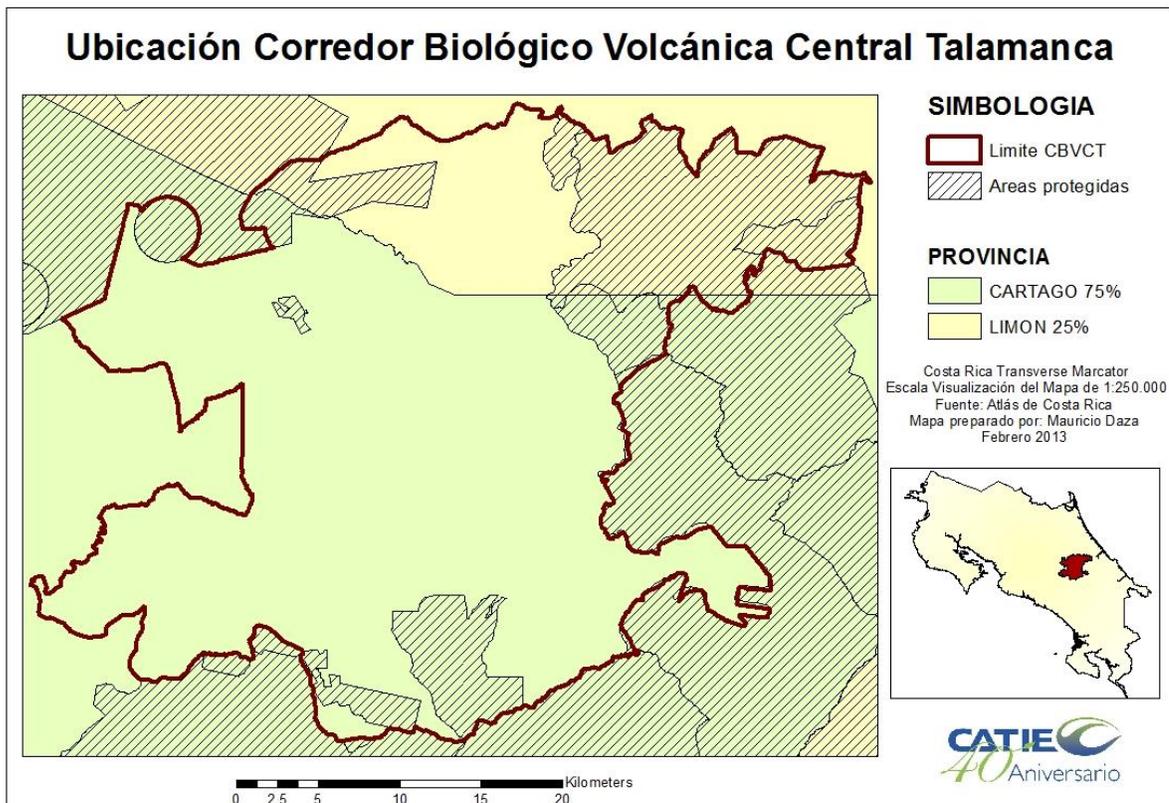
Un corredor es un hábitat articulado a una matriz distinta a la del paisaje lindante el cual conecta dos o más fragmentos del mismo hábitat. Uno de sus propósitos es la conservación basada en mantener las poblaciones de vida silvestre en los fragmentos de hábitat, facilitando el paso de individuos de un fragmento a otro (Beier y Noss 1998). Por esta razón surge la necesidad de realizar planes de conservación a nivel de paisaje incluyendo los sitios protegidos legalmente y los paisajes en donde se encuentren inmersos, creando de esta manera redes funcionales para la conservación (Poiani *et ál.* 2000).

#### **2.1.1 Corredor Biológico Mesoamericano**

El Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), surge a partir del proyecto Paseo Pantera en el año 1994. Su intención es conservar la biodiversidad mediante la protección de áreas utilizando corredores de hábitats desde el sur de México hasta Panamá (Miller *et ál.* 2001). En la actualidad el CBM es una iniciativa direccionada a la conservación de la diversidad biológica y de ecosistemas fomentando un desarrollo socioeconómico sostenible, mediante la protección de sitios clave de biodiversidad y la conexión de dichos sitios mediante corredores en donde se permita el movimiento y dispersión de plantas y animales (Miller *et ál.* 2001). Este tipo de ordenamiento territorial está compuesto de cuatro categorías de manejo: *i)* Zonas núcleo, *ii)* Zonas de amortiguamiento, *iii)* Zonas corredor y *iv)* Zonas de usos múltiples (Miller *et ál.* 2001).

#### **2.1.2 Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca - CBVCT**

El CBVCT (como es conocido a partir del 2006) es uno de los sectores prioritarios del CBM. Se ubica en Costa Rica en el área comprendida entre el Parque Nacional Volcán Turrialba, el Monumento Nacional Guayabo, la Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuis y la Reserva Privada de Vida Silvestre La Marta. El CBVCT ha crecido desde su concepción, experiencia, conocimiento y hasta en su extensión territorial. En el 2003 nace como una propuesta participativa de la comunidad de Turrialba-Jiménez para restablecer y mantener la conectividad biológica entre las reservas de biósfera Cordillera Volcánica Central y La Amistad, mejorando la calidad ambiental del entorno y contribuyendo así, a elevar la calidad de vida de las personas que se encuentran en este corredor biológico (Canet 2008). En 2008 se agrega el sector de Barbilla y la totalidad del distrito de Turrialba (Canet 2008). Desde el punto de vista político-administrativo, el 75% del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca se encuentra en la provincia de Cartago y el 25% en la provincia de Limón (Figura 1). Tiene una extensión aproximada de 114451 ha, de acuerdo con la última actualización del uso del suelo del corredor (2008) el bosque domina el 50% del espacio, seguido por pastos con 25% y en menor grado cultivos como el café (8.5%), y la caña (4.2%) (Canet 2008).



**Figura 1. Ubicación Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca.**

## 2.2 Sistemas silvopastoriles

A la interacción entre las leñosas perennes (árboles y arbustos) con herbáceas y animales bajo un sistema integral se le denomina sistemas silvopastoriles (SSP). Estos sistemas incrementan la producción pecuaria al brindar beneficios a los productores y animales (Murgueitio *et ál.* 2003; Ojeda *et ál.* 2003). Los SSP, si son bien manejados, aportan muchas ventajas y el costo de inversión para su establecimiento es recuperado a partir de los seis meses de su establecimiento (Gobbi *et ál.* 2005). Los beneficios que obtienen los animales del componente arbóreo son la protección ante la inclemencia del clima, contribución a su dieta y la reducción del estrés calórico debido a que la temperatura debajo de la copa de los árboles se reduce entre 2-3°C en contraste con campos abiertos (Pezo e Ibrahim 1999). Jiménez (2007) reporta un incremento de peso diario de 0,58 kg/ternero/día bajo un sistema silvopastoril de *Brachiaria* en asocio con *Leucaena*. Los ingresos económicos extras por la obtención de leña, madera, alimento entre otros, son otra ventaja de los SSP.

En comparación con la ganadería tradicional, los SSP son más productivos: acumulan cantidades importantes de carbono, ayudando a la mitigación del cambio climático;

promueven la conservación de la biodiversidad al proveer hábitat y permitir la conectividad en agropaisajes; reducen la erosión de los suelos y mejoran la infiltración del agua (Gobbi y Casasola 2003); además de proveer externalidades positivas como los pagos por servicios ambientales, convirtiéndolos en sistemas más competitivos (Price 1995; Gobbi 2000).

### **2.2.1 Tipos de sistemas silvopastoriles**

La elección y establecimiento del SSP se verá influenciada por los intereses del productor. Es importante el conocimiento previo de las especies a establecer ya que estas pueden generar ingresos económicos, servir de alimento a la fauna silvestre y/o ganado y permitir la conectividad del paisaje. Entre los principales SSP se encuentran: cercas vivas, árboles y arbustos dispersos en potreros, bancos forrajeros de leñosas perennes, leñosas perennes y pasturas en callejones, pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales, cortinas rompevientos, y barreras vivas. Los SSP tradicionales en América Central son las cercas vivas y los árboles y arbustos dispersos en potreros (Ibrahim *et ál.* 1999).

### **2.2.2 Cercas vivas (CV)**

Las CV son cultivos de leñosas perennes con múltiples usos para el productor, como la división de potreros, provisión de postes y leña, frutos y alimento para el ganado. Sus objetivos principales son delimitar las áreas e impedir el paso de animales o personas (Budowski 2002). Las CV constituyen una fuente de ingresos, especialmente cuando tienen especies maderables para comercializar. Holmann *et ál.* (1992) reportan un incremento del 15% en el ingreso de las fincas lecheras en la zona atlántica de Costa Rica debido al enriquecimiento de las CV con árboles maderables. Las CV se pueden clasificar en simples y multiestratos. Las primeras son aquellas en donde predomina una sola especie; las segundas están conformadas por dos o más especies (Murgueitio *et ál.* 2003).

La composición y estructura de los agropaisajes se ven influenciados por la presencia de CV porque estas pueden llegar a conectar fragmentos de bosques. Por ejemplo, la conexión de bosques riparios con CV proporciona movilidad de la fauna en paisajes ganaderos (Chacón y Harvey 2008).

### **2.2.3 Árboles y arbustos dispersos en potreros (AD)**

Los árboles y/o arbustos dispersos en potreros crecen deliberadamente en lotes designados a la agricultura o la ganadería. Generalmente el productor selecciona la especie a dejar en su terreno dependiendo del servicio que le brinde, en especial si es de interés comercial o para autoconsumo (Raintree y Warner 1986). De acuerdo a Harvey *et ál.* (1999) los productores consideran que es mejor tener árboles distribuidos en todos los potreros, en lugar de tener grupos de árboles. La mayoría de productores favorece a las especies maderables de alto valor económico que sean compatibles con las pasturas y tengan una alta producción y fácil dispersión de semillas (Villanueva *et ál.* 2007).

Los AD en potreros con una cobertura arbórea entre 20-30% ayudan a disminuir el estrés calórico de los animales, lo que permite gastar menos energía logrando una eficiencia en el uso del alimento, lo que conlleva a mayor producción (Souza 2002). En ganado lechero hay un incremento de la producción hasta de un 29% en comparación con los potreros sin árboles (Betancourt *et ál.* 2003).

#### **2.2.4 Sistemas silvopastoriles y su potencial para la producción de madera**

En países con normas estrictas para el aprovechamiento de bosques, los árboles fuera del bosque (en el cual se sitúan los SAF) se convierten en la principal fuente de madera y productos no madereros. Los agricultores y ganaderos con acceso limitado a los bosques manejan diversos sistemas de producción incluyendo árboles en sus fincas (FAO 2000). Por ejemplo, en Costa Rica la mitad de la producción de madera proviene de los árboles fuera del bosque (FAO 2002a).

En Centroamérica, la mayoría de los sistemas agrícolas tradicionales (incluidos los sistemas ganaderos), intercalan árboles con cultivos (Beer *et ál.* 2004). Según Zomer *et ál.* (2009), alrededor del 98% (265,057.000 ha) de las tierras destinadas a la agricultura en Centroamérica poseen una cobertura arbórea superior al 10%.

Según Viana *et ál.* (2001) la transformación de sistemas ganaderos tradicionales a SSP contempla varios retos importantes como el retiro de animales por periodos largos mientras las plántulas crecen, dificultando la aplicación de esta práctica principalmente por la inversión económica y de mano de obra. En este sentido, la protección de especies arbóreas procedentes de la regeneración natural (para evitar daños del ganado) se perfila como la alternativa para el establecimiento y mejora de SSP.

Estudios realizados por Hollman y Estrada (1997) y Costa *et ál.* (1999) señalan que un máximo de 27% de cobertura de árboles en potreros no influye negativamente en la producción animal. Considerando además que el 85% de fincas tienen un 15% (rango: 0 - 60%) de cobertura arbórea (Esquivel 2007; Villacis *et ál.* 2003), se concluye que existe un alto potencial para incrementar la producción de madera en fincas ganaderas.

### **2.3 Almacenamiento de carbono**

Entre los gases de efecto invernadero, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el que más contribuye al calentamiento global. El almacenamiento de este carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y agrícolas (Andrade *et ál.* 2008), y hace referencia al carbono que está acumulado en un determinado ecosistema vegetal. La cantidad de carbono almacenada depende del clima, el tipo de vegetación, las especies presentes y su densidad de la madera, y la calidad del sitio.

### **2.3.1 Almacenamiento de carbono en SSP**

Los sistemas de producción que involucran el componente arbóreo son reconocidos en todo el mundo por su servicio a la captura de carbono. Los SSP tienen gran potencial para recuperar una parte de la pérdida de carbono emitida a la atmósfera por la tala de bosques (Montagnini y Nair 2004). Watson *et ál.* (2000) estiman que el área mundial con SSP y SAF es de 400 millones de hectáreas. Con una ganancia de secuestro de carbono estimada en  $0,72 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  se tendría un potencial para secuestro de  $26 \text{ Tg C año}^{-1}$  en 2010 y para el 2040 de  $45 \text{ Tg C año}^{-1}$ . Albrecht y Kandji (2003) afirman que si se incrementara el componente arbóreo en los actuales sistemas de producción a escala global, grandes cantidades de carbono (1,1 a 2,2 Pg) podrían ser retiradas de la atmósfera en los próximos 50 años. Estudios realizados por Ávila (2000) en SSP de *B. brizantha* con *A. mangium* y *B. brizantha* con *E. deglupta* reportan almacenamientos de 8,90 t C/ha y 7,48 t C/ha respectivamente.

### **2.3.2 Estimación del carbono en la biomasa aérea**

La estimación del carbono presente en la biomasa arriba del suelo de árboles y arbustos, se calcula por dos métodos: *i)* directos destructivos y *ii)* indirectos no destructivos (Salas e Infante 2006). Los métodos directos son costosos y demorados pero fundamentales a la hora de calibrar ecuaciones alométricas usadas en los métodos indirectos (Watzlawick *et ál.* 2001). En el método directo se miden variables como el DAP, altura total, diámetro y longitud de copa del árbol. Posteriormente se tala el árbol y se determina la biomasa pesando el fuste, ramas, hojas y raíces (González 2008).

En el método indirecto se utilizan datos dasométricos como el DAP, altura total y la densidad de la madera. Con ecuaciones alométricas previamente desarrolladas (método directo), se puede calcular el *stock* de carbono almacenado en la biomasa total del árbol. Existen ecuaciones alométricas generales para biomasas de una región, así como ecuaciones definidas para grupos ecológicos o inclusive para especies específicas (Navar 2009, Chave *et ál.* 2005, Brown *et ál.* 1997; Cuadro 1). Este método es usado cuando la disponibilidad de tiempo y recursos es limitada y en casos donde no es posible cortar los árboles (González 2008).

**Cuadro 1. Ejemplos de ecuaciones alométricas para estimar componentes de la biomasa, recomendadas y publicadas en la literatura científica para especies individuales y grupos de especies de vegetación en zonas tropicales.**

Ecuación Alométrica	Especie o grupo de especies (Lugar)	Biomasa	Referencia	Rango Dimétrico	N
$\text{Log}_{10} B = -2,18062 + 0,08012(\text{dap}) - 0,0006244(\text{dap}^2)$	SSP (Centroamérica)	Fuste	Ruiz (2002)	—	—
$\text{Log}(\text{TAB}) = [(-1.471 + 1.964\text{LogD}) + [(-1.541 + 2.527\text{LogD}) + [(-1.146 + 2.208\text{LogD})] = [(-0.936 + 2.348\text{LogD})]$	<i>Inga tonduzzi</i> (San Ramon, Matagalpa, Nicaragua)	Follaje + Ramas + Fuste = Total	Segura <i>et ál...</i> , (2006)	5-44	48
$\text{Log}(\text{TAB}) = [(-1.569 + 0.964\text{LogD}) + [(-2.149 + 2.840\text{LogD}) + [(-1.799 + 2.877\text{LogD})] = [(-1.417 + 2.755\text{LogD})]$	<i>Juglans olanchana</i> (San Ramon, Matagalpa, Nicaragua)	Follaje + Ramas + Fuste = Total	Segura <i>et ál...</i> , (2006)	5-44	35
$\text{Log}(\text{TAB}) = [(-1.620 + 2.257\text{LogD}) + [(-1.121 + 1.932\text{LogD}) + [(-0.942 + 2.062\text{LogD})] = [(-0.755 + 2.072\text{LogD})]$	<i>Cordia alliodora</i> (San Ramon, Matagalpa, Nicaragua)	Ramas + (Ramas y Follaje) + Fuste = Total	Segura <i>et ál...</i> , (2006)	5-44	44
$\text{Log}(\text{TAB}) = [(-1.557 + 2.098\text{LogD}) + [(-1.452 + 2.286\text{LogD}) + [(-1.196 + 2.294\text{LogD})] = [(-0.834 + 2.223\text{LogD})]$	<i>Inga punctata</i> , <i>Inga tonduzzi</i> , <i>Juglans olanchana</i> y <i>Cordia alliodora</i> (San Ramon, Matagalpa, Nicaragua)	Follaje + Ramas + Fuste = Total	Segura <i>et ál...</i> , (2006)	5-44	161

TAB=biomasa aérea total, D=Diámetro a la altura del pecho (1,30 o 1,37 m)

## 2.4 BIBLIOGRAFIA

- Albrecht, A; Kandji, ST. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 99(1-3):15-27.
- Alonzo, Y; Ibrahim, M. 2001. Potential of silvopastoral system for economic dairy production in Cayo, Belize and constraints for their adoption. In: Ibrahim M. ed. *Silvopastoral systems for restoration of degraded tropical pasture ecosystems. International Symposium on Silvopastoral System (2001, San José, CR). Memorias.* p. 465-470.
- Andrade, H; Brook, R; Ibrahim, M. 2008. Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. *Plant and Soil* 308 (1-2): 11-22
- Ávila, G. 2000. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Beer, J; Ibrahim, M; Somarriba, E; Barrance, A; Leakey, R. 2004. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. In Cordero, J; Boshier, D. (eds). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas.* Oxford, Inglaterra, OFI/CATIE. p. 197-242.
- Beier, P; Noss, RF. 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12:1241-1252.
- Betancourt, K.; Ibrahim, M.; Harvey, C. y Vargas, B. 2003. "Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua". *Agroforestería de las Américas* 10. 39. 39-40.
- Brown, P; Cabarle, B; Livernash, R. 1997. Carbon counts: Estimating climate change mitigation in forestry projects. Estados Unidos, World Resources Institute. 25 p.
- Budowski, G. 2002. Modalidades agroturísticas y sus limitaciones. *Revista mensual sobre la actualidad ambiental* 107:2-6
- Canet, L. 2008. Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Perfil Técnico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), The Nature Conservancy (TNC). 97 p.

- Chará, J. and Murgueitio, E. 2005. The role of silvopastoral systems in the rehabilitation of Andean stream habitats. *Livestock Research for Rural Development* 17(20). <http://www.lrrd.org/lrrd17/2/char17020.htm> (consultado el 14 de febrero de 2012).
- Chave, J; Andalo, C; Brown, S; Cairns, M; Chambers, J; Eamus, D; Fölster, H; Fromard, F; Higuchi, N; Kira, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145(1):87-99.
- Costa, N de L; Townsend, CR; Magalhaes, JA; Pereira, RG. 1999. Agronomic performance of forage grasses under the shade of mature rubber trees. *Pasturas Tropicales*. 21: 2, 65-68.
- Esquivel, H. 2007. Tree resources in traditional silvopastoral systems and their impact on productivity and nutritive value of pastures in the dry tropics of Costa Rica. Tesis Ph. D. CATIE, Turrialba, Costa Rica 161 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2000. Trees outside the forest. In *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000 - Informe Principal*. Estudio FAO Montes 140. Roma, Italia, FAO. 39-40 p.
- \_\_\_\_\_. 2002a. Los árboles fuera del bosque: Hacia una mejor conservación. Estudio FAO Montes 140. Roma, Italia, FAO 220 p. (Guía FAO Conservación).
- \_\_\_\_\_. 2009. El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Roma. IT. 184p.
- FAOSTAT, 2005. Data base of Food and Agricultural Organization. Disponible en; <http://faostat.fao.org/>. Consultado en Febrero 2013.
- \_\_\_\_\_; Casasola, F 2003. Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. Vol 10 N° 39 - 4
- Gobbi, J. A. 2000. Analysis: Is biodiversity-friendly coffee financially viable? An analysis of five different coffee production systems in western El Salvador. *Ecological Economics* 33:267- 281
- \_\_\_\_\_; Casasola, F 2003. Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. Vol 10 N° 39 - 4
- \_\_\_\_\_; Ibrahim, M; Casasola, F; Murgueitio E. y Ramírez, E. 2005. "¿Solución al problema de monitoreo? El uso de un índice ecológico como herramienta para aplicar un pago por servicios ambientales en paisajes rurales". En: conferencia 38 en

la Serie Interamericana de Conferencias Científicas Henry Wallace. "Manejo Integrado de Servicios Ambientales en Paisaje Tropicales Intervenido" (2005, Turrialba, Costa Rica). Memoria. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Disco compacto.

Harvey, C; Haber, W; Solano, R; Mejías F. 1999. Árboles remanentes en potreros de Costa Rica: ¿Herramientas para la conservación? *Agroforestería en las Américas* 6 (24): 19-22.

\_\_\_\_\_; Alpizar F; Chacón M; Madrigal, R. 2005. Assessing linkages between agriculture and biodiversity in Central America: Historical overview and future perspectives. Mesoamerican and Caribbean Region, Conservation Science Program. San José, CR, The Nature Conservancy (TNC). 140 p.

Holmann, F; Romero, F; Montenegro, J; Chana, C; Oviedo, E; Baños, A. 1992. Rentabilidad de sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: Primera aproximación. *Turrialba* 42(1):79-89.

Ibrahim, M; Camero, A; Camargo, JC; Andrade, HJ. 1999. Sistemas silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE. In Congreso Latinoamericano sobre Sistemas Agroforestales para la Producción Agrícola. 28 al 30 de octubre 99. Cali, Colombia. Fundación CIPAV. P 73.

\_\_\_\_\_; Camargo, JC. 2001. ¿Cómo aumentar la regeneración de árboles maderables en potreros?. *Agroforestería de las Américas*. 8 (32): 35-41.

\_\_\_\_\_; Franco, M; Pezo, DA; Camero, A; Araya, JL. 2001. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the sub humid tropics. *Agroforestry Systems* 51(2):167-175

Jiménez, A. 2007. Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 103 p.

Kaimowitz, D. 2001. Will livestock intensification help save Latin America's Tropical Forest? In: Angelsen; Kaimowitz, D. eds. *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*. Wallingford, UK, CABI. p 1-20.

Montagnini, F; Nair, PKR. 2004. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 61-62(1):281-295.

Moreno Díaz M.L. 2005. Pagos por Servicios Ambientales, la experiencia de Costa Rica. Informe presentado al Instituto Nacional de Biodiversidad INBIO. 29-09- 2005. Pp. 24.

- Moya, J. C. 2002. Estudio de caso; Prácticas Silvopastoril finca José Antonio López Garita. I Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista. San José 28 – 29 Noviembre, 2002. Disponible en; [www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f08-8080\\_053.pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f08-8080_053.pdf). Consultado en Enero 2013.
- Murgueitio, E; Ibrahim, M; Ramírez, E; Zapata, A; Mejía, C; Casasola, F. 2003. Usos de la tierra en fincas ganaderas. ed 1. Cali, COL. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. 97 p.
- Návar, J. 2009. Biomass component equations for Latin American species and groups of species. *Annals of Forest Science*. Vol 66. 208p.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 275 p. (Módulo de Enseñanza Agroforestal no. 2).
- Poiani, KA; Richter, BD; Anderson, MG; Ritchter, HE. 2000. Biodiversity Conservation at Multiple Spatial Scales: Functional Sites, Landscapes and Networks. *Bioscience* 50 (2):133-146
- Pomareda, C. 1999. Carbon sequestration through pasture intensification: technical, economic and management issues for the livestock and environment initiative. San Jose, Costa Rica. The World Bank/FAO 47p.
- Price, C. 1995. Economic evaluation of financial and non-financial costs and benefits in agroforestry development and the value of sustainability. *Agroforestry Systems*. 30:75-86.
- Raintree, J; Warner, K. 1986. Agroforestry pathways for the intensification of shifting cultivation, *Agroforestry System* 4:39-54.
- Rojas, M. and B. Aylward. 2003. What are we learning from experiences with markets for environmental services in Costa Rica? A review and critique of the literature. International Institute for Environment and Development, London, UK.
- Salas, J; Infante, A. 2006. Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. *Rev. For. Lat.* 40:47-70.
- Souza de Abreu, MH. 2002. Contribution of Trees to the Control of Heat Stress in Dairy Cows and the Financial Viability of Livestock Farms in the Humid Tropics. Ph.D. Thesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 166 p.

- Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M; De Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado: Problemas ambientales y opciones. FAO. Roma, IT. 464p.
- Viana, V; Mauricio, R; Machado, R; Pimienta, I. 2001. Management of natural regeneration for introduction of livestock Agroforestry systems. In Ibrahim, M. (editor) 2001. International Symposium on Sylvopastoral systems. Second congress on Agroforestry and livestock production in Latin America. San Jose, Costa Rica, pp. 75-78.
- Villacis, J.; Harvey, C.A.; Ibrahim, M.; Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Rio Frio, Costa Rica. Agroforestería en las Américas. CATIE 10(39-40): 17-23.
- Villanueva, C; Tobar, D; Ibrahim, I; Casasola, F; Barrantes, J; Arguedas, R. 2007. Árboles dispersos en potreros en fincas ganaderas del Pacífico Central de Costa Rica. Agroforestería en las Américas (45): 12-20.
- Watzlawick, L. Sanquetta, C. Mello, A. Arce, J. 2001. Ecuaciones de biomasa aérea en plantaciones de Araucaria angustifolia en el sur del Estado del Paraná, Brasil. In: Simposio Internacional - Medición y Monitoreo de la Captura de carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia - Chile: Anales. Valdivia: 12p.
- Watson, R; Noble, I; Bolin, B; Ravindranath, N; Verardo, D; Dokken, D. (eds) 2000. Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Special report. Cambridge Univ. Press. New York.
- Zomer, RJ; Trabucco, A; Coe, R; Place F. 2009. Trees on farm: analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry. Nairobi, Kenya, ICRAF. 63 p. (ICRAF Working Paper No. 89).

### **3 CAPITULO 1. CARACTERIZACION DE SISTEMAS SILVOPASTORILES Y PERCEPCION DEL ESTADO DEL COMPONENTE ARBOREO EN FINCAS GANADERAS DEL CBVCT, COSTA RICA**

#### **3.1 RESUMEN**

El 25% del territorio del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT) está destinado a la ganadería de leche, carne y doble propósito. Los sistemas silvopastoriles (SSP) predominantes en este uso de suelo son las cercas vivas (CV) y árboles dispersos en potreros (AD), los cuales ayudan a incrementar la rentabilidad de las fincas y proporcionan servicios ambientales (conservación de la fauna local, regulación y calidad del agua y el secuestro de carbono) y ecológicos (disminución de la degradación de las pasturas). A nivel de paisaje es indispensable identificar la percepción y preferencias de especies leñosas en CV y AD. Para este fin se caracterizó por medio de encuestas e identificación visual en campo el componente arbóreo presente en CV y AD en 108 fincas ganaderas del CBVCT: carne (35), leche (38) y doble propósito (35). El 54% de los productores manifiesta que la densidad arbórea en las fincas ha aumentado en los últimos 10 años, 29% que se mantiene y 16% que ha disminuido. Los productores en los tres sistemas de producción emplean los árboles en potreros como el suministro de algunos productos (postes, madera, leña, forraje y frutos) y servicios (sombra). Las fincas con sistema de producción de carne y doble propósito tienen mayor cobertura arbórea y diversificación de sus sistemas silvopastoriles, además realizan un mayor aprovechamiento de madera, postes, forraje y frutos. En contraste las fincas con el sistema de producción de leche tienen menor cobertura arbórea y realizan un menor aprovechamiento de madera, postes, frutos y forraje. Se concluye que bajo las condiciones del CBVCT, los productores del sistema de producción de carne y doble propósito son más receptivos a diversificar y ampliar los SSP de sus fincas.

**Palabras claves:** Sistemas silvopastoriles, cercas vivas, árboles dispersos, cobertura arbórea.

#### **3.2 INTRODUCCION**

En Centroamérica el establecimiento de pasturas para ganadería ha sido el principal cambio de uso de la tierra a partir de los bosques, trayendo como consecuencia la deforestación y la fragmentación de paisajes (Harvey *et ál.* 2005). En 1961 el área de pasturas permanentes en Centroamérica era de 9,1 millones de hectáreas. Para el año 2001 se habían incrementado a 13,6 millones (FAOSTAT 2005). En Costa Rica el 46,4% del territorio está destinado a la actividad ganadera (Moya 2002), ubicándola en los principales renglones de producción del país.

Los sistemas silvopastoriles (SSP) ayudan a incrementar la rentabilidad de las fincas (Alonzo e Ibrahim 2001) ya que el componente arbóreo ofrece beneficios económicos extras

como la producción de madera, postes para cercas, frutos y forrajes de alta calidad (Ibrahim *et ál.* 2001). Esto demuestra una influencia positiva en la rentabilidad de las fincas, disminuyendo la presión ejercida hacia los bosques (Kaimowitz 2001).

Los SSP también proporcionan servicios ambientales como la conservación de la fauna local, la regulación y calidad del agua en las cuencas hidrográficas (Chará y Murgueitio 2005), y el secuestro de carbono (Andrade *et ál.* 2008). Entre los beneficios ecológicos adicionales de incluir el componente arbóreo en fincas ganaderas se encuentra la disminución de la degradación de las pasturas (Szott *et ál.* 2000) comparadas con las pasturas en monocultivo. A nivel de paisaje, los SSP contribuyen al aumento de la cobertura arbórea por medio de la regeneración natural (Ibrahim y Camargo 2001).

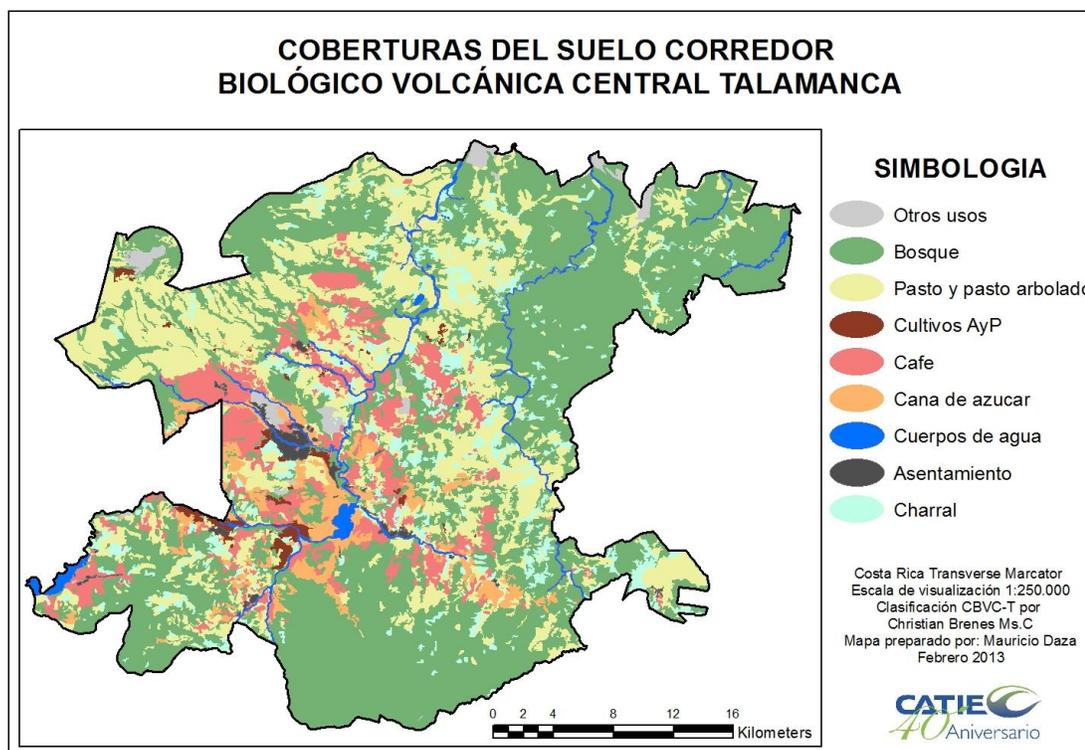
Los SSP tradicionales en fincas ganaderas son las cercas vivas y árboles dispersos en potreros. Cada arreglo silvopastoril varía en composición (número de especies) y estructura (número de estratos), dependiendo su función en términos productivos y ecológicos.

El presente estudio tuvo como objetivo conocer la percepción y preferencias de especies leñosas en cercas vivas y árboles dispersos en potreros, sus usos y especies que prefieren los productores al momento de incrementar la cobertura arbórea a futuro en ambos arreglos silvopastoriles, estos resultados son importantes para comprender el estado actual de los SSP y poder plantear con bases sólidas escenarios futuros enfocados al incremento de la cobertura arbórea.

### **3.3 MATERIALES Y METODOS**

#### ***3.3.1 Área de estudio***

El Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca tiene una extensión aproximada de 114451 ha, se encuentra en la provincia de Cartago (75%), abarcando de manera parcial cuatro cantones: Turrialba, Jiménez, Alvarado y Paraíso; y en la provincia de Limón (25%), extendiéndose parcialmente en los cantones de Siquirres, Guácimo y Matina (Figura 3). La distribución de lluvias es uniforme a lo largo del año con precipitaciones que van desde los 2650 mm en la zona norte y central hasta 6000 mm en la zona sur (Murrieta 2006). El CBVCT está compuesto por suelos ultisoles (55%) e inceptisoles (45%). Su rango de elevación va de los 400 msnm hasta los 3340 msnm. De acuerdo con la última actualización del uso del suelo del corredor realizada en 2012, el bosque domina el 50% del espacio, seguido por pastos con 25% y en menor grado cultivos como el café (8.5%), y la caña (4.2%) (CLIMBE 2012). La presente investigación se enfocó en el estudio de fincas ganaderas, segundo renglón productivo CBVCT (Figura 2).



**Figura 2. Mapa coberturas de uso del suelo Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica 2012.**

### **3.3.2 Selección de la muestra**

Se realizó un muestreo estratificado proporcional al tamaño de la población. Se utilizó la base de datos del gusano barrenador elaborada por el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA 2008) para calcular el tamaño de la población. Se contabilizó el número de fincas ganaderas identificadas y registradas en el sector de la provincia de Cartago en los 16 distritos que se encuentran dentro de la división político-administrativa del CBVCT. Se identificaron 1087 fincas ganaderas agrupadas en tres sistemas de producción: la ganadería de leche representa un 58%, la producción de carne representa un 38% y el sistema doble propósito un 4% del total (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Número de fincas ganaderas por distrito y sistema de producción (leche, carne y doble propósito) en el CBVCT – Sector Cartago.**

<b>CANTON</b>	<b>DISTRITO</b>	<b>Productores leche</b>	<b>Productores carne</b>	<b>Doble Propósito</b>	<b>Fincas ganaderas</b>
<b>Alvarado</b>	Capellades	38	0	0	38
	Pacayas	82	3	0	85
<b>Jiménez</b>	Tucurrique	18	19	2	39
	Pejibaye	28	36	4	68
	Juan Viñas	2	3	0	5
<b>Paraíso</b>	Cachí	10	10	0	20
	Santa Rosa	3	0	1	4
<b>Turrialba</b>	Turrialba	15	4	0	19
	Peralta	10	6	3	19
	Tuyutic	10	102	5	117
	Tres X	1	28	4	33
	Santa Cruz	303	33	2	338
	Pavones	5	10	3	18
	Santa Teresita	76	51	1	128
	La Suiza	8	36	12	56
	Tuis	23	70	7	100
<b>Total</b>		<b>632</b>	<b>411</b>	<b>44</b>	<b>1087</b>

El tamaño de muestra se calculó por medio de la siguiente ecuación (Cochran 1996).

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

**En dónde:**

**N:** es el tamaño de la población (1087 fincas)

**k:** nivel de confianza 95%

**e:** error muestral deseado 10%

**p:** 0,5

**q:** 0,5

**n:** tamaño de la muestra (número de entrevistas)

El tamaño muestral obtenido fue de 114 fincas las cuales se distribuyeron en cada sistema de producción con el objetivo de tener la mejor representación de las fincas de la

población según su sistema (muestra estimada). Sin embargo por cuestiones de logística durante la fase de campo se entrevistaron 108 fincas (35 sistema carne, 35 sistema doble propósito y 38 sistema leche), estos tamaños por sistema nos permiten compararlos sin tener problemas por desequilibrio. Los resultados de estos cálculos para el tamaño de muestra por sistema de producción se presentan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Muestreo estratificado proporcional al tamaño de la población de cada sistema de producción (leche, carne y doble propósito) en el CBVCT.**

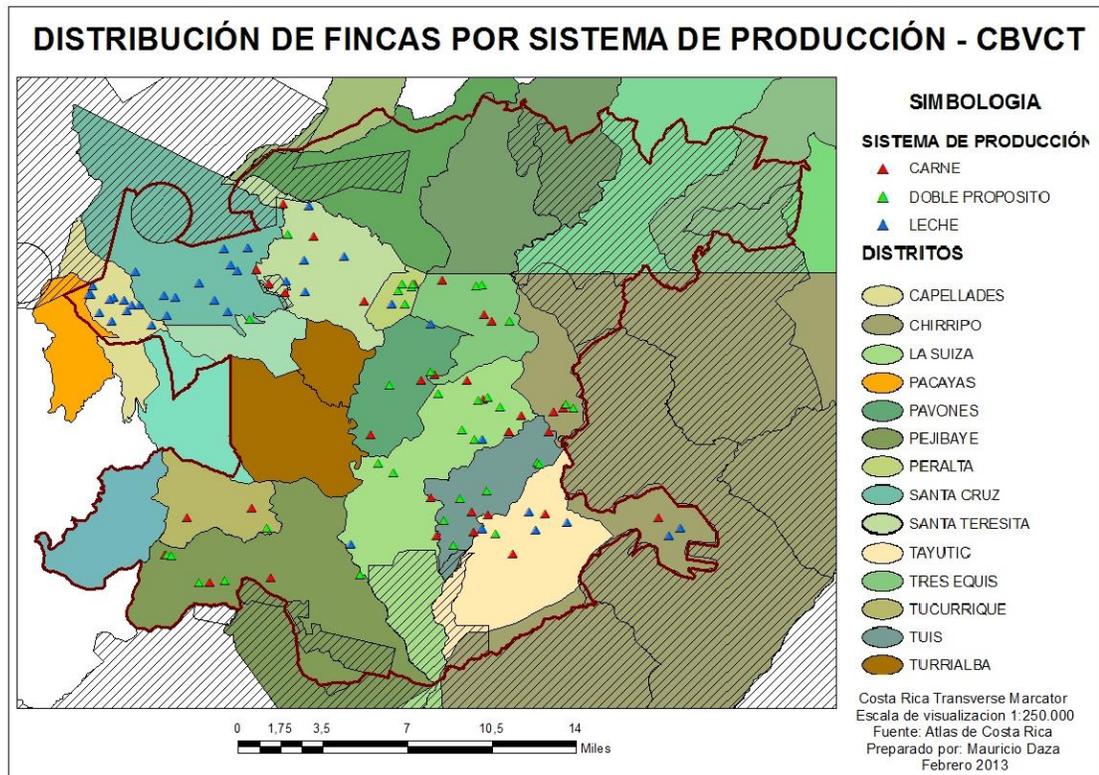
Sistema de producción	Población fincas	Muestra estimada (Nº de fincas)	Fincas evaluadas (Nº de fincas)
Carne	411	33	35
Leche	632	51	38
Doble propósito	44	30	35

### 3.3.3 Muestra de productores

Para la selección de la muestra de productores se realizó mediante un muestreo estratificado. Los distritos de Cachi, Turrialba, Santa Rosa y Juan Viñas fueron descartados al no tener una actividad ganadera representativa. El 47% de entrevistas en fincas lecheras se concentró en los distritos de Pacayas y Santa Cruz (Cuadro 4). La mayoría de las fincas muestreadas bajo los sistemas de producción de carne y doble propósito se ubican en el valle central (Figura 3).

**Cuadro 4. Número de fincas ganaderas entrevistadas por distrito y sistema de producción (leche, carne y doble propósito) en el CBVCT.**

CANTON	DISTRITO	Productores de leche	Productores de carne	Doble Propósito	Nº Fincas
Alvarado	Capellades	5	-	-	5
	Pacayas	10	-	-	10
Jiménez	Tucurrique	-	4	2	6
	Pejibaye	-	3	5	8
Turrialba	Peralta	1	-	5	6
	Tuyutic	4	6	3	13
	Tres X	-	5	3	8
	Santa Cruz	8	-	-	8
	Pavones	1	2	3	6
	Santa Teresita	5	5	1	11
	La Suiza	4	6	7	17
	Tuis	-	4	6	10
<b>Total</b>		<b>38</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>108</b>



**Figura 3. Distribución de fincas por sistema de producción en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca.**

### **3.3.4 Procesamiento de la información**

En las visitas a las fincas seleccionadas, se realizó una encuesta semiestructurada para identificar los usos de la tierra predominantes en fincas ganaderas, conocer la percepción del estado del componente arbóreo en los últimos 10 años, la composición florística de las cercas vivas (CV) y los árboles dispersos (AD), los objetivos de tener árboles en las fincas e identificar las especies forestales que les gustaría implementar a futuro, además del aprovechamiento del componente arbóreo en CV y AD. La información recopilada se sistematizó a través de estadística descriptiva en el programa estadístico InfoStat de Di Rienzo *et ál.* (2008). Se elaboraron tablas resumen, gráficos de barras apiladas y tablas de frecuencia diferenciadas por sistema de producción.

## **3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.4.1 Caracterización de productores y fincas**

De las 108 personas entrevistadas, el 82% fueron hombres y el 18% mujeres (89 y 19 respectivamente). El 74% trabaja directamente con ganadería y el 28% restante se dedica a la agricultura y ganadería. El 65% vive en la finca y el 72% manifiesta no tener otras fincas o

lotes. En promedio, las fincas más grandes fueron las de doble propósito, con  $6,03 \pm 1,3$  (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Tamaño de las fincas ganaderas (en hectáreas) por sistema de producción (leche, carne y doble propósito) en el CBVCT.**

Tipo de producción	n	Media	Min	Max
Leche	38	4,9±0,48	0,5	14
Carne	35	5,4±0,6	1	18
Doble propósito	35	6,03±1,3	2	35

*n*: Número de fincas

### 3.4.2 Usos de la tierra

Los cinco principales usos de suelo encontrados en fincas ganaderas del CBVCT son: pasturas degradadas, CV simples, pasturas con árboles, pasturas naturales sin árboles y CV multiestratos (Cuadro 6). Estudios realizados por Hernández (2001) y Holmann *et ál.* (2004) observaron que los productores identifican una pastura degradada basados en dos indicadores principalmente: condición de cobertura del forraje y presencia de malezas. El 94% de las fincas estudiadas en este estudio presentan algún grado de degradación en sus pasturas. Benavides (2013) encontró que el 96,3% de los pastos en fincas ganaderas de la cuenca media del río Jesús María, Costa Rica presentan algún grado de degradación en sus pasturas basándose en la condición de cobertura de forraje en un rango de <40% a 76-90% y la presencia de malezas >50% y 10-20%. Szott *et ál.* (2000) menciona que en América Central el 50% de las pasturas se encuentran en un estado avanzado de degradación.

Se encontraron cercas vivas en el 97% de las fincas estudiadas; de estas el 57% se encuentran en alturas inferiores a los 700msnm. El 82% de las fincas tienen cercas vivas simples y en el 48% multiestratos. Villacis *et al.* (2003) reporta que en Rio Frio Costa Rica el 87% de las fincas tienen cercas vivas, de las cuales el 40% son simples y 60% multiestratos. Esto nos indica que los productores ganaderos del CBVCT tienen amplio conocimiento de los beneficios de las CV como: su amplia duración, son más económicas que las cercas muertas (13% menos), producen madera, frutos para consumo humano y animal, forraje como suplemento alimenticio del ganado, además de que incrementan el valor de la finca.

El 78% de las fincas mantienen árboles en potreros. En el 89% de fincas de producción de carne se encontró presencia de árboles en potreros. Porcentajes similares encontraron Stokes *et ál.* (2001) en donde el 88% de los productores en Cañas, Costa Rica mantienen árboles en potreros. Los productores emplean los árboles en potreros como el suministro de algunos productos (postes, madera, leña, forraje y frutos) y servicios (sombra).

Los productores ganaderos del CBVCT prefieren el establecimiento de cercas vivas a la incorporación de árboles en sus potreros porque los productores perciben que las cercas vivas ofrecen más servicios como la demarcación de potreros y linderos, además que representan un ahorro económico en relación al establecimiento de cercas muertas. Por otra parte, la mayoría de los árboles en potreros provienen de la regeneración natural, lo que implica tasas de sobrevivencia bajas a raíz de los daños ocasionados por sobrepastoreo, aplicación de herbicidas y la quema de pasturas como técnica de renovación.

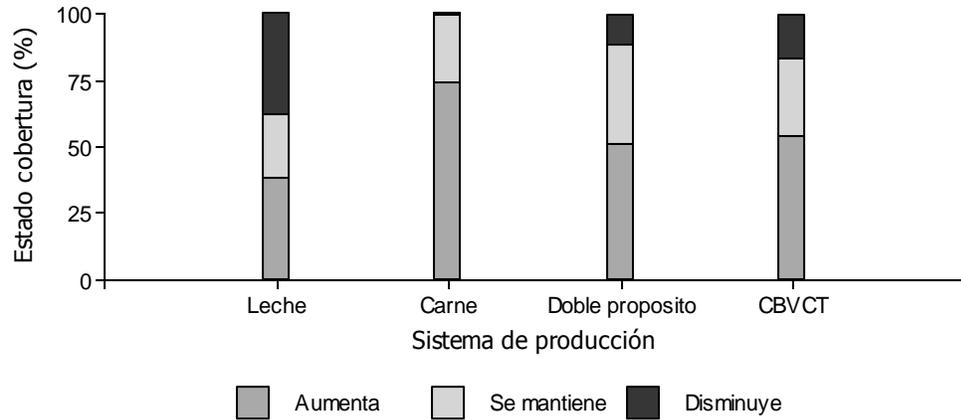
**Cuadro 6. Porcentajes de usos de la tierra por sistema de producción (leche, carne y doble propósito).**

Tipo de uso del suelo	Sistema de producción (%)			
	Leche	Carne	DP	Promedio
<b>Pasturas degradadas</b>	95	94	94	94
<b>Cercas vivas simples</b>	84	83	80	82
<b>Pasturas con árboles</b>	63	89	83	78
<b>Pasturas naturales sin árboles</b>	71	54	54	60
<b>Cercas vivas multiestratos</b>	37	46	60	48

*DP: Sistema doble propósito*

### **3.4.3 Percepción acerca del estado del componente arbóreo en las fincas**

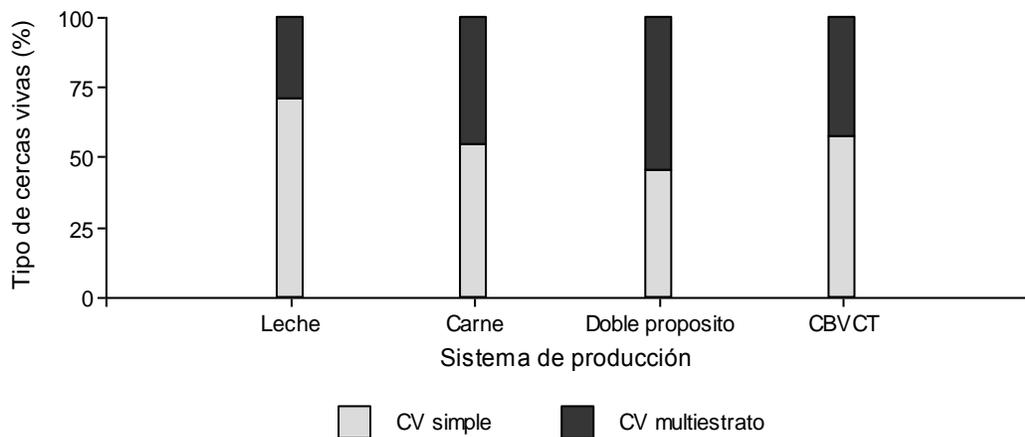
La percepción del estado del componente arbóreo que tienen los ganaderos del CBVCT tuvo diferencias considerables. El 54% de los encuestados manifestó que la densidad arbórea en las fincas ha aumentado en los últimos 10 años, el 29% que se mantiene y el 16% que ha disminuido. Además, el 38% los productores de leche manifestó que la cobertura ha disminuido, mientras que el 74% de los productores de carne manifestó lo opuesto (Figura 4). Este conocimiento sugiere que la cobertura arbórea está disminuyendo en la parte alta del corredor, donde se ubican las fincas lecheras.



**Figura 4. Percepción del estado de la cobertura arbórea expresada en porcentaje en sistemas de producción (leche, carne y doble propósito) y a nivel general en el CBVCT.**

#### 3.4.4 Tipos de cercas vivas en las fincas

El 97% de las fincas del CBVCT tienen CV, cifra que se aproxima los estudios realizados por Harvey *et ál.* (2005) en donde calcula que en Centroamérica del 60 al 95% de las fincas ganaderas tienen cercas vivas. En el 71% de las fincas de leche predominan las CV simples y en el 54,3% de fincas doble propósito las CV multiestratos (Figura 5). Villacis *et ál.* (2003) encontró en Río Frío, Costa Rica, que el 87% de las fincas tienen cercas vivas, de las cuales el 40% son simples y 60% multiestratos.



**Figura 5. Tipo de cercas vivas (simples y multiestratos) por sistema de producción (leche, carne y doble propósito) y a nivel general en el CBVCT expresada en porcentaje.**

### **3.4.5 Aprovechamiento productos en cercas vivas y árboles dispersos**

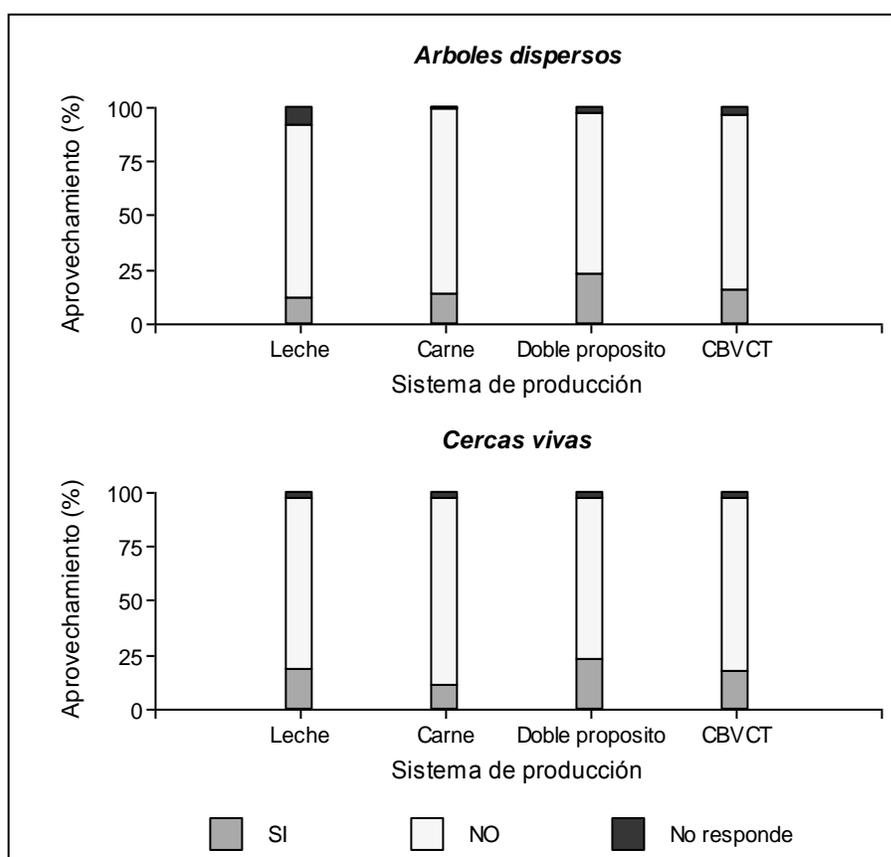
El autoconsumo de productos (madera, postes, forraje y frutos) extraídos del componente arbóreo es superior en relación a su venta en los tres sistemas de producción. El aprovechamiento de productos brindados por las CV y AD en fincas productoras de carne y doble propósito fue de 68 – 70,5% respectivamente, porcentajes relativamente altos en comparación con las fincas productoras de leche de las cuales solo el 36% realiza aprovechamiento (Cuadro 7). Estos productos son empleados en: madera para construcción, postes para siembra y repoblamiento de cercas vivas, forraje y frutos para alimentación de ganado y leña en eventos ocasionales. Sólo tres productores manifestaron vender leña a ingenios azucareros de Turrialba.

El aprovechamiento maderable en cercas vivas y árboles dispersos es muy similar entre los 3 tipos de fincas consideradas. La madera aprovechada es empleada cuando necesitan construir, reparar o ampliar sus casas, establos y bodegas y, en menor medida, para la venta. El 23% de los productores doble propósito hace aprovechamiento maderable tanto en CV como en AD, siendo el grupo que más aprovechamiento hace en ambos sistemas (Figura 6).

El producto más usado en fincas lecheras fueron los postes (61%) empleándolos como postes muertos para cercar potreros y postes vivos (estacas) para el repoblamiento de CV. Según Harvey *et ál.* (2005) entre las principales funciones de la CV es la producción de estacas. El aprovechamiento de forraje como suplemento alimenticio para el ganado se documentó en un 68% de las fincas. Esto demuestra un amplio conocimiento del uso de especies leñosas como forraje y que la mano de obra no es un limitante para efectuar este tipo de actividades. Se observó el uso de forraje de *Tithonia diversifolia*, *Gliricidia sepium* *Erythrina poeppigiana*, las cuales tienen una concentración de proteína de 18,9 a 28,8%, 25% y 21,4% respectivamente (Murgueitio *et ál.* 2008), lo que implica incrementos en la calidad y cantidad de la producción de leche.

**Cuadro 7. Aprovechamiento de servicios y usos de especies arbóreas por sistema de producción (leche, carne y doble propósito), expresado en porcentaje.**

	USOS	MADERA	POSTES	FORRAJE	FRUTOS
<b>Leche</b>	Autoconsumo	<b>5</b>	<b>61</b>	<b>32</b>	<b>34</b>
	Venta	11	0	0	3
	no usa	84	39	68	63
<b>Carne</b>	Autoconsumo	<b>31</b>	<b>71</b>	<b>89</b>	<b>80</b>
	Venta	0	0	0	0
	no usa	69	29	11	20
<b>Doble propósito</b>	Autoconsumo	<b>40</b>	<b>63</b>	<b>86</b>	<b>66</b>
	Venta	17	9	0	0
	no usa	43	29	14	34



**Figura 6. Distribución porcentual aprovechamiento maderable en CV y AD por sistema de producción (leche, carne y doble propósito) y a nivel general en el CBVCT.**

### 3.4.6 Especies empleadas en el sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros

En el sistema silvopastoril AD se encontró un total de 25 especies (Anexo 2). En el sistema de producción doble propósito se encontró un total de 21 especies, seguido por el sistema de producción de carne con 17 especies y en fincas lecheras 14 especies. Las especies representativas en AD son *Psidium guajava*, *Cordia alliodora* y *Erythrina berteroana* (Cuadro 8). Los productores ganaderos del CBVCT mantienen en sus potreros menos de 30 árboles por hectárea, catalogándolas así como pasturas con baja densidad arbórea (Ibrahim *et ál.* 2007). Diferentes estudios realizados en Monteverde, San Jose y Guanacaste en Costa Rica, han encontrado densidades promedio que van de 9 a 42 árboles por hectárea (Harvey *et ál.* 1999, Villanueva *et ál.* 2001, Esquivel *et ál.* 2003). Las densidades están relacionadas directamente con el tipo de sistema de producción y las condiciones biofísicas y socioeconómicas de los productores (Harvey *et ál.*, Villanueva *et ál.* 2003). En el área de estudio los productores de leche tienen una baja cobertura arbórea en sus pastos, para evitar el efecto de la sombra en la producción de las pasturas (Villacis *et ál.* 2003).

**Cuadro 8. Especies representativas presentes en árboles dispersos en potreros por sistema de producción (leche, carne y doble propósito).**

Sistema de producción	Leche		Carne		Doble propósito	
	FA	FR	FA	FR	FA	FR
<i>Psidium guajava</i>	12	0,24	24	0,32	24	0,27
<i>Cordia alliodora</i>	4	0,08	19	0,25	21	0,24
<i>Erythrina berteroana</i>	6	0,12	8	0,11	10	0,11
<i>Citrus sp.</i>	3	0,06	4	0,05	2	0,02
<i>Cedrela odorata</i>	-	-	7	0,09	2	0,02

FA: Frecuencia absoluta; FR: Frecuencia relativa

### 3.4.7 Especies empleadas en el sistema silvopastoril cercas vivas

En CV se encontraron 26 especies (Anexo 2) de las cuales 23 están presentes en fincas lecheras, 21 especies en fincas de carne y 13 especies en fincas doble propósito. Las especies dominantes en CV son *Erythrina sp.*, *Psidium guajava*, *Cordia alliodora*, *Gliricidia sepium* y *Eucalyptus sp.* (Cuadro 9). El amplio conocimiento de especies utilizadas como CV probablemente se deba a que estos sistemas han sido manejados desde hace mucho tiempo en fincas ganaderas de Costa Rica (Budowski 2002). Los productores tienen preferencia por el uso de *Erythrina sp.* y *Psidium guajava* para alimentación animal y las otras especies para la producción de madera.

**Cuadro 9. Especies representativas presentes en cercas vivas por sistema de producción (leche, carne y doble propósito).**

Sistema de producción	LECHE		CARNE		DOBLE PROPÓSITO	
	FA	FR	FA	FR	FA	FR
<i>Erythrina sp.</i>	14	0,14	33	0,27	32	0,34
<i>Psidium guajava</i>	13	0,13	22	0,18	22	0,23
<i>Cordia alliodora</i>	5	0,05	16	0,13	8	0,08
<i>Gliricidia sepium</i>	3	0,03	9	0,07	15	0,16
<i>Eucalyptus sp</i>	13	0,13	7	0,07	5	0,05

FA: Frecuencia absoluta; FR: Frecuencia relativa

### 3.4.8 Objetivos de tener árboles en la finca

En el momento de seleccionar las especies arbóreas para el establecimiento en fincas ganaderas los productores tienen presente los usos mencionados a continuación, de mayor a menor importancia: *i*) maderables, *ii*) frutales, *iii*) sombra para el ganado, *iv*) forraje y *v*) leña (Cuadro 10). El 70,4% de los productores prefieren tener árboles maderables en sus fincas. Villacis *et al.* (2003) reporta que el 47,9% de los productores de Río Frío, Costa Rica, utilizan los árboles como fuente de madera. Esto nos indica una alta preferencia de especies maderables por parte de los productores del CBVCT. Esto les permite a los dueños de fincas realizar aprovechamiento cuando necesitan construir, reparar o ampliar sus casas, los establos, bodegas, entre otros. La baja frecuencia al elegir objetivos de incluir especies arbóreas en sus fincas encontradas en el grupo de productores de leche está directamente relacionada con la baja densidad de árboles en sus potreros.

**Cuadro 10. Objetivos de tener árboles en las fincas por sistema de producción (leche, carne y doble propósito).**

Sistema de producción	LECHE		CARNE		DOBLE PROPÓSITO	
	FA	FR	FA	FR	FA	FR
<b>USOS</b>						
<b>Maderables</b>	27	0,33	23	0,2	26	0,23
<b>Frutales</b>	14	0,17	26	0,22	18	0,16
<b>Sombra ganado</b>	18	0,22	17	0,15	21	0,18
<b>Forrajeros</b>	10	0,12	21	0,18	23	0,2
<b>Leña</b>	8	0,1	22	0,19	18	0,16

FA: Frecuencia absoluta; FR: Frecuencia relativa

### 3.4.9 Preferencia de especies a sembrar a futuro

Los productores de leche identificaron 22 especies potenciales para ser establecidas en sus SSP. Los productores doble propósito identificaron 18 especies y los productores de carne 13. Los productores prefieren especies maderables y frutales para sembrar y diversificar en un futuro sus CV y AD, las cuatro principales son: i) *Eucalyptus sp.*, ii) *Cedrela odorata*, iii) *Gliricidia sepium* y iv) frutales en general (Cuadro 11). Los productores doble propósito tienden a diversificar más sus fincas en comparación con los productores de carne y leche respectivamente, lo que está directamente relacionado con el número de especies encontradas en el sistema de árboles dispersos. La diversificación las fincas con especies arbóreas brinda un aporte importante a la economía del productor al ser más productivas y ambientalmente sostenibles, además de agregarle valor a la finca.

**Cuadro 11. Especies arbóreas preferidas por sistema de producción (leche, carne y doble propósito).**

Sistema de producción	LECHE		CARNE		DOBLE PROPÓSITO	
	FA	FR	FA	FR	FA	FR
<i>Eucalyptus sp</i>	11	0,19	13	0,3	11	0,18
<i>Cedrela odorata</i>	5	0,9	8	0,18	13	0,22
<i>Gliricidia sepium</i>	1	0,02	7	0,16	10	0,17
Frutales	8	0,14	-	-	3	0,05

FA: Frecuencia absoluta; FR: Frecuencia relativa

## 3.5 CONCLUSIONES

El 95% de las fincas visitadas presenta algún grado de degradación en sus pasturas. Un porcentaje muy bajo de productores tienen pasturas mejoradas en sus sistemas de producción.

La composición y abundancia de la cobertura arbórea en SSP está directamente relacionada con las preferencias de los productores ganaderos, por ejemplo, los productores de leche prefieren las CV simples y esto se vio reflejado en un número de especies encontradas en sus fincas con relación a los otros productores.

Los productores de leche, al ser un sistema intensivo, perciben al componente arbóreo como limitante en la producción de sus pasturas mientras que los productores de carne no lo ven de esta manera, los cuales realizan un mayor aprovechamiento y manifiestan un incremento de la cobertura arbórea en sus fincas en los últimos 10 años.

La madera y el forraje son los principales usos empleados por los productores. Por ejemplo. Los productores de los tres sistemas de producción tienen en sus fincas de forma abundante *Erythrina* sp. y *Gliricidia sepium* por su fácil establecimiento y rápido crecimiento y *Psidium guajava* y *Cordia alliodora* las cuales en su mayoría provienen de regeneración natural. Las principales especies maderables que escogieron los productores para sembrar en un futuro son el *Eucalyptus* sp. y *Cedrela odorata*; los árboles frutales se encuentran como una segunda opción.

### **3.6 RECOMENDACIONES**

Se deben implementar acciones para aumentar y diversificar la cobertura arbórea en los SSP de fincas lecheras, incrementando de esta manera la rentabilidad de las fincas, incrementando los servicios ambientales (regulación y calidad del agua) y ecológicos (disminución de la degradación de las pasturas), beneficiando a los habitantes de las partes bajas de las microcuencas del CBVCT.

Los productores pueden aumentar la cobertura arbóreas en sus fincas por medio de la siembra de nuevas cercas vivas e incrementando la cobertura arbórea en el sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros.

### **3.7 BIBLIOGRAFIA**

- Alonzo, Y; Ibrahim, M. 2001. Potential of silvopastoral system for economic dairy production in Cayo, Belize and constraints for their adoption. In: Ibrahim M. ed. Silvopastoral systems for restoration of degraded tropical pasture ecosystems. International Symposium on Silvopastoral System (2001, San José, CR). Memorias. p. 465-470.
- Andrade, H; Brook, R; Ibrahim ,M. 2008. Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. *Plant and Soil* 308 (1-2): 11-22
- Chará, J. and Murgueitio, E. 2005. The role of silvopastoral systems in the rehabilitation of Andean stream habitats. *Livestock Research for Rural Development* 17(20). <http://www.lrrd.org/lrrd17/2/char17020.htm> (consultado el 14 de febrero de 2012)
- Benavides, M. 2013. Evaluación del impacto socioeconómico de pasturas degradadas en fincas ganaderas de la cuenca media del río Jesús María, Costa Rica. Tesis MsC. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Budowski, G. 2002. Modalidades agroturísticas y sus limitaciones. *Revista mensual sobre la actualidad ambiental* 107:2-6

- Canet, L. 2008. Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Perfil Técnico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), The Nature Conservancy (TNC). 97 p.
- Di Rienzo J.A; Casanoves F; Balzarini M.G; Tablada M; Robledo C.W. (2008) InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Esquivel, H; Ibrahim, M; Harvey, CA; Villanueva, C; Benjamin, T; Sinclair, FL. 2003. Árboles dispersos en potreros de finca ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):24-29.
- FAOSTAT, 2005. Data base of Food and Agricultural Organization. Disponible en; <http://faostat.fao.org/>. Consultado en Febrero 2013.
- Harvey, C; Haber, W; Solano, R; Mejías F. 1999. Árboles remanentes en potreros de Costa Rica: ¿Herramientas para la conservación? *Agroforestería en las Américas* 6 (24): 19-22.
- \_\_\_\_\_; Alpizar F; Chacón M; Madrigal, R. 2005. Assessing linkages between agriculture and biodiversity in Central America: Historical overview and future perspectives. Mesoamerican and Caribbean Region, Conservation Science Program. San José, CR, The Nature Conservancy (TNC). 140 p.
- \_\_\_\_\_; Villanueva, C; Villacis, J; Chacon, M; Munoz, D; Lopez, M; Ibrahim, M; Gomez, R; Taylor, R; Martinez, J; Navas, A; Saenz, J; Sanchez, D; Medina, A; Vilchez, S; Hernandez, B; Perez, A; Ruiz, F; Lopez, F; Lang, I; Sinclair, F.L. 2005. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agricultural, Ecosystems and Environment* 111(2005):200-230.
- Ibrahim, M; Camargo, JC. 2001. ¿Cómo aumentar la regeneración de árboles maderables en potreros?. *Agroforestería de las Américas*. 8 (32): 35-41.
- \_\_\_\_\_; Franco, M; Pezo, DA; Camero, A; Araya, JL. 2001. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the sub humid tropics. *Agroforestry Systems* 51(2):167-175
- \_\_\_\_\_; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, C; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Revista Agroforestería de las Américas*. (45): 27-36.

- Kaimowitz, D. 2001. Will livestock intensification help save Latin America's Tropical Forest? In: Angelsen; Kaimowitz, D. eds. *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*. Wallingford, UK, CABI. p 1-20.
- Moya, J. C. 2002. Estudio de caso; Prácticas Silvopastoril finca José Antonio López Garita. I Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista. San José 28 – 29 Noviembre, 2002. Disponible en; [www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f08-8080\\_053.pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f08-8080_053.pdf). Consultado en Enero 2013.
- Murrieta, E; Finegan, B; Delgado, D; Villalobos, R; Campos, J. 2007. Propuesta para una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Edición 51-52. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Sauza de Abreu, M. H; Ibrahim, M; Harvey, C; Jiménez, F. 2000. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):53-56.
- Stokes, LK. 2001. Farmers' knowledge about the management and use of trees on livestock farms in the Cañas area of Costa Rica. Thesis Mag. Sc. Bangor, UK, University of Wales. 78 p.
- Szotts, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: Cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America. Turrialba, CR, CATIE. 71 p. (Serie Técnica, Informe técnico no. 313).
- Villacis, J.; Harvey, C.A.; Ibrahim, M.; Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Rio Frio, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. CATIE 10(39-40): 17-23.
- Villanueva, C. 2001. Ganadería y beneficios de los sistemas silvopastoriles en la cuenca alta del Río Virilla, San José, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 107 p.
- \_\_\_\_\_; Ibrahim, M; Harvey, C. Esquivel, H. 2003. Tipologías de fincas con ganadería bovina y cobertura arbórea en pasturas en el trópico seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):9-16.

## **4 CAPITULO 2. ALMACENAMIENTO DE CARBONO ACTUAL Y POTENCIAL EN PASTURAS ACTIVAS DEL CORREDOR BIOLÓGICO VOLCÁNICA CENTRAL-TALAMANCA, COSTA RICA**

### **4.1 RESUMEN**

El 25% del territorio del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT) está destinado a la ganadería. A pesar de que se conoce la capacidad que tienen los bosques y las pasturas para almacenar carbono, aún falta información acerca del potencial de secuestro de carbono en la biomasa arbórea de este sistema de producción. Mediante el uso de imágenes satelitales y el mapa de uso de suelo actual se calculó en dos rangos altitudinales (<700 msnm y >700 msnm) los kilómetros de cercas vivas y muertas y las hectáreas de pasturas sin árboles y con baja densidad arbórea (<30 árboles/ha). A continuación se estimó la biomasa en árboles dispersos (AD) y en cercas vivas (CV) mediante ecuaciones alométricas. Con las estimaciones de biomasa se calculó el carbono actual presente en pasturas activas del CBVCT y mediante variaciones en el porcentaje de cobertura de CV y AD se estimaron tres escenarios potenciales: *i*) potencial moderado, *ii*) potencial conservacionista y *iii*) proyección año 2030. Los cálculos de carbono (C) en el componente arbóreo del sistema de árboles dispersos se unificaron con los cálculos de C en pasturas reportados por Nájera (2011) para tener el C total del sistema. Los resultados muestran que las CV multiestratos fueron el uso de suelo que presentó mayores cantidades de almacenamiento de carbono, seguido por las pasturas arboladas en alturas menores a 700 msnm, pasturas arboladas en alturas mayores a 700 msnm y finalmente las CV simples. Se concluye que el CBVCT tiene un alto potencial para aumentar el *stock* de carbono incrementando la cobertura arbórea en paisajes ganaderos.

**Palabras claves:** Carbono, cercas vivas simples, cercas vivas multiestratos, árboles dispersos, cobertura arbórea.

### **4.2 INTRODUCCIÓN**

En 1961 el área de pasturas permanentes en Centroamérica era de 9,1 millones de hectáreas. Para el año 2001 se habían incrementado a 13,6 millones (FAOSTAT 2005). En Costa Rica el 46,4% del territorio está destinado a la actividad ganadera (Moya 2002), ubicándola en los principales renglones de producción del país.

Costa Rica ha experimentado tasas de deforestación altas en el pasado. Su historia demuestra la tensión entre desarrollo económico y la conservación ambiental. En el periodo comprendido entre principios de los años 1970 y comienzos de los años 1990 el país tuvo uno de los índices de deforestación más altos en el mundo tropical, con un promedio de 3,7%, que se redujo a 1.2% a finales del siglo XX (Sanchez *et ál.* 2002).

Reconocida esta problemática, el gobierno de Costa Rica en 1994 crea la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC), la cual se encarga de las negociaciones de proyectos potenciales de cambio climático en los sectores de energía y uso y cambio de uso de la tierra (Rojas y Aylward 2003). Se establecieron políticas para incentivar la reforestación y en 1997 inicia el sistema de Pago de Servicios Ambientales (PSA) en la modalidad de conservación. En el 2003 se incluyen los sistemas agroforestales dentro del PSA, visualizándolos como sumideros de carbono potenciales, lo que ha favorecido el incremento de la cobertura arbórea en los sistemas de producción (Moreno 2005).

El 25% del territorio del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT) está destinado a la ganadería (28938 ha). Una estrategia para incrementar los ingresos de los productores ganaderos y que a su vez proporcione servicios ambientales y ecológicos es la incorporación de árboles en las pasturas a lo que se denomina sistemas silvopastoriles (SSP). El componente arbóreo en SSP ofrece beneficios económicos extras como la producción de madera, postes para cercas, frutos y forrajes de alta calidad (Ibrahim *et ál.* 2001). Servicios ambientales como el secuestro de carbono (Andrade *et ál.* 2008), la conservación de la fauna local, la regulación y calidad del agua en las cuencas hidrográficas (Chará y Murgueitio 2005) y servicios ecológicos como la disminución de la degradación de las pasturas (Szott *et ál.* 2000) comparadas con las pasturas en monocultivo.

Los SSP más utilizados en fincas ganaderas son las cercas vivas (CV) y árboles dispersos en potreros (AD), cada arreglo silvopastoril varía en composición y estructura, dependiendo su función en términos productivos y ecológicos. A pesar del reconocimiento del potencial que poseen los SSP para almacenar carbono, aún falta información del potencial de secuestro de carbono en la biomasa arbórea a nivel de paisaje.

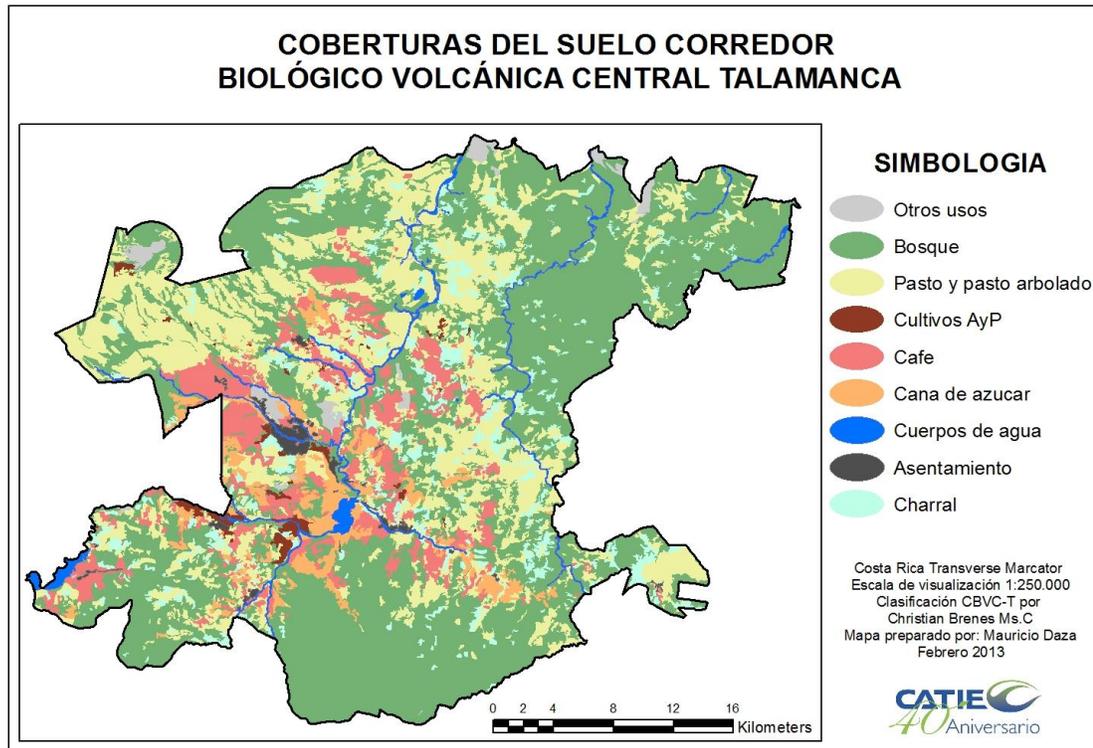
El presente estudio tiene como objetivo analizar el estado actual del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono actual y potencial en SSP (cercas vivas y árboles dispersos) del CBVCT. La información generada será importante para que los tomadores de decisiones del sector público y privado puedan seguir impulsando el incremento de la cobertura arbórea en fincas ganaderas para aumentar la provisión de servicios ecosistémicos encaminados a la carbono neutralidad, meta proyectada por el gobierno costarricense para 2021.

## **4.3 MATERIALES Y METODOS**

### ***4.3.1 Área de estudio***

Desde el punto de vista político-administrativo el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca se encuentra en la provincia de Cartago (75%), abarcando de manera parcial cuatro cantones: Turrialba, Jiménez, Alvarado y Paraíso; y en la provincia de Limón (25%), extendiéndose parcialmente en los cantones de Siquirres, Guácimo y Matina (Figura 3). La distribución de lluvias es uniforme a lo largo del año con precipitaciones que van desde los 2650 mm en la zona norte y central hasta 6000 mm en la zona sur (Murrieta 2006). El CBVCT

está compuesto por suelos ultisoles (55%) e inceptisoles (45%). Su rango de elevación va de los 400 msnm hasta los 3340 msnm. De acuerdo con la última actualización del uso del suelo del corredor realizada en 2012 el bosque domina el 50% del espacio, seguido por pastos con 25% y en menor grado cultivos como el café (8.5%), y la caña (4.2%) (CLIMBE 2012). La presente investigación se enfocó en el estudio de pasturas activas del CBVCT (Figura 7).

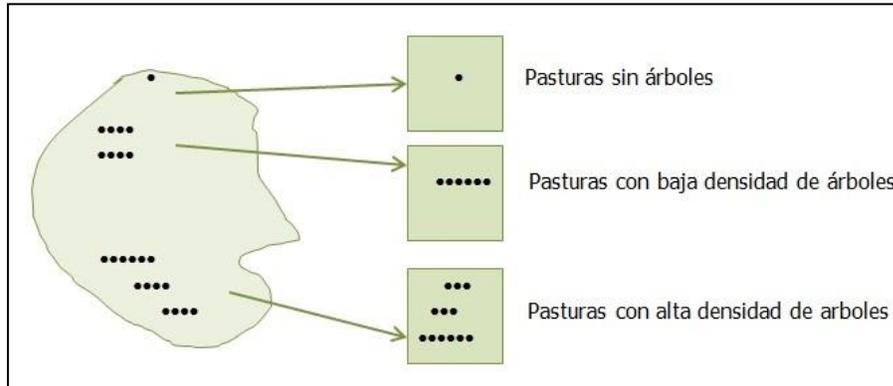


**Figura 7. Mapa coberturas de uso del suelo Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica 2012.**

#### **4.3.2 Uso de herramientas SIG**

Tomando como base el mapa de uso de suelo del CBVCT para el año 2012 (Brenes 2010; CLIMBE 2012), en ArcGis 10.1 se identificaron los polígonos de pasturas. Para clasificar los polígonos en pasturas sin árboles y con baja densidad arbórea se realizó una interpretación de la vegetación a través de fotografías aéreas (Google Earth pro) en donde se definieron las clases de cobertura arbórea a clasificar en las imágenes. Para esto se tomó como base la llave de fotointerpretación del proyecto FRAGMENT1 (Anexo 3). Esta metodología ha sido implementada en Costa Rica para generar mapas de cobertura y uso del suelo de CR a alta resolución. Para interpretar la fisonomía de la vegetación y precisar las subclases, se definió en base al número de individuos por área: *i*) pasturas sin árboles, *ii*) pasturas con baja

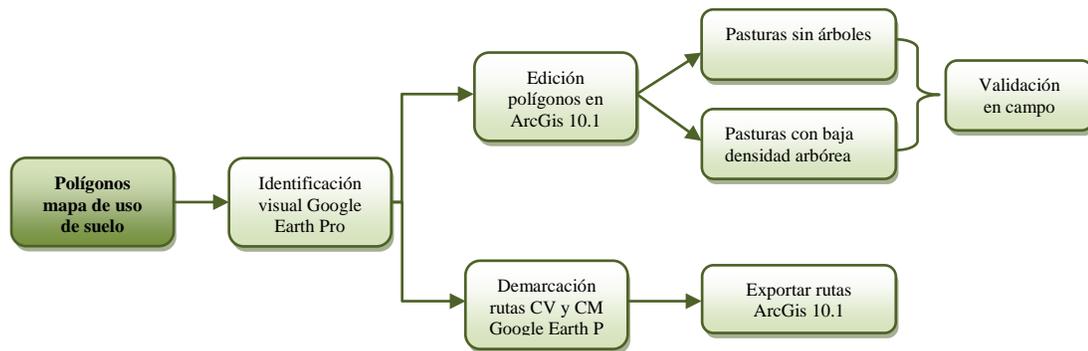
densidad arbórea <30 árboles/ha, y *iii*) pasturas con alta densidad arbórea >30 árboles/ha (Figura 8).



**Figura 8. Esquema clasificación pasturas en base a su cobertura arbórea.**

Una vez editados los polígonos se exportaron al formato KML mediante la herramienta ArcToolbox – Conversion Tools – To KML. Simultáneamente se editaron los polígonos en ArcGis 10.1 para calcular el área total de pasturas baja densidad arbórea y sin árboles.

En Google Earth Pro con ayuda de la herramienta Ruta se demarcaron las cercas vivas y cercas muertas presentes en los polígonos. Las líneas identificadas fueron exportadas en formato .KMZ para trabajarlas posteriormente en ArcGis 10.1 y calcular el número aproximado de kilómetros de cercas vivas y muertas. En la Figura 10 se esquematiza el proceso.



**Figura 9. Esquema metodológico uso de ArcGis 10.1 y Google Earth pro.**

### 4.3.3 Estimación de biomasa y carbono

Para estimar la biomasa arbórea en pasturas activas del CBVCT se establecieron seis parcelas de 1 ha en AD. Además, se utilizó la base de datos de mediciones de CV realizada por Argeñal (2011) en la finca comercial del CATIE. Se estimó la biomasa en AD y CV utilizando la formula alométrica desarrollada por Ruiz (2002) para SSP en Centroamérica (Cuadro 12).

**Cuadro 12. Formulas alométricas para estimación de biomasa en cercas vivas y árboles dispersos en potreros de Centroamérica.**

Uso de la tierra	Ecuación
Árboles dispersos en potreros	$\text{Log}_{10} B = -2,18062 + 0,08012(\text{dap}) - 0,0006244(\text{dap}^2)$
Cercas vivas	$\text{Log}_{10} B = -2,18062 + 0,08012(\text{dap}) - 0,0006244(\text{dap}^2)$

Notas: B= biomasa arriba del suelo (Kg individuo<sup>-1</sup>); dap=diámetro a la altura del pecho (cm);

Para estimar el *stock* de carbono contenido en la biomasa del componente leñoso, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{CBV} = \text{BVT} \times \text{fc}$$

dónde:

CBV: carbono total almacenado biomasa (t C ha<sup>-1</sup>)

BVT: biomasa arbórea total

fc: fracción de carbono de la biomasa 0.47(IPCC 2003)

Estimada la biomasa y el carbono removido en CV (t C km<sup>-1</sup>) y AD (t C ha<sup>-1</sup>) y con las mediciones del área total de pasturas con árboles y con baja o nula densidad arbórea y los kilómetros de cercas vivas y muertas, se realizaron estimaciones del *stock* de carbono actual y potencial. Para el desarrollo de los escenarios potenciales se modificaron los porcentaje de cobertura arbórea del uso actual en cada uno de los usos estudiados en esta investigación, los cuales se describen a continuación: *i*) escenario potencial con incremento moderado de la cobertura arbórea, *ii*) escenario potencial con incremento de la cobertura arbórea con enfoque conservacionista y *iii*) potencial para el año 2030 basado en las proyecciones de cambio de uso de suelo estimado dicho año (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Incremento de la cobertura arbórea potencial por escenarios, en relación del escenario actual**

Escenario	CVs	CVm	PSA	PCBDA
<b>Actual 2012</b>	80%	20%	66,5%	33,5%
<b>Escenario moderado</b>	74,5%	25,5%	35%	65%
<b>Escenario conservacionista</b>	56,5%	43,5%	20%	80%
<b>Escenario año 2030</b>	56,5%	43,5%	17%	83%

CVm: Cerca viva multiestratos; CVs: Cerca viva simple; PSA: Pastura sin árboles; PCBDA: Pastura con baja densidad arbórea.

Las variaciones en porcentaje de la cobertura arbórea por sistema de producción se detallan a continuación:

## Escenario 2: Carbono potencial (incremento moderado)

Con base en la percepción del estado del componente arbóreo y los valores de almacenamiento de C se plantea incrementar la cobertura arbórea de forma moderada, de la siguiente manera: En el rango altitudinal inferior a 700 msnm, se propone repoblar las cercas muertas con CVs e incrementar las CVm actuales (10%) a un 26% y las PCBDA de un 44% a un 70%. En pasturas a alturas superiores a los 700 msnm se propone incrementar las CVs del 70% al 75% y las PCBDA del 23% al 60% (Cuadro 14).

**Cuadro 14. Variaciones en la distribución porcentual de cercas vivas y tipo de cobertura arbórea en pasturas por rango altitudinal – escenario 2**

Altura	Sistema	Porcentaje por rango altitudinal	
		Actual	Potencial 1
< 700	CVm	10%	26%
	CVs	90%	74%
	PSA	56%	30%
	PCBDA	44%	70%
≥ 700	CVm	30%	25%
	CVs	70%	75%
	PSA	77%	40%
	PCBDA	23%	60%

*CVm: Cerca viva multiestratos; CVs: Cerca viva simple; PSA: Pastura sin árboles; PCBDA: Pastura con baja densidad arbórea.*

## Escenario 3: Carbono potencial (conservacionista)

Se plantea incrementar la cobertura arbórea con un enfoque conservacionista de la siguiente manera: En el rango altitudinal inferior a 700 msnm se propone sembrar las cercas muertas con CVs e incrementar las CVm actuales (10%) a un 43% y las PCBDA de un 44% a un 90%. En pasturas a alturas superiores a los 700 msnm se propone incrementar las CVm del 30% al 44% y las PCBDA del 23% al 70% (Cuadro 15).

**Cuadro 15. Variaciones en la distribución porcentual de cercas vivas y tipo de cobertura arbórea en pasturas por rango altitudinal – escenario 3**

Altura	Sistema	Porcentaje por rango altitudinal	
		Actual	Potencial 2
< 700	CVm	10%	43%
	CVs	90%	57%
	PSA	56%	10%
	PCBDA	44%	90%
≥ 700	CVm	30%	44%
	CVs	70%	56%
	PSA	77%	30%
	PCBDA	23%	70%

*CVm: Cerca viva multiestratos; CVs: Cerca viva simple; PSA: Pastura sin árboles; PCBDA: Pastura con baja densidad arbórea.*

#### **Escenario 4: Carbono potencial año 2030**

En el rango altitudinal inferior a 700 msnm se propone sembrar las cercas muertas con CVs e incrementar las CVm actuales (10%) a un 43% y arborizar las PSA en su totalidad. En pasturas a alturas superiores a los 700 msnm se descartó el área pantanosa de Santa Cruz (noroeste) y Grano de Oro (sureste) como potencial para incrementar las CV y AD, además se propone incrementar las CVm del 30% (actual) al 44%.

## **4.4 RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.4.1 Área de pasturas con baja densidad arbórea y sin árboles**

En el CBVCT se estiman un total de 28938 ha de pasturas activas, de las cuales el 69% son pasturas sin árboles y el 31% son pasturas arboladas. Estas últimas se caracterizan por tener una cobertura arbórea baja (<30 árboles/ha). Las pasturas activas se clasificaron en dos rangos altitudinales (pasturas sobre y por debajo de los 700 msnm) para diferenciar el tipo de vegetación herbácea por sus condiciones fisiológicas. Estudios realizados por Nájera (2011) determinaron la distribución de pasturas por encima de los 700 msnm en donde predominan el Pasto Estrella (*Cynodon pletostachyus*) y el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y por debajo de los 700 msnm pasto Estrella y Taner (*Brachiaria sp*).

Por encima de los 700 msnm se contabilizaron 3867 ha de pasturas con baja densidad arbórea y 13159 ha de pasturas sin árboles. De acuerdo con el mapa de distribución altitudinal de pasturas sin árboles y con baja densidad arbórea (Figura 10), se observa un área grande en magnitud de pasturas sin árboles por encima de los 700 msnm en el sector

noroeste (Pacayas, Capellades, Santa Cruz y Santa Teresita), sector suroeste (Cachi, Tucurrique y parte de Pejibaye) y en el sector sureste (Tayutic, La Suiza y Tuis). La ausencia de pasturas con árboles está directamente relacionada con sistemas intensivos como la ganadería de leche, que en su mayoría se concentran en los sectores mencionados anteriormente. Esto concuerda con los resultados plasmados en el Capítulo 1, en donde se determinó que el 71% de los productores de leche manifiesta tener pasturas sin árboles (Cuadro 7).

La distribución de pasturas sin árboles y con baja densidad arbórea por debajo de los 700 msnm fue similar: 6697 ha y 5215 ha respectivamente. Basado en lo observado en campo y en lo manifestado por los productores se evidencia una tendencia a incluir más el componente arbóreo en fincas con manejo de sistemas menos intensivos como la ganadería de carne y doble propósito.

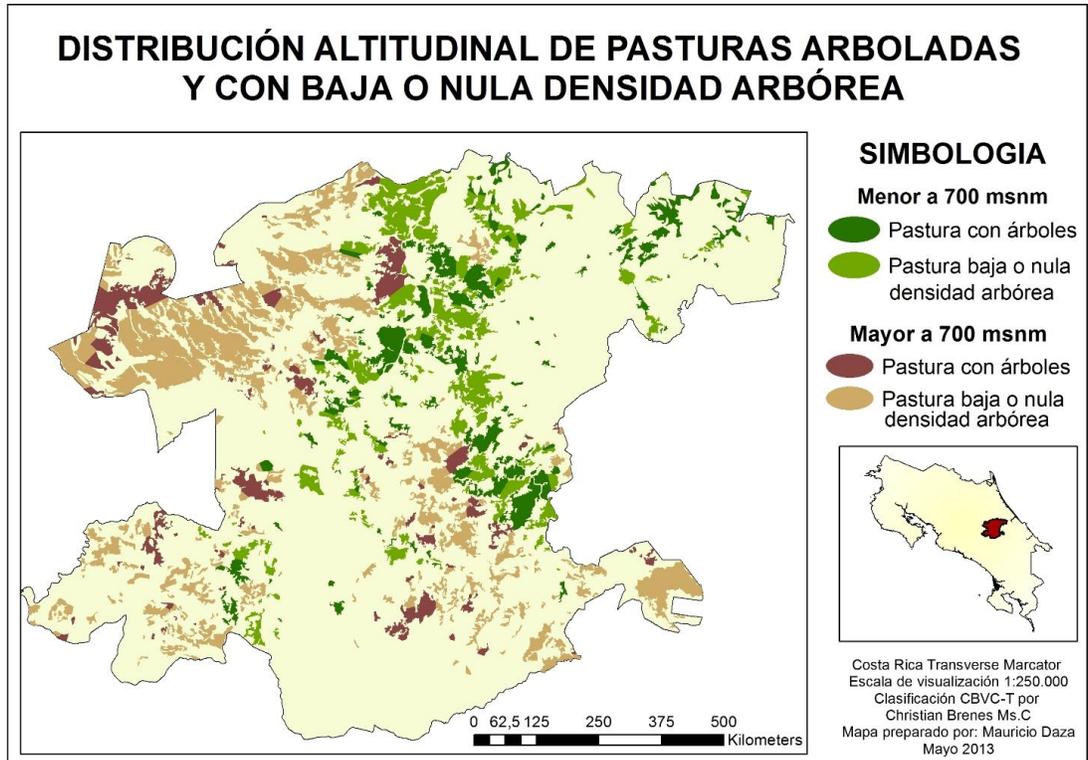
El 69% de pasturas activas del corredor no tienen árboles; de estas el 66% se encuentra por encima de los 700 msnm. Estas cifras nos indican la posibilidad de incrementar la cobertura arbórea en fincas lecheras por medio del establecimiento de arreglos silvopastoriles como los árboles dispersos en potreros. Salas (2011) reporta en Santa Cruz (noroeste) que el uso de suelo con mayor erosión hídrica (perdida de suelo) fueron las pasturas degradadas (25,56 Tn<sup>-1</sup> ha), seguido por las pasturas mejoradas con árboles aislados (6,89 Tn<sup>-1</sup> ha), bancos forrajeros (3,93 Tn<sup>-1</sup> ha) y bosques riparios (1,82 Tn<sup>-1</sup> ha). Esto demuestra que el incremento en la cobertura arbórea en pasturas activas ayuda a reducir la erosión hídrica.

El 31 % de las pasturas del corredor tienen baja densidad arbórea, el 57% de estas se encuentra por debajo de los 700 msnm y es en donde se ubican las fincas con el sistema de producción de carne y doble propósito Cuadro 16.

**Cuadro 16. Distribución pasturas con baja densidad arbórea y sin árboles por rango altitudinal expresada en porcentaje - CBVCT.**

Altura	PCBDA		PSA		Total (ha)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
<700	5215	0.44	6697	0.56	11912
≥700	3867	0.23	13159	0.77	17026

*PCBDA: Pasturas con baja densidad arbórea (<30 árboles/ha); PSA: Pasturas sin árboles*



**Figura 10. Mapa distribución de pasturas con baja densidad arbórea y sin árboles por rango altitudinal – CBVCT.**

#### **4.4.2 Kilómetros de cercas vivas y cercas muertas presentes en el CBVCT**

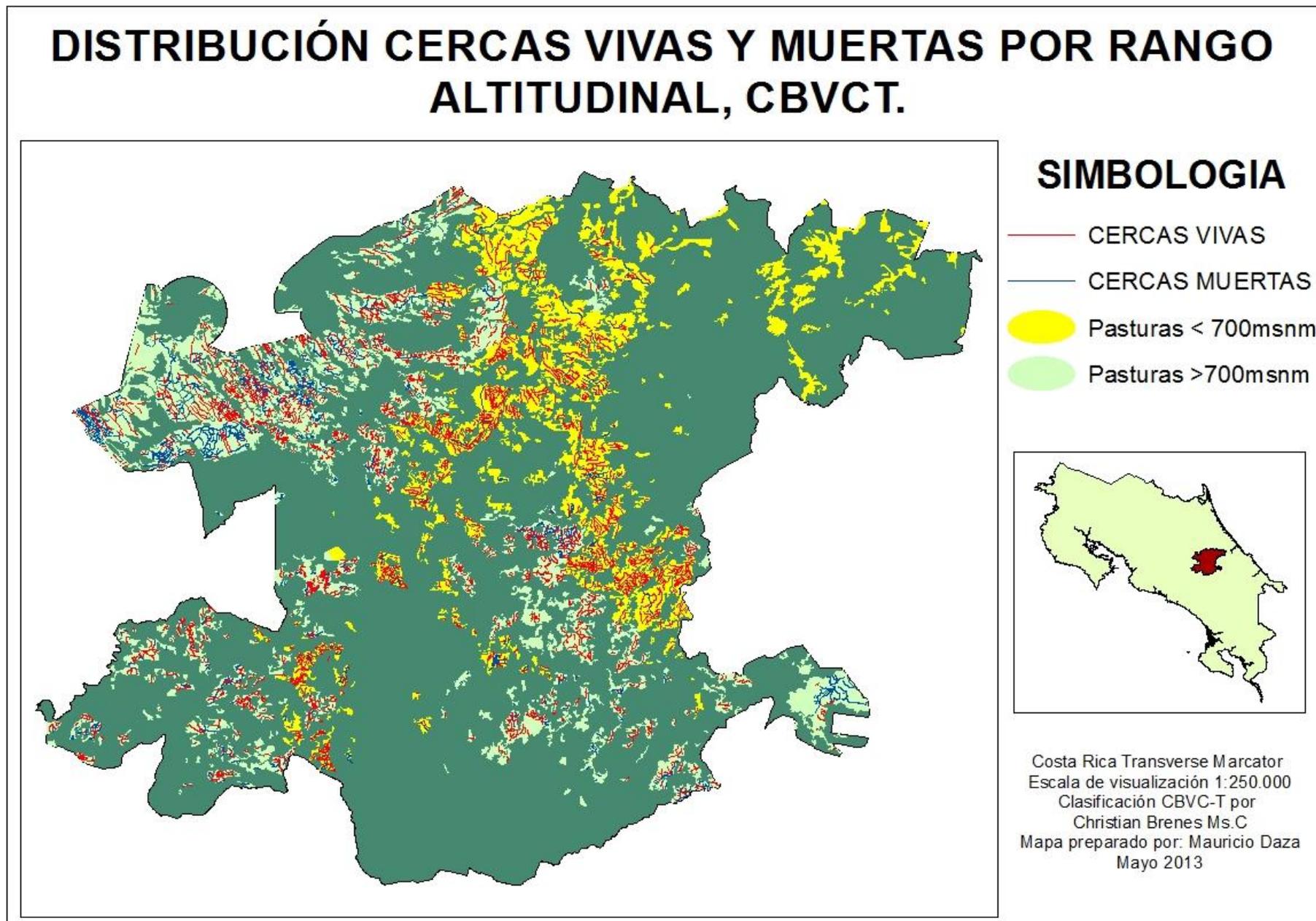
Se calculó un total de 873 km de cercas vivas y 361 km de cercas muertas (Figura 11). La distribución de las CV por rango altitudinal por encima de los 700 msnm y debajo de los 700 msnm fue de 57% y 43% respectivamente. A pesar de que gran parte de CV se encuentra en alturas superiores a los 700 msnm se logró determinar que el 82% de las cercas muertas se encuentran en éste rango altitudinal, lo que está directamente relacionado con sistemas de producción intensivos como la ganadería de leche en donde el productor incluye en menor medida el componente arbóreo en sus fincas. Las CV se clasificaron en CV simples y CV multiestratos (Cuadro 17), basados en estimaciones visuales y las preferencias por parte de los productores con respecto al tipo de CV registradas en el capítulo 1, en donde se pudo determinar que los productores de leche (ubicados a alturas mayores a los 700 msnm) prefieren establecer CVs.

**Cuadro 17. Distribución cercas vivas simples y multiestratos por rango altitudinal expresada en porcentaje - CBVCT.**

Altura	CVm		CVs		Total (Km)
	Km	%	Km	%	
<700	38	0,1	340	0,9	378
≥700	149	0,3	347	0,7	496

*CVm: Cercas vivas multiestratos; CVs: cerca viva simple*

Figura 11. Mapa distribución de cercas vivas y muertas por rango altitudinal en pasturas activas del CBVCT



#### 4.4.3 Estimación de biomasa y carbono en el componente arbóreo

El número de individuos por área en los arreglos silvopastoriles influye en la cantidad de biomasa calculada. Las CV multiestratos tienen mayor número de individuos y por ende mayor volumen de biomasa, seguido por las CV simples y AD respectivamente. La cantidad de biomasa está directamente relacionada con el número de individuos por área, dap y la edad.

Las CV multiestratos reportaron mayores existencias de C que las CV simples,  $4,9 \text{ tC km}^{-1}$  y  $2,26 \text{ t C km}^{-1}$  respectivamente. La mayor acumulación de C en el sistema de pasturas con baja densidad arbórea en alturas  $< 700 \text{msnm}$  con  $4,87 \text{ t C ha}^{-1}$ , seguido por las pasturas en alturas  $\geq 700 \text{msnm}$  con  $3,5 \text{ t C ha}^{-1}$  (Cuadro 18).

**Cuadro 18. Valor de almacenamiento de carbono por tipo de uso de suelo - CBVCT.**

	Promedio tC	Unidad	Min	Max	Fuente
PSA $< 700 \text{msnm}$	$4,43 \pm 2,65$	$\text{t C ha}^{-1}$	3,8	5,3	Nájera 2011
PSA $\geq 700 \text{msnm}$	$3,06 \pm 2,18$	$\text{t C ha}^{-1}$	2,01	3,2	Nájera 2011
CVm	$4,9 \pm 0,69$	$\text{t C km}^{-1}$	0,77	11,86	Este estudio
CVs	$2,26 \pm 0,44$	$\text{t C km}^{-1}$	0,46	11,84	Este estudio
Árboles dispersos	$0,44 \pm 0,12$	$\text{t C ha}^{-1}$	0,12	1,03	Este estudio
PCBDA $< 700 \text{msnm}$	$4,87 \pm 0,31$	$\text{t C ha}^{-1}$	4,55	5,46	Este estudio
PCBDA $\geq 700 \text{msnm}$	$3,5 \pm 0,31$	$\text{t C ha}^{-1}$	3,18	4,09	Este estudio

*CVm: Cerca viva multiestratos; CVs: Cerca viva simple; PSA: Pastura sin árboles; PCBDA: Pastura con baja densidad arbórea.*

CV Harvey *et ál.* (2005) calculó que en Centroamérica del 60 al 95% de las fincas ganaderas tienen cercas vivas. En el CBVCT las CV multiestratos representan un 21,3% del total de CV. Estas se caracterizan por tener mayor diversidad y número de individuos por área, evidenciando la importancia en la ganadería por los bienes y servicios que ofrece, en especial la conectividad del paisaje. La preferencia por parte de los productores a establecer CV simples es porque éstas representan una menor competencia con las pasturas. Para el establecimiento de CV multiestratos se debe tener en cuenta la orientación este-oeste para reducir la sombra y efecto negativo en la productividad de las pasturas.

#### 4.4.4 Estimación carbono actual y potencial

Según modelaciones realizadas para el año 2030 (CLIMBE 2012), el área de bosques del CBVCT no va a cambiar ya que estos se encuentran en pendientes pronunciadas impidiendo su uso para actividades agropecuarias. La adicionalidad para el almacenamiento de carbono del CBVCT se encuentra en el componente de pasturas activas, siendo este uso de suelo el segundo en extensión. Se realizaron estimaciones del carbono actual y potencial con

incremento en la cobertura arbórea: moderado, conservacionista y para el año 2030 basado en la realidad observada en campo, las cuales se describen a continuación.

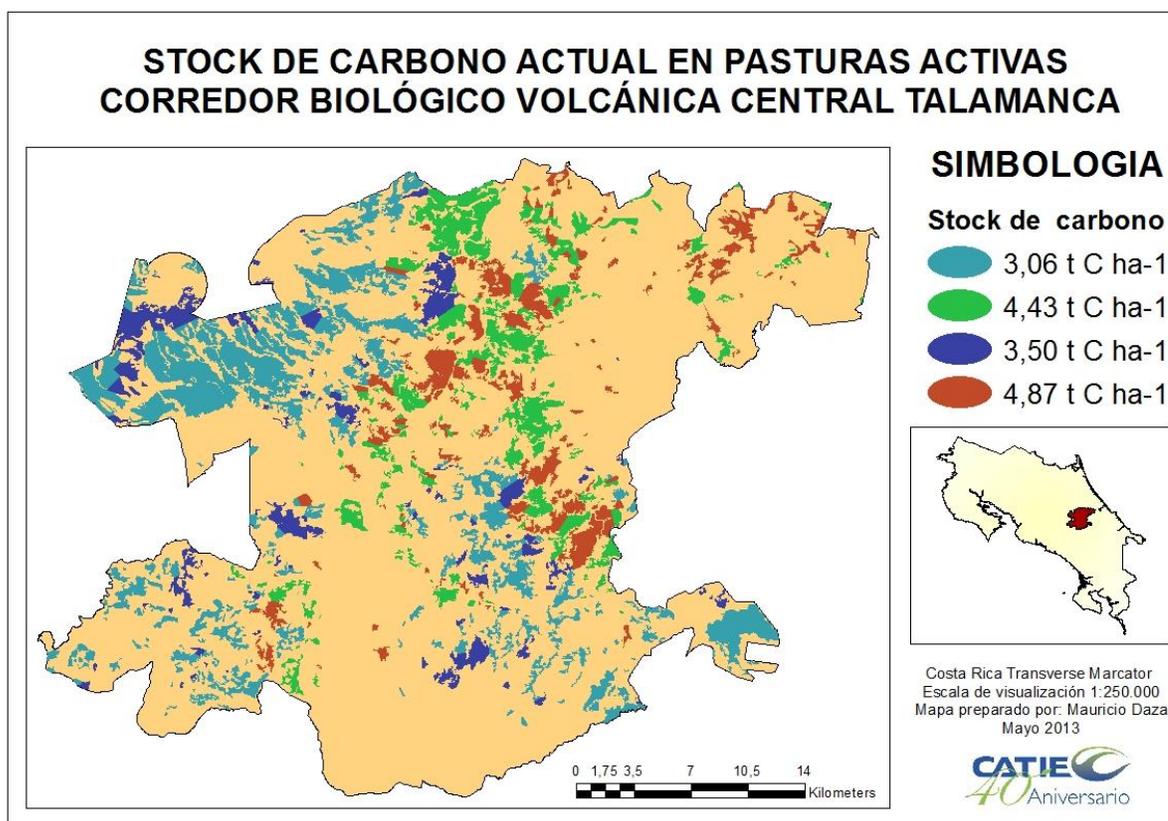
### Escenario 1: Carbono actual

Con la distribución porcentual en rangos altitudinales de CVs y CVm (Cuadro 17) y PSA – PCBDA (Cuadro 16) se calculó el *stock* carbono actual de las pasturas activas del CBVCT (Cuadro 15). El *stock* de carbono de cercas vivas fue de 2465 tC, en pasturas con baja densidad arbórea 38932 tC y en pasturas sin árboles 69934 tC (Cuadro 19; Figura 12). Las pasturas por ser el uso dominante influyen en los cálculos del *stock* de carbono, por debajo de los 700 msnm aportan  $4,43 \pm 2,65 \text{ t C ha}^{-1}$  y por encima de los 700 msnm aportan  $3,06 \pm 2,18 \text{ t C ha}^{-1}$ , las pasturas al ser bien manejadas contribuyen a incrementar el carbono almacenado de este uso de suelo (Lugo y Brown 1993).

**Cuadro 19. Stock de carbono actual en usos de suelo de pasturas activas por rango altitudinal - CBVCT.**

Altura	Sistema	Unidad (km/ha)	Rango (t C)	Total (t C)	Rango total (t C)
< 700	CVm	38	0,8 - 11,9	185	29 - 448
	CVs	340	0,5 - 11,8	769	156 - 4028
	PSA	6697	3,8 - 5,3	29668	25449 - 35494
	PCBDA	5215	4,55 - 5,46	25397	23728 - 28474
≥ 700	CVm	149	0,8 - 11,9	728	114 - 1761
	CVs	347	0,5 - 11,8	783	159 - 4103
	PSA	13159	2,01-3,2	40267	26450-42109
	PCBDA	3867	3,19-4,16	13535	12336 -16087

*CVm: Cerca viva multiestratos; CVs: Cerca viva simple; PSA: Pastura sin árboles; PCBDA: Pastura con baja densidad arbórea.*



**Figura 12: Mapa stock de carbono actual en pasturas activas del CBVCT.**

### Escenario 2: Carbono potencial (moderado)

En este escenario se estimó un potencial de *stock* de carbono de 3611 tC para CV y en pasturas con baja densidad arbórea 76363 tC y en pasturas sin árboles 36671, logrando almacenar 5314 tC más en comparación con el escenario actual (Cuadro 20).

**Cuadro 20. Modelación del stock de carbono potencial (moderado) en usos de suelo de pasturas activas por rango altitudinal - CBVCT.**

Altura	Sistema	Unidad (km/ha)	Rango (t C)	Total (t C)	Rango total (t C)
< 700	CVm	113	0,8 - 11,9	556	87 - 1345
	CVs	327	0,5 - 11,8	740	151 - 3879
	PSA	3574	3,8 - 5,3	15831	13580 - 18940
	PCBDA	8338	4,55 - 5,46	40608	37940 - 45528
≥ 700	CVm	198	0,8 - 11,9	970	152 - 2348
	CVs	595	0,5 - 11,8	1345	274 - 7045
	PSA	6810	2,01-3,2	20840	13689 - 21793
	PCBDA	10216	3,18-4,09	35755	32486 - 41782

CVm: Cerca viva multiestratos; CVs: Cerca viva simple; PSA: Pastura sin árboles; PCBDA: Pastura con baja densidad arbórea.

### Escenario 3: Carbono potencial (conservacionista)

Se estimó un potencial de captura de carbono de 4203 tC para CV y en pasturas con baja densidad arbórea 93924 tC y en pasturas sin árboles 20907, logrando almacenar 7703 tC más en comparación con el escenario actual (Cuadro 21).

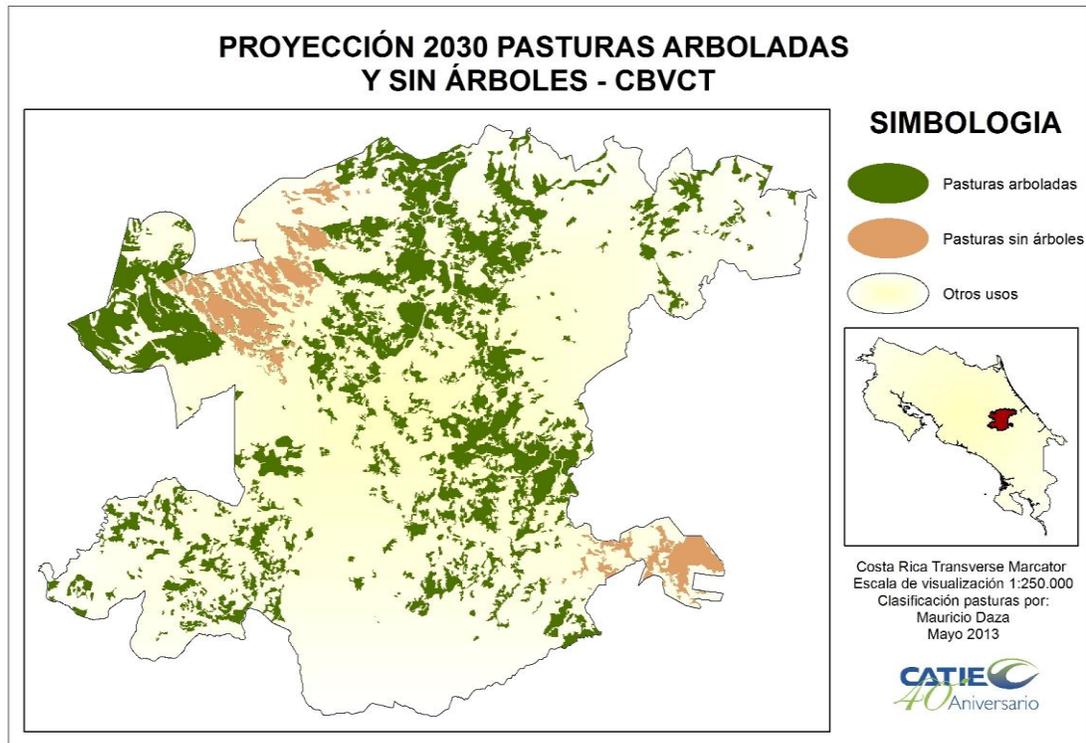
**Cuadro 21. Modelación del stock de carbono potencial (conservacionista) en usos de suelo de pasturas activas por rango altitudinal - CBVCT.**

Altura	Sistema	Unidad (km/ha)	Rango (t C)	Total (t C)	Rango total (t C)
< 700	CVm	189	0,8 - 11,9	926	146 - 2242
	CVs	252	0,5 - 11,8	570	116 - 2984
	PSA	1191	3,8 - 5,3	5277	4527 - 6313
	PCBDA	10721	4,55 - 5,46	52210	48780 - 58536
≥ 700	CVm	347	0,8 - 11,9	1698	267 - 4109
	CVs	447	0,5 - 11,8	1009	205 - 5287
	PSA	5108	2,01-3,2	15630	10267 - 16345
	PCBDA	11918	3,18-4,09	41714	37900 - 48745

*CVm: Cerca viva multiestratos; CVs: Cerca viva simple; PSA: Pastura sin árboles; PCBDA: Pastura con baja densidad arbórea.*

### Escenario 4: Proyección año 2030

En los anteriores escenarios se aprecia el potencial de almacenamiento al incrementar la cobertura arbórea en CV y AD. Esto se logró al estandarizar con las preferencias manifestadas por los productores. Sin embargo en los recorridos en campo se pudo observar que en Grano de Oro (sureste) y Santa Cruz (noroeste) existen zonas con pasturas en terreno pantanoso, considerando esta limitante se plantea descartar estas dos para el incremento de la cobertura arbórea en CV y AD (Figura 13).



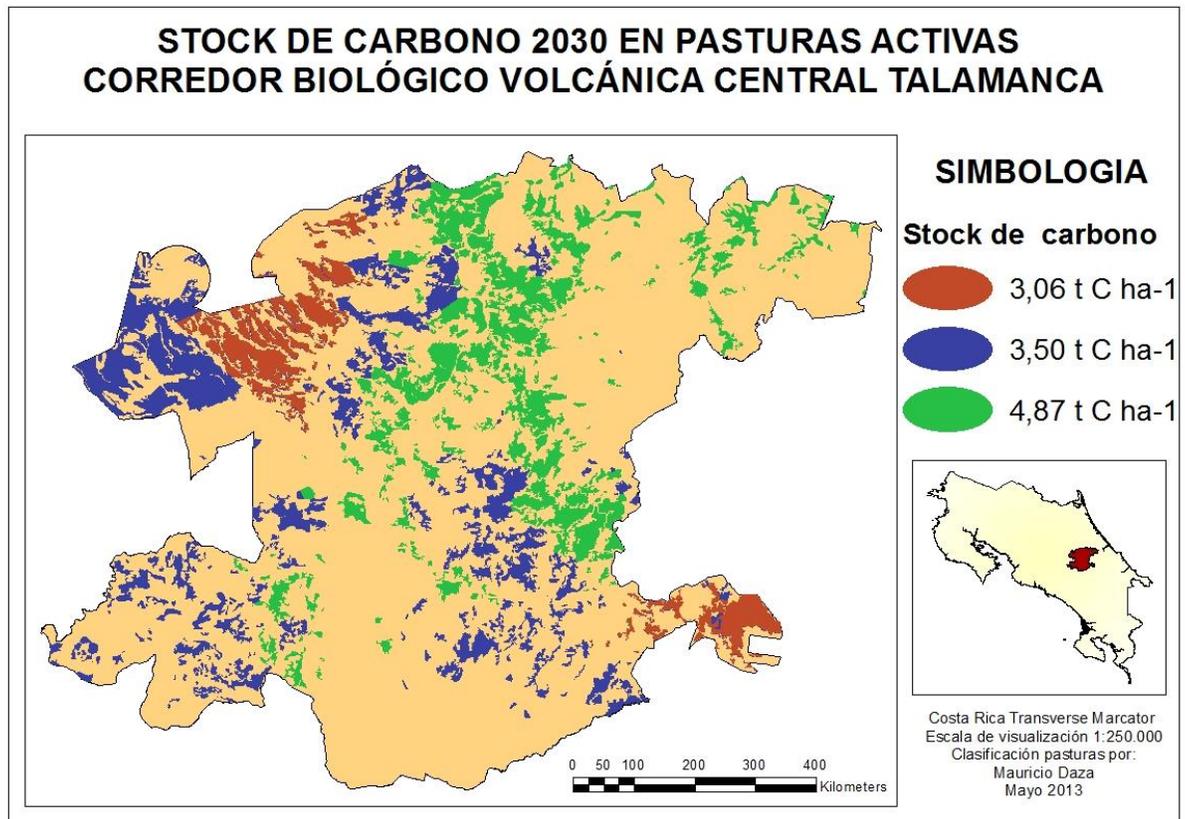
**Figura 13. Mapa pasturas arboladas y sin árboles del CBVCT proyección año 2030.**

Se estimó un potencial de captura de carbono de 4081 tC para CV y en pasturas con baja densidad arbórea 101884 tC y en pasturas sin árboles 20675 tC logrando almacenar 15309tC más en comparación con el escenario actual y superando con 7606 tC al escenario conservacionista (Cuadro 22; Figura 13).

**Cuadro 22. Proyección del stock de carbono potencial (año 2030) en usos de suelo de pasturas activas por rango altitudinal - CBVCT.**

Altura	Sistema	Unidad (km/ha)	Rango (t C)	Total (t C/ha)	Rango total (t C)
< 700	CVm	189	0,8 - 11,9	983	155 - 2249
	CVs	252	0,5 - 11,8	607	123 - 2974
	PCBDA	11913	3,18 - 4,09	41696	37883 - 48724
≥ 700	CVm	347	0,8 - 11,9	1700	285 - 4129
	CVs	350	0,5 - 11,8	791	172 - 4130
	PSA	4667	3,80 - 5,30	20675	17735 - 24735
	PCBDA	12359	4,55 - 5,46	60188	73968 - 92215

CVm: Cerca viva multiestratos; CVs: Cerca viva simple; PSA: Pastura sin árboles; PCBDA: Pastura con baja densidad arbórea.



**Figura 14. Mapa stock de carbono año 2030 en pasturas activas del CBVCT.**

#### **4.4.5 Magnitud de compensación financiera a escala de paisaje por compra de créditos de carbono**

Los precios en el mercado en el 2011 para el valor del volumen de créditos de C oscilan entre los \$5-10/tCO<sub>2</sub>e. Tomando en cuenta estos valores se calculó la compensación financiera (Cuadro 23). Estos datos son aproximaciones que se pueden conseguir por compensar el carbono almacenado en SSP. En el escenario actual se tendría una compensación entre 226366 – 522498 al año y en el escenario potencial 2030 una compensación entre 695153 – 1692182. Bajo estos parámetros encontramos diferencias económicas considerables entre los escenarios si se accediera al mercado de la venta de créditos de carbono.

***Cuadro 23. Compensación financiera por créditos de carbono a escala de paisaje en los diferentes escenarios***

<b>Escenario</b>	<b>Rango de t C</b>	<b>Rango de t CO2e</b>	<b>Compensación US\$</b>
<b>Actual 2012</b>	12.336-28.474	45.273-104.500	226.366 - 522.498
<b>Escenario moderado</b>	32.486-45.528	119.224-167.088	596.118 - 835.439
<b>Escenario conservacionista</b>	37.900-58.536	139.093-214.827	695.465 - 1.074.136
<b>Escenario año 2030</b>	37.883-92.217	139.031-338.436	695,153 - 1.692.182

#### **4.5 CONCLUSIONES**

El CBVCT tiene un alto potencial para mejorar los servicios ecosistémicos en pasturas activas por medio del uso de prácticas favorables con el ambiente, el incremento de la cobertura arbórea en cercas vivas por medio del remplazo de las cercas muertas existentes (361km), como en la arborización de pasturas sin árboles (19856 ha) favorecerá la conectividad y la conservación de áreas protegidas.

El carbono total en la biomasa arbórea varió entre arreglos silvopastoriles indicando la importancia de la cobertura del mismo. En este sentido, los sistemas que mayor contenido de carbono presentaron fueron los que incluyeron la mayor concentración de árboles por área sobresaliendo las CV multiestratos con un promedio de  $4,9 \pm 0,69 \text{ t C km}^{-1}$ , seguidas por las CV simples con  $2,26 \pm 0,44 \text{ t C km}^{-1}$ .

#### **4.6 RECOMENDACIONES**

Los resultados de esta investigación deben ser socializados ante el Comité de Gestión del Corredor, así como en la sociedad civil, con el fin de entrar en proceso de retroalimentación de todas las partes involucradas en el proceso de manejo.

Realizar un estudio del potencial financiero tomando en cuenta los costos de implementación con el fin de plantear estrategias a nivel del corredor biológico para acceder al sistema de PSA en la modalidad de captura de C. Este tipo de incentivos ayudaría a incrementar y mantener la cobertura arbórea en paisajes ganaderos.

#### **4.7 IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS PARA EL DESARROLLO**

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el estado del componente arbóreo en sistemas ganaderos del Corredor Biológico Volcánica central Talamanca (CBVCT) y su *stock* de carbono actual y potencial. Analizando los resultados de la presente tesis, se aportará al desarrollo mediante los siguientes aspectos:

- La metodología utilizada para determinar el estado del componente arbóreo a nivel territorial se puede validar y replicar en diferentes usos de suelo a nivel regional.
- Las estimaciones del *stock* de carbono en sistemas silvopastoriles servirán como base para iniciar el proceso de incorporación al sistema de pago por servicios ambientales (PSA) en sistemas ganaderos del CBVCT.
- Mediante la presente investigación los tomadores de decisiones del sector público y privado, podrán utilizar los resultados de *stock* de carbono actual obtenidos en el presente trabajo y no en estimaciones generales en sistemas de uso de suelo similares.
- Con los resultados de la presente investigación se puede visualizar diferentes escenarios con incremento de la cobertura arbórea (moderado y conservacionista) y de esta manera elegir el que se acople mejor a la meta proyectada por el gobierno costarricense de aumentar la provisión de servicios ecosistémicos encaminados a la carbono neutralidad, meta que se pretende alcanzar en 2021.

El uso de cercas vivas a nivel general es bien difundido y aceptado por los productores, las divisiones de potreros con cercas muertas representa solo un 29%. Por otra parte las pasturas sin cobertura arbórea dominan los paisajes ganaderos, lo que se traduce en un alto potencial para incrementar la cobertura arbórea a nivel de paisaje.

Para lograr un mayor grado de efectividad y eficiencia se recomienda enfocar esfuerzos en incentivar el establecimiento de árboles dispersos en potreros, en especial en fincas ganaderas bajo el sistema de producción de leche, ya que perciben el componente arbóreo como competencia directa en la producción de sus pasturas, en comparación con los productores de carne y doble propósito, los cuales manifiestan lo contrario.

#### 4.8 BIBLIOGRAFIA

- Andrade, H; Brook, R; Ibrahim ,M. 2008. Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. *Plant and Soil* 308 (1-2): 11-22
- Bermeo, D. 2010. Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas. Tesis MSc CATIE. Turrialba, Costa Rica. 126p.
- Brenes, C. 2010. Análisis multitemporal de cambio de uso del suelo y dinámica del paisaje en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE, 124 p.
- Canet, L. 2008. Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Perfil Técnico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), The Nature Conservancy (TNC). 97 p.
- Chará, J. and Murgueitio, E. 2005. The role of silvopastoral systems in the rehabilitation of Andean stream habitats. *Livestock Research for Rural Development* 17(20). <http://www.lrrd.org/lrrd17/2/char17020.htm> (consultado el 14 de febrero de 2012)
- CLIMBE, 2012. Perdida de biodiversidad y cambio climatico: efecto sobre los servicios ecositemicos. Cap 3. 153 – 189 p.
- FAOSTAT, 2005. Data base of Food and Agricultural Organization. Disponible en; <http://faostat.fao.org/>. Consultado en Febrero 2013.
- Harvey CA; Alpizar F; Chacón M; Madrigal, R. 2005. Assessing linkages between agriculture and biodiversity in Central America: Historical overview and future perspectives. Mesoamerican and Caribbean Region, Conservation Science Program. San José, CR, The Nature Conservancy (TNC). 140 p.
- Ibrahim, M; Camargo, JC. 2001. ¿Cómo aumentar la regeneración de árboles maderables en potreros?. *Agroforestería de las Américas*. 8 (32): 35-41.
- \_\_\_\_\_; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, C; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Revista Agroforestería de las Américas*. (45): 27-36.

- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, hayama, Japan.
- Lugo, A.E. and S. Brown. 1993. Management of tropical soil as sinks or sources of atmospheric carbon. *Plant Soil* 149:27-41
- Moya, J. C. 2002. Estudio de caso; Prácticas Silvopastoril finca José Antonio López Garita. I Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista. San José 28 – 29 Noviembre, 2002. Disponible en; [www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f08-8080\\_053.pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f08-8080_053.pdf). Consultado en Enero 2013.
- Moreno Díaz M.L. 2005. Pagos por Servicios Ambientales, la experiencia de Costa Rica. Informe presentado al Instituto Nacional de Biodiversidad INBIO. 29-09- 2005. Pp. 24.
- Murrieta, E. 2006. Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central- Talamanca, Costa Rica. Tesis MSc CATIE. Turrialba, Costa Rica. 125p.
- Murrieta, E; Finegan, B; Delgado, D; Villalobos, R; Campos, J. 2007. Propuesta para una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Edición 51-52. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Nájera M., 2011. Acumulación de carbono actual y futura en los sistemas productivos en el Corredor Biológico Volcánica Central- Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Université Catholique de Louvain-la-Neuve, Belgique. 100 p.
- Rojas, M. and B. Aylward. 2003. What are we learning from experiences with markets for environmental services in Costa Rica? A review and critique of the literature. International Institute for Environment and Development, London, UK.
- Ruíz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás. Tesis MSc CATIE. Turrialba, Costa Rica. 111p.
- Salas, C. 2011. Comportamiento hidrológico y erosivo en usos de suelo prioritarios de la campiña lechera en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica. Tesis MSc CATIE. Turrialba, Costa Rica. 115p.
- Szotts, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: Cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America. Turrialba, CR, CATIE. 71 p. (Serie Técnica, Informe técnico no. 313).

## ANEXOS

## Anexo 1. Entrevista



Solutions for environment and development  
Soluciones para el ambiente y desarrollo

**ENCUESTA No.** \_\_\_\_\_

**FECHA** \_\_\_\_\_

### **PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CARBONO Y MADERA EN PASTURAS ACTIVAS EN EL CORREDOR BIOLÓGICO VOLCÁNICA CENTRAL TALAMANCA, COSTA RICA**

#### **DIAGNOSTICO DEL COMPONENTE FORESTAL EN LA FINCA**

**OBJETIVO:** Determinar las características socio-económicas y preferencias de árboles por parte del agricultor en fincas ganaderas del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca.

#### **I. DATOS DE IDENTIFICACION**

<b>1</b>	Nombre del encuestado	
<b>2</b>	Nombre del propietario	
<b>3</b>	Nombre de la finca	
<b>4</b>	Área de la finca	
<b>5</b>	Provincia	
<b>6</b>	Cantón	
<b>7</b>	Distrito	
<b>8</b>	Caserío	
<b>9</b>	Teléfono	
<b>10</b>	Posición geográfica	N: ___° ___' ___"      W: ___° ___' ___"

#### **II. INFORMACIÓN ENCUESTADO Y FINCA**

##### **11. ¿Es el encuestado?**

1) Administrador \_\_\_ 2) Propietario \_\_\_ 3) Arrendatario \_\_\_ 4) A medias \_\_\_ 5) Otro \_\_\_\_\_

##### **12. ¿Orientación productiva?**

1) Agricultura y ganadería \_\_\_ 2) Ganadería \_\_\_\_\_  
a) lechería \_\_\_ b) doble propósito \_\_\_ c) carne \_\_\_

**13. ¿Vive en la finca?** Si \_\_\_ No \_\_\_. **Donde?** \_\_\_\_\_

**14. ¿Tiene otras fincas o lotes?** No \_\_\_ Si \_\_\_ Cuantas ha? \_\_\_\_\_

### III. DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE LA FINCA

#### 15. ¿Cuáles son los usos de la tierra con los que cuenta su finca?

1. Pasturas degradadas		9. cercas vivas multiestratos	
2. Pasturas naturales sin árboles		10. frutales	
3. Pasturas naturales con baja densidad de árboles		11. Cultivos anuales	
4. Pasturas naturales con alta densidad de árboles		12. cultivos perennes	
5. Pasturas mejoradas sin árboles		13. plantaciones forestales	
6. Pasturas mejoradas con baja densidad de árboles		14. bosque secundarios y ribereños	
7. Pasturas mejoradas con alta densidad de árboles		15. Regeneración natural barbechos	
8. cercas vivas simples		16. Otros	
¿Cuáles?			

#### 16. ¿Comparando la cantidad de árboles actual y hace 15 años, como ha variado el número?

1) Ha aumentado \_\_\_\_\_ 2) Ha disminuido \_\_\_\_\_ 3) Se mantiene igual \_\_\_\_\_

### IV. CERCAS VIVAS

17. Presencia de cercas vivas en la finca SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

#### 18. ¿Los árboles provienen de?

1) Regeneración natural \_\_\_\_\_ 2) Sembrados \_\_\_\_\_ 3) Remanente de bosque \_\_\_\_\_

#### 19. ¿Qué tipos de cercas vivas tiene en la finca?

1	CV simples	
2	CV multiestratos	
3	Ambos tipos de CV por igual	

**20. ¿Nombre las especies predominantes en sus cercas vivas?**

<b>Categorías</b>	<b>Especies más comunes (RN/S)</b>					
Maderables						
Frutales						
Forrajeros						
Frutos para ganado						
Leña						
Otros (artesanías)						

**21. Especies y manejo cultural (cercas vivas)**

<b>Especie</b>	<b>1. Poda (si/no)</b>	<b>2. Frecuencia (veces/año)</b>	<b>3. Uso principal</b>

**22. ¿Hace aprovechamiento forestal de árboles existentes en cercas vivas? Sí\_\_ No\_\_ ¿Cuántos árboles aprovecha al año? \_\_\_\_\_ Para que uso? \_\_\_\_\_**

**V. ÁRBOLES DISPERSOS EN POTREROS**

**23. ¿Tiene árboles en potreros? Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_**

**24. ¿Los árboles provienen de?**

1) Regeneración natural \_\_\_\_\_ 2) Sembrados \_\_\_\_\_ 3) Remanente de bosque \_\_\_\_\_

**25. ¿Nombre las especies predominantes en sus potreros?**

<b>Categorías</b>	<b>Especies más comunes (RN/Siembra)</b>					
Maderables						
Frutales						
Forrajeros						
Frutos para ganado						
Leña						
Otros (artesanías)						

**26. Especies y manejo cultural (árboles dispersos)**

<b>Especie</b>	<b>1. Poda (si/no)</b>	<b>2. Frecuencia (veces/año)</b>	<b>3. Uso principal</b>

**27. ¿Hace aprovechamiento forestal de árboles existentes en potreros? Sí**\_\_\_\_  
**No**\_\_\_\_

**¿Cuántos árboles aprovecha al año?** \_\_\_\_\_ **¿Para qué uso?** \_\_\_\_\_

**VI. PREFERENCIAS DEL PRODUCTOR**

**28. ¿Cuál es el objetivo de tener árboles dentro del potrero?**

<b>1.</b> Madera		<b>5.</b> Protección fuentes de agua	
<b>2.</b> Leña		<b>6.</b> Frutos	
<b>3.</b> Forraje		<b>7.</b> Ninguno	
<b>4.</b> Sombra		<b>8.</b> Otros	
¿Cuáles?			

**29. ¿Qué especies forestales o arbustivas que no estén presentes en su finca conoce que sirvan como?**

Tipo de arreglo	Especies conocidas por el agricultor
Árboles dispersos	- - -
Cercas vivas	- - -

**30. ¿Qué especies forestales o arbustivas le gustaría implementar en su finca?**

	ESPECIE	AD	CV	Madera	Postes	Leña	Forraje	Frutos
1								
2								
3								
4								
5								

**31. Uso de los árboles y/o productos en la finca.** (Escribir en que porcentaje se usa cada producto)

Uso	Se utiliza en la finca (si/no)	1. Autoconsumo	2. Venta
Madera			
Postes			
Leña			
Forraje			
Frutos			
Artesanías			

## VII. COMERCIALIZACIÓN

**32. ¿Vende productos de sus árboles?** Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**33. ¿Qué productos?**

1) Leña \_\_\_\_\_ 2) Madera \_\_\_\_\_

**a. ¿Si vende leña, en donde?**

1) En la finca \_\_\_\_\_ 2) Intermediarios \_\_\_\_\_ 3) Mercado local \_\_\_\_\_

**b. ¿Si vende madera, en dónde?**

1) Aserradero \_\_\_\_\_ 2) Intermediarios \_\_\_\_\_ 3) En Pie \_\_\_\_\_

**34. ¿Tiene algún incentivo forestal?** Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ **¿Cuánto?** \_\_\_\_\_

**Observaciones:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Anexo 2.** Especies identificadas empleadas por los productores en cercas vivas y árboles en potreros.

<b>Nº</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>CV</b>	<b>AP</b>
1	<i>Alnus acuminata</i>	Jaul	X	X
2	<i>Anacardium excelsum</i>	Espavel		X
3	<i>Annona reticulata</i>	Anonillo		X
4	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Maria		X
5	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	X	X
6	<i>Citrus reticulata</i>	Mandarina	X	X
7	<i>Citrus sinensis</i>	Naranja	X	X
8	<i>Citrus sp.</i>	Limón	X	X
9	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	X	X
10	<i>Cupressus lusitanica</i>	Cipre	X	X
11	<i>Diphysa americana</i>	Guachipelin	X	
12	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste		X
13	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró de montaña	X	X
14	<i>Erythrina sp.</i>	Poró	X	X
15	<i>Eucalyptus sp</i>	Eucalipto	X	
16	<i>Ficus sp.</i>	Higuito	X	
17	<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	X	X
18	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guacimo		X
19	<i>Hura crepitans</i>	Jabillo		X
20	<i>Inga sp.</i>	Guaba	X	X
21	<i>Macrohasseltia macroterantha</i>	Espino blanco	X	
22	<i>Mangifera indica</i>	Mango	X	X
23	<i>Miconia argentea</i>	Lengua de vaca	X	
24	<i>Persea americana</i>	Aguacate	X	X
25	<i>Pinus caribaea</i>	Pino	X	X
26	<i>Pouteria sapota</i>	Sapotillo	X	
27	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	X	X
28	<i>Sapindus saponaria</i>	Chumico		X
29	<i>Spathodea campanulata</i>	Llama del bosque	X	X
30	<i>Syzygium malaccense</i>	Manzana de agua	X	X
31	<i>Tabebuia rosea</i>	Roble	X	
32	<i>Trichanthera gigantea</i>	Nacadero	X	
33	<i>Vochysia guatemalensis</i>	Chancho Blanco	X	X

CV: cercas vivas, AP: árboles en potreros

**Anexo 3.** Llave de fotointerpretación del proyecto FRAGMENT1, parámetros utilizados para definir clases y subclases

Id	Elemento dominante	Clase	Id	Subclase	% cobertura		
					A	B	C
0		ND					
1	Árbol	Bosque	1	Bosque denso	>66.7	<33.3	>66.7
			2	Bosque ralo	33.3-66.7	<33.3	>66.7
			3	Árboles en pasturas	33.3-66.7	<33.3	33.3-66.7
			4	Árboles en linderos			
			5	Bosques de galería			
2		Plantación					
3	Arbusto	Matorral/Tacotal	1	Matorral denso	<33.3	>66.7	>66.7
			2	Matorral ralo	<33.3	33.3-66.7	>66.7
			3	Matorral denso arbolado	33.3-66.7	33.3-66.7	>66.7
4		Cultivos					
5	Pastos	Pasturas	1	Pastura densa	<33.3	<33.3	<33.3
			2	Pastura rala	<33.3	<33.3	33.3-66.7
			3	Pastura arbustiva	<33.3	33.3-66.7	33.3-66.7
6		Nubes					
7		Sombras (de nubes/montañas)					
8		Cuerpos agua					
9		Otros (objetos que no entren en los rangos de clasificación anterior, p.e. construcciones, suelo desnudo, vías, asentamientos, etc.)					

A: Árboles, B: Arbustos, C: Sumatoria árboles y arbustos (Adaptado de Kapelle *et al.*, 2002).