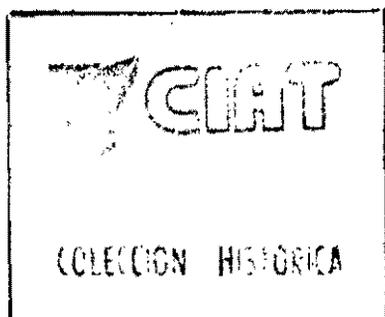


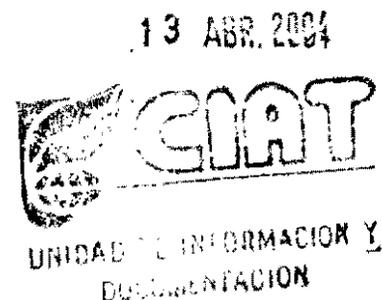
***Research Network for the
Evaluation of Carbon Sequestration Capacity
of Pasture, Agropastoral and Silvopastoral Systems
in the American Tropical Forest Ecosystem***

***CIPAV- Universidad de la Amazonia -CIAT-CATIE-
Wageningen University and Research Centre.***



**The Netherlands Cooperation:
Activity CO-010402**

***Project duration: 5 years
December 1, 2001 – November 30, 2006***



102587

***Two-year Project Achievements
December 1, 2001 - November 30, 2003***

Compiled by:

***María Cristina Amézquita
Francisco Ruiz***

Compilation and edition of technical contributions from project members and consultants presented and discussed at the Fourth International Coordination Meeting, held at CIAT on September 22-25, 2003. This technical document was presented to The Netherlands Cooperation, channeled through The Netherlands Embassy in Bogotá, Colombia, on December 15, 2003.

Contents

	<i>page</i>
<i>Acknowledgements</i>	<i>i</i>
<i>Participants Institutions, Project Executive Committee, Project Members and Consultants</i>	<i>ii</i>
<i>Chapter 1</i>	1
Concepts, Methodology and Summary results across Sub-ecosystems	
1.1 Some Recent Publications Related to the Aims of the C-SEQ Project. <i>Peter Buurman.</i>	3
1.2 Evaluation and Analysis of Carbon Stocks in Pasture, Agro-pastoral and Silvo-pastoral Systems in Sub-ecosystems of the American Tropical Forest. <i>María Cristina Amézquita</i>	7
1.3 Aspectos Metodológicos de la Evaluación Económica de Sistemas Pastoriles, Agro-pastoriles y Silvo-pastoriles con Capacidad para el Secuestro de Carbono. <i>José A. Gobbi</i>	11
1.4 Valoración Económica Ecológica del Carbono como Servicio Ambiental. <i>Edmundo Castro</i>	21
<i>Chapter 2</i>	
Andean Hillsides Sub-ecosystem, Colombia	31
2.1 Carbon Storage in long-established Systems: 2-year Research Results – Andean Hillsides, Colombia. <i>María Cristina Amézquita et al.</i>	33
2.2 Caracterización Socio-económica de Fincas Piloto y Fincas Típicas – Sub-ecosistema Laderas Andinas – Colombia. <i>Piedad Cuellar et al.</i>	63
<i>Chapter 3</i>	
Humid Tropical Forest Sub-ecosystem, Amazonia, Colombia.	79
3.1 Avances de dos años de Investigación del Proyecto “Red de Evaluación de la Capacidad de Captura de Carbono de Sistemas de Pasturas, Agro-pasturas y Silvo-pasturas del Ecosistema Bosque Tropical de América”. <i>Bertha L. Ramírez</i>	81
3.2 Carbon Storage in long-established Systems: 2-year Research Results Humid Tropical Forest, Amazonia, Colombia. <i>María Cristina Amézquita et al.</i>	89
3.3 Análisis Socio-económico de Fincas Típicas del Ecosistema Bosque Húmedo Tropical de América, Amazonia, Colombiana. <i>Bertha L. Ramírez et al.</i>	109

Chapter 4

Sub-humid and Humid Tropical Forest Sub-ecosystems, Costa Rica. 123

- 4.1 Humid and Sub-humid Tropical Forest, Costa Rica, first two years
Research Activities. *Muhammad Ibrahim* 125
- 4.2 Multivariate Analysis of Carbon Storage Data in Costa Rican Project Sites.
Muhammad Ibrahim et al. 159
- 4.3 Caracterización Socio-económica de las fincas del Proyecto de la Región
Pacífico Central de Costa Rica. *José Gobbi et al.* 165

Chapter 5

Policy Issues related to Carbon Sequestration and International
Carbon Trading. 175

Farming for Carbon Credits. *Leendert 't Mannetje* 177

Acknowledgements

We express our gratitude to The Netherlands Ministry of Development Cooperation in The Hague, The Netherlands Embassy in Bogotá, Colombia, and The Netherlands Embassy in San José, Costa Rica for making real this important project.

Our project combines efforts from the national research community --represented by CIPAV and Universidad de la Amazonia, Colombia-- and the international research community --represented by CIAT, CATIE and Wageningen University and Research Centre-- to help prepare ourselves and our future generations to mitigate the effects of global warming. Our hope is to achieve relevant high quality research results that will contribute to mitigate the adverse effects of global warming in vulnerable ecosystems of the developing world, as the American Tropical Forest Ecosystem.

The present document “**Two-year Project Achievements: December 1, 2001 – November 30, 2003**” incorporates technical and scientific contributions from project members and consultants summarizing project results attained during its first two years of implementation: December 1, 2001 – November 30, 2003. Each contribution was presented and discussed at the Fourth International Coordination Meeting, held at CIAT, Cali, Colombia, on September 22-25, 2003, and further edited for inclusion into the present document.

We thank project member and consultants for these valuable contributions.

With best wishes for success in the third year of our project.

María Cristina Amézquita
Ph. D. in Production Ecology and Resource Conservation
Project Scientific Director
Cali, Colombia, December 15, 2003.

Participant Institutions

- **CIPAV:** Centre for Research on Sustainable Agricultural Production Systems, Cali, Colombia.
Legal and technical representative: Dr. Enrique Murgueítio, Executive Director.
- **Universidad de la Amazonía,** Florencia, Colombia.
Legal representative: Dr. Oscar Villanueva Rojas, Rector.
Technical representative: Dr. Bertha Leonor Ramírez, researcher.
- **CIAT:** International Centre for Tropical Agriculture, Cali, Colombia.
Legal representative: Dr. Joachim Voss, Director General.
Technical representatives: Drs Edgar Amézquita, Soil Scientist.
- **CATIE:** Centro Agronómico Tropical para Capacitación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
Legal representative: Dr. Pedro Ferreira Rossi, Director General.
Technical representative: Dr. Muhammad Ibrahim, researcher.
- **Wageningen University and Research Centre,** Wageningen, The Netherlands.
Representatives: Drs. Bram van Putten and Peter Buurman, researchers.

Project Executive Committee

- **Dr. María Cristina Amézquita.**
Ph.D. in Production Ecology and Resource Conservation.
Project Scientific Director.
- **Dr. Enrique Murgueítio.** CIPAV's Executive Director.
Project Administrative and Financial Director.
- **Bertha Leonor Ramírez.** Ph.D. in Agroforestry Systems.
Universidad de la Amazonía.
- **Dr. Edgar Amézquita.** Ph.D. in Soil Sciences. CIAT.
- **Dr. Muhammad Ibrahim.** Ph.D. in Agronomy. CATIE.
- **Dr. Bram van Putten.** Ph.D. in Mathematics.
Wageningen University and Research Centre.
- **Dr. Peter Buurman.** Ph.D. in Soil Chemistry and Dynamics.
Wageningen University and Research Centre.

Consultants

- **Professor Dr. Leendert 't Mannetje,** Ph. D. in Tropical Grasslands.
Wageningen University and Research Centre.
- **Dr. Myles Fisher,** Ph. D. in Plant Physiology. Lead scientist Inter-Centres
Working Group on Climate Change.
- **Dr. Douglas Pachico,** Ph. D. Economics. Director for Research, CIAT.

Project members

- **Field research – Hillsides ecosystem (Colombia)**
María Elena Gómez. Agronomist, M.Sc.- CIPAV (80% time)
Piedad Cuellar. Participatory research, M.Sc.- CIPAV (50% time)

- **Field research – Semi-humid Tropical Forest (Costa Rica)**
Tangaxuhan Yanderall, PhD student
Alexander Navas, Agronomist, CATIE
Francisco Casasola, Agronomist – CATIE (part time).

- **Field research – Humid Tropical Forest (Colombian Amazonia)**
Bertha Leonor Ramírez. Agroforestry Systems. Ph.D. (full time).
Jaime Enrique Velásquez. Agronomist. Ph.D (part time).
Jader Muñoz, Geologist (part time).
B.Sc. students (part time): Jaime Andrés Montilla y Juan Carlos Suárez
Universidad de la Amazonia.

- **Environmental Economist:**
José Gobbi, Economist Ph.D. (35% time).

- **Mathematical modelling**
M.Sc. students under Dr. Bram van Putten. Wageningen University (part time).

- **DB analyst/statistician**
Héctor Fabio Ramírez. Statistician (half time).

- **Soil sampling and biomass measurement**
Hernán Giraldo. Agronomist (full time).

- **Executive Assistant**
Francisco Ruiz. Industrial Engineer (full time).

Invited Speaker

- Dr. Edmundo Castro, CRESSE (Centro Regional de Estudios en economía Ecológica), Costa Rica.

Research Services

- **Laboratory analyses**
Samples from Colombian ecosystems: contracted with CIAT.
Samples from Costa Rica ecosystem: contracted with CATIE.

- **GIS (cartography and 3D images)**
To be contracted possibly with CIAT or with Wageningen University.

Chapter 1

Concepts, Methodology and Summary results across Sub-ecosystems

Some Recent Publications Related to the Aims of the C-SEQ Project

P. Buurman¹

1. Assessment of Short-term Changes in Carbon Storage.

One of the main aims of the project is to determine changes in soil carbon stocks in relation to changes in land use. One of the main questions is, whether changes can be measured reliably after only a decade or less of improved management. The following information suggests that, with correct sampling schemes and calculation procedures, the measurement of relatively minor changes is indeed possible. It appears that the CSEQ project has adopted a methodology that is adequate to its aims.

Using total storage calculations

Spatial variability of carbon contents and bulk density is a major hindrance in estimating carbon stocks in soils. In the CSEQ project this issue was discussed various times. The approach chosen to minimize the effect of spatial variation was to sample along transects and to use composite samples for each position in a transect. In addition, some fields were put under different management in order to measure changes during a three-year trial period. A recent publication by Ellert et al. (2002) addresses the latter methodology. These authors sampled plots of 4 by 7 meters before and after an addition of coal dust to simulate an increase in carbon due to vegetation. Coal dust was applied at a rate of 3.64 Mg C ha⁻¹, the amount of C that might be added by a decade of proper management.

Six cores were taken from each plot, before and after coal addition. The cores were taken at regular intervals in an alternating pattern. Samples were taken to a depth of 50 cm, with an interval of 10 cm.

The main results were:

- Within-plot variability was usually greater than between-plot variability. Detectability of soil-C change was therefore easier through paired temporal comparison.
- C contents are measured as weight percentages. Both management practices and biological activity change the bulk density of (layer of) a soil. This implies that Carbon budgets should be compared on an *equivalent soil mass* basis and not on a constant depth basis. Using a fixed-volume (fixed depth) basis decreases the visibility of additions because in improved management, the bulk density of the topsoil tends to decrease so that less soil mass is present. This decreases the visibility of additions. Coal additions were not fully recovered (55-80%) when a fixed volume was used.

This means that for the CSEQ project it would be useful to calculate carbon stocks in an equivalent weight of mineral soil representing, e.g., the upper 50 cm of the native forest, and using the same equivalent weight for other land uses, instead of using a fixed depth and correcting for changes in bulk density.

¹: Soil Science and Geology, Dept. of Environmental Sciences, Wageningen University. P.O. Box 37, 6700 AA Wageningen, The Netherlands. E-mail: peter.buurman@wur.nl

Using Carbon Isotopes

The ^{13}C signature of soil organic matter under a C3 or C4 vegetation shows less spatial variation than the carbon content. A change in ^{13}C content due to a C3-C4 change, or vice versa, is therefore easier to measure. An advantage of ^{13}C research in combination with that of total carbon stocks is that it gives an insight in carbon turnover: a slight change in total carbon stocks may be accompanied by a considerable replacement of the original carbon. It is usually assumed that the effect of a change of vegetation on the ^{13}C signature of the soil organic matter would only be visible after a number of years. Doane et al. (2003) found that the effect of a single maize crop on a C3-soil can be measured with accuracy.

The authors used replicated 9 m² experimental plots within fields managed with cover crops and organic manure. Maize was planted after the incorporation of cover crop and/or manure. Samples were taken half a year after corn was harvested and the residue was chopped and incorporated. The isotopic composition of fulvic acids, humic acids and humin was analyzed separately. Although I have some objections to the authors' set-up and interpretation, their results indicate that the effect of isotopic changes can be measured readily. At the sampling depths of 0-15 and 15-30 cm, no effective increase of organic C stocks was noted. Half a year after mulching in the corn residue, however, 9-16 % of the humic acid, 5-8% of the fulvic acid, and 8% of the humin was corn-derived. This suggests that also the newly established CSEQ experimental plots may give measurable results.

2. Assessment of Short-term Changes in Soil Quality

In organic matter terms, soil quality is usually linked to a choice of factors such as *microbial biomass*, *easily oxidizable carbon*, *rapidly respired carbon*, and such. The idea behind such methods is that the fraction of SOM that can be recycled rapidly also provides readily available nutrients – mainly nitrogen – to plants. Microbial biomass is determined by fumigation and extraction (Vance et al., 1987), but the result may depend on the soil:extractant ratio (Needelman et al., 2001) and the method is rather cumbersome. Some authors have tried to characterize the labile organic C pool by mild oxidation, e.g. by potassium permanganate (e.g., Lefroy et al., 1993; Blair et al., 1995) or by measuring hot-water soluble carbon (HWC) (Sparling et al., 1998). The latter method was until recently insufficiently tested. In a recent paper, Ghani et al. (2003) determined the correlations between hot-water soluble carbon and a number of fertility parameters. The results indicate that hot-water soluble carbon might be a sensitive parameter to measure changes in soil organic matter turnover in relation to changing land use. Ghani et al. (2003) found good positive correlations between HWC and microbial biomass-C and N, between HWC and carbohydrate-C, and between HWC and mineralisable-N. Microbial biomass C was roughly 10% of HWC while carbohydrate-C made up 50% of HWC.

In the CSEQ project, the combination of these parameters with data on carbon replacement based on ^{13}C would improve the information about carbon dynamics in the various land use systems investigated. This research should be part of the envisaged PhD study.

References

- Blair, G.J., Lefroy, R.D.B., and Lisle, L., 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural Research* 46:1959-1966.
- Doane, T.A., Devèvre, O.C., and Horwath, W.R., 2003. Short-term soil carbon dynamics of humic fractions in low-input and organic cropping systems. *Geoderma* 114: 319-331.
- Ellert, B.H., Janzen, H.H., and Entz, T., 2002. Assessment of a method to measure temporal change in soil carbon storage. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1687-1695.
- Ghani, A., Dexter, M., and Perrott, K.W., 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 1231-1243.
- Lefroy, R.D.B., Graeme, J.B., and Strong, W.M., 1993. Changes in soil organic matter with cropping as measured by organic carbon fractions and ¹³C natural isotope abundance. *Plant and Soil* 155/156: 399-402.
- Needelman, B.A., Wander, M.M., and Shi, G.S., 2001. Organic carbon extraction efficiency in chloroform fumigated and non-fumigated soils. *Soil Science Society of America Journal* 65: 1731-1733.
- Sparling, G., Vojvodić-Vuković, M., and Schipper, L.A., 1998. Hot-water-soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: the relationship with microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 1469-1472.

108588

Evaluation and Analysis of Carbon Stocks in Pasture, Agro-pastoral and Silvo-pastoral Systems in Sub-ecosystems of the American Tropical Forest

María Cristina Amézquita¹

Introduction

Tropical America (TA) comprises Mexico, Central America, The Caribbean and South America excluding Argentina, Chile and Uruguay. It represents 11% of the world continental area and 8% of the total world population. Its agricultural land represents 33% of its territory, 11% of the world agricultural land and houses 23% of TA population (approximately 100 millions farmers who live from agricultural and livestock production activities). TA continental area is composed of 55% native forest, 32% agricultural/pasture land and 13% urban areas. Consequently, water renewable resources in the region are generous, almost 5 times the corresponding world average per capita (FAO, 2000).

Pasture, agro-pastoral and silvo-pastoral land represent 77% of total TA agricultural land, with a pastures/crop land ratio of 3.4, higher than the world ratio, of 2.3 (FAO, 2000). Milk and meat production are important socio-economic activities in TA. High income elasticity for beef and dairy products throughout TA at all income levels has been documented. Increase in supply of meat and milk will benefit the poor (Toledo, 1985; Vera *et al.*, 1993; Rivas *et al.*, 1998). The two major ecosystems where meat and milk is produced are the **Savannah Ecosystem** (250 million ha) where extensive grazing systems for beef cattle on native grasslands with low productivity are predominant and the **Tropical Forest Ecosystem** (44 million ha) where semi-intensive grazing systems for dual-purpose cattle are predominant, this accounting for 78% and 41% of the meat and milk produced in TA.

Conversion of forests to pastures has been the most important land use change in Tropical America (TA) in the last fifty years (Kaimowitz, 1996). This has been promoted by international and national policies, population growth, ease of access to the forests, slope gradients, and favourable climate, among other factors (Browder, 1988; Sader and Joyce, 1988; Veldkamp, 1993). After deforestation and pasture establishment many areas have been abandoned due to mismanagement, causing more than 60% of the TA's pastures to be degraded (CIAT, 1999).

¹: Ph.D. in Production Ecology and Resource Conservation. Carbon Sequestration Project
Scientific Director. M.AMEZQUITA@CGIAR.ORG

Recently, an interest in carbon sequestration has arisen. The Kyoto Protocol (1997) and subsequent agreements of the United Nations (UNFCCC and COP's, 1998-2003) have considered reforestation and afforestation as land use systems suitable for economic incentives in developing countries. However, improved and well-managed pasture systems are not yet considered as suitable for carbon credits and environmental incentives. Therefore, the land degradation problems faced by TA's livestock farmers and the concerns about the environment suggest that some areas currently under pasture may be converted back to forest, thus potentially contributing to carbon sequestration, but negatively affecting the economic welfare of farmers and food availability for the population, especially for milk and meat.

Objective

This article presents first 2-year research results on soil carbon stocks (SCS) and preliminary conclusions of our international project entitled "*Research Network for the Evaluation of Carbon Sequestration Capacity of Pasture, Agro-pastoral and Silvo-pastoral Systems in the American Tropical Forest Ecosystem*", sponsored by The Netherlands Cooperation as Activity CO-010402, and implemented by CIPAV, Universidad de la Amazonia, CIAT, CATIE and Wageningen University.

Our project aims at identifying pasture, agro-pastoral and silvo-pastoral systems that represent an attractive economic alternative to the farmer and show high levels of carbon sequestration and carbon stocks, comparing them with two reference states: degraded pasture (negative control) and native forest (positive control). It also aims at providing recommendations to policy makers at local, national and regional level, concerning appropriate land use with pasture systems, considering their socio-economic benefit and provision of environmental services, particularly carbon sequestration.

Methodology

SCS were evaluated in long-established pasture systems in commercial farms, in three sub-ecosystems of the Tropical Forest Ecosystem, comparing them with native forest and degraded pasture. The three sub-ecosystems are: Eroded Andean Hillsides, Colombia; Sub-humid and Humid Tropical Forest, Costa Rica; and Humid Tropical Forest, Amazonia, Colombia.

A soil Sampling Design controlling factors affecting SCS (site conditions, slope gradient, land use system, and soil depth) was used. Field research was conducted at farm level, in three farmers' networks located within the project sub-ecosystems. SCS were evaluated at four soil depths (0-10, 10-20, 20-40 and 40-100 cm) using 2-3 space replications per system and 12 sampling points per system/ space replication. In Eroded Andean Hillsides, Colombia, and in the Sub-humid and Humid Tropical Forest, Costa Rica, 2 space replications were used for each system. In the Humid Tropical Forest, Amazonia, Colombia, 3 space

replications per system were used. Total C, oxidisable C, total N, P, CEC, pH, soil texture and bulk density were evaluated at each soil pit and depth. Total C, oxidisable C and stable C (expressed as the difference between total C and oxidisable C) were corrected by bulk density and expressed as ton C/ha/depth in 10cm soil layers, ton C/ha/0-40cm, ton C/ha/40-100cm, and ton C/ha/1m depth.

Statistical analyses, both univariate and multivariate, were conducted to statistically compare production systems among themselves and with degraded pasture and native forest, in terms of SCS at different soil depths. Multivariate analysis techniques, such as Principal Component Analysis and Cluster Analysis, were used to identify association between SCS and soil parameters, reducing the dimensionality of the problem, and to group sampling points that were similar in their soil conditions and their carbon sequestration capacity.

Results

In Andean Hillsides, Colombia (1400-2000 m.a.s.l., 12-17°C, 3500 mm/yr, high slopes, acid, medium fertility soils) SCS from native forest (262 and 214 ton/ha/1m for space reps 1, 2) were statistically higher than those from *B. decumbens* pasture (213 and 165 ton/ha/1m) and these statistically higher than degraded pasture (183 and 171 ton/ha/1m).

In the Humid Tropical Forest, Amazonia, Colombia (800 m.a.s.l., 30-42°C, 4200 mm/yr, flat, very poor acid soils) on the contrary, improved *Brachiaria* pastures (monoculture and legume-associated) showed statistically higher SCS (167 to 422 ton/ha/1m) than native forest (155 ton/ha/1m).

Similar rankings were found with improved pasture and silvo-pastoral systems in the Sub-humid and Humid Tropical Forest, Costa Rica (200 m.a.s.l., hot, humid, poor acid soils).

Detailed presentation of the analysis of soil carbon stocks from long-established land use systems for each sub-ecosystem appear in three additional sections of the present document. Amézquita, M.C. *et al.* on Andean Hillsides; Ibrahim, M. *et al.*, on Sub-humid and humid Tropical Forest, Costa Rica, and Amézquita, M.C. *et al.*, on Humid Tropical Forest, Amazonia, Colombia.

Preliminary Conclusions

1. The Soil Sampling Design proved useful for estimating SCS with minimum variability.
2. Variability in SCS estimates was less than expected, being higher for degraded pasture and for stable carbon.
3. SCS need to be described based on land use history.

4. Factors suggested to affect SCS are: site and system conditions (site altitude/temperature, type of land use system, system management, soil depth and soil texture).
5. Improved and well-managed pasture systems show economically attractive and environmentally beneficial (high SCS), therefore representing an alternative investment for carbon credits in the tropics.

References

- Browder, J.O. 1988. The social costs of rain destruction: a critique and economic analysis of the "hamburger debate". *Interciencia* 13(3):115-120.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), 1999. Tropical Pastures Project Annual Report. Cali, Colombia.
- FAO, 2000. Food balance sheets. Rome, Italy.
- Kaimowitz, D. 1996. Livestock and deforestation Central America in the 1980s and 1990s: a policy perspective. Center for International Forestry Research, CIFOR Special Publication. Jakarta. 88 p.
- Rivas, L.; Pachico, D.; Seré, C. and García, J., 1998. Evolución y perspectivas de la ganadería vacuna en América Latina Tropical en un contexto mundial. Proyecto de Evaluación de Impacto. CIAT. Cali, Colombia.
- Sader, S.A., and Joyce, A.T. 1988. Deforestation and trends in Costa Rica, 1940 to 1983. *Biotropica* 20(1):11-19.
- Toledo, J. M., 1985. Pasture development for cattle production in the major ecosystems of the tropical American lowlands. Proceedings of the XV International Grasslands Congress. 74-81. Kyoto, Japan.
- Veldkamp, E. 1993. Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica. Ph. D. Thesis, Wageningen Agricultural University. Wageningen, The Netherlands. 117p.
- Veldkamp, E. 1994. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. *Soil Science Society of America Journal* 58:175-180
- Vera, R.; Sanz, J.I.; Hoyos, P.; Molina, D.L.; Rivera, M. and Moya, M.C., 1993. Pasture establishment and recuperation with undersown rice on the acid soil savannas of South America. CIAT. Cali, Colombia.

Aspectos Metodológicos de la Evaluación Económica de Sistemas Pastoriles, Agropastoriles y Silvopastoriles con Capacidad para el Secuestro de Carbono

José A. Gobbi¹

1. Introducción

Los sistemas de producción ganadera pueden actuar como emisores o sumideros de carbono. Actúan como emisores de carbono cuando las prácticas de manejo ganaderas resultan en la pérdida de la materia orgánica del suelo (erosión del suelo) o en emisiones directas derivadas de técnicas tradicionales, tales como en las quemadas de la cobertura vegetal para promover la regeneración de pastos. Actúan como sumideros cuando se adoptan prácticas de manejo que aumentan la materia orgánica acumulada en el suelo y en la biomasa aérea, tales como la incorporación de árboles en los potreros. Dado el proceso de calentamiento global que está sufriendo el planeta y la importancia social y económica de la ganadería en Latinoamérica—donde las tierras dedicadas a la ganadería cubren más del 60% del terreno agrícola—es necesario identificar sistemas de producción ganadera asociados con sistemas de uso del suelo, que contribuyan a la captura de carbono y que sean económicamente atractivos para los finqueros.

El Proyecto de la “*Red de Investigación para la Evaluación de la Capacidad de Almacenamiento de Carbono de Sistemas Pastoriles, Agropastoriles y Silvopastoriles en el Ecosistema del Bosque Tropical Americano*” tiene como metas principales el contribuir al desarrollo sustentable, reducir la pobreza y mitigar los efectos indeseables del cambio climático—particularmente las emisiones de CO₂—en los sub-ecosistemas forestales vulnerables de la América Tropical. Las metas se alcanzan por medio de la investigación en fincas de pequeño y mediano tamaño que presentan un rango de sistemas de pasturas, agro y silvopastoriles localizadas en tres sub-ecosistemas forestales de la América Tropical vulnerables al cambio climático. Estos sub-ecosistemas son: (i) Región de Laderas Andinas de Colombia, (ii) Región de la Amazonía de Colombia y (iii) Región del Bosque Tropical Semi-Húmedo de Costa Rica.

La investigación que se lleva a cabo en las fincas del proyecto está dirigida a identificar sistemas de pasturas, agro y silvopastoriles (SPASP), con capacidad para el secuestro de carbono, que sean financieramente viables para los finqueros de la América Tropical. A tal fin, el componente socio-económico del Proyecto se orienta a evaluar el atractivo económico-financiero de los SPASP con capacidad para el secuestro de carbono, frente a los sistemas ganaderos convencionales de pasturas degradadas. La información generada a partir de los análisis socio-económicos servirá de insumos para la formulación de lineamientos de política para el pago de incentivos por captura de carbono en esos sistemas de manejo de la tierra en el trópico.

¹: Ph.D., Asesor Económico del proyecto Captura de Carbono Cooperación Holandesa CO-010402

En este reporte se describen el diseño de las metodologías y el enfoque conceptual para los análisis del componente socio-económico, dirigidos a alcanzar los objetivos generales planteados para el proyecto. La estructura del reporte es la sgte. 1o, se presentan los objetivos específicos buscados en el componente socio-económico. 2o, se detalla el marco analítico para el desarrollo del componente socio-económico del proyecto. 3o, se describe la estrategia para la toma de los datos socio-económicos y el análisis de los mismos. Por último, se introducen consideraciones sobre la información socio-económica recabada hasta el momento y se discuten los pasos a seguir en el futuro.

2. Objetivos del Componente Socio-Económico

Los objetivos generales del componente socio-económico del Proyecto son: (i) evaluar el atractivo económico-financiero de los SPAPS con capacidad para el secuestro de carbono frente a los sistemas ganaderos convencionales, y (ii) proveer recomendaciones de manejo y de política para hacer dichos SPAPS económicamente atractivos a los finqueros y ambientalmente beneficiosos como sumideros de carbono. En particular, los análisis socio-económicos están orientados a:

- determinar la estructura de costos de inversión y manejo de los SPASP con capacidad para secuestrar carbono, como también sus niveles de producción;
- determinar la rentabilidad financiera de los SPAPS con capacidad para secuestrar carbono frente a los sistemas de ganadería convencional de pastos degradados;
- elaborar modelos sobre los efectos de un pago por carbono como incentivo para la adopción de los SPASP con capacidad para secuestrar carbono; y
- proveer de lineamientos de políticas para el pago de incentivos por captura de carbono a finqueros localizados en el bosque tropical americano.

3. Marco Conceptual para el Componente Socio-Económico

Para alcanzar los objetivos descriptos anteriormente, se emplea un marco conceptual basado en un enfoque de sistemas. Este marco conceptual se desarrolla para establecer las relaciones entre las fincas bajo estudio y su contexto externo, a fin de identificar las variables externas a la unidad de análisis (la finca) que pueden ejercer influencias sobre la misma. De esta manera, la finca es contextualizada en un marco que abarca las escalas local, regional/nacional y global, en que los sistemas económicos, ecológicos e institucionales están interrelacionados e interactúan entre sí, constituyendo sistemas ecológicos y sociales que evolucionan conjuntamente a lo largo del tiempo (Figura 1).

De la conceptualización presentada anteriormente, se desprende que procesos y variables operando a escalas ubicadas a una mayor jerarquía ejercen un efecto directo sobre los procesos y variables operando a escala menores, pero no viceversa. Por ejemplo, la estructura de incentivos para la ganadería, tanto positivos como negativos, implementada por los gobiernos nacionales favorece la adopción de ciertos sistemas de producción ganadera sobre otros. En este sentido, la toma de decisiones de un finquero ganadero se ve limitada no sólo por su disponibilidad de factores de producción, sino también por una

variable (estructura de incentivos) que opera a una escala mayor a la de su finca, y que ejerce una influencia directa sobre su capacidad de planificación a largo plazo.

En el marco conceptual a utilizar, el análisis del componente socio-económico del Proyecto no sólo estudia los efectos del uso de SPASP con capacidad de secuestro de carbono a nivel de la parcela y la finca, sino que también se identifican los elementos de política y factores externos operando a diferentes escalas espaciales, que hacen a la viabilidad a largo plazo de esos SPASP. De esta manera será posible relacionar procesos a nivel de la parcela y la finca (tales como condiciones de manejo del suelo o niveles de captura de carbono) con procesos a nivel nacional o global (tales como implementación de esquemas de pago por servicios ambientales a nivel nacional o las negociaciones de la implementación del Protocolo de Kyoto). Consecuentemente, el marco conceptual

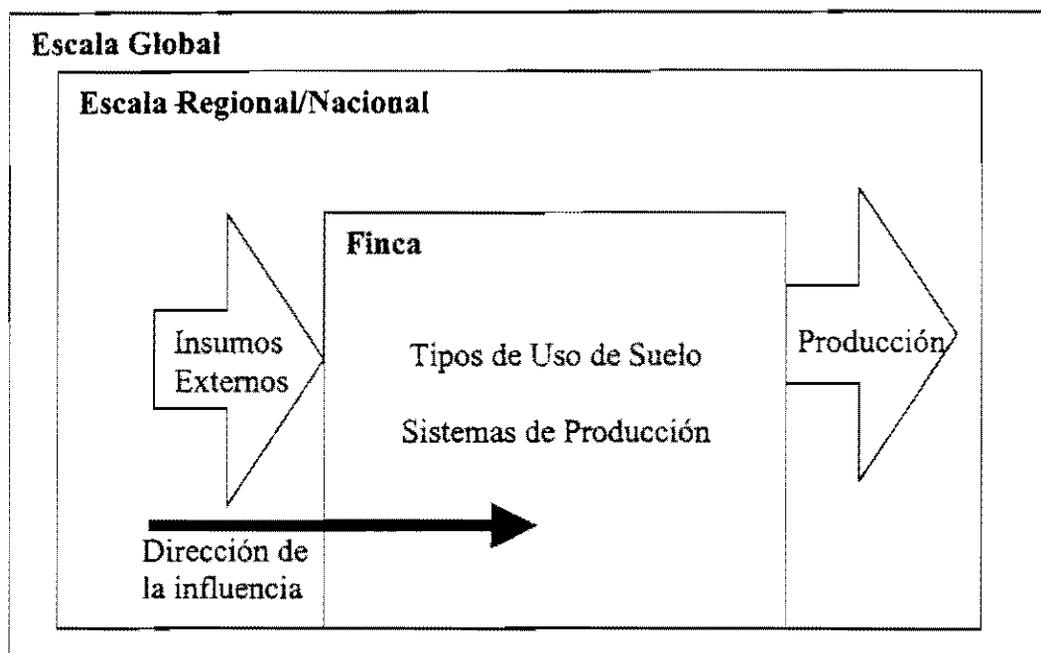


Figura 1. Marco conceptual para el componente socio-económico.

permitirá que, al momento de traducir los resultados de la investigación del componente socio-económico en iniciativas de política, los lineamientos desarrollados tengan en cuenta no sólo las limitantes y oportunidades para la adopción de SPASP con capacidad para la captura de carbono a nivel de la finca, sino también que incorporen aquellas limitantes y oportunidades a nivel macro que ejercen una influencia directa sobre la adopción de SPASP.

4. Metodología para el Componente Socio-Económico

4.1. Desarrollo del Componente Socio-Económico

Para alcanzar los objetivos específicos de esta componente del proyecto, la información socio-económica generada en el mismo se analizará de acuerdo a 3 fases (Figura 2). La Fase 1 comprende la descripción de las fincas del proyecto y su contexto externo, y la

caracterización socio-económica de los sistemas convencionales vis-à-vis los SPASP en cuanto a sus rasgos productivos, estructura de costos de Pn y condiciones de manejo. Esta fase es fundamentalmente descriptiva y estática, busca generar indicadores de producción y manejo de las fincas bajo estudio, y se nutre de la información proveniente de la encuesta y de los registros de producción (ver punto 4.2).

La Fase 2 se corresponde con la etapa de modelación de los efectos financieros de la implementación de los SPASP. Como parte de esta etapa, también se identifican las variables operando a diferentes escalas espaciales que ejercen influencia sobre el comportamiento financiero de los SPASP. Se esta manera, una vez caracterizados los sistemas convencionales y los SPASP se modelará, incorporando riesgo e incertidumbre por medio de técnicas Monte Carlo, la factibilidad financiera de invertir y manejar SPASP ante diferentes escenarios considerando la existencia o ausencia de un mercado por pago de carbono o para servicios ambientales. Esta fase es de modelación dinámica, e integra los resultados obtenidos en el componente socio-económico con los resultados de la investigación del componente biofísico sobre la capacidad de captura de carbono de los diferentes SPASP.

Por último, la Fase 3 traduce los resultados de la investigación biofísica y socio-económica en la formulación y desarrollo de lineamientos de política para la promoción de SPASP con capacidad de captura de carbono. Esta fase se nutre de la resultados generados por los modelos de factibilidad financiera y de su evaluación junto al marco contextual obtenido a partir de la información de fuentes secundarias.

4.2. Estrategia para la toma y análisis de datos del componente socio-económico

4.2.1. Las fincas bajo estudio en el componente socio-económico del proyecto

Para la investigación en el componente socio-económico se consideran dos categorías de fincas para cada sitio del proyecto: (i) fincas piloto y (ii) fincas testigo.

Fincas piloto. Estas fincas pertenecen a la Red del proyecto en cada uno de los tres sitios de investigación. Las mismas poseen SPASP de manejo en la mayor parte de la superficie de la misma o se encuentran en proceso de incorporar SPASP de manejo. Entre las primeras se encuentran la totalidad de las fincas piloto de la región de Laderas Andinas de Colombia que ya poseen SPASP de manejo. Entre las segundas se hallan las fincas piloto de la Amazonía colombiana y de la región tropical sub-húmeda de Costa Rica, las que irán incorporando SPASP de manejo en forma progresiva durante los próximos años. Esta diferenciación en cuanto al grado de incorporación de SPASP de manejo es importante a la hora de la interpretación de la información socio-económica.

En las primeras se enfatizará sobre las diferencias entre sistemas ganaderos convencionales y SPASP, y en las segundas se enfatizará sobre la dinámica de los efectos socio-económicos de incorporar SPASP de manejo en la finca.

Fincas testigo. Estas fincas se encuentran bajo manejo de ganadería convencional con pasturas degradadas y no son parte de la Red del proyecto. Para seleccionar las mismas en cada sitio de investigación del proyecto se utilizaron dos criterios: (i) "tipicidad" de la finca en cuanto a tamaño, condiciones ecológicas, sistema de producción ganadera y

estrato social del finquero en cada sitio de investigación del proyecto¹; y (ii) disponibilidad de los finqueros para proveer la información requerida.

Cabe destacar que la investigación que se lleva a cabo para el componente socio-económico no incluye todas las fincas de la Red del proyecto en las que se efectúan las mediciones biofísicas de captura de carbono. En el caso de Costa Rica, no se incluyen las dos fincas de la Red correspondientes a la región Atlántica, ya que las mismas no son representativas de las fincas típicas de la región en términos de tamaño, manejo y administración. Además, se encontraron dificultades en obtener fincas testigo que proveyeran información confiable y estuvieran dispuestas a llevar registros de actividades de finca durante los próximos cuatro años del proyecto. Esas razones determinaron que, en el caso de Costa Rica, la investigación del componente socio-económico se lleva adelante en las fincas piloto y testigo ubicadas en el trópico sub-húmedo correspondiente a la región Pacífico Central de ese país. Lo anterior no impide que si en el futuro dicha situación se revirtiera, se incluyan en los análisis socio-económicos fincas localizadas en la región Atlántica.

4.2.2. La recolección de los datos socio-económicos

Los datos necesarios para los análisis socio-económicos se obtienen por medio de: (i) una encuesta, (ii) registros de finca, y (iii) a partir de fuentes secundarias. La metodología para el diseño de cada uno de los instrumentos de recolección de información se detalla a continuación.

Encuesta

La encuesta está dirigida a establecer una línea de base al inicio del Proyecto que permita la caracterización de las fincas bajo estudio (piloto y testigo), y la posterior comparación de los efectos socio-económicos de implementar SPASP de manejo. Para la elaboración de la encuesta se procedió de la siguiente manera. Una vez establecidos el marco analítico del componente socio-económico y los objetivos de la encuesta, se procedió al diseño del formato del instrumento para la misma. Para tal fin, se definieron qué tipos de indicadores económicos y sociales se utilizarían para alcanzar los objetivos planteados para el componente socio-económico, y en base a los ellos, se definieron las categorías de variables a ser consideradas en el instrumento de la encuesta. La estructura de la encuesta contiene la siguiente categorización de variables:

- datos generales de la unidad de producción;
- características del productor y la familia;
- ingresos de fuera de la finca;
- indicadores de salud y bienestar social;
- manejo del ganado y los potreros;

¹ Para la selección de las fincas testigo "típicas" se tuvieron en cuenta resultados de: (i) trabajos de caracterización de sistemas de producción y encuestas de campo existentes para las zonas de investigación del proyecto en los dos países; (ii) información provista por entes oficiales relacionados a la actividad ganadera; y (iii) información secundaria disponible sobre los sitios de implementación del proyecto. Consecuentemente, las fincas testigo seleccionadas para las tres áreas de investigación exhiben características típicas en términos de los parámetros explicados anteriormente, y son representativas de los sistemas más comunes de producción ganadera en las regiones de investigación del proyecto.

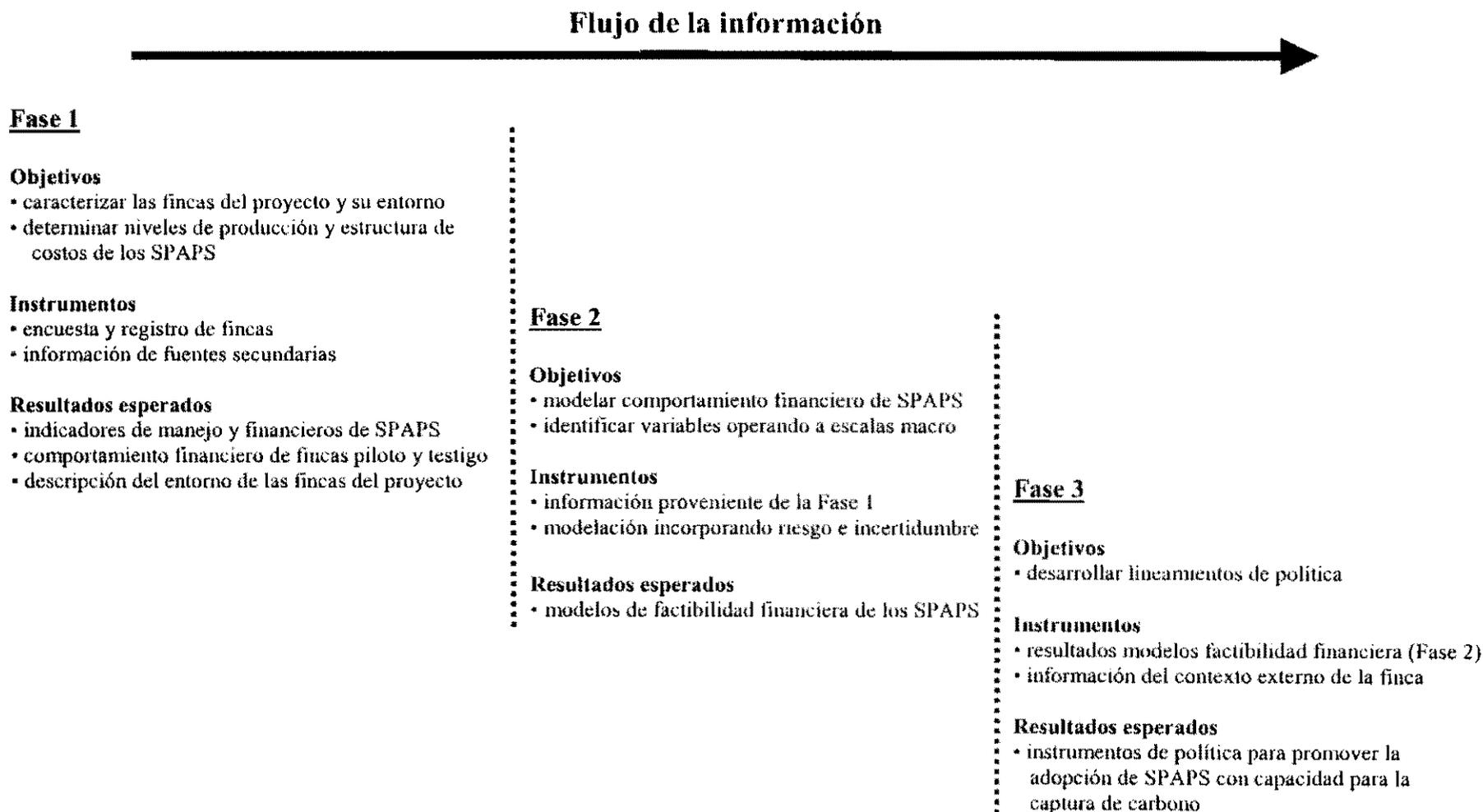


Figura 2. Flujo de la información en el componente socio-económico

- mano de obra familiar y contratada;
- tipos de producción y sus niveles;
- costos de producción;
- capital social;
- crédito; e
- imprevistos.

La encuesta se llevó a cabo entre octubre 2002 y abril 2003 tanto en las fincas piloto como en las fincas testigo seleccionadas en cada uno de los sitios de investigación del proyecto. En la región de Laderas Andinas se encuestaron 25 fincas (seis piloto y 19 testigo), en la región de la Amazonía 17 fincas piloto, y en la región del Bosque Tropical Sub-humedo de Costa Rica 9 fincas (cuatro piloto y cinco testigo).

Registros de producción y actividades de la finca

Una vez levantada la línea de base por medio de la encuesta, se implementará un sistema de registros de producción y actividades de la finca en un cierto número de fincas piloto y fincas testigo en cada una de las áreas de investigación del proyecto. En la región de Laderas Andinas se llevarán registros en seis piloto y en seis fincas testigo; en la región del Bosque Tropical Sub-humedo de Costa Rica se implementarán registros en cuatro fincas piloto y cinco fincas testigo; y en la región de la Amazonía se lo hará en cuatro fincas testigo. En esta última región se está explorando la posibilidad de llevar registros en, al menos, dos fincas testigo. Sin embargo, razones de orden público generan desconfianza en los productores para entregar información financiera considerada como sensitiva por los mismos.

El objetivo de llevar registros es obtener información más precisa sobre los niveles de producción y estructura de gastos de las fincas bajo estudio, como así también, tener una visión dinámica del comportamiento financiero de las mismas. De los registros se espera obtener indicadores de producción y manejo para los distintos tipos de uso del suelo en fincas piloto y fincas testigo, los que se utilizarán posteriormente en la elaboración de los modelos de análisis financiero de la viabilidad de los SPAPS. Los registros se llenarán con una frecuencia semanal o quincenal (dependiendo de las características de producción de las fincas) durante la duración del proyecto. La actividad del llenado de los registros estará a cargo de los mismos finqueros en acuerdo con los co-investigadores, y se comenzarán a implementar a partir de octubre del 2003. La estructura de los registros de finca contiene la siguiente categorización de variables:

- producción;
- ventas;
- insumos;
- mano de obra; y
- seguimiento e imprevistos.

Información a partir de fuentes secundaria

Esta información incluye elementos de política y factores externos, tales como: (i) políticas crediticias, (ii) política ambiental y reglamentaciones, (iii) tendencias de mercado, (iv) estructura de impuestos y (v) tendencias regionales de uso del suelo. La obtención de esta información es progresiva, y está en función de la identificación de las variables de interés y sus respectivas fuentes.

4.2.3. Enfoque para el análisis de la información socio-económica

El enfoque para el análisis e interpretación de la información socio-económica generada por el proyecto es el de caso de estudio. Este enfoque se debe al pequeño tamaño muestral de las fincas piloto y testigo en cada una de las áreas de investigación. La información recogida por medio de la encuesta sirve para efectuar una caracterización de las fincas que se estudiarán en la componente socio-económica, mientras que los registros proveen de indicadores productivos y de manejo de los distintos usos del suelo asociados a los SPAPS y a la ganadería convencional. La información generada a partir de ambos instrumentos servirán, junto a la información proveniente de fuentes secundarias, de insumo para la modelación del comportamiento financiero de los SPAPS frente a los sistemas de ganadería convencional.

4.3. Estrategia de Modelación

Para la formulación de los modelos de análisis financieros de inversión en SPASP con capacidad para capturar carbono se procederá de la siguiente manera:

- a. Para cada tipo de finca se procederá a determinar las combinaciones de SPASP de manejo adecuadas. Posteriormente, se identificarán los montos de los gastos de establecimiento asociados a cada uno de los SPASP, y se modelará un esquema de inversión basado en lo observado en el caso de aquellos finqueros que hayan adoptado SPASP de manejo.
- b. Se procederá a identificar los parámetros de producción y gastos para la situación “con” el proyecto (finca bajo SPASP de manejo) y para la situación “sin” el proyecto (finca convencional). Posteriormente, se estimarán los gastos de producción y venta para ambas situaciones (“con” versus “sin” el proyecto). Para efectuar este paso se emplearán los indicadores de producción y manejo provenientes de los registros de las fincas piloto y testigo.
- c. Se revisarán los SPASP propuestos para cada tipo de finca y se estimarán los ingresos y los gastos de operación de la misma a partir de los registros de actividades y producción de las fincas. Se estimarán también los incrementos en la cantidad de carbono capturado por los distintos SPASP.
- d. Se crearán flujos de caja para cada una de las fincas típicas para un período de inversión a determinar, el cual se corresponderá con la vida útil de los correspondientes SPASP introducidos.
- e. Se modelará un escenario base para cada uno de los modelos con condiciones que “castiguen” la inversión. Esto es, si la inversión pasa el examen financiero bajo esas condiciones, situaciones más favorables para la inversión la hacen más rentable simplemente por el diseño del modelo.
- f. Se calcularán los valores actuales netos (VAN) considerando la situación bajo manejo con SPASP (“con” el proyecto) versus la situación corriente (“sin” el proyecto)

para obtener los VAN incrementales debidos a la inversión en los SPASP. En el mismo paso, se estimará el aporte que un potencial pago por captura de carbono (con distintos valores por ton de C) haría al repago de la inversión efectuada en los SPASP. Esto último permitirá estimar el nivel de incentivo que el pago por ton de C le ofrecería al finquero para adoptar los SPASP. Se utilizará la técnica de modelación Monte Carlo para incorporar incertidumbre en la modelación y explorar el nivel de riesgo asociado con la inversión en los SPASP.

g. Por último, se sensibilizará el escenario base para obtener el efecto sobre el VAN de cambios en los precios de los productos pecuarios, de los insumos, de la mano de obra y de la ton de C.

5. Resultados Alcanzados en el Componente Socio-Económico

Al momento de la elaboración de este reporte, el componente socio-económico del proyecto se encuentra en la primer parte de la Fase 1, correspondiente a la caracterización del las fincas del proyecto y su entorno. A continuación se presenta una tabla con los resultados alcanzados en la misma.

Actividad	
1. Región Laderas Andinas, Colombia	
Selección fincas piloto y testigo encuestas	3
Implementación encuesta socio-económica	3
Análisis de la información de la encuesta	3
Diseño registros de actividades y producción de la fincas	en proceso
Selección fincas testigo para llevar registro	en proceso
2. Región de la Amazonia, Colombia	
Selección fincas piloto y testigo encuestas	3
Implementación encuesta socio-económica	3
Análisis de la información de la encuesta	3
Diseño registros de actividades y producción de la fincas	en proceso
3. Región Húmeda y Sub-Húmeda, Costa Rica	
Selección fincas piloto y testigo encuestas	3
Implementación encuesta socio-económica	3
Análisis de la información de la encuesta	3
Diseño registros de actividades y producción de la fincas	en proceso
Selección fincas testigo para llevar registro	en proceso

5.1. Consideraciones generales sobre los resultados alcanzados

De la revisión de los datos socio-económicos generados por la encuesta correspondientes a las fincas de las tres zonas de investigación del proyecto, surge que la confiabilidad de los datos relacionados a variables sociales es alta. En contraste, los datos de producción y costos (particularmente éstos últimos) deben ser tomados como estimativos groseros de los mismos. Esto se debe a que ninguno de los finqueros encuestados en los sitios de investigación del proyecto lleva registros de producción, y los datos obtenidos se basan en la memoria del mismo (lo que incorpora un margen de error en las respuestas). Esta situación es particularmente marcada en las fincas de la zona de Laderas Andinas de Colombia y en las fincas de la zona del Bosque tropical Sub-húmedo de Costa Rica, donde las estimaciones de los costos provistos por los finqueros son poco confiables. A pesar de ello, se considera que la información generada por la encuesta provee un estimado grosero de la línea de base de las condiciones socio-económicas de las fincas del proyecto, el que será mejorado y corregido a lo largo del tiempo a partir de la información recabada por medio de los registros de actividad y producción de la finca.

5.2. Próximos pasos

Los pasos a implementarse durante los próximos seis meses para el componente socio-económico en los tres sitios de investigación del proyecto son los siguientes:

Región de Laderas Andinas, Colombia: (i) identificación de seis fincas testigo en las que se les llevará registro de actividades y producción de la finca; (ii) implementación de los registros en seis fincas piloto de la Red y en seis fincas testigo identificadas anteriormente; (iii) diseño de la base de datos para volcar la información proveniente de los registros.

Región de la Amazonía, Colombia: (i) diseño de los registros de actividades y producción de la finca; (iii) identificación de 4 fincas piloto y dos fincas testigo donde llevar registros; (iv) implementación de los registros en las fincas piloto y testigo identificadas; y (v) diseño de la base de datos para volcar la información proveniente de los registros.

Región del Bosque Tropical Húmedo y Sub-Húmedo, Costa Rica: (i) diseño de los registros de actividades y producción de la finca; (iii) cinco fincas testigo en las que se llevarán los registros; (iv) implementación de los registros en las fincas piloto y testigo identificadas; y (v) diseño de la base de datos para volcar la información proveniente de los registros.

Valoración Económica Ecológica del Carbono como Servicio Ambiental

Edmundo Castro¹

El comprobado subsidio ambiental que ofrecen los ecosistemas actuando como depósitos y sumideros de carbono producto de las emisiones generadas a la atmósfera por el crecimiento económico, recibe especial atención en la política económica mundial después de 1992 con la Cumbre de Río de Janeiro (World Bank, 1999). Las concentraciones atmosféricas de los principales gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por la industria principalmente, entre ellos, el dióxido de carbono (CO₂), alcanzaron los niveles más altos nunca antes registrados durante la década de 1990 (IPCC, 2001).

Esas emisiones, producto del consumo excesivo de combustibles fósiles, la deforestación y la agricultura, generan cambios acelerados en el comportamiento climatológico del planeta, lo que atenta constantemente contra la capa de ozono² y, por ende, se afecta adversamente el comportamiento de los ecosistemas y el soporte de la vida en el planeta (Pearce y Turner, 1995; Panayotou, 1985; Ecological Economics, 1998).

Las emisiones de gases acumuladas en la atmósfera reaccionan con otros gases como el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y el ozono atmosférico (O₃) para generar otros efectos directos e indirectos que afectan negativamente el crecimiento de las mismas economías que lo provocaron (reducciones en el PIB), así como a otras menos generadoras, generalmente de países tropicales, mediante lluvias ácidas con repercusiones sociales y ambientales (Pearce y Turner, 1995).

Esas emisiones de gases, representan “externalidades³” del crecimiento económico, las cuales pueden controlarse mediante la sustitución de fuentes energéticas menos contaminantes, reduciendo la actividad productiva que genera emisiones o bien secuestrando el carbono. Esos fenómenos atmosféricos mayormente generados por los países industrializados producen, por lo tanto, pérdida de bienestar a la sociedad mundial, por lo que se consideran parte del daño ambiental que debe ser valorado y tomado en cuenta en la política económica mundial.

¹ Centro Regional de Estudios en Economía Ecológica (CRESEE, S.A.). edmundo-castro@cresee.org

² Subcapa de la estratosfera que se encarga de absorber los rayos ultravioleta provenientes de la radiación del sol, protegiendo de esta forma la vida del planeta. Se encuentra entre los 20 y 40 km de altura en las zonas templadas y los 25 y 45 km en el trópico por encima de la superficie de la tierra.

³ Se da cuando una actividad de un agente provoca una pérdida de bienestar en otro agente.

En 1998, en Toronto Canadá, se sugirió la reducción de emisiones de CO₂ en un 20% para el año 2005. De igual manera, se acordó la implementación conjunta (IC) entre países industrializados y países menos desarrollados, como parte de la cooperación internacional, con el fin de reducir las emisiones de esos gases (International Institute for Sustainable Development, SF).

De acuerdo con lo anterior, Canadá tomó un liderazgo importante, así como algunos de los países de la Unión Europea, donde se acordó que el crecimiento económico no es el único fin de la economía, ya que también se debe alcanzar el mejoramiento social en la calidad de vida. Especialmente Alemania y Holanda han adoptado medidas económicas de impuestos a contaminadores, así como reforestación en los trópicos, con lo que se persigue reducir las emisiones netas de GEI (International Institute for Sustainable Development, SF).

Los procesos naturales que realizan las plantas a través del proceso de fotosíntesis permiten reducir el costo social de las emisiones, mediante la incorporación del carbono atmosférico a los tejidos de las plantas, y por ende, a los suelos en forma de materia orgánica (Lövenstein *et al*, 1993).

Si bien es cierto, los ecosistemas proveen el servicio por fijación de carbono con el que se regula el clima y los GEI, también los mismos agroecosistemas regulan los flujos hidrológicos, almacenan y retienen agua, sostienen el suelo en laderas previniendo la erosión y la sedimentación, son capaces de formar suelo y de retener carbono en el humus, reciclan nutrientes, desintoxican los suelos, efectúan la polinización y el control biológico, permiten el refugio y la reproducción de especies, proveen de alimento a la humanidad y a otras especies del mismo ecosistema, sirven como materia prima para la producción, recursos genéticos, recreación y hasta cultura (Costanza, *et al.*, 1998).

Esa gama de servicios a la sociedad representa parte del valor de uso indirecto de los ecosistemas y agroecosistemas, por lo que a la hora de valorar, no sólo se debe otorgar importancia a la fijación de carbono, sino también a los otros servicios, los cuales a nivel del ecosistema tienen el mismo valor no monetario, aunque para la sociedad y para los grupos interesados en mitigar los GEI probablemente el servicio de eliminación de gases tenga mayor peso en las decisiones de valor.

Se ha otorgado especial importancia a bosques y plantaciones forestales considerando que son los máximos fijadores de carbono, no obstante, las pasturas y los agroecosistemas fijan al suelo y a sus tejidos importantes cantidades de carbono. Algunas estimaciones indican que las plantaciones agrícolas almacenan menos del 10% de los que almacenan los árboles (International Institute for Sustainable Development, SF)

Asimismo, considerando que la formación de materia orgánica es un requisito indispensable para sistemas agroecológicos que quieran optar por el pago de carbono como servicio ambiental, queda implícito que la tecnología para producir y el sistema de manejo de suelos y agua debe permitir la formación de materia orgánica en el suelo. Esa materia

producto de la descomposición de tejidos del mismo cultivo que pasa a formar parte del suelo, tiene un supuesto valor para la sociedad.

Las pasturas son fijadoras netas de carbono cuando la tecnología empleada en la producción permite la acumulación y descomposición de la materia orgánica y sobre todo, cuando se acompañan con existencias de árboles que aceleran el proceso. No obstante, cuando se trata de laderas con pastos de piso en manejo extensivo, donde se evidencian reducciones en la capa orgánica, lo que se generan son emisiones de gases a la atmósfera contribuyendo al calentamiento global (Ibrahim, 2001).

El beneficio a la sociedad que realizan los bosques representa un servicio ambiental que tiene un valor económico (Naciones Unidas, 1993), lo cual ha representado una alternativa viable para países emisores comprometidos con reducción de emisiones, quienes a través de acuerdos bilaterales con países con existencias boscosas y con políticas de conservación y reforestación definidas, han desarrollado compromisos de fijación de carbono ejerciendo un mecanismo de pago por el servicio, promoviendo a su vez, la equidad social entre los que contaminan y los que mitigan, utilizando los bosques como mecanismo de limpieza (Castro, R y G. Arias, 1998).

El mecanismo que opera para el pago por carbono carece de un mercado real, sin embargo, existen acuerdos de cooperación en los que se han acordado montos de pago que fluctúan en términos de valor entre convenios y países. Sin importar el valor de cada tonelada fijada, según los convenios, hay que reconocer que el mecanismo ha venido funcionando sin haberse extendido a la fecha al caso concreto del pago a plantaciones agrícolas y pasturas.

En Costa Rica por ejemplo, el pago al propietario de bosque fluctúa entre los US\$5 y US\$20 por ton de carbono fijado, no obstante, en otros países tropicales la mitigación biológica del carbono varía considerablemente en términos de costos desde US\$0,1 hasta US\$20 por ton de carbono fijada y de US\$20 hasta US\$100 por ton en países no tropicales. Por el lado de los costos marginales de mitigación, para cumplir con los compromisos de Kioto por países emisores, los valores varían desde US\$20 a US\$600 por ton sin comercio y de US\$15 a US\$150 por ton de carbono entre los países del Anexo B (International Institute for Sustainable Development, SF; IPCC, 2001)

Para países emisores, el costo marginal de mitigar una tonelada de carbono representa el costo real de reemplazo de la calidad ambiental, con reducciones en el PIB de 0,2% sin comercio de emisiones y de 0,05% con comercio de emisiones, según proyecciones para el año 2010. En el caso de países fijadores, el costo de mitigación se asocia con el costo de oportunidad del uso del suelo, de manera que los propietarios deciden entre una actividad y otra. Para la mayoría de los países tropicales el costo de oportunidad lo definen las actividades agrícolas y ganaderas, las cuales también varían en términos de costo de oportunidad.

Estimaciones desarrolladas por CRESEE (2000) en Costa Rica para el caso de ganadería extensiva indican que el costo de oportunidad financiero ronda los US\$175 Ha por año.

Esas diferencias en el cálculo del valor económico del carbono fijado, así como la utilización de diversas metodologías no han permitido la definición de un monto con el que tanto países emisores como fijadores estén dispuestos a desarrollar acuerdos de quasimercados para la fijación del carbono.

El objetivo de este documento es proveer los instrumentos metodológicos necesarios para la valoración económica del carbono como servicio ambiental, de manera que la misma pueda utilizarse para el caso de bosques, sistemas agrícolas, pastoriles y silvopastoriles, entre otras, permitiendo el cálculo del valor económico del servicio como parte del valor económico total de los servicios del un agroecosistema, tomando en cuenta los intereses desde la oferta de emisiones y desde la demanda por la fotosíntesis en los países fijadores.

El valor

El concepto de “valor” ocasionalmente se confunde con el término de “precio”, este último implica transacción y presencia de mercado, mientras que el primero, parte de los precios de mercado internalizando distorsiones sociales y ambientales no contempladas en los precios (Holahan, 1985; Naciones Unidas, 1993).

A pesar de que muchos consideran que valorar servicios ambientales y activos naturales es imposible, la realidad es que siempre los estamos valorando, de hecho todos queremos respirar aire fresco y deseamos que nuestros cultivos maximicen su producción (asimilación - respiración), lo cual sólo se realiza en condiciones óptimas de salud ambiental (Lövenstein *et al.*, 1993).

Ante la presencia de costos sociales y ambientales por emisión GEI, surgen los compromisos de los países por reducir las emisiones. No obstante, el desarrollo de esos compromisos también se asocia con transacciones financieras entre países, así como compromisos entre ambos, de manera que requieren transacciones bilaterales donde es necesario valorar económicamente cada ton de carbono que se fija al ecosistema.

A pesar de lo anterior, aún no se evidencia un verdadero mercado para el servicio ambiental que ofrecen los ecosistemas y agroecosistemas (regulación de gases y clima), ni tampoco se cuenta con un valor económico aceptado y justificado en sus dimensiones económicas, sociales y ambientales, con el que tanto países emisores de gases como fijadores, puedan negociar.

Las estimaciones de costos de mitigación biológica de carbono varían considerablemente desde US\$0,1 hasta US\$20 por tonelada de carbono fijado en países tropicales y de US\$20 a US\$100 / ton en países no tropicales. Por ejemplo, según estudios de abajo hacia arriba, se podrían lograr reducciones anuales mundiales de 1,9 a 2,6 Gt Ceq en los años 2010 y 2020, respectivamente. El 50% de esa reducción se puede alcanzar mediante ahorro energético y el 50% restante, a un costo neto directo de US\$100 / ton de Ceq⁴.

⁴ Precios de 1998; r = 5 - 12% (Cambio Climático 2001, Informe de síntesis).

Lo anterior permite visualizar que en asuntos de valoración económica, las estimaciones que se han hecho en países emisores se han fundamentado básicamente en los costos de reemplazo, utilizando precios de mercado. Por otro lado, si bien es cierto, que los proyectos de implementación conjunta representan una oportunidad para captar ingresos por países menos desarrollados como "compensación" por la mitigación biológica de GEI y, a la vez, una oportunidad para que los países emisores justifiquen económicamente sus emisiones, no se ha mostrado ningún beneficio en reducir el agujero de la capa de ozono, ya que el crecimiento económico "contaminador a contaminado" ha ido en crecimiento al igual que dicho agujero.

Costa Rica ha ejercido un liderazgo importante en la captura de ingresos por fijación de carbono por los bosques promoviendo la negociación del servicio ambiental a valores que fluctúan entre los US\$10 a US\$20 / ton de carbono fijado. De esta forma, los propietarios de bosques y plantaciones pueden optar por el pago del servicio ambiental de carbono desarrollando controles estatales donde el Estado se compromete a pagar por el servicio y el propietario a mantener el bosque por periodos de tiempo en el que se le está compensando (Castro *et al.*, 1997).

Método de valoración

La fijación biológica del carbono representa una forma del uso del suelo, por lo que el propietario debe decidir entre una forma u otra en relación al uso del recurso base. Teóricamente, la reacción del propietario se inclinará hacia la actividad económica que le genere mayor ingreso, por lo tanto si se desea incursionar en un mecanismo de pago por servicios ambientales, la conservación y / o el cambio tecnológico, para el caso de pasturas, debe responder a una racionalidad económica por parte del productor.

La valoración del uso directo del uso del suelo por un cultivo o plantación se efectúa a precios de mercado, ya que la producción se transa directamente en un mercado como ocurre con cualquier otra mercancía (Naciones Unidas, 1994); es decir, la producción se vende tomando en cuenta las variables precio y cantidad como lo establece el modelo de oferta y demanda (Bradley, 1985).

No obstante, el valor de uso indirecto por el cultivo o plantación en el que se fija el carbono al suelo mediante la materia orgánica, se valora utilizando métodos de valoración directa de no mercado (costo de oportunidad), debido a que utiliza precios de mercado ante la ausencia del mismo (Naciones Unidas, 1994). El método de costo de oportunidad financiero ha mostrado ser apropiado para el caso del uso del suelo como banco de carbono, con miras a compensación monetaria a propietarios. El método permite el pago de al menos el ingreso neto generado anualmente por hectárea en actividades económicas predominantes.

Caso bosques no producidos

Para el caso de bosques fijadores de carbono -bancos de carbono- (activos naturales no producidos) el cálculo del valor económico del flujo anual de carbono como servicio ambiental, se puede efectuar por el ingreso monetario no percibido por hectárea por año, al dejar el suelo con bosque en lugar de utilizarlo para otra actividad económica alternativa. De manera que el costo de oportunidad es equivalente al ingreso neto dejado de percibir por el propietario. Ante una situación de bosque primario con estas características, es de esperar para condiciones tropicales, menor tasa de fijación que la que efectúa un bosque en crecimiento, por esa razón, el bosque primario actúa como depósito más que como sumidero.

La debilidad que muestra el método del costo de oportunidad, para este caso, es que el valor de cada tonelada de carbono podría cambiar en términos de precio. Es decir, para bosques primarios en los que la asimilación es menor que en plantaciones, el carbono tiende a ser más caro cuando se utiliza el método de costo de oportunidad. Desde una visión económica, se podría argumentar que en ese caso, es preferible establecer plantaciones, no obstante, desde el punto de vista ecológico, el bosque representa un cúmulo intergeneracional de carbono y un activo fijo que se ha venido capitalizando con los años.

Pasturas agroecológicas

La presencia la materia orgánica, la capacidad de retención de humedad, la presencia de microorganismos, y el espesor del horizonte orgánico, entre otros aspectos, funcionan como indicadores de la riqueza del suelo en términos de fijación de carbono atmosférico. La cantidad de carbono fijado mediante el proceso de fotosíntesis medido en unidades de tiempo (anual) y en hectáreas representa el uso indirecto de la pastura, ya que su uso directo lo define el ingreso neto generado por la venta directa de la producción a precios de mercado. La acumulación de MO estará positivamente correlacionada con la carga animal, la presión de pastoreo, condiciones topográficas edáficas, entre otras. Según las condiciones del trópico, la mayor acumulación de carbono se lograría ante la descomposición total de los tejidos vegetales.

El valor del carbono fijado por año, debe ser igual -al menos- al ingreso no capturado por el follaje no consumido que se descompone y se fija al suelo, más el carbono de la MO proveniente de la arborización del sistema, sobre todo en el caso de sistemas silvopastoriles.

Algunas estimaciones de carbono fijado en pasturas (suelo y hierbas) tropicales indican concentraciones hasta de 48 ton/Ha, a pesar de que no se indica el horizonte de tiempo en el que se capturó el carbono, son valores altos e importantes cuando de valoración económica se trata. Datos con horizonte de tiempo de 3.5 años indican niveles de captura en pasturas mejoradas de origen africano de 30 ton/Ha.

En algunos trabajos se mencionan valores entre US\$4 y US\$5 por ton de carbono fijado, sin indicar el método de cálculo, ni la carga animal sobre la pastura con su respectiva ganancia de peso, de manera que es difícil conocer el verdadero aporte del sistema a la mitigación de gases en términos de fijación de carbono.

Referencias

Bradley, M. 1985. *Microeconomics*. Second Edition. University of Maryland, Baltimore County. London, England.

Castro, E. y S. Salazar. 2000. Valor económico del servicio ambiental hídrico a la salida del bosque: Análisis de oferta. Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) / Centro Regional de Estudios en Economía Ecológica (CRESEE). Mayo. Heredia, Costa Rica.

Castro, R. y G. Arias. 1998. Costa Rica: Hacia la sostenibilidad de sus recursos forestales. Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) / Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). San José, Costa Rica.

Castro, R.; L. Gamez; N. Olson y F. Tattenbach. 1997. The Costa rican experience with market instruments to mitigate climate change and conserve biodiversity. Ministerio de Ambiente y Energía - World Bank.

Costanza, R.; R. D'Arge, R. De Groot, S. Farber; M. Grasso; B. Hannon; K. Limburg; S. Naeem; R. V. O'Neil; J. Paruelo; R. Raskin; P. Sutton and M. Van den Belt. 1998. The value of the world's ecosystem services and natural capital. En: *Ecological Economics*. Vol.25. N.1. April.

Ecological Economics. 1998. The Journal of the international society for ecological economics. Special Issue: The value of ecosystem services. April. Vol.25. N.1.

Holahan, W. 1985. *Microeconomía*. Grupo Editorial Iberoamericano. México, D.F.

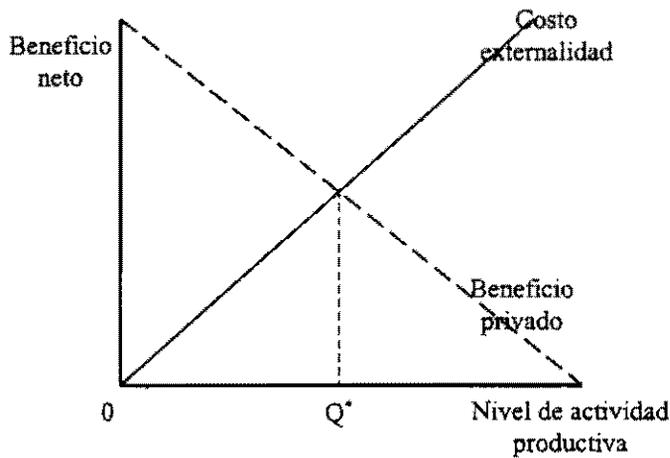
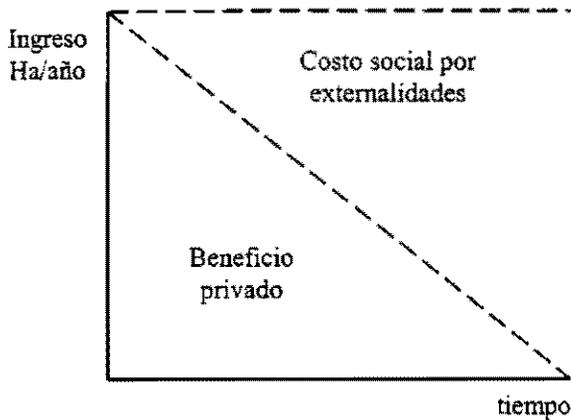
Ibrahim, M. (2001). Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. Conferencia electrónica "Potencialidades de los Sistemas Silvopastoriles para la Generación de Servicios Ambientales". Octubre - Noviembre de 2001. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO); Livestock Environment and Development Initiative (LEAD); Plataforma Electrónica sobre Ganadería y Medio Ambiente, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza(CATIE).

International Institute for Sustainable Development (IISD). (SF). Offsetting CO2 emissions. Tree planting on the prairies.

- IPCC. 2001. Cambio climático: Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas. Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Tercer Informe de Evaluación.
- Lövenstein, H.; E.A. Lantinga; R. Rabbinge and H. van Keulen. 1993. Principles of theoretical production ecology. Department of Theoretical Production Ecology. Wageningen Agricultural University (WAU). The Netherlands. November.
- Panayotou, T. 1985. Ecología, medio ambiente y desarrollo. Debate, crecimiento Vs conservación. Institute for Contemporary Studies for the International Center for Economic Growth. Ediciones Gernika. México.
- Pearce, D. y K. Turner. 1995. Economía de los recursos naturales y medio ambiente. Celeste Ediciones. Madrid.
- Russo, R. 2000. Fijación de carbono reforestando áreas bananeras abandonadas. Proyecto de implementación conjunta EARTH – Municipalidad de Rotterdam. En: Ciencias Ambientales. N.18. Junio.
- United Nations. 1993. Integrated environmental and economic accounting. United Nations publication.
- World Bank. 1999. Cinco años después de Río. Innovaciones en las políticas ambientales. Environmental economics series. Paper N.73. December. USA.

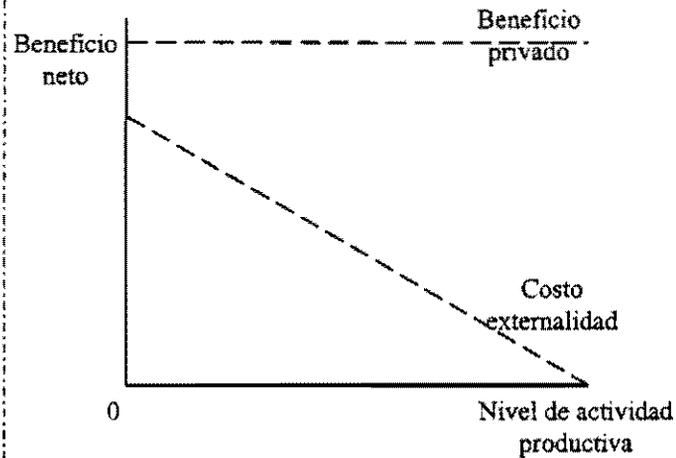
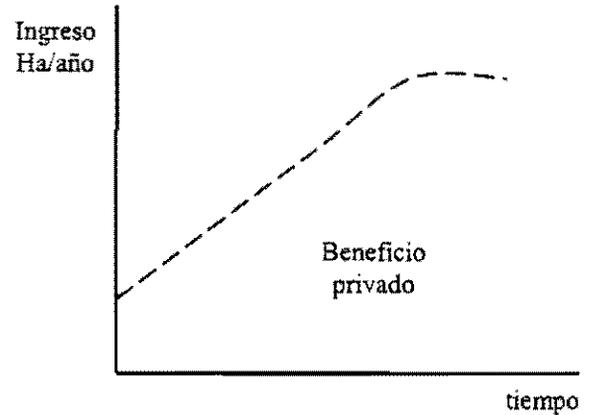
ANEXO

A) De pasto convencional a



Tecnología convencional minera y contaminante

B) Bosque regenerado



Tecnología capaz de capitalizar materia orgánica y microorganismos

El uso directo de una pastura es equivalente al ingreso neto generado por las ventas de producto mercadeable y el uso indirecto por carbono equivalente a la materia orgánica acumulada por hectárea por año. En pasturas convencionales donde es difícil capitalizar la materia orgánica, por los efectos de la erosión y escorrentía, por lo que no califican como fijadoras de carbono, sino como generadoras de externalidades negativas que puedan ser manejadas desde el punto de vista de la política económica, mediante el cobro de impuestos por deterioro del ecosistema.

Cuando el uso del suelo se realiza de pasto convencional a bosque, la situación es diferente porque se inicia el proceso de sucesión ecológica donde se acumulan flujos de materia orgánica. En ese escenario se inicia la capitalización del activo fijo y, por ende, de la producción de flujos ecológicos, tales como la función del bosque de fijar carbono en el árbol y en el suelo, mediante la fotosíntesis.

En ese caso de un bosque, el valor de uso directo equivale a la tasa de descuento social del costo de oportunidad de no uso del suelo por los activos mercadeables, tales como la madera y /o la atracción en caso de promoverse el turismo ecológico, y el valor de uso indirecto por la fijación de carbono. Si, por ejemplo, el fin principal es la producción de madera, el valor de uso directo estará definido por las pulgadas de madera cosechadas en el tiempo. No obstante, como las transacciones para la madera y la visitación son distintas a las del carbono, es importante diferenciar entre formas de uso para evitar la doble contabilidad de ingresos, sin olvidar que la madera que se comercializa también es carbono fijado y la materia orgánica formada también es carbono que se fijará al suelo.

Utilizando el enfoque de costo de oportunidad social para el caso de un bosque y conociendo que la actividad que podría competir con el suelo es, por ejemplo, la ganadería, se debe tener presente el ingreso generado cuando la actividad económica está iniciando, es decir, cuando no ha generado externalidades negativas. Así, si el ingreso neto inicial es de US\$200/Ha/año, entonces ese será el monto que debe actualizarse para conocer el verdadero valor social del servicio ambiental en términos de bienestar.

Chapter 2

***Andean Hillsides Sub-ecosystem,
Colombia***

Carbon Storage in long-established Systems: 2-year Research Results

- Andean Hillsides, COLOMBIA -

*M. C. Amézquita, H. F. Ramírez, E. Amézquita
H. Giraldo and M. E. Gómez*

**Presented at IV International Coordination Meeting, C-Seq
Project, September 22-25, 2003. CIAT, Cali, Colombia.**

Experimental Farms

*“Network of small farmers of the Andean Hillsides
of dual-purpose cattle under cut and carrying”*

**6 farms (2-12 ha)
SHF-PM and SHF-M
1450-1900 m.a.s.l.
1500 mm/yr
poor, acid soils**

Table 1: Experimental Farms. Andean Hillsides, Colombia

Farm name & area (ha)	Municip	m.a.s.l	Precip mm/yr	Land class¹	Soil type	Watershade
1. Villa Victoria 2 ha	Dagua	1450	1500	SHF-PM	Acid; low P, MO and bases.	Dagua (Pacific)
2. El Cambio 5 ha	Dagua	1450	1500	SHF-PM	Acid; low P, MO and bases.	Dagua (Pacific)
3. Altamira 12,5 ha	Felidia	1750	1800	SHF-M	Acid; low P, MO and bases.	Cali-Cauca (Atlantic)
4. Dosquebradas 4 ha	Felidia	1850	1900	SHF-M	Acid; low P, MO and bases.	Dagua (Pacific)
5. El Ciprés 12 ha	El Dovio	1750	1500	SHF-M	Medium acidity, OM and bases; low P.	Garrapatas San Juan (Pacific)
6. El Vergel 5 ha	El Dovio	1750	1500	SHF-M	Medium acidity, OM and bases, low P.	Garrapatas San Juan (Pacific)

SHF-M : Semi Humid Forest – Mountainous ; SHF-PM: Semi Humid Forest– Premountainous

**Table 2: Systems Evaluated in two Blocks of similar Farms.
Andean Hillsides, Colombia.**

SYSTEM	Age yrs	Slope %	pH	bd gr/cm ³	P ppm	N ppm	CEC meq	Sand %	Clay %
BLOCK 1 (“El Ciprés” Farm – DOVIO) 1750 m.a.s.l.; 4°31’N; 76°10’W; 1500mm									
Degraded Pasture (King grass)	16	18–52	5.8	0.89	3.8	4310	23.4	46	23
Improved Pasture (<i>B. decumbens</i>)	16	27–45	5.8	0.92	7.3	4182	18.4	49	20
Mixed Forage Bank (5-species)	15	15–45	6.1	0.87	124	3260	19.8	39	25
Forest (natural regeneration)	26	15–83	5.2	0.65	4.5	5411	33.7	52	18
BLOCK 2 (3 Farms in DAGUA-FELIDIA) 1450 m.a.s.l.; 3°36’N; 76°37’W; 1500mm/year									
Degraded Pasture (<i>H. ruffa</i>)	40	18–33	5.2	0.83	0.4	3743	23.7	35	38
Improved Pasture (<i>B. decumbens</i>)	16	25–47	5.3	0.79	0.7	4026	23.0	28	43
Mixed Forage Bank (4-species)	14	12–22	6.1	0.90	25	2579	31.1	38	33
Forest (natural regeneration)	15	47–62	6.5	0.64	8.0	6157	27.7	66	21

* Each soil parameter estimate in this table is the mean of 12 laboratory determinations from 12 soil samples taken at 0-10cm depth, on June-August 2002. Soil samples were analysed at CIAT’s Soils Laboratory.

**Table 3: History of each system
- Information given by the farm owner (last 50 years) -**

SYSTEM	Initial	1950	1960	1970	1977	1986	1988	1988-2002
BLOCK 1 (“El Ciprés” Farm– DOVIO)								
Degraded Pasture	Forest	Sugar cane	Abandnd land	Fruit trees (Tomate de árbol)	Pasture (<i>Melinis minutif</i>)	King grass var Taiwan	Degraded King grass + trees + maize +pineapple	Degr. King grass Pasture
Improved Pasture	Forest	Sugar cane	Coffee + Guamo	Fruit trees (idem)	Abandn. Land	<i>B. decumbens</i> under grazing		
Mixed Forage Bank	Forest	Maize-beans-sweet-potatoes		Fruit trees + maize	Star grass	5-specie Forage Bank <i>T. gigantean, M. spp, E. edulis, B. nivea, T. diversifolia.</i>		
Forest	Forest	Forest (intervened)			Forest (non intervened)			

**Table 3 (cont.): History of each system
- Information given by the farm owner (last 50 years) -
BLOCK 2 (3 Farms DAGUA-FELIDIA)**

SYSTEM	Inicial	1950	1960 - 1977	1986 - 2002
Degraded Pasture	Forest	<i>H. ruffa</i> pasture under grazing		Degraded <i>H. ruffa</i> pasture
Improved Pasture	Forest	Coffee	<i>H. ruffa</i> pasture	<i>B. decumbens</i> under rotational grazing
Mixed Forage Bank	Forest	Coffee	<i>H. ruffa</i> pasture	4-species Forage Bank <i>T. gigantean</i> , <i>M. spp</i> , <i>E. fusca</i> , and <i>T. Diversifolia</i> .
Forest	Forest	Forest (intervened)		Forest (regenerated)

Table 4: Botanical Composition of Degraded vs. Improved Pasture during the C evaluation period. June 2002 (end rainy season)

SYSTEM	% Bare soil	Total DM (kg/ha)	BOTÁNICAL COMPOSITION (% in total DM)			
			Weeds	Main grass	Other grass	Legumes
BLOCK 1 ("EL CIPRES" Farm – DOVIO)						
Degr. Past. (under graz)	17.5	2120	18.6 (Sida sp.)	63.5 (King grass degr)	16.6 <i>M. minutiflor</i>	1.3 <i>Desmodium sp.</i>
Imp. past (under graz)	0.7	3830	25.6 (Sida sp)	35.4 (<i>B. decumbens</i>)	5.7	33.3 (<i>D.sp.</i> , <i>S. guianensis</i>)
BLOCK 2 (3 Farms DAGUA-FELIDIA)						
Degr. past (abandoned)	31.5	1280	40.2 Calea permelli and berteruana	54.5 A. bicornis, A. leucotachyus	- (H.ruffa)	5.3% P. aquilinum, B. trineruis
Imp. Past (under graz)	4.5	2640	4.8	95.2 (<i>B. decumbens</i>)	-	-

Table 5: Botanical Composition of Mixed Forage Banks during the C evaluation period. October 2002 (rainy season).

Total DM leaves + stems (kg/ha)	% Botón de oro (<i>Thitonia diversifolia</i>)	% Morera (<i>Morus sp.</i>)	% Nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>)	% Ramio (<i>Bohemia nivea</i>)	% Chachaf (<i>Eritrina edulis</i>)	% Pízamo (<i>Erytrina fusca</i>)	% Gamboa (<i>Smallanthus riparius</i>)
BLOCK 1 (“EL CIPRES” Farm -- DOVIO)							
4505	20.7	38.5	32.3	-	8.5	-	-
BLOCK 2 (3 Farms- DAGUA and FELIDIA)							
6752	9.0	7.4	62.5	-	-	19.0	2.1

DM values and % per species were calculated from 10 samples of 3m²

**Table 6: Soil and C determinations. Analytical methods
CIAT's Soils Laboratory. Nov-Dec, 2002.**

Determination	Analytical Method
Soil physics 1. Bulk density (gr/cm ³) 2. Soil texture	Dry weight of soil (gr) over volume of cylinder (cm ³) Bouyoucos method (% sand, clay, silt)
Soil chemistry 3. P (ppm) 2. CEC (meq/100g) 3. pH 4. Total N (ppm) 5. Oxidisable C (%) 6. Total C (%)	Colorimetrically using autoanalyzer through "Azul de Molibdeno" method, Bray II (ppm or mg/kg). Amonium acetate method (meq/100g). Potenciometrically in a soil/water ratio 1:1. Spectrophotometrically via autoanalyzer after a digestion with Sulphuric acid + Salicilic acid (Temminghoff, E.J.M. ed., 2000) (ppm or mg/kg). Walkey and Black method modified by Kurmies Temminghof, E.J.M. ed. 2000. Methodology for chemical Soil and Plant Analysis. Wageningen University. Environmental Sciences). Idem to Oxidisable C plus heated at 120°.

C Evaluation Methodology

Measured: Total C and Oxidisable C
Stable C = Total C – Oxidisable C

- **Soil Sampling Design**

Controlled Factors:

Site altitude and fertility, System, Slope, Soil depth

- **Vegetation measurements, Botanical
Composition**

- **Carbon Isotope Research**

(C3 → C4 → C4+C3 Vegetation)

Fig 1: Bulk density per depth in 4 land use systems (Treatments) evaluated in 2 blocks of farms. Andean Hillside, Colombia.

Block 1 = EL DOVIO

Tratamiento	Profundidad	*****	N	Densidad		CV (%)
				Mean	Std	
BOSQUE NATIVO	(0-10)	*****	12	0.6	0.12	20.01
	(10-20)	*****	12	0.8	0.14	17.10
	(20-40)	*****	12	0.9	0.16	17.97
	(40-100)	*****	12	0.9	0.25	28.24
PASTURA MEJORADA	(0-10)	*****	12	0.9	0.06	6.80
	(10-20)	*****	12	1.1	0.07	6.52
	(20-40)	*****	12	1.2	0.08	6.96
	(40-100)	*****	12	1.1	0.15	13.75
PASTURA DEGRADADA	(0-10)	*****	12	0.8	0.13	15.68
	(10-20)	*****	12	1.0	0.08	8.43
	(20-40)	*****	12	1.0	0.19	19.26
	(40-100)	*****	12	0.8	0.30	34.28
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	*****	12	0.8	0.19	22.84
	(10-20)	*****	12	1.1	0.07	6.14
	(20-40)	*****	12	1.1	0.20	18.18
	(40-100)	*****	12	0.7	0.06	8.72

0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2
Bulk density (gr/cm3)

Block 2 = DAGUA

Tratamiento	Profundidad	*****	N	Densidad		CV (%)
				Mean	Std	
BOSQUE NATIVO	(0-10)	*****	12	0.6	0.09	14.85
	(10-20)	*****	12	0.8	0.12	15.28
	(20-40)	*****	12	0.8	0.19	22.38
	(40-100)	*****	10	1.1	0.22	19.94
PASTURA MEJORADA	(0-10)	*****	12	0.7	0.12	15.29
	(10-20)	*****	12	0.9	0.06	6.66
	(20-40)	*****	12	1.0	0.06	6.40
	(40-100)	*****	11	1.1	0.16	14.65
PASTURA DEGRADADA	(0-10)	*****	12	0.8	0.07	8.67
	(10-20)	*****	12	1.0	0.05	5.08
	(20-40)	*****	12	1.1	0.06	6.00
	(40-100)	*****	12	1.1	0.10	9.46
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	*****	9	0.9	0.09	10.24
	(10-20)	*****	9	1.0	0.09	8.94
	(20-40)	*****	9	1.1	0.11	10.09
	(40-100)	*****	9	1.2	0.09	8.21

0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2
Bulk density (gr/cm3)

Fig 2: Mean carbon accumulation (Total C, Oxidisable C and Stable C) per depth (ton/ha in 10 cm layers) in 4 land use systems in 2 blocks of farms. Andean Hillsides, Colombia.

Block 1 = EL DOVIO

Tratamiento	Profundidad	N	Carbono Total (ton/ha/10cm) Mean	Std	CV (%)
BOSQUE NATIVO	(0-10)	12	41.3	9.55	23.13
	(10-20)	12	45.9	12.17	26.46
	(20-40)	12	41.3	14.47	35.04
	(40-100)	12	15.2	4.52	29.58
PASTURA MEJORADA	(0-10)	12	42.5	3.84	9.01
	(10-20)	12	37.3	5.28	14.16
	(20-40)	12	27.8	6.49	23.27
	(40-100)	12	12.8	2.27	17.68
PASTURA DEGRADADA	(0-10)	12	41.0	9.18	22.38
	(10-20)	12	36.2	8.30	22.90
	(20-40)	12	22.2	7.89	35.41
	(40-100)	12	10.2	5.24	51.14
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	12	29.2	6.16	21.04
	(10-20)	12	30.7	6.56	21.36
	(20-40)	12	23.1	9.73	42.02
	(40-100)	12	9.0	2.77	30.64

10 20 30 40

Total C (ton/ha/10 cm)

Tratamiento	Profundidad	N	Carbono Oxidable (ton/ha/10cm) Mean	Std	CV (%)
BOSQUE NATIVO	(0-10)	12	34.5	8.37	24.20
	(10-20)	12	35.1	11.19	31.89
	(20-40)	12	27.3	8.59	31.44
	(40-100)	12	9.9	2.97	29.72
PASTURA MEJORADA	(0-10)	12	34.7	4.98	14.34
	(10-20)	12	30.2	5.07	16.78
	(20-40)	12	21.0	4.21	20.06
	(40-100)	12	8.5	0.93	10.89
PASTURA DEGRADADA	(0-10)	12	31.9	7.35	22.99
	(10-20)	12	29.4	7.71	26.20
	(20-40)	12	16.1	5.65	34.94
	(40-100)	12	7.5	2.76	36.41
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	12	23.0	4.55	19.76
	(10-20)	12	23.1	4.73	20.49
	(20-40)	12	15.4	5.48	35.50
	(40-100)	12	4.8	0.39	8.20

10 20 30

Oxidisable C (ton/ha/10 cm)

Tratamiento	Profundidad		N	Carbono Mean	Estable Std	(ton/ha/10cm) CV (%)
BOSQUE NATIVO	(0-10)	*****	12	6.7	2.86	42.65
	(10-20)	*****	12	10.8	6.21	57.05
	(20-40)	*****	12	14.9	10.43	69.83
	(40-100)	*****	12	5.2	3.62	68.70
PASTURA MEJORADA	(0-10)	*****	12	7.8	1.54	19.70
	(10-20)	*****	12	7.2	3.11	43.08
	(20-40)	*****	12	7.1	4.64	65.40
	(40-100)	****	12	4.2	1.99	46.54
PASTURA DEGRADADA	(0-10)	*****	12	9.0	7.73	85.17
	(10-20)	*****	12	6.8	2.55	37.46
	(20-40)	*****	12	6.0	6.22	102.15
	(40-100)	***	12	2.9	3.13	105.40
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	*****	12	6.2	2.75	44.14
	(10-20)	*****	12	7.6	2.79	36.71
	(20-40)	*****	12	9.2	8.27	89.75
	(40-100)	****	12	4.2	2.69	63.23

5 10 15

Stable C (ton/ha/10 cm)

Block 2 = DAGUA

Tratamiento	Profundidad		N	Carbono Total Mean	(ton/ha/10cm) Std	CV (%)
BOSQUE NATIVO	(0-10)	*****	12	41.9	18.26	43.52
	(10-20)	*****	12	35.8	12.83	35.81
	(20-40)	*****	12	21.9	7.16	32.61
	(40-100)	*****	12	15.4	8.10	52.54
PASTURA MEJORADA	(0-10)	*****	12	36.6	7.57	20.67
	(10-20)	*****	12	33.8	9.38	27.75
	(20-40)	*****	12	19.3	5.65	29.29
	(40-100)	****	12	9.3	3.88	41.34
PASTURA DEGRADADA	(0-10)	*****	12	40.4	5.23	12.94
	(10-20)	*****	12	34.3	8.83	25.74
	(20-40)	*****	12	21.9	9.15	41.77
	(40-100)	****	12	8.7	1.90	21.72
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	*****	9	22.7	4.75	20.85
	(10-20)	*****	9	20.1	3.99	19.83
	(20-40)	*****	9	12.4	3.50	28.24
	(40-100)	***	9	5.9	1.88	31.58

10 20 30 40

Total C (ton/ha/10 cm)

Tratamiento	Profundidad	*****	N	Carbono Oxidable (ton/ha/10 cm)		
				Mean	Std	CV (%)
BOSQUE NATIVO	(0-10)	*****	12	32.0	12.33	38.52
	(10-20)	*****	12	28.1	10.76	38.20
	(20-40)	*****	12	18.4	6.22	33.71
	(40-100)	*****	12	12.5	9.35	74.79
PASTURA MEJORADA	(0-10)	*****	12	27.8	8.90	32.04
	(10-20)	*****	12	26.9	10.42	38.63
	(20-40)	*****	12	16.9	6.16	36.32
	(40-100)	****	12	8.6	4.92	56.97
PASTURA DEGRADADA	(0-10)	*****	12	34.0	5.05	14.85
	(10-20)	*****	12	27.9	8.43	30.17
	(20-40)	****	12	10.6	1.68	15.84
	(40-100)	*	12	1.6	1.88	114.88
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	*****	9	18.7	4.48	23.94
	(10-20)	*****	9	15.5	3.49	22.51
	(20-40)	****	9	9.1	2.74	30.05
	(40-100)	*	9	2.5	0.81	31.85

10 20 30

Oxidisable C (ton/ha/10cm)

Tratamiento	Profundidad	*****	N	Carbono Estable (ton/ha/10 cm)		
				Mean	Std	CV (%)
BOSQUE NATIVO	(0-10)	*****	12	9.9	9.21	92.54
	(10-20)	*****	12	7.6	5.06	66.21
	(20-40)	*****	12	4.3	4.13	94.85
	(40-100)	*****	12	3.9	4.62	117.93
PASTURA MEJORADA	(0-10)	*****	12	8.8	7.03	79.21
	(10-20)	*****	12	7.1	5.87	82.50
	(20-40)	*****	12	4.5	7.23	159.21
	(40-100)	*****	12	2.8	3.68	131.32
PASTURA DEGRADADA	(0-10)	*****	12	6.5	2.60	40.04
	(10-20)	*****	12	6.3	3.29	51.59
	(20-40)	*****	12	11.2	10.03	88.89
	(40-100)	*****	12	7.1	2.90	40.80
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	*****	9	4.0	0.97	24.13
	(10-20)	*****	9	4.6	0.82	17.94
	(20-40)	*****	9	3.5	2.88	80.11
	(40-100)	*****	9	3.3	1.86	54.89

2 4 6 8 10

Stable C (ton/ha/10cm)

Fig 3: Mean carbon accumulation (Total C, Oxidisable C and Stable C) at 0-40cm depth, in 4 land use systems in 2 blocks of farms. Andean Hillsides, Colombia.

Bloque	Tratamiento	N	Carbono Total (ton/ha/0-40 cms)		
			Mean	Std	CV (%)
EL DOVIO	BOSQUE NATIVO	12	169.9	48.96	28.82
	PASTURA MEJORADA	12	135.6	18.65	13.74
	PASTURA DEGRADAD	12	121.8	28.67	23.52
	BANCO FORR MIXTO	12	106.3	27.04	25.43
DAGUA	BOSQUE NATIVO	12	121.7	40.57	33.33
	PASTURA MEJORADA	12	109.0	18.68	17.12
	PASTURA DEGRADAD	12	118.5	27.65	23.31
	BANCO FORR MIXTO	9	67.7	12.01	17.73

30 60 90 120 150

Total C (ton/ha/0-40 cm)

Bloque	Tratamiento	N	Carbono Oxidable (ton/ha/0-40 cm)		
			Mean	Std	CV (%)
EL DOVIO	BOSQUE NATIVO	12	124.3	31.95	25.71
	PASTURA MEJORADA	12	107.0	15.76	14.72
	PASTURA DEGRADAD	12	93.8	23.00	24.51
	BANCO FORR MIXTO	12	77.0	9.81	12.73
DAGUA	BOSQUE NATIVO	12	97.1	24.59	25.32
	PASTURA MEJORADA	12	88.7	20.07	22.61
	PASTURA DEGRADAD	12	83.2	11.51	13.83
	BANCO FORR MIXTO	9	52.5	8.84	16.84

20 40 60 80 100 120

Oxidisable C (ton/ha/0-40 cm)

Bloque	Tratamiento	N	Carbono Estable (ton/ha/0-40 cm)		
			Mean	Std	CV (%)
EL DOVIO	BOSQUE NATIVO	12	47.4	26.27	55.34
	PASTURA MEJORADA	12	29.2	8.39	28.70
	PASTURA DEGRADAD	12	28.0	16.85	60.00
	BANCO FORR MIXTO	12	32.2	16.66	51.65
DAGUA	BOSQUE NATIVO	12	26.3	17.22	65.46
	PASTURA MEJORADA	12	25.0	16.85	67.18
	PASTURA DEGRADAD	12	35.4	19.91	56.11
	BANCO FORR MIXTO	9	15.8	5.96	37.57

10 20 30 40

Stable C (ton/ha/0-40 cm)

Fig 4: Mean carbon accumulation (Total C, Oxidisable C and Stable C) at 40-100cm depth, in 4 land use systems in 2 blocks of farms. Andean Hillside, Colombia.

Bloque	Tratamiento	N	Carbono total (ton/ha/40-100 cm)		
			Mean	Std	CV (%)
EL DOVIO	BOSQUE NATIVO	12	91.6	27.12	29.58
	PASTURA MEJORADA	12	77.3	13.67	17.68
	PASTURA DEGRADADA	12	61.5	31.45	51.14
	BANCO FORR MIXTO	12	54.3	16.68	30.64
DAGUA	BOSQUE NATIVO	12	92.5	48.64	52.54
	PASTURA MEJORADA	12	56.3	23.28	41.34
	PASTURA DEGRADADA	12	52.5	11.40	21.72
	BANCO FORR MIXTO	9	35.7	11.29	31.58

Total C (ton/ha/40-100 cm)

Bloque	Tratamiento	N	Carbono Oxidable (ton/ha/40-100 cm)		
			Mean	Std	CV (%)
EL DOVIO	BOSQUE NATIVO	12	59.9	17.83	29.72
	PASTURA MEJORADA	12	51.5	5.62	10.89
	PASTURA DEGRADADA	12	45.5	16.58	36.41
	BANCO FORR MIXTO	12	29.0	2.38	8.20
DAGUA	BOSQUE NATIVO	12	75.0	56.12	74.19
	PASTURA MEJORADA	12	51.8	29.56	56.97
	PASTURA DEGRADADA	12	9.8	11.29	114.88
	BANCO FORR MIXTO	9	15.4	4.91	31.85

Oxidisable C (ton/ha/40-100 cm)

Bloque	Tratamiento	N	Carbono Estable (ton/ha/40-100 cm)		
			Mean	Std	CV (%)
EL DOVIO	BOSQUE NATIVO	12	31.6	21.77	68.70
	PASTURA MEJORADA	12	25.7	11.98	46.54
	PASTURA DEGRADADA	12	17.8	18.82	105.40
	BANCO FORR MIXTO	12	25.5	16.15	63.23
DAGUA	BOSQUE NATIVO	12	23.5	27.73	117.93
	PASTURA MEJORADA	12	16.8	22.12	131.32
	PASTURA DEGRADADA	12	42.6	17.40	40.80
	BANCO FORR MIXTO	9	20.3	11.16	54.89

Stable C (ton/ha/40-100 cm)

Fig 5: Mean carbon accumulation (Total C, Oxidisable C and Stable C) at 1m depth, in 4 land use systems in 2 blocks of farms. Andean Hillsides, Colombia.

Bloque (%)	Tratamiento	N	Carbono total (ton/ha/1m)		
			Mean	Std	CV
EL DOVIO	BOSQUE NATIVO	12	261.5	53.01	20.26
	PASTURA MEJORADA	12	213.0	23.77	11.16
	PASTURA DEGRADADA	12	183.3	51.89	28.29
	BANCO FORR MIXTO	12	160.7	40.17	24.99
DAGUA	BOSQUE NATIVO	12	214.2	75.98	35.45
	PASTURA MEJORADA	12	165.4	31.72	19.17
	PASTURA DEGRADADA	12	171.0	36.53	21.35
	BANCO FORR MIXTO	9	103.5	21.18	20.45

50 100 150 200 250

Total C (ton/ha/1m)

Bloque	Tratamiento	N	Carbono Oxidable (ton/ha/1m)		
			Mean	Std	CV (%)
EL DOVIO	BOSQUE NATIVO	12	184.3	40.87	22.17
	PASTURA MEJORADA	12	158.6	15.51	9.77
	PASTURA DEGRADADA	12	139.3	36.82	26.42
	BANCO FORR MIXTO	12	106.1	9.66	9.10
DAGUA	BOSQUE NATIVO	12	172.1	69.69	40.48
	PASTURA MEJORADA	12	140.6	42.74	30.39
	PASTURA DEGRADADA	12	93.0	12.60	13.54
	BANCO FORR MIXTO	9	67.9	12.88	18.96

30 60 90 120 150 180

Oxidisable C (ton/ha/1m)

Bloque	Tratamiento	N	Carbono Estable (ton/ha/1m)		
			Mean	Std	CV (%)
EL DOVIO	BOSQUE NATIVO	12	79.1	32.89	41.54
	PASTURA MEJORADA	12	54.9	18.83	34.24
	PASTURA DEGRADADA	12	45.9	29.65	64.55
	BANCO FORR MIXTO	12	57.8	30.41	52.60
DAGUA	BOSQUE NATIVO	12	49.8	36.15	72.55
	PASTURA MEJORADA	12	41.9	26.05	62.13
	PASTURA DEGRADADA	12	78.1	34.39	44.00
	BANCO FORR MIXTO	9	36.2	16.37	45.22

20 40 60 80

Stable C (ton/ha/1m)

ANOVA: BLOQUE 1 - EI DOVIO

Fuentes de Variación	gl	CT (t /ha/10cm)	CE (t/ha/10cm)	NT (t/ha/10cm)
		Valor de F	Valor de F	Valor de F
Tratamiento	3	9.37 **	2,76 *	3,06 **
Posición(Tratamiento)	12	5.39 **	1.47	1.31
Repetición (Tratamiento x Posición)	32	0.95	0.91	5,22 **
Profundidad(Tratamiento)	12	71.10 **	3,8 **	73.51 **
Posición x Profundidad(Tratamiento)	36	1.69 **	0.53	2,09 **
Residuo	96			
Total	191			
Media		29.16	7.28	2.53
CV (%)		18.06	69.33	17.95
R-Cuadrado (%)		93	59	93

ANOVA BLOQUE 2 - DAGUA - FELIDIA

Fuentes de Variación	gl	CT (t /ha/10cm)	CE (t/ha/10cm)	NT (t/ha/10cm)
		Valor de F	Valor de F	Valor de F
Tratamiento	3	7,68 **	2,67 *	8,32 **
Posición(Tratamiento)	11	4,30 **	1,85 *	2,71 **
Repetición (Tratamiento x Posición)	30	0.48	0.73	0.83
Profundidad(Tratamiento)	12	40.35 **	2,89 **	23,83 **
Posición x Profundidad(Tratamiento)	33	1.1	1,78 *	0.93
Residuo	90			
Total	179			
Media		24.38	6.15	2.13
CV(%)		26.31	75.98	34.69
R-Cuadrado (%)		89	66	84

ANOVA (cont.) BLOQUE 1 - EI DOVIO

Fuentes de Variación	CT (t/ha/0-40cm)		CE (t/ha/0-40cm)		NT (t/ha/0-40cm)		CT (t/ha/40-100cm)		CE (t/ha/40-100cm)		NT (t/ha/40-100cm)	
	gl	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F
Tratamiento	3	8,47 **	2,68 **		2,09 *		45,17 **	1,33		7,48 **		
Posición(Tratamiento)	12	1,12	0,69		1,27		9,22 **	1,22		8,35 **		
Residuo = Repetición (Tratamiento x Posición)	32											
Total	47											
Media		133,45	34,26		11,41		46,55	25,21		6,33		
CV (%)		24,16	55,46		23,28		14,97	67,67		25,65		
R-Cuadrado (%)		54	33		40		88	36		79		

ANOVA (cont.) BLOQUE 2 - DAGUA - FELIDIA

Fuentes de Variación	CT (t/ha/0-40cm)		CE (t/ha/0-40cm)		NT (t/ha/0-40cm)		CT (t/ha/40-100cm)		CE (t/ha/40-100cm)		NT (t/ha/40-100cm)	
	gl	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F
Tratamiento	3	7,06 **	2,65 *		8,30 **		41,2**	4,18 *		7,52 **		
Posición(Tratamiento)	11	0,62	1,25		0,94		3,4	1,68		2,08 *		
Residuo = Repetición (Tratamiento x Posición)	30											
Total	44											
Media		106,72	26,34		9,25		102,4	26,2		5,26		
CV (%)		27,39	60,3		27,37		25,6	73,88		55,28		
R-Cuadrado (%)		48	41		54		86	50		60		

Fuentes de Variación	gl	CT (t/ha/1m)	CE (t/ha/1m)	NT (t/ha/1m)
		Valor de F	Valor de F	Valor de F
Tratamiento	3	12,11 **	3,00 *	5,01 **
Posición(Tratamiento)	12	1 08	1 08	2,92 **
Residuo = Repetición (Tratamiento x Posición)	32			
Total	47			
Media		204,68	59,47	17,74
CV (%)		21,18	47,33	20,29
R-Cuadrado (%)		60	40	61

BLOQUE 2 - DAGUA - FELIDIA

Fuentes de Variación	gl	CT (t/ha/1m)	CE (t/ha/1m)	NT (t/ha/1m)
		Valor de F	Valor de F	Valor de F
Tratamiento	3	9,66 **	4,61 **	10,89 **
Posición(Tratamiento)	11	1,14	1,25	1,56
Residuo	30			
Total	44			
Media		167,58	52,54	14,52
CV (%)		27,89	55,36	31,45
R-Cuadrado (%)		58	47	62

**Table 7: C Storage by System, at 1m, 0-40cm and 40-100cm.
BLOCK 1 (1750 m.a.s.l.), Andean Hillsides, Colombia.**

Depth (cm)	System	Mean Total C (ton/ha)		Mean Stable C (ton/ha)	
0-100 cm	Native Forest	261.6	A	79.2	A
	Improved pasture	213.0	B	55.0	AB
	Degraded pasture	183.4	BC	45.9	B
	Forage Bank	160.7	C	57.8	AB
Mean, CV (%) and LSD .10		208.5,	13%, 36.1	57.6,	50%, 23.4
0-40 cm	Native Forest	170.0	A	47.5	A
	Improved pasture	135.7	B	29.3	B
	Degraded pasture	121.9	BC	28.1	B
	Forage Bank	106.3	C	32.3	AB
Mean, CV (%) and LSD .10		133.5,	24%, 26.8	34.3,	56%, 15.8
40-100 cm	Native Forest	91.7	A	31.7	A
	Improved pasture	77.3	AB	25.7	A
	Degraded pasture	61.5	BC	17.9	A
	Forage Bank	54.4	C	25.5	A
Mean, CV (%) and LSD .10		71.2,	27% , 16.0	25.2,	67%, 14.2

**Table 7 (cont): C Storage by System, at 1m, 0-40, 40-100cm.
BLOCK 2 (1350m.a.s.l.), Andean Hillsides, Colombia.**

Depth (cm)	SYSYEM	Mean Total C (ton/ha)		Mean Stable C (ton/ha)	
0-100 cm	Native Forest	214.3	A	49.8	B
	Improved pasture	165.4	B	41.9	B
	Degraded pasture	171.1	B	78.2	A
	Forage Bank	103.5	C	36.2	B
Mean, CV(%) and LSD .10		169.8,	14%, 40.6	47.8,	39%, 25.3
0-40 cm	Native Forest	121.7	A	26.3	AB
	Improved pasture	109.1	A	25.1	AB
	Degraded pasture	118.6	A	35.5	A
	Forage Bank	67.8	B	15.9	B
Mean, CV(%) and LSD .10		106.7,	27%, 25.4	26.3,	60%, 13.8
40-100 cm	Native Forest	92.6	A	23.5	B
	Improved pasture	56.3	B	16.8	B
	Degraded pasture	52.5	B	42.7	A
	Forage Bank	35.8	B	20.3	B
Mean, CV(%) and LSD .10		60.9,	40%, 20.9	26.2,	74%, 16.8

Table 8a: Association between Soil and Carbon variables at 0-40cm: Principal Component Analysis. Variance explained: 85 %

Variable	PC ₁ (41%)	PC ₂ (27%)	PC ₃ (17%)
Total C (ton/ha/0-40cm)	0.49 *	0.35	-0.04
Total N (ton/ha/0-40cm)	0.51 *	0.21	-0.05
Stable C (ton/ha/0-40cm)	0.36	0.45 *	0.11
% Sand (mean in 0-40cm)	0.40	-0.46 *	-0.04
% Clay (mean in 0-40 cm)	-0.41	0.45 *	-0.22
pH (mean in 0-40 cm)	0.004	-0.12	0.88 *
CEC (meq) (mean in 0-40cm)	0.17	-0.42	-0.38

PC1: Total C and total N with predominance of sand over clay

PC2: Stable C with predominance of clay over sand

PC3: pH

Table 8b: Association between Soil and Carbon variables at 1m: Principal Component Analysis. Variance explained 83 %

Variable	PC ₁ (39%)	PC ₂ (28%)	PC ₃ (16%)
Total C (ton/ha/1m)	0.47 *	0.43	-0.11
Total N (ton/ha/1m)	0.46 *	0.31	-0.16
Stable C (ton/ha/1m)	0.15	0.56 *	0.22
% Sand (mean in 1m)	0.49 *	-0.32	-0.02
% Clay (mean in 1m)	-0.50 *	0.32	-0.17
pH (mean in 1m)	0.12	0.12	0.86 *
CEC(meq) (mean in 1m)	0.24	-0.38	-0.35

PC1: Total C and total N with predominance of sand over clay

PC2: Stable C with predominance of clay over sand

PC3: pH

Table 8c: Association between Soil and Carbon variables at 40-100cm: Principal Component Analysis.
Variance explained: 83 %

Variable	PC ₁ (41%)	PC ₂ (30%)	PC ₃ (12%)
Total C (ton/ha/40-100cm)	0.04	0.65 *	-0.12
Total N (ton/ha/40-100cm)	0.08	0.59 *	-0.41
Stable C (ton/ha/40-100cm)	-0.19	0.42	0.61 *
% Sand (mean in 40-100cm)	0.54 *	0.06	-0.02
% Clay (mean in 40-100 cm)	-0.56 *	-0.05	-0.05
pH (mean in 4-100 cm)	0.41	0.02	0.60 *
CEC (meq) (mean 40-100cm)	0.40 *	-0.19	-0.27

PC1: Soil texture and fertility: predominance of sand over clay and high CEC

PC2: Total C and total N

PC3: Stable C with low total N and high pH

Fig 6: Soil parameters that show association with Total C or with Stable C (evaluated at 4 soil depths in 10cm layers, in 4 land use systems in 2 blocks of farms):

Total N (ton/ha/10cm), Clay (%)

Block 1 = EL DOVIO

Tratamiento	Profundidad		Nitrógeno Total (ton/ha/10cm)			
			N	Mean	Std	CV (%)
BOSQUE NATIVO	(0-10)	*****	12	3.4	0.60	17.52
	(10-20)	*****	12	3.4	0.81	23.42
	(20-40)	*****	12	2.8	0.97	34.14
	(40-100)	*****	12	1.1	0.69	59.81
PASTURA MEJORADA	(0-10)	*****	12	3.8	0.53	13.77
	(10-20)	*****	12	3.3	0.54	15.76
	(20-40)	*****	12	2.3	0.56	23.76
	(40-100)	*****	12	1.2	0.15	11.64
PASTURA DEGRADAD	(0-10)	*****	12	3.7	1.03	27.21
	(10-20)	*****	12	3.3	0.88	26.10
	(20-40)	*****	12	2.0	0.71	35.09
	(40-100)	*****	12	1.0	0.50	49.54
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	*****	12	2.8	0.73	25.37
	(10-20)	*****	12	2.8	0.62	21.54
	(20-40)	*****	12	2.1	0.98	46.33
	(40-100)	****	12	0.7	0.36	46.62

1 2 3

Total N (ton/ha/10 cm)

Tratamiento	Profundidad		Arcilla (%)			
			N	Mean	Std	CV (%)
BOSQUE NATIVO	(0-10)	*****	4	18.1	2.03	11.20
	(10-20)	*****	4	20.3	3.25	16.00
	(20-40)	*****	4	20.9	4.71	22.46
	(40-100)	*****	4	30.5	13.34	43.62
PASTURA MEJORADA	(0-10)	*****	4	20.3	1.35	6.66
	(10-20)	*****	4	22.6	1.52	6.70
	(20-40)	*****	4	26.1	4.81	18.35
	(40-100)	*****	4	26.7	6.94	25.97
PASTURA DEGRADAD	(0-10)	*****	4	23.1	2.45	10.61
	(10-20)	*****	4	22.9	1.97	8.60
	(20-40)	*****	4	27.5	6.66	14.15
	(40-100)	*****	4	33.3	16.80	60.33
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	*****	4	24.9	2.11	8.45
	(10-20)	*****	4	27.1	2.35	8.66
	(20-40)	*****	4	23.8	4.15	17.39
	(40-100)	*****	4	19.0	1.99	10.48

10 20 30

Clay (%)

Block 2 = DAGUA

Tratamiento	Profundidad		N	Nitrógeno Total (ton/ha/10cm)		
				Mean	std	CV (%)
BOSQUE NATIVO	(0-10)	*****	12	3.9	1.64	41.71
	(10-20)	*****	12	3.4	1.98	57.36
	(20-40)	*****	12	2.2	0.85	38.13
	(40-100)	*****	12	1.3	0.84	60.49
PASTURA MEJORADA	(0-10)	*****	12	3.1	0.72	22.87
	(10-20)	*****	12	3.0	0.75	24.29
	(20-40)	*****	12	1.7	0.64	37.44
	(40-100)	*****	12	0.9	0.51	55.11
PASTURA DEGRADAD	(0-10)	*****	12	3.1	0.39	12.68
	(10-20)	*****	12	2.5	0.58	22.26
	(20-40)	*****	12	1.3	0.53	40.03
	(40-100)	***	12	0.5	0.38	66.85
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	*****	9	2.2	0.61	26.43
	(10-20)	*****	9	1.9	0.45	23.59
	(20-40)	*****	9	1.1	0.32	28.50
	(40-100)	***	9	0.5	0.18	31.86

1 2 3 4

Total N (ton/ha/10 cm)

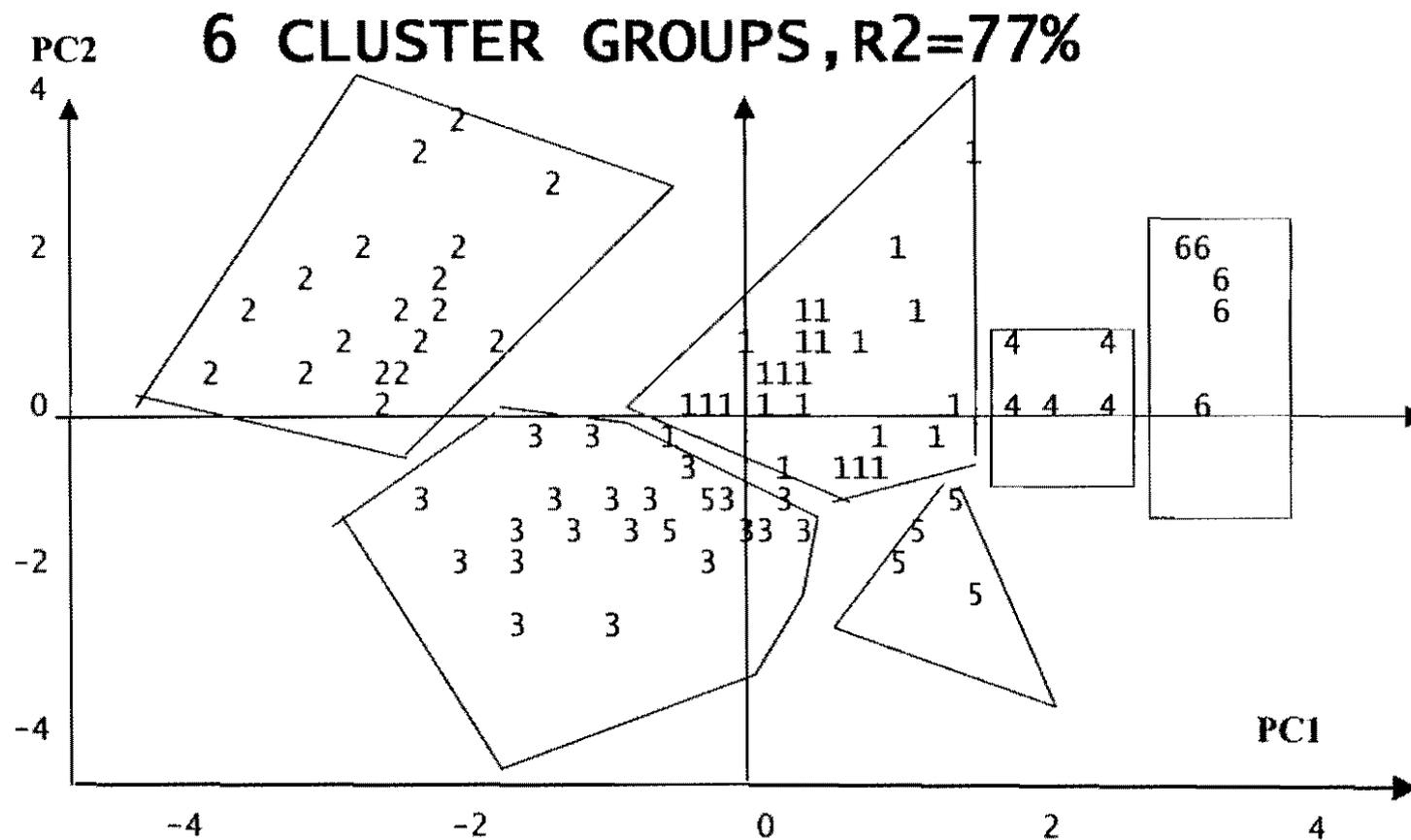
Tratamiento	Profundidad		N	Mean	Arcilla (%)	
					std	CV (%)
BOSQUE NATIVO	(0-10)	****	4	20.7	1.85	8.93
	(10-20)	****	4	21.9	2.65	12.06
	(20-40)	*****	4	22.8	4.03	17.65
	(40-100)	*****	4	23.6	3.39	14.31
PASTURA MEJORADA	(0-10)	*****	4	43.2	4.73	10.95
	(10-20)	*****	4	45.1	4.95	10.98
	(20-40)	*****	4	55.2	8.48	15.36
	(40-100)	*****	4	56.1	7.39	13.17
PASTURA DEGRADAD	(0-10)	*****	4	38.2	4.64	12.12
	(10-20)	*****	4	48.0	2.34	4.86
	(20-40)	*****	4	59.7	5.74	9.61
	(40-100)	*****	4	63.4	2.53	3.99
BANCO FORR MIXTO	(0-10)	*****	3	32.6	3.91	11.98
	(10-20)	*****	3	36.9	7.35	19.88
	(20-40)	*****	3	33.8	3.41	10.07
	(40-100)	*****	3	28.4	4.54	15.94

20 40 60

Clay (%)

Table 9: Grouping of sampling points according to first 3 Principal Components at 1m depth. Farm blocks 1 and 2, Andean Hillsides, Colombia. N= 93, Cluster R² =77 %

Classification Criteria	CLUSTER NO.					
	6 N=5	4 N=8	1 N=30	3 N=21	5 N=6	2 N=23
Principal Components	Cluster Means					
PC1 (Total C, total N, %sand, low %clay, low CEC)	3.5 H	1.6 M	0.8 M	-2.2 L	0.6 L	-0.6 L
PC2 (Stable C, % clay)	1.3 H	0.4 M	0.3 M	1.3 M	-1.7 L	-1.6 L
PC3 (pH)	-1.8 L	-0.8 M	1.0 H	-0.5 M	-1.6 L	0.2 M
Original Soil parameters	Cluster Means					
Total C (ton/ha/1m)	335	248	211	171	160	124
Stable C (ton/ha/1m)	86	68	68	62	24	34
Total N (ton/ha/1m)	29	22	19	14	15	11
Sand (%)	55	46	45	20	59	41
Clay (%)	21	27	24	52	21	29
CEC (meq)	28	26	18	17	25	25
pH	5.1	5.6	6.0	5.3	5.0	5.9



**Table 10: C-level per Cluster and Cluster members.
Farm blocks 1 and 2, Andean Hillsides, Colombia.
N=93 sampling points; No. Clusters = 6; R²=77 %**

Cluster	Total C (ton/ha/1m) Min-Max (Mean)	Stable C (ton/ha/1m) Min-Max (Mean)	Sampling Points in the group
6 (N=5)	300-374 (335)	66-131 (86)	Forest B1 (3) Forest B2 (2)
4 (N= 8)	203-287 (248)	23-108 (68)	Forest B1 (3), B2 (3) Imp Past B1(1), B2(1) <u>All in Block 1</u>
1 (N=30)	152-299 (211)	23-129 (68)	Forest (5), Imp Past (11), Degr Past (9) Forage Bank (8)
3(N=21)	118-239 (171)	23-148 (72)	<u>All in Block 2</u> Imp Past (9) Degr Past (12)
5 (N=6)	171-192 (160)	8-52 (24)	Forest B1 (1), B2 (5) F. Bank B1-B2 (13) Degr
2 (N=23)	70-171 (124)	7-71 (34)	P B1 (6), Imp P B2 (2), Forest B2 (2)

Caracterización Socio Económica de Fincas Piloto¹ y Fincas Típicas² – Subecosistema Laderas Andinas – Colombia

*Piedad Cuéllar^a
Héctor Fabio Ramírez^b
María Cristina Amézquita^c
José Gobbi^d*

1. Introducción

El siguiente informe resume los resultados correspondientes a la primer parte de la Fase I del componente Socio Económico, en la cual se efectuó una caracterización socio-económica de los productores que conforman el Subecosistema de Laderas Andinas del proyecto “Red de Investigación para Evaluar la Capacidad de Captura de Carbono por Sistemas de Pastura, Agro y Silvo Pastoriles”.

Estos productores están ubicados en Departamento del Valle del Cauca, Colombia. En los municipios de El Dovio (Bloque I) y en la vereda La Virgen del municipio de Dagua, y los Corregimientos de Felidia y San Antonio del municipio de Cali, (Bloque II).

Para la obtención de la información socioeconómica se identificaron dos grupos de fincas en cada bloque: las denominadas Fincas Típicas y las Fincas Piloto. Quedando conformado el Bloque I por ocho fincas típicas y dos fincas piloto, y el Bloque II, por once fincas típicas y cuatro piloto, con el propósito de poder comparar los dos grupos de fincas dentro de cada bloque.

2. Contexto Regional

El Subsistema Laderas Andinas pertenece al Sistema Agropecuario Intensivo Mixto de Montaña definido por el Estudio Global de Sistemas Agrícolas de FAO 2001. A nivel de América Latina este sistema se extiende en aproximadamente 430.000 km² y cuenta con una población agrícola de unos 3,5 millones de personas, con un área cultivada de 4,4 millones de ha, 20% de las cuales están bajo riego. El sistema incluye dos subsistemas diferentes, generalmente diferenciados por la altitud; (i) valles interandinos desarrollados y laderas bajas –el corazón de la producción cafetalera y hortícola de los Andes-; y (ii) montañas y valles altos donde predominan los cultivos de clima templado, producción de maíz y ganado porcino, y donde hay una cultura indígena firmemente establecida. El índice de pobreza por lo general es moderado en las áreas bajas y severo en las zonas altas (Ver Tabla 1).

¹ Con manejo mejorado “fincas tratamiento”

² Con manejo típico de la región, fincas “control negativo”

^a Zootecnista, MSc., Fundación CIPAV, proyecto Captura de Carbono

^b Estadístico, proyecto Captura de Carbono

^c Conservación de Recursos, Ph.D., Directora Científica del Proyecto Captura de Carbono

^d Ph D, Asesor Económico y Financiero del Proyecto Captura de Carbono

Tabla 1. Características Principales y Potenciales del Sistema Agropecuario Intensivo Mixto de Montaña (Andes del Norte)

Área	Población Agrícola* (% del Total)	Principales Formas de Subsistencia	Incidencia de Pobreza	Potencial para	
				Reducir Pobreza	Crecimiento
2	3.9	Vegetales, maíz + café,	Baja	Moderado/	Moderado
		Bovinos/ Porcinos, Cereales, papas	Severa en Zonas altas	Alto	
20.5 millones km ² *	91 millones*				

Fuente: Estudio Global sobre Sistemas Agrícolas, FAO 2001

El Subsistema de Laderas Andinas del presente estudio, cubre un amplio rango de condiciones climatológicas, se encuentra ubicado entre los 1350 y 2000 msnm y se extiende entre los 4° de latitud Norte, en el área cafetera marginal del departamento del Valle y los 3° de latitud Norte, la población rural estimada es de 62.000 habitantes.

El poblamiento actual de la región es el producto de varias oleadas migratorias originadas en diferentes procesos históricos y culturales de Colombia, la mayoría de los colonizadores tiene sus orígenes en la región montañosa cafetera de la cordillera Central, que se ubica dentro del territorio de Antioquia y el viejo Caldas (Espinell, R. 1994). Los habitantes mantienen fuertes vínculos familiares, ya que la mayoría de ellos descienden de las familias colonizadoras quienes llegaron a la región hace casi un siglo. Esto crea condiciones de solidaridad y credibilidad, lo que facilita el desarrollo comunitario (Solarte, A., 1994).

La mayor parte de los ingresos de los pobladores de la zona se derivan de la agricultura, sin que su desarrollo dependa en forma exclusiva de este rubro, ya que intervienen la minería, la construcción y el comercio en general. En términos generales predomina la pequeña y mediana tenencia de la tierra basada en la creación de sistemas finca, cuyo crecimiento depende de la expansión familiar y del trabajo.

Dentro de este subsistema se ha definido la Red de Fincas de Laderas Andinas, la cual está conformada por fincas ubicadas entre las Cordilleras Occidental y Central de los Andes Colombianos al norte y al sur del departamento del Valle del Cauca. Para efectos de este proyecto la Red de Laderas Andinas se ha dividido en dos bloques experimentales contrastantes, pero homogéneos dentro de sí, en términos de características climatológicas (temperatura, precipitación, humedad relativa) y condiciones del suelo.

Las indicadores sociales calculados a partir de los datos del último Censo de Población y Vivienda de Colombia (DANE, 1993), para cada Bloque Experimental muestran lo siguiente:

- * La población agrícola se define como aquella dedicada al cultivo de la tierra, silvicultura o pesca y sus derivados, más sus familias.
- * Extensión total América Latina
- * Población agrícola de América Latina FAO 2001 / Población total América Latina 505 millones – estimado a 2001, según World Urbanization Prospects, the 1999 revision UN Population División

Tabla 2. Algunos Indicadores – Demográficos, Educación, Y Calidad de vida, para la Región de Laderas Andinas

Item	Bloque I	Bloque II
Población rural estimada*	6600	8900
Tamaño promedio del hogar	4.2	4.3
% de la población en edad de trabajar, PET	51	48
Índice de masculinidad	1.15	1.13
Tasa de alfabetismo		
• 5 a 17 años	64	75
• > 18 años	78	86
% de la población adulta con acceso a educación superior	0.2	0.7
% de hogares rurales con acceso a Energía y Acueducto	24	29
Índice de Hacinamiento	1.4	1.2
Uso de energía eléctrica para cocinar	40%	73%

Fuente: Datos calculados a partir de las cifras del Censo Poblacional 1993, Departamento Nacional de Estadística, DANE*
*Tasa de crecimiento anual de la población colombiana entre 1990-1998, 1.9%, (UNICEF 2000)

Tabla 3. Características de la Vivienda Rural en el Valle del Cauca

Material de Construcción	%
Bloque / Ladrillo	26
Adobe	22
Bahareque	15
Madera Burda	14
Guadua / Caña	20
Zinc / Tela / Cartón	2
Sin paredes	1

Fuente: Censo Poblacional, DANE 1993

3. Red de Fincas en el Subecosistema de Laderas Andinas

Las características climatológicas (temperatura, precipitación, humedad relativa) y condiciones del suelo de las fincas de la Red de Laderas Andinas se observan en la Tabla 4.

*Último censo poblacional

Las *Fincas Piloto* tienen como común denominador sistemas de corte y acarreo y ganadería doble propósito en integración con otras especies pecuarias. Tienen implementado un sistema de manejo sostenible de los recursos forrajeros locales y en su gran mayoría utilizan sistemas de reciclaje de la materia orgánica y de descontaminación de las aguas servidas. Además utilizan prácticas de conservación del medio ambiente y del recurso hídrico de sus micro-cuencas, orientados y capacitados según esquemas acordados por la experiencia de trabajo e investigación participativa en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria con la Fundación CIPAV, durante más de 10 años.

Las *Fincas Típicas* consideradas para determinar las características socio económicas del entorno son las de los productores ubicados en el área de influencia de las Fincas Piloto, que en el momento del inicio del proyecto no tienen establecido aún un sistema de producción agropecuaria sostenible, pero pueden en algunos casos mostrar algún elemento en su sistema de manejo similar al de las Fincas Piloto, o en su defecto no contar con ningún tipo de manejo apropiado.

Tabla 4. Número De Fincas Consideradas En El Estudio Y Características Ambientales Generales De La Región

	Bloque I	Bloque II
	Municipios y Corregimientos	
	Municipio de El Dovio	Municipio de Dagua Corregimiento de Felidia Corregimiento de San Antonio
Fincas Piloto	2	4
Rango de Área, Ha	5 – 12	1.8 – 19
Fincas Típicas	8	11
Rango de Área, Ha	0.3 – 20.5	0.6 – 22.4
Latitud	4° 31' N	3° 36' N
Longitud	76° 10' O'	76° 37' O
Precipitación, mm año	1500	1750
Temperatura promedio	18° C	22° C
Rango de Altitud, msnm	1750	1450-1850
Rango de pendiente, %	15 – 83	12 – 62
Distancia al centro urbano más cercano	4 kilómetros	40 – 47 kilómetros
Características del Suelo *		
pH	5.8	5.8
P ppm	7.3	0.7
N ppm	4182	4026
CIC meq	18.4	23.0
% Arena	49	28.4
% Arcilla	20.3	43.2

* Fuente: Datos promedio de los Análisis de Laboratorio de 12 muestras de suelo, tomadas entre 0 y 10 cm de profundidad, periodo Junio-Agosto 2002. Muestras analizadas en Laboratorio de Suelos del CIAT.

4. Categorías De Análisis

Se definieron las siguientes Categorías de Análisis:

Caracterización Familiar y Tenencia de la Tierra; Caracterización de los Sistemas de Producción; Actividades Económicas de la Finca; Indicadores de Calidad de Vida.

i. Caracterización Familiar y Tenencia de La Tierra

Los datos para el análisis de la Caracterización Familiar y Tenencia de la tierra se observan en el Anexo 1, de esta Caracterización se desprenden los siguientes comentarios:

Con respecto al tamaño promedio del hogar, en el Bloque I, dentro de las fincas Típicas, se encuentran las familias más numerosas (5 miembros) que en el Bloque II (3.5 miembros), ya que su tamaño promedio en las primeras es superior al promedio global de la región (3.7 personas por familia en el departamento del Valle) y de los calculados para cada Bloque. En los otros grupos de fincas, el tamaño promedio de la familia está por debajo del global. Este resultado se refleja en el indicador de población infantil, ya que las fincas típicas del Bloque I presentan un porcentaje mayor de niños (30%), por encima de los otros grupos. Aunque la tendencia de ser mayor la población infantil de las fincas típicas en los dos bloques se mantiene.

Es importante observar la diferencia entre fincas típicas y fincas piloto respecto a la población en edad de trabajar, mostrando siempre un porcentaje mayor de población las fincas piloto (más del 90%). En el Bloque I, existe un 32% más de población en edad de trabajar dentro de las fincas piloto y en el Bloque II un 21%.

La relación entre hombres y mujeres ó Índice de Masculinidad, muestra una mayor población femenina en las fincas típicas del Bloque II (0.81). En el resto del grupo de fincas la tendencia es similar a la general demográfica rural del departamento del Valle del Cauca, de ser mayor la población masculina en los municipios estudiados (1.05), mientras la población femenina de las fincas típicas del Bloque II es muy similar a la del municipio de Cali, y del Valle en general (0.88 y 0.99 respectivamente)⁴.

En el Bloque I, respecto al trabajo en la propia finca y en actividades fuera de ella, se evidencia que la mayoría de los miembros de las familias de las fincas piloto invierten su tiempo en actividades dentro de la finca (58% de los miembros de la familia). Mientras que en el Bloque II, la mayoría de los miembros de las familias de las fincas, tanto piloto como típicas, trabajan fuera de su finca (más del 65% de los miembros de la familia).

Los indicadores de escolaridad nos muestran que aunque la tasa de alfabetismo es igual entre los dos Bloques (más del 80%), hay una pequeña diferencia entre las Fincas Piloto y las Típicas, éstas últimas presentan entre un 10 y un 20% menos de individuos alfabetizados respecto a las Fincas Piloto. La población con formación técnica y universitaria en las fincas Piloto del Bloque I es mucho mayor (llegando al 34% de la población adulta con títulos profesionales) que en las otras fincas, donde solamente tienen educación superior menos del 10% de la misma.

⁴ Anuario estadístico del Valle del Cauca, estimativo de población a 2002.

En las Fincas Típicas del Bloque I, el 54% de las personas que saben leer y escribir son hombres. En contraste, el 56% de las mujeres de las Fincas Típicas del Bloque II presentan esta característica.

Para terminar con los indicadores de esta categoría, respecto al tiempo de la tenencia de la propiedad y al documento que la acredita, todos los propietarios de las fincas Piloto poseen escritura y han permanecido por más de 10 años en sus tierras. Mientras, en el caso de las fincas Típicas no todos los propietarios poseen escritura (alrededor del 25%). Adicionalmente, una cuarta parte de ellos, son residentes recientes (tienen menos de 10 años de habitar). La mayoría de los propietarios viven dentro de su unidad productiva, en todos los tipos de finca.

La siguiente tabla muestra las diferentes actividades de los habitantes de la red de fincas de Laderas Andinas.

Tabla 5. Actividades de la Población en (%)

Tipo de Actividad	Bloque I		Bloque II	
	Fincas Piloto	Fincas Típicas	Fincas Piloto	Fincas Típicas
Empleados agrícolas	0	14	25	15
Investigación y capacitación	50	0	0	0
Cooperativas	29	10	0	0
Estudiantes	21	59	75	55
Oficios Varios	0	0	0	20
Ninguna	0	17	0	10
Total	100%	100%	100%	100%

ii. Caracterización de los Sistemas de Producción

La integración de la producción pecuaria (ganadería, porcicultura, avicultura) con otros sistemas de producción como plantaciones forestales, cultivos agroindustriales (caña de azúcar, banano, cítricos, etc.), o alimentarios (yuca, maíz, frijol, frutales, plátano), incrementan la sostenibilidad del sistema total porque pueden ofrecer subproductos para alimentar los animales y/o aportar nutrientes al suelo; además de generar un ambiente más estable para los diferentes gremios biológicos (aves, insectos, plantas silvestres)⁶

La combinación adecuada de estos sistemas generan además ventajas ambientales de interés global como la reducción de la deforestación, captación de ingentes cantidades de CO₂, incremento de la cobertura vegetal, o de interés nacional, como la reducción de la erosión en las cuencas hidrográficas y disminución del uso de cereales importados, energía fósil y pesticidas.

Tanto en los sistemas de silvopastoreo como en los de corte y acarreo, la eficiencia ambiental y económica se puede traducir en disminución del área ocupada por la ganadería para destinarla a otros fines (bosques, agricultura, restauración, conservación, turismo) y contribuir en forma significativa a evitar los conflictos de uso que caracterizan a las actividades pecuarias en la actualidad. Los sistemas de Corte y Acarreo que se pueden observar en fincas de ambos bloques incluyen: (i) banco de proteína, (ii) banco protector productor y (iii) sistemas multi-estrato.

⁶ En Agroforestería para la Producción Animal Sostenible

Cabe resaltar la importancia del área dedicada a conservar y proteger el Bosque (entre el 20 y el 30% del área total) que se observa en las Fincas Piloto de ambos Bloques, comparado con las fincas de la zona. Los indicadores para esta categoría de análisis se observan en el anexo 2.

Otra característica de los sistemas productivos a resaltar, es que en las fincas Típicas del Bloque I se encuentra un mayor porcentaje de productores (63%) que han adoptado sistemas de manejo sostenible en su producción que en las fincas Típicas del bloque II (27%).

La totalidad de las fincas Piloto de ambos bloques utilizan fertilización orgánica, práctica que se emplea en el 62% de las fincas Típicas del Bloque I y en el 45% de las fincas Típicas del Bloque II. En cuanto al manejo animal, todos los productores (en ambos bloques y grupos de finca) alimentan sus animales con diferentes productos, algunos derivados de su parcela (forrajes arbóreos, pastos de corte, caña de azúcar, subproductos agrícolas), y otros adquiridos en el mercado (alimentos balanceados, melaza y sal mineralizada). Las prácticas sanitarias pecuarias como vitaminizar, vacunar y desparasitar sólo se realizan en un 60% de las fincas.

La carga animal neta en pastoreo en las fincas piloto y típicas en cada bloque es similar, variando en las fincas del Bloque I entre 2,2-2,5 animales/ha, y entre 1,3-1,5 animales/ha en las fincas del Bloque II. Los sistemas de corte y acarreo son una característica fundamental en las fincas Piloto, mientras que este sistema apenas empieza a ser importante para las fincas típicas de la región.

Tabla 6. Inventario General De Animales Por Sistema De Producción Pecuaria

Sistema pecuario	Bloque I		Bloque II	
	Fincas Piloto	Fincas Típicas	Fincas Piloto	Fincas Típicas
Ganadería	23	46	23	23
Porcicultura	59	30	38	91
Avicultura	95	73	608	1531
Equinos	0	4	3	2
Ovinos y Caprinos	0	0	9	0
Conejos y Curfés	0	2	4	25
Piscicultura	0	0	+300	0

Tabla 7. Tendencias de Producción Pecuaria

Sistemas Pecuarios	Bloque I	Bloque II
Ganadería	Doble Propósito	Doble Propósito
Porcicultura	Mixto	Engorde
Avicultura	Aves de Postura (Gallina suelta)	Pollo de Engorde

iii. Actividades Económicas de la Finca

Con los productores de las Fincas Típicas en ambos Bloques se estimaron las producciones tanto agrícolas como pecuarias por año. Así mismo se estimó el nivel de autoconsumo de estos productos y el total de ingresos por ventas año. Los ingresos estimados se muestran en la tabla a continuación:

Cuadro de Síntesis

Estimado del Ingreso Bruto Promedio Año Por Actividades por Finca (USD \$)*	Bloque I		Bloque II	
	Piloto ⁷	Típicas	Piloto ⁷	Típicas
1) Agrícola dentro de la finca	1067	589	60	282
2) Pecuarios dentro de la finca	4144	756	7061	1958
Total ingresos brutos promedio dentro de la finca	5211	1345	7121	2239
3) Ingreso fuera de la finca		441		0.100
4) Ingresos por autoconsumo	188	503	223	262

Estimado Del Ingreso Per Cápite Año

Nota: No se ha podido determinar el ingreso neto por ausencia de los costos de producción

*Tasa de cambio utilizada: \$ 2600 por cada USD

Para las Fincas Típicas del Bloque I, el nivel de autoconsumo respecto al porcentaje total de ventas promedio se estima en un 21%. En el Bloque II, las Fincas Típicas muestran un nivel de autoconsumo del 10% respecto al total de ventas. Se puede observar que el grueso de los ingresos de los productores en ambos bloques y tipos de finca, provienen de las ventas de los productos pecuarios (ver tablas 9, 10 y 11). Los cultivos de pan coger tienen mayor impacto como seguridad alimentaria familiar en las fincas de la Red.

Los productos agrícolas destinados a la alimentación de la unidad familiar más importantes son: hortalizas y verduras, plátano y banano, legumbres, tubérculos, maíz (de mayor importancia en alimentación animal), frutas y hierbas aromáticas. El nivel de producción de estos productos aprovechado por los pobladores de las fincas es mayor del 75%.

De los productos de origen animal, sólo los huevos de gallina o pata producidos dentro del sistema, tienen relevancia en la alimentación de la familia, con niveles de autoconsumo de más del 75%.

La lista de los productos tanto agrícolas como pecuarios, obtenidos en el sistema finca en ambos bloques, se muestran en la tabla 8

En cuanto a la contribución en los ingresos por los diferentes productos, tanto pecuarios como agrícolas de las fincas de la red, observamos que para los productores del Bloque I, la producción de cerdos (tanto lechones como animales cebados), cuenta por el 80% de los ingresos por ventas totales. Para los productores del Bloque II, los pollos de engorde vendidos en canal, representan casi el 60% de sus ingresos totales.

⁷ Esta información se está obteniendo mediante los registros de producción establecidos

Tabla 8. Productos Agrícolas y Pecuarios más importantes por Bloque

Productos y Derivados	Bloque I	Bloque II	
Café	✓		
Cereales, (Maiz)	✓		
Flores		✓	
Agrícolas	Granadilla		
	Lulo		
	Fruitas		Guayaba
	Fresa		Citricos
	Mora		
	Guayaba		
	Hierbas aromáticas	✓	✓
	Arveja		
	Legumbres	Chachafruto	Frijol
		Frijol	
	Habichuela		
Miel de caña	✓		
Musáceas	Banano	Plátano	
	Plátano		
Semillas de forrajes	✓		
Tubérculos	Arracacha		
	Papa	Arracacha	
	Yuca	Yuca	
	Cebolla		
	Repollo		
Verduras y Hortalizas		Zapallo	
Pecuarios	Animales de ceba (novillos y cerdos)	✓	✓
	Derivados lácteos (queso y yogurt)		✓
	Leche	✓	✓
	Lechones destetos	✓	✓
	Huevos	✓	✓
	Miel de abejas	✓	
	Peces	✓	✓
	Pie de cría (Ganadería)		✓
	Pollo de Engorde	✓	✓

Tabla 9. Productos Pecuarios en Fincas Piloto, productividad e ingresos estimados por año – Ventas y Autoconsumo - (Promedio por Finca*)

Producto	Bloque I		Bloque II	
	Producción Total Año	Ingresos En Dólares	Producción Total Año	Ingresos En Dólares
Leche, ton	2.1	6%	8.6	1%
Quesos, ton			0.9	7%
Yogurt, ton			0.5	2%
Novillos/ terneros, ton en pie	0.4	9%	0.4	1%
Cerdos gordos, ton en pie	4.3	42%	3.9	16%
Lechones, ton en pie	2.8	38%	0.1	0.2%
Huevos, panal x 30 unidades	198	5%		
Pollos, ton en canal			8.1	58%
Pie de cría ganadería, animales			6.0	15%
Peces, ton			0.9	0.5%
Total ingresos estimados año		USD \$ 4300*		USD \$7150*

Para las fincas típicas del Bloque I, el renglón productivo pecuario más importante es la leche, para los productores del Bloque II, sigue siendo el pollo de engorde vendido en canal, el renglón de mayor impacto en los ingresos por ventas.

Tabla 10. Productos Pecuarios en Fincas Típicas, productividad e ingresos estimados por año – Ventas y Autoconsumo - (*Datos promedios por finca)

Producto	Bloque I		Bloque II	
	Producción Total Año	Ingresos En Dólares	Producción Total Año	Ingresos En Dólares
Leche, ton	18.9	57%	8.2	9%
Novillos gordos, ton en pie	0.4	9%		
Novillos, ton en canal			0.4	2%
Lechones, ton en pie	0.8	16%	0.6	4%
Cerdos gordos, ton en pie	0.46	9%	4.5	18%
Toneladas pollo en canal	0.08	0.2%	8.7	65%
Patos, total animales	22	0.8%		
Huevos, panal por 30 unidades	196	8%	109	1%
Total ingresos estimados año		USD \$ 867*		USD \$ 2000*

Tabla 11. Productos Agrícolas en Fincas Típicas, productividad e ingresos estimados por año – Ventas y Autoconsumo - (*Datos promedios por finca)

Producto	Bloque I		Bloque II	
	Producción Total Año	Ingresos En Dólares	Producción Total Año	Ingresos En Dólares
Café, ton	3.5	39%	1.1	18%
Maíz, ton	1.7	7%	2.0	11%
Tubérculos, ton	2.4	8%	0.5	4%
Legumbres, ton	1.0	12%	0.5	7%
Musáceas, racimos	572	17%	1516	37%
Verduras y Hortalizas, ton	0.2	1%	10	10%
Frutales, ton	0.97	10%	1.1	10%
Miel de caña, ton	0.07	3%		
Flores, docenas			60	1%
Semillas forrajes, ton	8.0	1%		
Aromáticas, ton			0.2	2%
Total ingresos estimados año		USD \$ 981*		USD \$ 500

De los productos agrícolas producidos en las fincas del Bloque I, el café sigue teniendo gran importancia económica para los productores. Con la venta de racimos de plátano el productor de las fincas del Bloque II, obtiene el mayor porcentaje de sus ingresos.

Se determinó si la mano de obra para cada finca era familiar o contratada. Más del 50% de la mano de obra es familiar. Así mismo se estableció el salario diario y el carácter de contratación, ocasional o permanente. Las fincas piloto en ambos Bloques emplean trabajadores permanentes, 90% en el Bloque I, y 75% en el Bloque II. Los trabajadores permanentes en las fincas típicas están alrededor del 10% de la mano de obra total.

El salario día pagado en los dos Bloques es de diez mil pesos, menos de USD \$ 4. Esta cantidad no incluye alimentación, y es un pago estándar tanto para los trabajadores ocasionales como para los permanentes.

La presencia del Estado se pretende medir a partir del acceso a créditos y asistencia técnica por parte de los organismos estatales. En el caso de las Fincas Típicas del Bloque I, se encontró presencia del Estado relacionada con el manejo del café y con el cultivo de algunos frutales, como fresa y mora. Pero en términos generales se evidencia una ausencia de un apoyo definido para la zona rural, tanto en aspectos pecuarios como agrícolas en ambos Bloques. El apoyo a la comunidad tanto en los aspectos técnicos

(pecuarios y agrícolas) como de desarrollo social está más relacionado con la presencia de organismos no gubernamentales (ONG's).

iv. Calidad de Vida

En cuanto a los indicadores de calidad de vida, la cobertura de servicios públicos básicos no presenta mayores diferencias para ninguno de los Bloques. La característica más relevante en este indicador es la poca cobertura en telefonía, donde menos del 50% de los productores cuentan con este servicio. Un aspecto a considerar es el hecho de que el alcantarillado es de carácter comunitario organizado por los habitantes de la región, a partir de la micro-cuenca correspondiente.

Los materiales de construcción presentes en las viviendas de las fincas de ambos bloques son los tradicionalmente utilizados en Colombia (bahareque, ladrillo y cemento para las paredes; teja de barro, láminas de zinc para los techos y cemento, madera o baldosa para los pisos). Entre los grupos de fincas en ambos Bloques no existen mayores diferencias entre los materiales para construir la vivienda.

La encuesta también determinó el número de cuartos de la casa incluyendo cocina y sala. Se obtuvo además el número de dormitorios en cada vivienda, y se calculó el número de personas por cuarto, o Índice de Hacinamiento. Los resultados arrojados por este indicador nos muestran un hacinamiento normal en el estándar mundial (entre una y dos personas por cuarto).

Una variable adicional que nos da una ligera idea de mayor poder adquisitivo, es el uso de energía eléctrica para cocinar y esta favorece positivamente a las Fincas Piloto, el nivel de utilización de energía eléctrica para cocinar alcanza el 30% en estas fincas.

5. Conclusiones Preliminares

A manera de conclusión general, es evidente que las Fincas Piloto en ambos Bloques, muestran características distintas y positivas al resto de la región, no sólo en los aspectos de sus sistemas productivos, sino en las características sociales medidas. Sin embargo como se indicó al inicio de este documento, esta caracterización es de carácter preliminar, ya que todavía existe información por procesar, y otros indicadores por establecer, que pueden brindar una mejor base de análisis comparativo.

Otras conclusiones puntuales son:

- ✓ El ingreso bruto estimado, es superior en las Fincas Piloto de ambos bloques.
- ✓ La estructura del ingreso en ambos bloques se basa mayoritariamente en la producción pecuaria.
- ✓ La producción de cerdos es de mayor importancia para las fincas Piloto del Bloque I
- ✓ La producción de pollo de engorde representa el renglón mayor de productividad e ingresos en las Fincas piloto del Bloque II.
- ✓ Los productos agrícolas son utilizados en un porcentaje muy alto para autoconsumo en ambos Bloques y tipos de fincas

Para terminar, cabe destacar que ninguno de los productores entrevistados lleva registros de producción y de costos de su finca. Por lo tanto, los estimativos de los costos de producción provistos por los productores resultaron poco confiables, ya que se presentaba una alta variabilidad y estaban fuera de los rangos esperados, de acuerdo a la experiencia de los investigadores locales. Por lo tanto se decidió descartar los mismos para esta caracterización. Se está levantando esta información por medio de registros de producción de acuerdo a cada caso de estudio, lo que permitirá el cálculo de indicadores económicos de los sistemas más confiables en el futuro.

6. Referencias

- Anuario Estadístico del Valle del Cauca, 2002. Proyección por Municipio y Género Valle del Cauca, 1993 – 2008
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 1993. Sistema de Consulta del Censo Poblacional, Colombia
- Espinel RG. 1994. Sociedad y Economía de campesinos cafeteros de la cordillera Occidental en el Norte del Valle del Cauca. Factores que inciden en la construcción de sistemas agrarios. Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios, Universidad Javeriana, CIPAV, IMCA
- Gulliver A, et al., 2001 Estudio Global sobre Sistemas Agrícolas, Desafíos y Prioridades hacia el 2030. Análisis de Latino América y el Caribe. Editado por FAO y World Bank.
- Murgueitio E, Rosales M y Gómez M E. 1999. Agroforestería Para La Producción Animal Sostenible. CIPAV. 60pp
- UNICEF Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 2000. Estadísticas para América Latina y el Caribe
- Solarte A, 1994. Experiencies from two ethnic groups of farmers participating in livestock research in different ecological zones of the Cauca Valley of Colombia. Dissertation, MSc Thesis, Swedish University of Agriculture Sciences.

Anexo I

Caracterización Familiar y Tenencia de la Tierra

Cuadro de Síntesis

Ítem	Bloque I		Bloque II	
	Piloto	Típicas	Piloto	Típicas
1) Tamaño promedio del hogar	3	5	3.3	3.5
2) % de propietarios que viven en la finca	100	86	75	91
3) % de población infantil, (< de 12 años)	0	30	8	24
4) % de la población en edad de trabajar, PET (Población mayor de 10 años)	100	68	92	79
5) Tasa de participación ³	100	78	67	90
• Tasa de participación hombres	50	62	50	52
• Tasa de participación mujeres	50	38	50	48
6) Tasa de desempleo, %	0	7	0	7
• % hombres	0	100	0	0
• % mujeres	0	0	0	100
7) Índice de masculinidad	1.0	1.35	1.16	0.81
8) % de miembros del hogar que trabajan en actividades productivas en su finca	58	27	33	33
9) % de miembros del hogar que además trabajan en actividades productivas fuera de su finca	92	18	15	24
10) Tasa de alfabetismo	100	89	100	82
11) % de la población adulta con acceso a educación secundaria	17	23	54	32
12) % de la población adulta con acceso a educación superior	34	3	8	9
13) % de propietarios con escritura	100	88	100	73
14) Índice de estabilidad de la Tenencia (% de propietarios con más de 10 años en su finca)	100	75	100	63

³ Tasa de Participación equivale a la Población Económicamente Activa / Población en Edad de Trabajar (PEA / PET); PEA = Número de personas mayores de 10 años que se encuentran o trabajando, o buscando trabajo, o han trabajado y actualmente no lo hacen (desocupados cesantes y desocupados aspirantes).

Anexo 2

Caracterización de los Sistemas de Producción

Cuadro de Síntesis

Indicadores De La Distribución Del Área	Bloque I		Bloque II	
	Piloto	Típicas	Piloto	Típicas
1) Área en Bosque nativo y regenerado, %	29	14	20	12
2) Área en Pasturas productivas, %	40	27	46	26
3) Área en Cultivo Perennes, %	25	34	19	40
4) Área en Cultivos Anuales, %	5	23	11	15
5) Área en Instalaciones, %	1	2	4	7
Total del Área en estudio en Has	17	58	30	50
Indicadores De Los Sistemas Productivos				
1) % de Fincas con sistemas integrados de producción y conservación del medio ambiente	100	63	100	27
2) % de Fincas con aplicación de Fertilizantes	100	43	100	33
3) % de Fincas con aplicación de Fertilizantes orgánicos, únicamente	100	62	100	45
4) Carga Animal Neta en Pastoreo, (Unidad Gran Ganado/ Ha de pasturas productivas) ⁵	2.5	2.2	1.5	1.3
5) % de fincas con Uso de Pasturas mejoradas	100	60	100	60
6) % de fincas con Uso de sistemas de corte y acarreo	100	50	100	45

⁵ (1) Unidad Gran Ganado (UGG) = 400 kilos de peso vivo

Anexo 3

Calidad de Vida

Cuadro de Síntesis

Indicadores De Calidad De Vida	Bloque I		Bloque II	
	Piloto	Típicas	Piloto	Típicas
1. % De Fincas Con Acceso A Servicios Públicos Estatales				
Agua	0	0	0	0
Energía	100	100	100	100
Teléfono	50	0	50	27
2. % De Fincas Con Acceso A Servicios Públicos Comunitarios				
Agua	100	100	100	100
3. % de fincas con vivienda en materiales sólidos y durables				
Baldosa y / o Madera	0	13	25	50
Cemento y / o, Ladrillo	25	38	58	54
Teja de Barro	100	29	0	27
4. Índice de Hacinamiento ¹⁰	1.2	2.4	1.6	1.0
5. % de fincas que cocinan con energía eléctrica	29	0	21	9

¹⁰ Índice de Hacinamiento crítico: tres personas por cuarto

Chapter 3

Humid Tropical Forest Sub-ecosystem, Amazonia, Colombia

Avances de dos años de investigación del proyecto “Red de Evaluación de la Capacidad de Captura de Carbono de Sistemas de Pasturas, Agropasturas y Silvopasturas del Ecosistema Bosque Tropical de América”.

Ramírez, B.¹

1. Introducción

En el transcurso de los dos primeros años de investigación del proyecto “Red de Evaluación de la Capacidad de Captura de Carbono de Sistemas de Pasturas, Agropasturas y Silvopasturas del Ecosistema Bosque Tropical de América”, se desarrollaron actividades de macro caracterización del sub ecosistema y se establecieron parcelas experimentales en terreno plano y pendiente, con el objetivo de valorar en el tiempo la capacidad de captura de carbono de sistemas de uso del suelo.

Adicionalmente, se efectuó el primer muestreo de suelos y biomasa de 7 sistemas de uso del suelo de más de 10 años de establecidos. Se aplicó una encuesta estructurada como herramienta metodológica para realizar el análisis socio-económico de una muestra de fincas y productores de la región de influencia del proyecto.

2. Macro-caracterización del Bosque Húmedo Tropical Amazónico.

La macro caracterización del bosque húmedo tropical amazónico se fundamentó en el análisis de los parámetros que identifican el ecosistema, los cuales contemplan los escenarios de áreas comprometidas, condiciones climáticas, densidad poblacional, desarrollo del proceso de colonización de la región y principales usos del suelo.

La cuenca amazónica, con cerca de siete millones de kilómetros cuadrados de extensión, posee el sector de piedemonte de la cordillera oriental de Colombia que presenta alturas por encima de 2.000 m.s.n.m. Es una zona con intensa actividad humana y de marcada importancia, dado que allí, nacen las aguas que drenan hacia el río Amazonas. La cuenca amazónica colombiana, posee además del área de piedemonte, la gran planicie central con alturas entre los 150 y los 250 m.s.n.m. (PRORADAM, 1979)

Según el IDEAM (1988), la Amazonia colombiana muestra un predominio de las condiciones del clima tropical húmedo con lluvias todo el año (selvas tropicales) e influencia del clima tropical muy húmedo asociado a la actividad de los vientos alisios. La región se encuentra dentro de la zona climática ecuatorial definida como calurosa y húmeda, con vientos suaves e inestables y donde las oscilaciones estacionales de temperatura y humedad del aire son pequeñas. Posee valores altos de precipitación media anual que sobrepasan los 3.000 mm, y una temperatura media de 24° C.

¹ Ph.D. Sistemas Agro-forestales, Ph.D., Docente U. Amazonia e Investigador Principal Amazonia Colombiana

En lo que respecta a la dinámica del uso del suelo en la amazonia a través del tiempo, la región ha presentado un proceso de colonización desde finales del siglo XIX y principios del XX, el cual, generó el desplazamiento y exterminio de comunidades indígenas. Esta colonización fue motivada por la extracción de quina (familia Reyes desde 1870 a 1890) y caucho (casa Arana desde 1890 a 1930), lo que a su vez fomentó la navegación por los principales ríos de la región del putumayo y caquetá y motivó la fundación de diversos centros urbanos como Calamar, Florencia, Belén de los Andaquíes, Puerto Limón, La Chorrera y el Encanto, entre otros. (Neyra 1996)

En la década de los treinta se fomentó la explotación ganadera en la zona del piedemonte del caquetá, especialmente por la conformación de la hacienda Larandía, se incrementó la deforestación de grandes áreas que fueron transformadas a pastizales, especialmente gramíneas como el puntero (*Hyparrhenia rufa*), el micay (*Axonopus micay*) y el imperial (*Axonopus scoparius*), este último dedicado especialmente para corte. (Serrano 1994).

Los potreros manejados por más de 30 años utilizando altos niveles de capacidad de carga de hasta 3 UA/ha, en determinado momento, comenzaron a presentar signos de agotamiento producto de los cambios de fertilidad que gradualmente ocurren en el suelo. Estos cambios tuvieron como consecuencia la disminución de la capacidad de carga animal y la reaparición de los pastos naturales, llamados localmente "criaderos", compuestos principalmente por especies de gramas (*Paspalum spp*), pasto gordura (*Milinis minutiflora*) y guaduilla (*Homolepis aturensis*).

Entre los años cuarenta y cincuenta, las luchas partidistas por el poder en el centro del país y la limitación a los campesinos andinos para acceder a la tierra por parte de los grandes latifundistas, obligaron a familias campesinas a emigrar hacia los llanos orientales, el piedemonte y la llanura amazónica, causando un aumento considerable de la población en la región y la ampliación de la frontera agrícola. Unido a esto, la segunda guerra mundial propició en el Amazonas una reanimación de la extracción de caucho, al tiempo que se desarrollaba toda una serie de actividades extractivas de maderas, fibras vegetales (chiqui-chiqui), pieles, plumas y actividades pesqueras. (Andrade y Etter 1992)

Entre los años sesenta y principios de los setenta. se instituyeron los proyectos de colonización dirigida por el INCORA (Instituto Colombiano de la Reforma Agraria) y el Banco Mundial, en las zonas del Departamento del Caquetá. Por otra parte, se iniciaron las explotaciones petroleras de Orito, La Hormiga, Acaé y San Miguel, en el Departamento del Putumayo, estimulando la ampliación y construcción de nuevas vías y la migración de colonos de apartadas regiones, que llegaron esperanzados por encontrar un futuro mejor. Desde la década de los setenta hasta la actualidad, la colonización de la Amazonia colombiana ha sido espontánea y se ha caracterizado por la ausencia de una política estatal clara, así como, por la poca o ninguna presencia institucional. La colonización desordenada ha propiciado el fomento y agudización de actividades al margen de la ley.

En 1989 se inicia la introducción de gramíneas mejoradas como el *Brachiaria decumbens*. En 1992, se realizan siembras de diferentes especies de leguminosas herbáceas como, *Desmodium ovalifolium*, y *Centrosema muconoides* asociadas con las diferentes especies de *Brachiarias*. Entre 1993 y 1994 debido a asesoría directa del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), se introducen en la región la leguminosa *Arachis pintoi*, en asociación con especies del género *Brachiaria*. (CIAT 1994).

En la actualidad, muchas de esas pasturas introducidas, debido a situaciones como el sobre-pastoreo, las plagas y la falta de prácticas de mantenimiento, se encuentran convertidas en rastrojos. En consecuencia del desacierto entre el uso original del suelo como cobertura boscosa con su biodiversidad y el uso impuesto hacia monocultivos, el círculo tiende a cerrarse años más tarde. Estos suelos, dependiendo del poder económico de los productores, cada año dan un paso hacia delante en la conformación nuevamente de bosque o se convierten nuevamente en pasturas.

En lo que respecta a las características de los suelos en la amazonia colombiana se puede decir que son suelos pobres que mantienen su fertilidad a través de la incorporación de la materia orgánica, son suelos ácidos con toxicidad en aluminio, tienen baja capacidad de intercambio catiónico y son deficientes en los principales nutrientes, condiciones que limitan sus usos. (Sánchez et al, 1982)

3. Establecimiento de Parcelas Experimentales.

El proyecto tiene como estrategias de investigación conducir evaluaciones sobre nuevas pequeñas parcelas experimentales, establecidas a partir de pasturas degradadas, comparando en el corto plazo los niveles de acumulación de carbono en el suelo del sistema mejorado contra, la pastura degradada. Con el propósito de dar cumplimiento a este objetivo, a finales del primer año de investigación se realizó el establecimiento de parcelas experimentales en dos bloques, obedeciendo a un diseño experimental de cuadrado latino con 4 réplicas y 4 tratamientos por réplica, ubicados en parcelas que tienen un área de 200 metros cuadrados cada una. Adicionalmente se cuenta con un testigo ubicado sobre una porción de la pastura degradada inicial, el cual, se mantiene con pastoreo continuo y carga fluctuante.

Las nuevas parcelas experimentales del ecosistema bosque húmedo tropical de la Amazonia Colombiana se establecieron en dos bloques, uno en terreno pendiente en la granja Balcanes y el otro en terreno plano en la granja Santo Domingo, ambas explotaciones propiedad de la Universidad de la Amazonia en el Municipio de Florencia, Departamento del Caquetá, Colombia.

El proceso de establecimiento se inició en el mes de Octubre del 2002, teniendo como criterio de selección de las áreas degradadas iniciales, entre otros, que presentaran las siguientes características:

- Menos del 50% de cobertura de forrajes deseables en el terreno.
- Reducido vigor de la gramínea predominante.
- Alto porcentaje de suelo descubierto.
- Alta presencia de hormigas.

Previo al establecimiento de las parcelas experimentales se realizó un análisis químico de suelo. Se tomaron muestras compuestas a una profundidad de 25 cm y se enviaron para su análisis al laboratorio del CIAT. Estos resultados se muestran en la Tabla 1 y permiten deducir que se trata de suelos pobres en la mayoría de los elementos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas y además, presentan toxicidad en aluminio.

Antes de iniciar la preparación del terreno para la siembra en los dos bloques, se procedió a retirar las especies vegetales existentes con la utilización de guadaña. Se quitaron malezas y algunos arbustos que se encontraban en el área. Así mismo, se aplicó un herbicida sistémico con el fin de retrasar la emergencia de especies no deseables. Se delimitaron las parcelas y se prosiguió con la preparación física y química del suelo.

Tabla 1. Resultados de los análisis de suelos de las fincas Balcanes y Santo Domingo.

Descripción	Balcanes (pendiente)	Santo Domingo (plano)
pH	4.66	4.65
Materia orgánica %	2.96	3.1
P-Bray (ppm)	1.74	1.1
K (meq)	0.26	0.18
Ca (meq)	0.64	0.13
Mg (meq)	0.22	0.06
Al (meq)	8.53	3.12
Cu (ppm)	0.78	0.33
Fe (ppm)	244.8	72.2
Mn (ppm)	19.8	2.61
Zn (ppm)	0.61	0.55
B (ppm)	0.40	0.36

La preparación física del suelo fue diferente para cada una de las fincas. En el bloque pendiente en la granja Balcanes, se realizó la preparación física de los suelos utilizando el sistema convencional de labranza manual, realizando la labor a pala, picando el suelo hasta una profundidad de 25 centímetros. En el bloque plano se efectuó labranza mecánica, realizando un pase de rastra y dos pases de cincel a 30 centímetros de profundidad.

La aplicación de la enmienda química al suelo se realizó antes de efectuar la labranza, aplicando 2.500 kilogramos de cal dolomítica y 350 kilogramos de fosforita Huila por hectárea. Posteriormente, en el momento de la siembra se adicionó 50 kilos de DAP y 100 kilos de urea en el fondo del surco.

La distribución de los tratamientos puede apreciarse en el Gráfico 1. El Tratamiento 1 (T1) esta compuesto por la especie de *Brachiaria* denominado por CIAT como el híbrido 4624 y establecido en monocultivo. El Tratamiento 2 (T2) esta conformado por una asociación entre *Brachiaria* híbrido 4624 y la leguminosa herbácea *Arachis pintoi*.

El Tratamiento 3 (T3) corresponde a las parcelas de bancos forrajeros mixtos compuestos de cinco especies arbustivas, sembradas en surcos alternos y con distancia de un metro entre plantas y un metro entre surcos. Estas especies son:

- Matarratón – *Gliricidia sepium*
- Bohío- *Clitoria farchildiana*
- Nacedero- *Trichantera gigantea*
- *Cratylia argentea*
- Pizamo- *Erithryna fusca*.

El Tratamiento 4 (T4) corresponde al tratamiento de regeneración natural.

La siembra de las especies se efectuó teniendo en cuenta las características de cada tratamiento, así, la gramínea del T1 se sembró con semilla sexual y en el caso del T2 la gramínea se sembró con semilla sexual y la leguminosa con semilla vegetativa. En los bancos forrajeros mixtos, (T3) se inició la fase de siembra con una etapa de vivero, utilizando pellets de reforestación como medio para germinación de las especies propagadas por semilla (*Cratylia*, matarratón y bohío); las cuales fueron llevadas a campo a las 6 semanas. Las especies de nacedero y Pizamo que fueron propagadas por estacas, se utilizaron estacas de 40 centímetros de longitud y diámetros variables entre 5 y 20 centímetros. Las estacas fueron sembradas en bolsa plástica y luego trasladadas al campo.

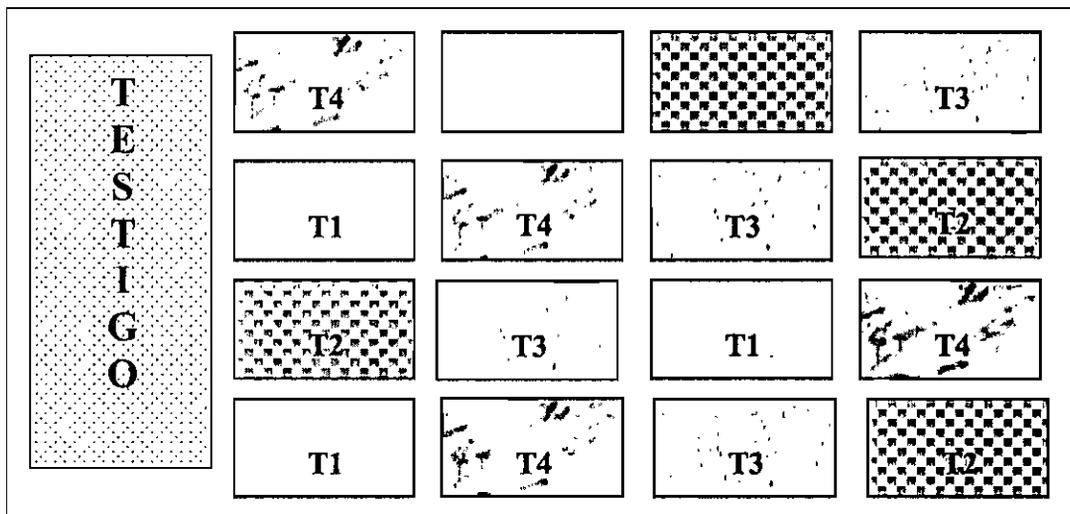


Gráfico N° 1. Distribución espacial de los tratamientos experimentales.

En cada parcela del T3 se establecieron 200 plantas, para un total de 800 distribuidas por parcela de la siguiente manera:

- 2 surcos de 20 plantas de matarratón.
- 3 surcos de 20 plantas de bohío.
- 3 surcos de 20 plantas de nacedero.
- 1 surco de 20 plantas de *Cratylia*.
- 1 surco de 20 plantas de Pizamo.

Las parcelas correspondientes a los T4 recibieron igual tratamiento de iniciación en lo que respecta a enmienda química, pero no fueron labradas.

Con el objetivo de determinar la diferencia entre los bancos de proteína establecidos con las indicaciones técnicas de corrección de condiciones físico-químicas del suelo y aquellas que comúnmente siembran los productores en sus parcelas, se determinó efectuar la siembra de parcelas experimentales bajo las condiciones del productor.

En consecuencia, en marzo del 2003, se estableció un banco forrajero mixto de 760 metros cuadrados sobre terreno pendiente en la granja Balcanes de propiedad de la Universidad de la Amazonia. La preparación del terreno se efectuó bajo los mismos parámetros anteriores de las parcelas experimentales, pero en este caso se utilizó la aplicación de compost a cambio de fertilizante químico. La distancia de siembra utilizada entre surcos y entre

plantas es de 1 metro, utilizando las mismas especies arbustivas. La siembra se efectuó haciendo un hueco de 0,25 metros cúbicos para cada planta y se le adiciono 1 kilo de gallinaza, mezclada con la tierra del hueco.

Las especies matarratón, bohío y *Cratilyas* fueron sembradas con material sexual. Las semillas se colocaron a germinar en pellet de reforestación. Las especies de nacedero y el *Pizamo* se sembraron con estacas de aproximadamente 40 centímetros de longitud y diferentes diámetros.

Las plantas fueron distribuidas en tres lotes, cada uno con diferente número de surcos. El lote A y el lote B poseen cada uno, 15 surcos distribuidos de la siguiente manera: 2 surcos de matarratón, 4 surcos de bohío, 3 surcos de nacedero, 4 surcos de *Cratylia* y 2 surcos de *Pizamo*. El lote C posee 8 surcos distribuidos de la siguiente manera: 2 surcos de matarratón, 3 surcos de bohío y 3 surcos de *Cratylia*. Se sembraron 38 surcos, cada uno de 20 plantas por surco, para un total de 760 plantas.

El total de plantas se encuentran distribuidas por especies de la siguiente manera:

- 120 matarratones
- 220 bohios
- 120 nacederos
- 220 *Cratylia*s
- 80 *Pizamos*

El primer corte de uniformización se realizó cuando las parcelas tenían 8 meses de establecidas y a los 10 meses el segundo corte. En la actualidad las parcelas tienen 12 meses y están listas para iniciar las mediciones de biomasa.

4. Muestreo de Suelos y Biomasa de Sistemas Antiguos.

Los muestreo de suelos y biomasa de siete sistemas antiguos de uso del suelo se realizaron en junio del 2003. Cuatro de los siete tratamientos a evaluar se encontraban en la finca LA GUAJIRA de propiedad del señor Gerardo Silva, ubicada a 15 kilómetros de la capital Florencia. Esta finca posee 250 hectáreas y tiene establecidos los tratamientos a evaluar hace mas de 10 años. Los mismos, se han mantenido bajo la misma administración durante ese tiempo; situación que garantiza iguales condiciones de manejo. La finca se encuentra ubicada en una topografía plana al margen de uno de los principales ríos de la región, (rio Bodoquero).

En total se evaluaron 7 tratamientos x 3 replicas/tratamiento x 3 calicatas mayores /replica/tratamiento para un total de 63 calicatas mayores. Las características de los tratamientos evaluados se detallan en la tabla 2. Las calicatas tenían de 1 metro cúbico de dimensión y se tomaron muestras a 4 profundidades:

- 0-10 centímetros.
- 10-20 centímetros.
- 20-40 centímetros.
- 40-100 centímetros.

Tabla 2. Características de los tratamientos evaluados.

Sistema de uso de suelo	Tamaño ha	Años de establecimiento	Nombre potrero	No replicas	Ubicación
T1. Pastura degradada	2	25	La palma	1	Balcanes
T2. Pastura degradada	0.5	25	Colina 1	1	Santo domingo
T2. Pastura degradada	0.5	25	Colina 1	1	Santo domingo
T3. <i>Brachiaria humidicola</i> y leguminosas nativas frijolillo	1	10	Manga de los terneros	3	La Guajira
T4. <i>Brachiaria decumbens</i> más leguminosa nativa kudzú	5	20	El Playón	3	La Guajira
T5. <i>Brachiaria humidicola</i> monocultivo	10	10	Los melinos	3	La Guajira
T6. Bosque nativo	10	40	La montaña	3	La Guajira
T7. <i>Brachiaria decumbens</i> monocultivo	5	20	Colina 2	3	Santo domingo
T8. Suelo degradado	3	15	paradero	3	Cofema

El T6, tratamiento de bosque nativo es un área de la finca la guajira que se ha mantenido como reserva de montaña medianamente intervenido según las necesidades de madera del propietario. El 53,4 % de las especies maderables encontradas poseen un DAP entre 15 y 50 centímetros.

El T8, tratamiento de suelo degradado fue seleccionado en un área de propiedad de la Corporación de Ferias y Mataderos de Florencia (COFEMA), el lugar es llamado comúnmente paradero de ganado. Ha sido utilizado en sobre-pastoreo por más de 15 años, presentando niveles de degradación severo con más de 34% de suelo descubierto.

Para las mediciones de biomasa, se utilizó el sistema de Botanal en las áreas anexas de cada calicata. En el caso particular del tratamiento bosque, se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles.

5. Referencias

- ANDRADE, A. y ETTER, A. 1992. Mapa general del uso del paisaje y áreas legales de la Amazonia colombiana. En: Andrade G., Hurtado A., Torres R. (Eds.). Amazonia colombiana: diversidad y conflicto. COLCIENCIAS – CONIA – CEGA. Bogotá, Colombia.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. CIAT. 1994. Tropical Pastures. Program Annual Reports. Cali, Colombia.
- IDEAM. 1988. El medio ambiente en Colombia. Leyva P. (Ed.). Ministerio del medio ambiente. Bogotá.
- NEYRA E., MACHIN J. A., 1996. Colonización y actividades económicas en la Amazonia colombiana. Fundación Puerto Rastrojo. (Inédito). Bogotá.
- PROYECTO RADARGRAMETRICO DEL AMAZONAS- COLOMBIA. PRORADAM. 1979. La Amazonia colombiana y sus recursos. Tomos I a V. IGAC – CIAF. Bogotá.
- SANCHEZ, P. A., BANDY, D.E., VILLACHICA, J.H., NICHOLAIDES, J.J. 1982. "Amazon Basin Soils: Management for Continuous Crop Production". Science 216 (4548):821-827.
- SERRANO, D. 1994. El modelo ganadero de la gran hacienda: un paso atrás en el desarrollo del Caqueta. OEA. UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA. Florencia, Caqueta. Colombia. 162 pp.

Carbon Storage in long-established Systems: 2-year Research Results Humid Tropical Forest, Amazonia, COLOMBIA

*M. C. Amézquita, H. F. Ramírez, B. L. Ramírez,
H. Giraldo, J. Muñoz and J. E. Velásquez*

**IV International Coordination Meeting, C-Seq Project
Sep 22-25, 2003. CIAT, Cali, Colombia.**

Experimental Farms

3 Farms near Florencia, Colombia
800 m.a.s.l., 1.8°N, 75.5°W
3500 mm/yr
poor, acid soils (pH < 5.0)

“La Guajira” Comercial Farm (250 ha): beef and dual-purpose cattle production under improved grass and grass-legume pastures.

“Santo Domingo” (70 ha) and “Balcanes” (90 ha)
experimental farms, Universidad Amazonia.

Table 1: Systems Evaluated. Tropical Humid Forest, Amazonian Piedmont, Colombia.

System	Age (yr)	bd (gr/cm³)	Slope (%)	pH	P (ppm)	N (pp m)	CEC (meq)	Sand (%)	Clay (%)
1. Degraded Pasture (<i>Paspalum notatum</i>)	40	1.0	60	4.5	1.7	2.4	11.8	24.2	43.7
2. <i>B. decumbens</i>	10	0.9	60	4.5	1.6	2.1	11.3	38.9	43.3
3. <i>B. Humidicola</i>	10	0.9	60	4.4	2.9	2.2	12.2	35.9	43.7
4. <i>B. Decumbens</i>+leg	10	0.9	60	4.6	1.5	2.2	9.4	45.2	32.8
5. <i>B. Humidicola</i>+leg	10	0.8	60	4.8	8.7	2.0	9.6	45.4	35.6
6. Forest: nat regen.	50	1.1	60	4.3	3.4	1.8	7.6	40.4	36.0

Each soil parameter estimate in this table is the mean of 27 laboratory determinations (from 3 space replications with 9 soil samples/replication) taken at 0-10cm depth, during June-August 2003. Soil samples were analysed at CIAT's Soils Laboratory.

**Table 2: History of each system
- Information given by the farm owner (last 50 years) -**

SYSTEM	Farm	Up to 1950	1960-1992	1993-2003
1. Degr. Pasture	Santo Domingo (Reps 1,2), Balcanes (Rep 3)	Forest	<i>Paspalum notatum</i> under grazing (Degraded)	
2. <i>B. decumbens</i>	Santo Domingo (Reps 1-3)	Forest	<i>H. ruffa</i> + <i>P. notatum</i> under grazing	<i>B. decumbens</i> under grazing
3. <i>B. humidicola</i>	La Guajira (Reps 1-3)	Forest	<i>P. notatum</i> under grazing	<i>B. humidicola</i> under grazing
4. <i>B. decumbens</i>+leg	La Guajira (Reps 1-3)	Forest	<i>B. decumbens</i> under grazing	<i>B. decumbens</i> + leg under grazing
5. <i>B. humidicola</i>+leg	La Guajira (Reps 1-3)	Forest	<i>B. humidicola</i> under grazing	<i>B. humidicola</i> + leg under grazing
6. Forest (natural regeneration)	La Guajira (Reps 1-3)	Forest	Forest with minor intervention (animals looking for shade)	

Table 3: Botanical Composition of Degraded vs. Improved Pastures during the C evaluation period. June–August 2003 (minimum rainfall period)

SYSTEM	N	Bare soil (%)	Total DM (kg/ha)	Botanical Composition (% in Total DM)			
				Weeds	Main grass	Other grass	Leg
1. <i>B. humidicola</i>+leg	36	12	7192	5	79	4	12
2. <i>B. decumbens</i>	36	9	6344	10	69	20	1
3. <i>B. humidicola</i>	36	14	5856	1	97	2	0
4. <i>B. decumbens</i>+leg	36	13	4098	3	70	11	16
5. <i>Degrade Pasture</i>	52	13	1792	32	19	48	1

SAMPLING DESIGN

- **6 Land Use Systems**
- **3 Spacial Reps per System**
- **9 Sampling Points per System/Rep**
- **4 Soil Depths**
 - 0-10cm
 - 10-20cm
 - 20-40cm
 - 40-100cm
- **TOTAL SAMPLES : 672**
- **Soil parameters analyzed per sample: 7**

Texture, pH, P, CEC, Total C, Oxidisable C, total N

ANOVA MODEL

CASE 1: C-Stocks (t/ha/10cm layer)

Source of Variation	df
Land Use System	5
Spacial Rep (Land Use System)	12
Sampling Point (System x Rep)	144
Soil depth (System)	18
Rep x Soil depth (System)	36
Residue = Soil depth x Sampling point (System x Rep)	432
TOTAL	647

ANOVA MODEL

CASE 2: C-Stocks at 0-40cm, 40-100cm and 0-100cm depth.

Source of Variation	df
Land Use System	5
Spacial Rep (Land Use System)	12
Residue = Sampling Point (System x Rep)	144
TOTAL	161

**Fig 1: Bulk density per depth in 6 land use systems (Treatments).
Amazonia, Colombia.**

Tratamiento	Profundidad	Densidad				
		N	Mean	Std	CV (%)	
Brac_h+leg nativ	(0-10)	*****	27	0.8	0.10	12.27
	(10-20)	*****	27	1.3	0.20	15.43
	(20-40)	*****	27	1.3	0.25	18.36
	(40-100)	*****	27	1.3	0.26	18.70
Brac_d+leg nativ	(0-10)	*****	27	0.9	0.10	10.39
	(10-20)	*****	27	1.3	0.05	3.85
	(20-40)	*****	27	1.3	0.18	13.42
	(40-100)	*****	27	1.3	0.08	6.07
Brac_h en Mon	(0-10)	*****	27	0.9	0.12	13.19
	(10-20)	*****	27	1.1	0.05	4.46
	(20-40)	*****	27	1.0	0.04	3.42
	(40-100)	*****	27	1.0	0.04	3.26
Brac_d en Mon	(0-10)	*****	27	0.9	0.07	7.64
	(10-20)	*****	27	1.0	0.05	4.42
	(20-40)	*****	27	1.0	0.04	3.90
	(40-100)	*****	27	1.0	0.04	3.62
Past Degradada	(0-10)	*****	33	1.0	0.09	8.66
	(10-20)	*****	33	1.1	0.11	9.05
	(20-40)	*****	33	1.1	0.13	10.67
	(40-100)	*****	33	1.2	0.09	7.79
Bosque Nativo	(0-10)	*****	27	1.1	0.15	13.25
	(10-20)	*****	27	1.1	0.14	11.57
	(20-40)	*****	27	1.2	0.16	13.51
	(40-100)	*****	27	1.2	0.19	14.56

0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4

Bulk density (gr/cm³)

Fig 2: Mean carbon accumulation (Total C, Oxidisable C and Stable C) per depth (ton/ha in 10 cm layers) in 6 land use systems. Amazonia, Colombia.

tratamiento		Carbono Total(ton/ha/10cm)			
		N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	(0-10)	27	41.1	13.93	33.84
	(10-20)	27	45.7	11.72	25.65
	(20-40)	27	43.5	10.20	23.45
	(40-100)	27	41.4	11.88	28.68
Brac_d+leg nativ	(0-10)	27	45.5	14.85	32.61
	(10-20)	27	43.3	14.22	32.83
	(20-40)	27	40.3	12.43	30.80
	(40-100)	27	35.8	11.19	31.20
Brac_h en Mon	(0-10)	27	29.2	6.98	23.84
	(10-20)	27	21.4	3.55	16.53
	(20-40)	27	17.6	3.44	19.56
	(40-100)	27	14.1	3.94	27.75
Brac_d en Mon	(0-10)	27	26.9	6.00	22.27
	(10-20)	27	19.2	3.04	15.83
	(20-40)	27	15.4	1.42	9.21
	(40-100)	27	15.0	5.71	37.94
Past Degradada	(0-10)	33	26.1	3.41	13.04
	(10-20)	33	20.7	2.97	14.36
	(20-40)	33	16.4	2.00	12.10
	(40-100)	33	13.1	0.98	7.50
Bosque Nativo	(0-10)	27	27.1	5.97	21.96
	(10-20)	27	18.0	2.11	11.68
	(20-40)	27	15.3	1.42	9.21
	(40-100)	27	13.2	2.00	15.13

10 20 30 40

Total C (ton/ha/10 cm)

tratamiento	PROFUNDIDAD	Carbono Oxidable (ton/ha/10cm)			
		N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	(0-10)	23	21.0	4.07	19.34
	(10-20)	23	15.8	3.70	23.36
	(20-40)	10	10.3	1.46	14.16
	(40-100)	10	6.6	0.47	7.11
Brac_d+leg nativ	(0-10)	27	27.8	5.95	21.41
	(10-20)	27	15.7	3.05	19.34
	(20-40)	9	9.8	1.03	10.55
	(40-100)	9	5.7	0.74	12.78
Brac_h en Mon	(0-10)	27	27.5	6.64	24.16
	(10-20)	27	15.2	3.65	23.91
	(20-40)	9	10.1	1.08	10.59
	(40-100)	9	6.5	0.97	14.85
Brac_d en Mon	(0-10)	27	23.9	2.90	12.11
	(10-20)	27	14.5	1.54	10.56
	(20-40)	9	11.1	1.97	17.70
	(40-100)	9	7.1	0.71	9.90
Past Degradada	(0-10)	9	22.6	3.65	16.10
	(10-20)	9	15.4	3.35	21.68
	(20-40)	15	10.4	2.27	21.71
	(40-100)	15	6.9	1.07	15.38
Bosque Nativo	(0-10)	27	21.6	4.90	22.57
	(10-20)	27	11.4	2.45	21.50
	(20-40)	9	7.4	1.21	16.14
	(40-100)	9	4.5	0.69	15.15

10 20 30

Oxidisable C (ton/ha/10 cm)

tratamiento	PROFUNDIDAD		Carbono Estable (ton/ha/10cm)			
			N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	(0-10)	*****	27	20.1	12.50	62.17
	(10-20)	*****	27	29.8	10.81	36.22
	(20-40)	*****	27	33.1	10.84	32.66
	(40-100)	*****	27	34.7	12.04	34.65
Brac_d+leg nativ	(0-10)	*****	27	17.7	10.93	61.69
	(10-20)	*****	27	27.5	13.68	49.67
	(20-40)	*****	27	30.5	12.37	40.47
	(40-100)	*****	27	30.1	11.40	37.89
Brac_h en Mon	(0-10)	*	27	2.7	2.70	97.34
	(10-20)	***	27	6.5	3.34	50.99
	(20-40)	****	27	7.4	3.47	46.64
	(40-100)	****	27	7.6	3.99	52.25
Brac_d en Mon	(0-10)	**	27	3.9	3.87	97.94
	(10-20)	**	27	4.6	2.72	58.75
	(20-40)	**	27	4.5	1.93	42.41
	(40-100)	****	27	7.9	5.79	73.17
Past Degradada	(0-10)	**	33	3.5	1.30	36.99
	(10-20)	***	33	5.2	1.38	26.24
	(20-40)	***	33	6.0	2.46	49.76
	(40-100)	***	33	6.1	1.07	17.51
Bosque Nativo	(0-10)	***	27	5.5	2.97	53.90
	(10-20)	***	27	6.6	0.87	13.09
	(20-40)	****	27	7.8	1.50	19.00
	(40-100)	****	27	8.7	2.07	23.76

10 20 30

Stable C (ton/ha/10 cm)

Fig 3: Mean carbon accumulation (Total C, Oxidisable C and Stable C) at 0-40cm depth, in 6 land use systems. Amazonia, Colombia.

Tratamiento		Carbono Total (ton/ha/0-40 cms)			
		N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	*****	27	173.8	39.81	22.89
Brac_d+leg nativ	*****	27	169.5	48.17	28.41
Brac_h en Mon	*****	27	85.9	13.67	15.90
Brac_d en Mon	*****	27	77.0	7.61	9.89
Past Degradada	*****	33	79.8	9.16	11.47
Bosque Nativo	*****	27	75.9	9.33	12.28

20 40 60 80 100 120 140 160

Total C (ton/ha/0-40 cm)

Tratamiento		Carbono Oxidable (ton/ha/0-40 cm)			
		N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	*****	27	57.5	7.91	13.74
Brac_d+leg nativ	*****	27	63.1	8.55	13.53
Brac_h en Mon	*****	27	63.1	8.90	14.10
Brac_d en Mon	*****	27	60.7	6.28	10.33
Past Degradada	*****	33	59.0	9.50	16.10
Bosque Nativo	*****	27	48.0	7.68	15.98

10 20 30 40 50 60

Oxidisable C (ton/ha/0-40 cm)

Tratamiento		Carbono Estable (ton/ha/0-40 cm)			
		N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	*****	27	116.3	39.62	34.06
Brac_d+leg nativ	*****	27	106.3	45.20	42.49
Brac_h en Mon	****	27	24.1	9.91	40.95
Brac_d en Mon	****	27	17.7	5.45	30.76
Past Degradada	****	33	20.8	5.30	25.40
Bosque Nativo	*****	27	27.9	4.44	15.89

20 40 60 80 100

Stable C (ton/ha/0-40 cm)

Fig 4: Mean carbon accumulation (Total C, Oxidisable C and Stable C) at 40-100cm depth, in 6 land use systems. Amazonia, Colombia.

Tratamiento		Carbono total (ton/ha/40-100 cm)			
		N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	*****	27	248.5	71.28	28.68
Brac_d+leg nativ	*****	27	215.2	67.14	31.20
Brac_h en Mon	*****	27	85.1	23.63	27.75
Brac_d en Mon	*****	27	90.2	34.23	37.94
Past Degradada	*****	33	78.6	5.90	7.50
Bosque Nativo	*****	27	79.4	12.02	15.13

30 60 90 120 150 180 210 240

Total C (ton/ha/40-100 cm)

Tratamiento		Carbono Oxidable (ton/ha/40-100 cm)			
		N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	*****	27	40.0	2.85	7.11
Brac_d+leg nativ	*****	27	34.6	4.42	12.78
Brac_h en Mon	*****	27	39.3	5.85	14.85
Brac_d en Mon	*****	27	42.7	4.23	9.90
Past Degradada	*****	33	41.8	6.44	15.38
Bosque Nativo	*****	27	27.2	4.12	15.15

10 20 30 40

Oxidisable C (ton/ha/40-100 cm)

Tratamiento		Carbono Estable (ton/ha/40-100 cm)			
		N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	*****	27	208.4	72.24	34.65
Brac_d+leg nativ	*****	27	180.5	68.41	37.89
Brac_h en Mon	*****	27	45.7	23.92	52.25
Brac_d en Mon	*****	27	47.4	34.74	73.17
Past Degradada	*****	33	36.7	6.44	17.51
Bosque Nativo	*****	27	52.2	12.41	23.76

30 60 90 120 150 180 210

Stable C (ton/ha/40-100 cm)

Fig 5: Mean carbon accumulation (Total C, Oxidisable C and Stable C) at 1m depth, in 6 land use systems. Amazonia, Colombia.

Tratamiento	Carbono total (ton/ha/1m)			
	N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	27	422.4	108.3	25.65
Brac_d+leg nativ	27	384.7	110.14	28.63
Brac_h en Mon	27	171.1	34.68	20.26
Brac_d en Mon	27	167.2	37.53	22.44
Past Degradada	33	158.5	13.42	8.47
Bosque Nativo	27	155.4	18.26	11.75

Total C (ton/ha/1m)

Tratamiento	Carbono Oxidable (ton/ha/1m)			
	N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	27	97.6	9.79	10.03
Brac_d+leg nativ	27	97.8	11.05	11.30
Brac_h en Mon	27	102.5	10.10	9.85
Brac_d en Mon	27	103.5	9.08	8.77
Past Degradada	33	100.9	14.78	14.65
Bosque Nativo	27	75.2	10.58	14.06

Oxidisable C (ton/ha/1m)

Tratamiento	Carbono Estable (ton/ha/1m)			
	N	Mean	Std	CV (%)
Brac_h+leg nativ	27	324.8	109.55	33.73
Brac_d+leg nativ	27	286.9	109.21	38.06
Brac_h en Mon	27	69.9	33.10	47.30
Brac_d en Mon	27	65.2	34.69	53.21
Past Degradada	33	57.6	10.34	17.93
Bosque Nativo	27	80.1	15.29	19.07

Stable C (ton/ha/1m)

**Table 4: C Storage by System, at 1m, 0-40cm and 40-100cm.
Humid Tropical Forest, Amazonia, Colombia. (800 m.a.s.l.)**

Depth (cm)	System	Mean Total C (ton/ha)		Mean Stable C (ton/ha)	
0-100 cm	B. humidicola + leg	422	A	325	A
	B.decumbens + leg	385	B	280	A
	Forest	155	C	80	B
	B.humidicola	171	C	70	C
	B.decumbens	167	C	65	C
	Degraded pasture	159	C	587	C
Mean, CV (%) and LSD .10		240,	25 %, 32	144.,	40 %, 31
0-40 cm	B. humidicola + leg	173.9	A	116	A
	B.decumbens + leg	169.6	A	106	A
	Forest	70.0	B	28	B
	B.humidicola	86.0	B	24	B
	B.decumbens	77.0	B	18	B
	Degraded pasture	79.9	B	21	B
Mean, CV (%) and LSD .10		109,	23 %, 13	51,	45 %, 12
40-100 cm	B. humidicola + leg	248.5	A	209	A
	B.decumbens + leg	215.2	B	181	B
	Forest	79.4	C	52	C
	B.humidicola	85.2	C	46	C
	B.decumbens	90.2	C	48	C
	Degraded pasture	78.7	C	37	C
Mean, CV (%) and LSD .10		131,	29 %, 20	93,	71 %, 20

Table 5: Association between Soil and Carbon variables at 1m: Principal Component Analysis.
Variance explained: 85 %

Variable	PC ₁ (45 %)	PC ₂ (30 %)	PC ₃ (11 %)
Total C (ton/ha/1m)	0.45 *	0.37	0.17
Total N (ton/ha/1m)	-0.08	0.52 *	0.24
Stable C (ton/ha/1m)	0.47 *	0.33	0.12
% Sand (mean in 1m)	0.44 *	-0.19	0.47
% Clay (mean in 1m)	-0.40 *	0.17	0.60
pH (mean in 1m)	0.05	0.54 *	-0.53
CEC (meq) (mean in 1m)	-0.45 *	0.35	0.12

PC1: Total and Stable C with predominance of sand over clay and low CEC.

PC2: Total N and pH

Fig 6: Soil parameters that show association with Total C or with Stable C (evaluated at 6 soil depths in 10cm layers, in 4 land use systems):

Total N (ton/ha/10cm), Sand (%), Clay (%)

Tratamiento	Profundidad	Nitrógeno Total (ton/ha/10cm)				
		N	Mean	Std	CV (%)	
Brac_h+leg nativ	(0-10)	*****	27	1.9	0.46	22.97
	(10-20)	*****	27	1.7	0.31	17.43
	(20-40)	*****	27	1.4	0.25	17.11
	(40-100)	*****	27	1.1	0.19	16.47
Brac_d+leg nativ	(0-10)	*****	27	2.2	0.43	19.18
	(10-20)	*****	27	1.7	0.26	15.08
	(20-40)	*****	27	1.2	0.20	16.73
	(40-100)	*****	27	0.9	0.22	23.84
Brac_h en Mon	(0-10)	*****	27	2.2	0.50	22.65
	(10-20)	*****	27	1.5	0.21	13.73
	(20-40)	*****	27	1.2	0.20	16.04
	(40-100)	*****	27	1.0	0.14	14.37
Brac_d en Mon	(0-10)	*****	27	2.1	0.34	15.74
	(10-20)	*****	27	1.4	0.26	18.72
	(20-40)	*****	27	1.1	0.14	12.60
	(40-100)	****	27	0.8	0.12	14.54
Past Degradada	(0-10)	*****	33	2.3	0.39	16.48
	(10-20)	*****	33	1.9	0.37	19.43
	(20-40)	*****	33	1.4	0.31	20.59
	(40-100)	*****	33	1.2	0.26	21.09
Bosque Nativo	(0-10)	*****	27	1.8	0.43	29.96
	(10-20)	*****	27	1.1	0.25	21.36
	(20-40)	****	27	0.8	0.21	24.19
	(40-100)	***	27	0.6	0.22	35.17

1 2 3

Total N (ton/ha/10 cm)

tratamiento	PROFUNDIDAD	Arena (%)				
		N	Mean	Std	CV(%)	
Brac_h+leg nativ	(0-10)	*****	9	45.3	5.25	11.57
	(10-20)	*****	9	38.8	6.52	16.81
	(20-40)	*****	9	30.7	5.11	16.63
	(40-100)	*****	9	27.9	6.04	21.57
Brac_d+leg nativ	(0-10)	*****	9	45.1	6.22	13.78
	(10-20)	*****	9	36.7	6.26	17.02
	(20-40)	*****	9	34.0	5.26	15.43
	(40-100)	*****	9	27.7	4.26	15.34
Brac_h en Mon	(0-10)	*****	9	35.8	4.25	11.83
	(10-20)	*****	9	23.2	3.40	14.63
	(20-40)	*****	9	21.4	4.19	19.59
	(40-100)	*****	9	19.8	4.94	24.84
Brac_d en Mon	(0-10)	*****	9	38.7	4.27	11.01
	(10-20)	*****	9	25.7	1.72	6.67
	(20-40)	*****	9	23.7	2.14	8.99
	(40-100)	*****	9	21.4	2.57	11.99
Past Degradada	(0-10)	*****	11	24.1	15.64	64.76
	(10-20)	*****	11	18.0	13.73	76.28
	(20-40)	*****	11	16.1	12.15	75.03
	(40-100)	*****	11	14.4	11.13	76.88
Bosque Nativo	(0-10)	*****	9	40.4	8.82	21.82
	(10-20)	*****	9	28.2	6.24	22.08
	(20-40)	*****	9	28.2	6.42	22.74
	(40-100)	*****	9	27.8	5.28	18.98

10 20 30 40

Sand (%)

Tratamiento	Profundidad	Arcilla (%)				
		N	Mean	Std	CV (%)	
Brac_h+leg nativ	(0-10)	*****	9	35.5	3.18	8.93
	(10-20)	*****	9	43.9	4.58	10.44
	(20-40)	*****	9	54.1	3.18	5.87
	(40-100)	*****	9	59.3	5.51	9.29
Brac_d+leg nativ	(0-10)	*****	9	32.8	3.78	11.52
	(10-20)	*****	9	42.7	5.31	12.43
	(20-40)	*****	9	49.2	5.11	10.38
	(40-100)	*****	9	60.3	4.24	7.02
Brac_h en Mon	(0-10)	*****	9	43.7	2.69	6.16
	(10-20)	*****	9	57.8	3.14	5.43
	(20-40)	*****	9	62.4	4.11	6.58
	(40-100)	*****	9	66.8	4.82	7.22
Brac_d en Mon	(0-10)	*****	9	43.3	3.02	6.98
	(10-20)	*****	9	56.7	2.00	3.53
	(20-40)	*****	9	62.8	1.43	2.27
	(40-100)	*****	9	68.0	1.68	2.46
Past Degradada	(0-10)	*****	11	43.6	3.33	7.63
	(10-20)	*****	11	52.2	2.27	4.33
	(20-40)	*****	11	58.6	2.39	4.07
	(40-100)	*****	11	65.2	2.63	4.34
Bosque Nativo	(0-10)	*****	9	35.9	7.86	21.86
	(10-20)	*****	9	43.8	10.48	23.89
	(20-40)	*****	9	45.8	9.52	20.76
	(40-100)	*****	9	49.1	9.15	18.61

20 40 60

Clay (%)

Table 6: Grouping of sampling points according to first 2 Principal Components at 1m depth. Amazonia, Colombia.
N=168, Cluster R² = 75%

Classification Criteria	CLUSTER NO.				
	1 N=54	2 N=66	3 N=18	4 N=12	5 N=18
Principal Components	Cluster Means				
PC1 (Total and Stable C, Sand%, low %clay, low CEC)	2.0 H	-1.2 M	1.2 M	-3.1 L	-0.8 M
PC2 (Total N and Ph)	0.9 M	0.2 M	-2.5 L	2.0 H	-2.0 L
Original Soil parameters	Cluster Means				
Total C (ton/ha/1m)	404	170	157	156	149
Stable C (ton/ha/1m)	306	66	84	64	61
Total N (ton/ha/1m)	13	13	9	14	9
Sand (%)	36	27	30	1.9	31
Clay (%)	47	57	38	54	57
CEC (meq)	8	10	6	13	9
Ph	4.7	4.6	4.5	4.7	4.3

**Table 7: C-levels per Cluster and Cluster members.
Amazonia, Colombia. N=168, Clusters = 5, R² = 75%**

Cluster	Total C (ton/ha/1m) Min-Max (Mean)	Stable C (ton/ha/1m) Min-Max (Mean)	Sampling Points in the group
1 (N=54)	318.3 – 800.0 (403.6)	227.1 – 701.9 (305.9)	<i>B. humidicola</i> + leg <i>B. decumbens</i> + leg
2 (N=66)	133.8 – 283.0 (169.6)	28.7 – 185.4 (65.8)	<i>B. humidicola</i> <i>B. decumbens</i>
3 (N=18)	130.6 – 212.1 (157.4)	69.0 – 139.0 (83.8)	Forest (reps 1,2)
4 (N=12)	136.2 – 174.5 (155.4)	155.4 – 50.2 (77.3)	Degr. Pasture (rep 2)
5 (N=18)	129.3 – 194.7 (148.6)	42.9 – 98.6 (60.9)	Degr. Pasture (reps 1,3)

Análisis Socio-económico de Fincas Típicas del Ecosistema Bosque Húmedo Tropical de América. Amazonia Colombiana.

Ramírez, B.¹; Gobbi, J.²; Muñoz, J.³; Montilla, J.⁴

1. Introducción.

El sistema de producción ganadero en América Latina ha asumido un papel decisivo sobre el uso del suelo y ha sido visto como uno de los contribuyentes importantes a la deforestación de áreas tropicales húmedas en la región, especialmente sobre las tierras de frontera. Situación fortalecida por políticas estatales perversas de titulación de tierras aplicadas en los diferentes países de la región.

En la Amazonia colombiana, una parte de la cobertura inicial del bosque húmedo tropical ha sido reemplazada por tierras dedicadas a la agricultura y a la ganadería a través del proceso de colonización. Las áreas dedicadas a estos usos resultan superficies muy variables, ya que cada año se abren nuevos potreros a partir de bosques, e igualmente se dejan en descanso áreas que se regeneran posteriormente hacia rastrojos y bosques secundarios.

El área de piedemonte de la Amazonia colombiana es considerada uno de los seis ecosistemas estratégicos para la gestión ambiental en Colombia, definidos por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Esta decisión fue tomada, especialmente, en razón a su importancia en la producción de agua, sus altos índices de biodiversidad, la presencia de centros de endemismo y por ser un centro de alta diversidad cultural.

El modelo económico predominante en la zona de piedemonte es la ganadería, manejada como una actividad extensiva con animales de doble propósito que dependen esencialmente de las pasturas para su mantenimiento. Según reporte de la Gobernación del Caquetá (2003), las áreas dedicadas a pasturas pasaron de 1.400.000 hectáreas en 1984 a 2.164.550 hectáreas en el año 2002. Sin embargo, durante el mismo lapso, la población ganadera no presenta la misma dinámica de crecimiento pasando de 1.145.440 cabezas en el año 1984 a tan solo 1.220.857 cabezas 16 años más tarde.

¹ PhD. Ciencias Agroecológicas. Investigador Ecosistema Bosque Húmedo Tropical. Docente Universidad de la Amazonia.

² MsC. Geoquímica. Investigador Ecosistema Bosque Húmedo Tropical. Docente U. de la Amazonia.

³ PhD. Economista Medioambiental. Investigador.

⁴ Estudiante Investigador de la Universidad de la Amazonia.

A nivel general, el 75.9% de este sistema ganadero es implementado por productores que se encuentran en un nivel de semi subsistencia, en explotaciones pequeñas menores de 100 ha, cuyas tierras se encuentran ubicadas en topografía pendiente. El 22.5% de las fincas entre 101 y 500 ha, pertenecen a campesinos medios en áreas de pendiente suave y solamente el 1.6% de los productores que son aquellos con fincas mayores de 500 ha, se encuentran establecidas sobre las vegas de los ríos en las tierras más fértiles y costosas. (Ramírez, 2002).

Como consecuencia del crecimiento previsto de la demanda por productos de origen animal, se ofrece una oportunidad extraordinaria para el desarrollo de los productores rurales, en vista que su participación en la producción de ganado ya es significativa.

El proyecto Red de Investigación sobre la Evaluación de la Capacidad de Captura de Carbono de Sistemas Pastoriles, Agropastoriles y Silvopastoriles en el Ecosistema Tropical de América se propone caracterizar con criterio socio económico una muestra de fincas tipo, para establecer la línea de base socio económica que le permita realizar una evaluación de estos sistemas de manejo, en términos de beneficios asociados con la acumulación de carbono.

2. Caracterización General De La Region Del Proyecto.

2.1 Antecedentes.

El área total de la región de influencia del proyecto es de 8.895.600 hectáreas correspondientes al área total del Departamento del Caquetá. Es una zona localizada sobre el flanco Este de la Cordillera Oriental de Colombia, al Sur del país, sobre la margen izquierda del río Caquetá. Se encuentra formada por un área montañosa, completada por un relieve de colinas o lomas suaves de aspecto ondulado y predominando finalmente un valle extenso; el cual, según la clasificación de Holdridge (1978), corresponde a bosque húmedo tropical (Bht).

Desde la época en que se iniciaron los programas de colonización en la Amazonia colombiana (hace aproximadamente 25 años) el sistema de uso de tierra que predomina, en forma general, es la ganadería. Este sistema se inicia con la tumba y quema del bosque, seguido por la siembra de cultivos «colonizadores» como maíz y arroz, posteriormente la parcela se transforma en rastrojo y finalmente se implantan potreros para la ganadería. Este fenómeno se observa en los tres principales frentes de colonización de la Amazonia colombiana: Caquetá, Putumayo y Guaviare, así como en otras áreas amazónicas en Brasil, Perú y Ecuador. (Clirsen, FAO, 1989).

Las condiciones climatológicas que caracterizan la región incluyen una temperatura promedio de 25° C y altos niveles de precipitación mayores de 2.350 mm (Tabla 1). Estas condiciones se consideran excepcionales para propiciar el crecimiento de la flora natural.

Con respecto a la topografía, el ICA (1987) realizó una descripción detallada de las características fisiográficas de la región, encontrando que el 74.2 % del territorio se encuentra bajo selva, comprendiendo alturas entre 100 y 400 m.s.n.m.; el 20.2% del territorio se encuentra ubicado en el piedemonte, que incluye áreas de cordillera, serranía, piedemonte llanero y piedemonte amazónico en alturas entre 400 – 1.000 m.s.n.m.; y solamente el 5.6% corresponde a territorio de sabana (especialmente los denominados Llanos del Yari).

Tabla 1. Parámetros físicos de la zona de influencia del proyecto.

Parámetros	Valores
Altitud	100 – 1000 (msnm)
Clima	Cálido - húmedo
Temperaturas medias anuales	25 °C
Precipitación media anual	3600 mm
Meses secos	Enero y Febrero
Humedad relativa	85 %
Suelos	Pobres, ácidos y con saturación de aluminio
Topografía	pendientes moderadas

Fuente: Corpoica, 2003.

El piedemonte es un área de intensa actividad humana y ha servido como antesala para la colonización de la selva. Allí se encuentra ubicado cerca del 77% de los 900.000 habitantes con que cuenta la Amazonía. La región cuenta con infraestructura básica de carreteras, servicios de salud, educación, electrificación, acueducto y alcantarillado de manera principal en el área urbana.

2.2 Caracterización Socio Económica de la Actividad Ganadera en la Zona del Proyecto.

La principal actividad económica en la región es la ganadería, manejada sin ningún criterio sostenible. La capacidad de carga establecida sin criterios técnicos conlleva a ocasionar sobrepastoreo de las praderas, lo que trae como consecuencia compactación del suelo, erosión del mismo y la invasión de malezas, las cuales posteriormente son controladas con la quema. La baja tasa de productividad por animal y unidad de superficie (2 litros de leche por vaca/día y 1 animal/hectárea), conjugan las críticas que desde diversos sectores se hace a este renglón productivo.

La Gobernación del Caquetá (2001) reporta un cálculo de producción de 637.451 litros de leche/día. Igualmente, se sacrifican 46.984 bovinos cada mes, que producen aproximadamente 9.397 toneladas de carne. La producción lechera es comercializada en su mayoría por la empresa Nestlé de Colombia, así como, por productores de queso de la región y expendedores urbanos de leche cruda. La comercialización de la carne se efectúa a través de la empresa COFEMA, que sacrifica los animales y, además, expende canales y cortes al interior del país.

Otra actividad económica que ha venido escalando posiciones en la región es la piscicultura. Estudios realizados por la Secretaría de Agricultura del departamento del Caquetá en el año 2002, reconocen un total de 5.115 estanques, distribuidos en los 16 municipios, con un área total de espejo de agua de 2.336.620 m² y una producción promedia anual de 1.050 toneladas. Esta situación posiciona la piscicultura como una alternativa económica promisoría para la zona.

En el campo agrícola, uno de los cultivos importantes es la explotación del caucho (*Hevea brasiliensis*), su valor en el mercado esta alcanzando valores comerciales de US\$ 1.1/Kg, obteniéndose aproximadamente 10 kilos diarios de látex. En menor proporción los cultivos de plátano y la yuca contribuyen con los ingresos de los productores de la zona.

2.3 Los Sistemas de Producción Ganadera en las Zonas del Proyecto.

En las zonas del proyecto se distinguen tres grupos de fincas de acuerdo a la topografía en que se encuentran ubicados los predios y al tamaño de los mismos, la clasificación se encuentra altamente relacionada con la calidad de los suelos existentes en las respectivas fincas. Las características de estos grupos productivos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de los grupos de acuerdo con la topografía y el tamaño de las fincas.

Detalle	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Tamaño finca (ha)	1-100	101 - 500	> 500
Topografía predominante	Cordillera y Piedemonte	Piedemonte y Lomerío	Vegas de los ríos
Número de bovinos	< 200	201 - 500	> 500
Número personas dependientes	> 6	2	< 2
Cantidad de empleo generado	< 2	2 - 4	> 5
% del área total en bosques	0 - 70	< 10	0
Usos del suelo	Pastos + cultivos	Pastos + cultivos	Pastos
Combustible para cocinar	Leña - gas	Leña - gas y electricidad	Gas y electricidad
Intensidad de erosion	Desde nula a muy intensa	Desde nula a muy intensa	Desde nula a muy intensa
Usos de las quemas	Sí	Sí	Sí
Subsistemas opcionales	Peces y aves	Ninguno	Ninguno

Fuente: Ramírez, 2002.

El sistema de producción ganadero descrito anteriormente demanda muy poca mano de obra con respecto al área que ocupa. En las fincas del grupo I, las tareas agropecuarias son realizadas en su mayoría por el propietario y su familia; en las fincas de los grupos II y III, muchas de estas tareas son realizadas por un mayordomo. El valor promedio del jornal en las zonas del proyecto es de US\$ 5.5/día. El salario mensual de un trabajador ganadero es de US\$ 130.

2.4 Tipos de Productores.

La zona del proyecto presenta características peculiares en cuanto a las categorías de productores, los que se correlacionan con las características de tamaño de los sistemas pecuarios existentes en las mismas. Los productores con fincas grandes son, en general, propietarios ausentistas. Este tipo de productor posee la finca como un patrimonio, el cual no está destinado para obtener mayor rentabilidad, y el dominio sobre la propiedad es bastante cambiante. Por el contrario el productor del grupo I, vive y trabaja en el predio con su familia, siendo la falta de conocimientos técnicos para la adopción de sistemas alternativos sostenibles y la escasez de recursos financieros lo que le impide mejorar la productividad.

El nivel de educación de los productores es similar, a pesar de las diferencias entre los distintos grupos indicados anteriormente. La gran mayoría de los ganaderos son personas alfabetas, que saben, como mínimo, leer y escribir, el 47% tiene un nivel educativo entre algunos años de la primaria y la primaria completa. En menor grado, se presenta el nivel de secundaria, ya que solamente el 10% de la población ha cursado algún grado del mismo. (Tabla 3).

3. Caracterización de las Fincas del Proyecto.

Para caracterizar las fincas del proyecto se aplicó una encuesta a 17 finqueros, los cuales han sido propietarios de sus tierras, en promedio, a lo largo de 13 años. El tamaño de fincas a caracterizar en el ecosistema de bosque húmedo tropical, región de piedemonte amazónico colombiano, en el departamento del Caquetá, pertenecen en su mayoría al grupo I dentro de la caracterización general de los sistemas de producción antes señalados. El promedio de área de las fincas es de 56 ha, con una variación de tamaños entre 1 y 170 ha. El 23.5% de las fincas (4) presenta superficies menores de 10 ha, mientras que el 76.5% restante (13 fincas) posee más de 35 ha.

Tabla 3. Nivel educativo de los productores de la zona del proyecto.

Grado Escolar	Porcentaje
Ninguno	28.5
Primaria incompleta	27.3
Primaria completa	19.7
Secundaria incompleta	6.8
Secundaria completa	3.2
Universitaria	6.0
Tecnológica	1.2
No sabe/ no responde	7.3

Fuente: Ramírez, 2002.

Las fincas presentan pendientes pronunciadas (entre 15 y 45%) con niveles de erosión desde leve hasta muy alto. Los suelos son pobres en materia orgánica, deficientes en fósforo, ácidos y con saturación de aluminio. La condición de baja fertilidad de los suelos orienta su uso, limitando el desarrollo de muchos cultivos. La carga animal es de 0.5 animales/ha. La casi totalidad del área de la finca se encuentra con pastos nativos de baja calidad nutricional, con producciones estimadas inferiores a 5 toneladas de materia seca/ha/año y la presencia de especies vegetales no comestibles puede variar entre 40 y 60% del área total.

La utilización de cercas vivas no es una práctica común entre los productores y la presencia de árboles en las pasturas es muy escasa. Sin embargo, algunos productores han permitido el aislamiento de pequeñas áreas de bosque fundamentalmente como protección de los nacimientos de agua.

El área total cubierta por las fincas encuestadas es de 955 ha, de las cuales, el 2% del área está ocupada por las fincas menores de 10 ha. Estas pequeñas fincas poseen pasturas naturales, llamados localmente criaderos, compuestos por especies del género *Paspalum sp* y guaduilla (*Homolepis aturensis*), y áreas en rastrojo. No poseen asociaciones de gramíneas con leguminosas.

Las fincas mayores de 10 ha tienen como uso actual del suelo principalmente los pastos nativos, seguido por las áreas en rastrojos y las dedicadas a pastos mejorados, especialmente especies como el *Brachiaria humidicola* y *B. decumbens* (Figura 1). Muy poca área se halla en asociaciones de gramíneas y leguminosas.

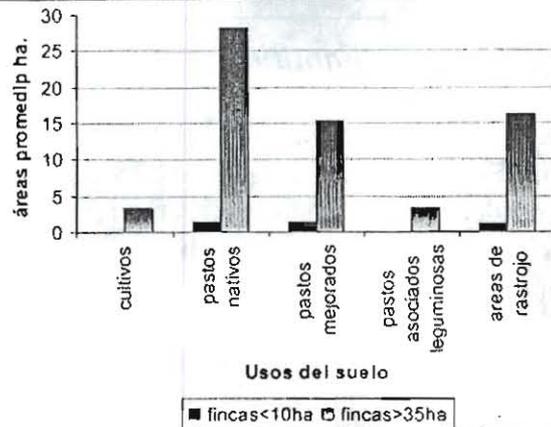


Figura 1. Uso actual del suelo en las fincas encuestadas.

Con respecto a las áreas de cultivos anuales y perennes, estas se encuentran en cultivos de yuca (*Manihot esculenta*), caucho (*Hevea brasiliensis*) y algunos frutales amazónicos.

De manera general, el área dedicada a las pasturas se ha incrementado desde 1980 hasta el año 2002 del 6.6% al 62.6%, reduciéndose al mismo tiempo el área dedicada a bosque; sin embargo ésta última se incrementó ligeramente desde el año 1990 hasta el año 2002.

El uso de los forrajes en pastoreo es la forma común de alimentación del ganado en las fincas ganaderas. La composición racial del hato está basada principalmente en el ganado de doble propósito, conformado por cruces raciales entre cebú, con holstein, pardo suizo, gyr y normando. Los terneros se destetan a los 10 meses de edad, con un peso promedio de 140 kg y después del destete existe la opción de levantarlos y cebarlos en la finca o se venden a los cebadores de la zona, dependiendo del flujo de caja que posea el productor. Se emplea monta natural.

El desmalezamiento de la pastura se hace de manera manual una vez al año, época que coincide con los meses de verano. A los animales se les hace una suplementación mineral con sal mineralizada, la cual se ofrece a voluntad. La infraestructura existente en la finca es poca. Los cercos son establecidos con cercas muertas de púas.

El 88% de los productores viven con sus familias en las fincas, las cuales distan del poblado más cercano (Florencia, capital del Departamento del Caquetá) alrededor de 24 km y son accesibles todo el año por carretables en tierra. El 53% cuentan con servicios básicos de agua y luz; sin embargo, el 18% de las fincas no poseen ningún tipo de servicio.

Las viviendas son grandes, muchas de ellas con 6 cuartos diferentes a la cocina y la sala. Debido a que la mayoría no se encuentran ubicadas al margen de una fuente agua corriente, los habitantes se abastecen del líquido por medio de pozos excavados los cuales acumulan las aguas lluvias, y/o por fuentes naturales que nacen en la misma finca. Las casas han sido construidas con paredes y piso en cemento y techadas con zinc, no obstante, el 23% de las casas tiene actualmente el piso en tierra.

4. Caracterización del Finquero y su Familia.

Las 17 familias encuestadas, se encuentran conformadas en promedio por 5 miembros cada una, para un total de 84 personas. En la muestra, al menos el 75% de los pobladores está en edades entre 11 y 49 años, es decir, la comunidad asentada está compuesta por una población joven con un buen potencial de mano de obra productiva. El 60.8% de la población encuestada está compuesta por hombres.

Sin considerar los niños en edad preescolar, se encontraron solamente dos personas adultas que no saben leer ni escribir. Entre los alfabetos, el nivel de escolaridad promedio es de 4.9 años, correspondientes a una educación primaria completa, con mayor nivel promedio de escolaridad en hombres (ver Figura 2).

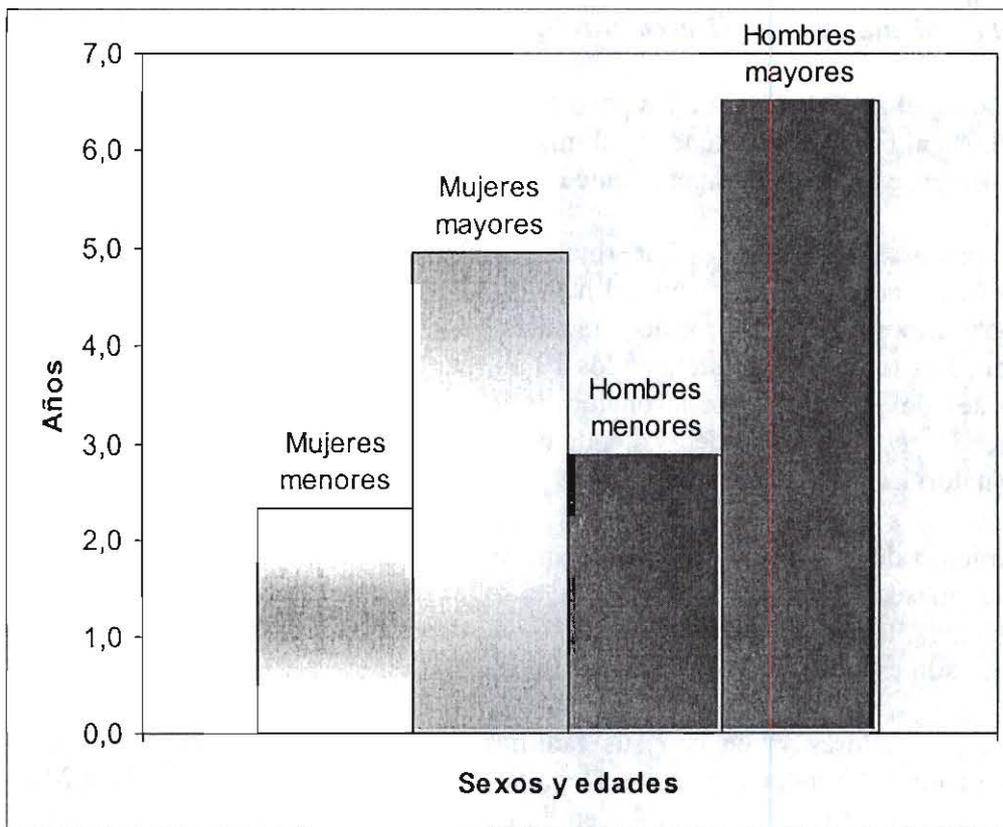


Figura 2. Distribución de años promedio de escolaridad del finquero y su familia, discriminado por género y edad.

Del total de pobladores muestreados, sólo el 50% tiene acceso a algún servicio de seguridad social, y el 47% cuenta con los servicios públicos de agua potable y electricidad. Estos datos concuerdan con lo encontrado en la segunda etapa de la encuesta social adelantada por la Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo FEDESARROLLO (2001), donde se reportó que el 60% de los colombianos no tiene acceso a los servicios de salud ni se encuentra afiliada a ningún fondo de pensiones, hecho atribuido al desempleo generalizado en el país.

En lo referente a tenencia y valor de la tierra, el 82% de los propietarios posee escritura pública como documento legal que ampara la propiedad sobre la tierra y consideran que el valor comercial promedio de la tierra por hectárea corresponde a US\$ 258. Comparado con otras regiones de Colombia, el capital total (tierra, infraestructura y equipo) por área es bajo (US\$ 302/ha). De lo anterior, se desprende que se trata de productores pobres, los cuales poseen la tierra y su fuerza laboral, pero no poseen demasiados recursos de inversión para sus predios.

Debido a las condiciones de pluviosidad de la zona, no existe diferencia entre las labores agrícolas o pecuarias de invierno y verano que se realizan al interior de la explotación durante todo el año. Dada la permanencia del productor y su familia en la parcela como aportantes de mano de obra; solamente el 29% de los finqueros pagan salarios externos, los cuales ascienden a un valor promedio de US\$ 943/año.

De manera global, se puede afirmar que los productores han tenido poco acceso al crédito en los últimos 5 años. En los pocos casos que se ha tenido, la entidad prestamista ha sido el Banco Agrario de Colombia. Igualmente, los productores afirman haber recibido dinero prestado de particulares (prestamistas) con intereses muy altos.

4. Caracterización de los Sistemas de Producción.

La actividad principal desarrollada por los productores es la ganadería de doble propósito. Al momento de la encuesta los 17 productores poseían un total de 554 animales vacunos. En el 88.2% de las fincas se produce leche y en el 23.5% se ceban los terneros nacidos en la explotación. Del total de animales vacunos, el 77.2% está representado por animales propios.

En estas fincas el principal objetivo de producción para sus parcelas es la ganadería, pero simultáneamente en algunas fincas se explotan los cerdos, las aves y los peces tanto para fines de comercialización como para autoconsumo. Esta iniciativa de diversificación de la producción de sus granjas a partir de la explotación de diferentes especies animales es una práctica que debe incentivarse capitalizando el beneficio social y económico que representa para el productor.

La piscicultura ha cobrado gran importancia. Esto se debe a la facilidad de establecimiento porque no tiene, como en otras regiones de Colombia, la limitante del agua, ya que este recurso abunda en la región. Además del producto para consumo familiar, quedan excedentes para la venta en los mercados locales y con ello se pueden obtener ingresos adicionales.

Aunque casi todos los productores poseen equinos, la cantidad total en la muestra obtenida es baja, debido al bajo promedio de animales por productor (menor de dos). Estos animales son mantenidos en las fincas como animales de trabajo y transporte.

En todas las fincas encuestadas se reportó el autoconsumo de productos generados en las mismas. Valuado a precios de mercado, el autoconsumo equivale en promedio, a un 22.5% de lo generado por las ventas totales de productos de la finca (Figura 3). El engorde de pollos y la producción de huevos fueron rubros importantes para el autoconsumo, ya que se consumió en la finca el 69% de lo producido por esta actividad. En lo que respecta a la cría de peces, el autoconsumo corresponde al 11% de lo producido anualmente por los dos productores que explotan esta actividad productiva.

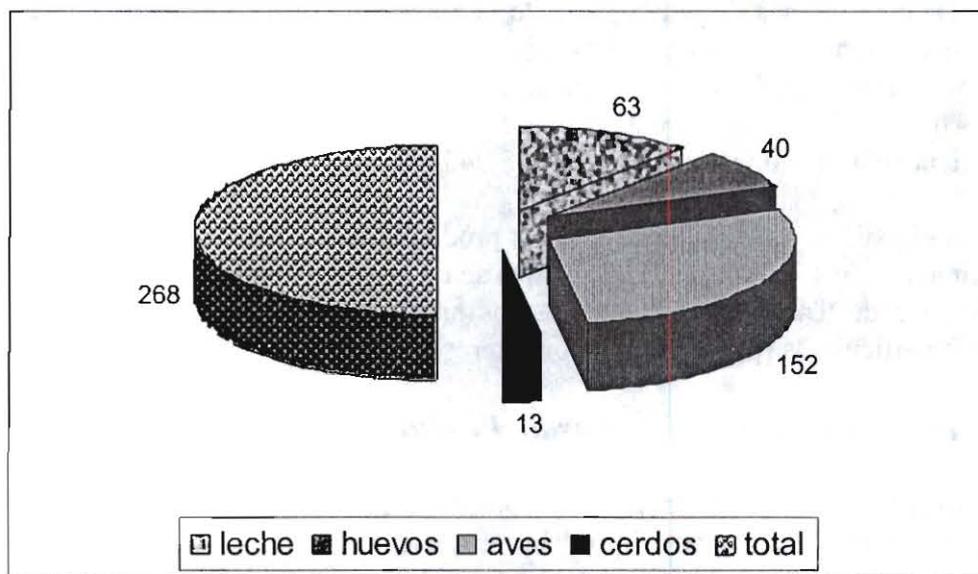


Figura 3. Valores comerciales promedio/año de productos pecuarios de autoconsumo (US\$).

5. Ingresos de la Finca.

Los ingresos de las fincas provienen de las ventas de animales bovinos, leche, cerdos, pollos, huevos, peces y productos agrícolas como el caucho. No todas las fincas encuestadas mostraron ventas en todos los rubros mencionados anteriormente (Figura 4). Sin embargo, las ventas de animales vacunos y de leche, junto con la venta de aves, fueron los rubros más comunes de ventas encontrados. De manera global se observó un valor total promedio de US\$ 3.042 (\pm US\$ 4.941) de ventas anuales para los productores encuestados. El alto grado de dispersión en los montos de las ventas, aún normalizadas por ha (media = US\$ 76.8, desvío estándar = US\$ 134) se debe a la diversidad de los sistemas de producción que se observan en las fincas (además del ganadero), y a que no todas las fincas poseen los mismos sistemas de producción no ganaderos.

Es importante resaltar el valor promedio anual que se recibe por venta de caucho, el cual es muy similar al ingreso promedio proveniente de la ganadería en el mismo tiempo. Esta situación regional se enmarca dentro de las políticas nacionales de productor promisorios de exportación; en las cuales, la explotación del caucho se perfila como un sistema productivo que debe gozar de atención preferente. Lamentablemente, no todos los

productores cuentan con la explotación de este cultivo el cual actualmente presenta un buen precio en el mercado, lo que lo hace competente con el principal renglón productivo de la región.

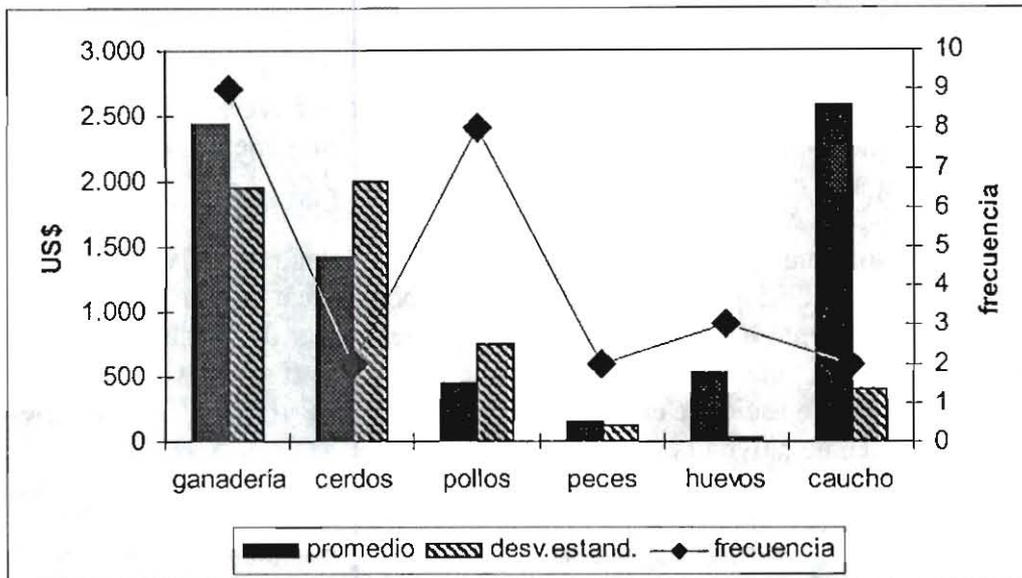


Figura 4. Valores promedio anuales de venta de productos agropecuarios (US\$).

Los gastos promedio totales en insumos por sistema productivo por finca se muestran en la Figura 5. La producción de aves mostró el gasto promedio en insumos más alto por ha, de US\$ 47. Los gastos en insumos para la producción ganadera, cerdos y caucho exhibieron los valores más bajos, de US\$ 6/ha.

La mano de obra aportada fue fundamentalmente familiar. La familia del finquero aportó, en promedio, 344 jornales anuales. Sólo unas pocas fincas contrataron mano de obra (5 fincas), la que se destinó en casi su totalidad a labores relacionadas con la actividad pecuaria. El monto promedio anual pagado por mano de obra fue de US\$ 1.224,8 (\pm US\$ 1.079).

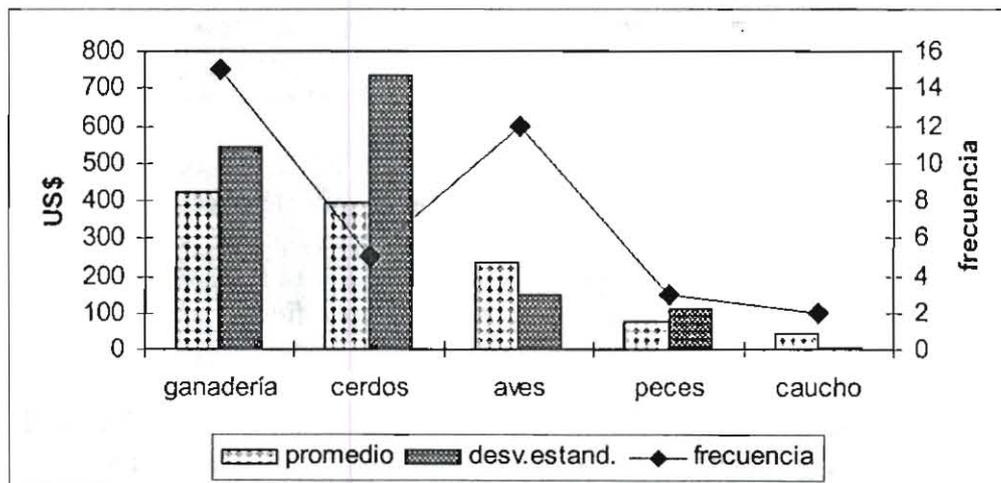


Figura 5. Valores totales anuales de costos de insumos por sistema productivo (US\$).

El caucho se presentó como la actividad productiva que generó los mayores ingresos netos, tanto a nivel de la finca (US\$ 3.341) como por unidad de superficie (US\$ 416,8/ha). La actividad ganadera mostró una marcada variabilidad en los ingresos netos (media US\$ 661, ± US\$ 1.663). Esta variabilidad se refleja en el hecho que más de la mitad de las fincas (53%) tuvieron ingresos netos negativos en este rubro de producción. Los ingresos netos obtenidos por el desempeño de actividades pecuarias como las aves, cerdos y peces fueron, al igual que los de la ganadería, altamente variables. En general, las mismas fueron emprendidas a pequeña escala.

La Figura 6, muestra que los ingresos promedio anuales netos por actividades productivas de las fincas fueron de US\$ 905.7 (± US\$ 1.930). Cabe destacar que un porcentaje elevado de fincas (41%) presentó ingresos netos anuales negativos de hasta US\$ -1.441. Sin embargo, al computar el beneficio familiar (ingreso neto más valor productos de autoconsumo), el mismo asciende en promedio a US\$ 1.174 (± US\$ 2.096), y el porcentaje de fincas con balance negativo disminuye al 29.4%.

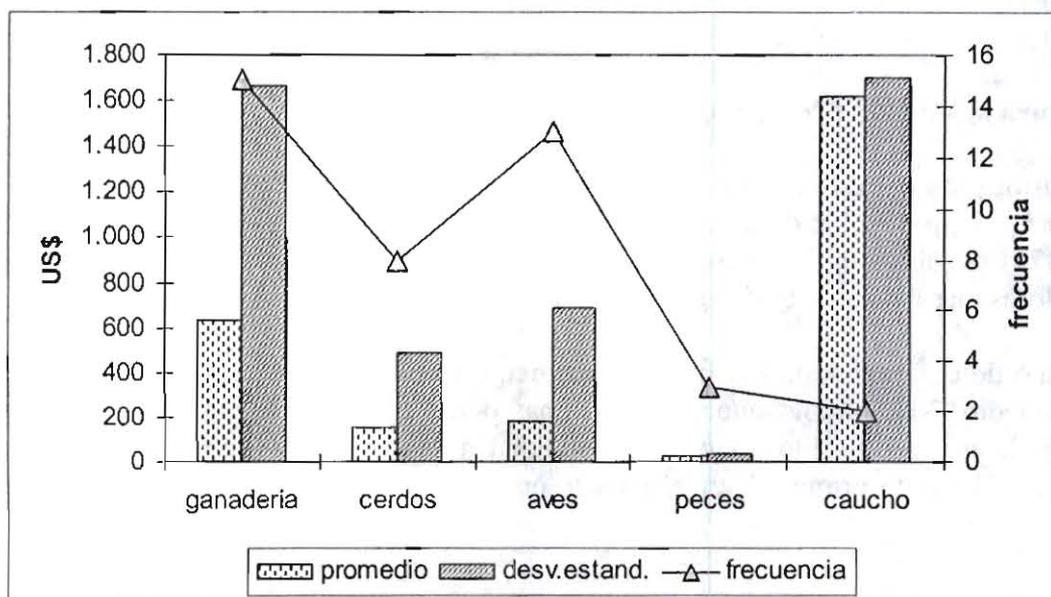


Figura 6. Valores anuales promedios de ingresos netos por producción de la finca.

En un 26% de las fincas encuestadas, los miembros de la familia también emplearon su mano de obra fuera de la finca. Los ingresos percibidos por este concepto fueron del orden de los US\$ 1.906 anuales (± 973.6). Estos ingresos generados fuera de la finca representaron, en todos los casos, ingresos mayores a los obtenidos por las actividades productivas en las respectivas fincas. A su vez, cuatro fincas recibieron remesas de miembros de la familia que habían emigrado por valores anuales promedios de US\$ 286 (± 114.5). En tres de las cuatro fincas, estas remesas fueron mayores que los ingresos netos anuales generados por las actividades productivas de la finca. Si a los ingresos netos de la finca se le suman los ingresos por actividades fuera de la finca más las remesas recibidas del exterior, los ingresos promedio totales ascienden a US\$ 1.421.6 (± 2.114), y el número de fincas con balance negativo disminuye al 26%.

6. Conclusiones

- Los productores encuestados se corresponden mayoritariamente a finqueros del grupo 1 dentro de la clasificación general de los sistemas de producción de la región amazónica, los que se caracterizan por poseer fincas menores de 100 hectáreas y poca disponibilidad de capital.
- El sistema de producción predominante en las fincas es la ganadería doble propósito, la cual se haya diversificada con otros sistemas agropecuarios, tales como la piscicultura, el caucho, la avicultura y los cerdos. Sin embargo, esos sistemas agropecuarios mencionados anteriormente no se hallan presentes en el total de las fincas.
- Casi la mitad de las fincas encuestadas presentó ingresos netos negativos.
- Un porcentaje significativo (puede alcanzar hasta más del 50%) de la producción de la finca se destina al autoconsumo.
- Un cuarto de las fincas encuestadas completan sus ingresos con el dinero recibido por familiares que han emigrado o por el trabajo que ellos realizan por fuera de la explotación.

Referencias

- CLIRSEN, FAO. 1989. Monitoreo del uso de la tierra en la región amazónica ecuatoriana. Quito. 115 pp.
- CORPOICA, 2003. Estación Meteorológica, Macagual. Florencia, Caquetá. Colombia.
- FEDESARROLLO. 2001. Encuesta Nacional. Bogotá, Colombia.
- GOBERNACIÓN DEL CAQUETA. 2001. Secretaria de Agricultura del Caquetá. Estadísticas Agropecuarias. Florencia, Caquetá. Colombia.
- GOBERNACIÓN DEL CAQUETA. 2003. Secretaria de Agricultura del Caquetá. Estadísticas Agropecuarias. Florencia, Caquetá. Colombia.
- HOLDRIDGE, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. IICA. Serie de libros y materiales educativos. No. 34. 276 pp.
- ICA. 1987. Plan nacional de rehabilitación. Diagnóstico regional del Caquetá. ICA-Regional &, Volumen I, Florencia, Caquetá. Colombia. 189 pp.
- RAMÍREZ, B. 2002. Diagnóstico Ambiental y Alternativas de Desarrollo Sostenible en Fincas Ganaderas Establecidas en la Amazonia Colombiana. Colombia

Chapter 4

Sub-humid and Humid Tropical Forest Sub-ecosystem, Costa Rica

Humid and Sub-humid Tropical Forest, Costa Rica, first two Years Research Activities

Muhammad Ibrahim¹

Contents

1. Field Activities of existing experiments in Pocora and Esparza
2. Establishment of new experiments
3. Results of existing experiments at Pocora and Esparza
4. Characteristics of site for new experiments
5. Additional research activities
6. Training activities
7. Field Problems
8. Plans for third year

1. Field activities of existing experiments in Pocora and Esparza

1.1. Field activities existing experiment: Pocora

- The experimental plots were laid out and soil profiles established in each site
- Each site was sampled: soils collected for fertility parameters and carbon
- Available DM production was measured in each plot
- Maintenance of experiments
- Data- digitized and analysed: analysis of variance, regression analysis etc In the silvopastoral systems: tree inventory was carried out and data is being used to develop models to estimate C sequestration
- 8 farms were surveyed to collect socio-economic data for economic analysis

1.2. Field activities existing experiments: Esparza

- The experimental plots were laid out and soil profiles established in each site
- Each site was sampled: soils collected for fertility parameters and carbon
- Available DM production was measured in each plot
- Maintenance of experiments
- Data- digitized and analyzed: analysis of variance, regression analysis etc(MSc. Student currently analysing data)
- In the silvopastoral systems: tree inventory was carried out and data is being used to develop models to estimate C sequestration
- farms were surveyed to collect socio-economic data for economic analysis

¹: Ph.D. in Agroforestry Systems. Project Executive Committee Member (C-Sequestration project). CATIE, Costa Rica

2. New Experiment: Esparza

- The new experiment was established in October 2002, on a degraded pasture of a cattle farm –fenced
- Site: slope–45%; topography undulating, cover of pasture < 35%, % Bare soil- 40%
- Treatments: *Brachiaria brizantha*, *B. brizantha* + *A. pintoi*, *Cratylia argentea*, natural pasture, natural regeneration
- Fertilizer: A mixed fertilizer was applied at planting: 15:15:15 (100 kg/ha)
- Fencing: plots was fenced off to keep cows and wildlife out of the experimental site
- Replanting: The dry season began earlier than expected and about 15% mortality was observed on *Cratylia* which was replanted at the beginning of the wet season in June 2003.

Activities new experiment cont

Soil profiles: soil profiles was established and mapped out on each plot with GPS. Soils were sampled in each plot for fertility parameters and soil C.

Measurements:

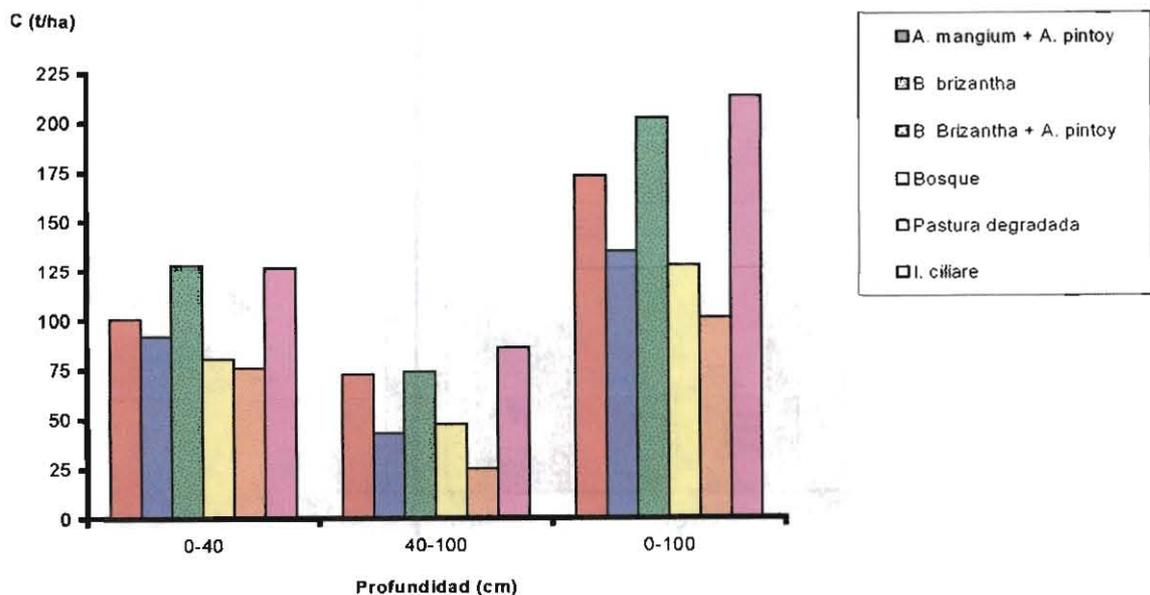
- % ground cover of each plot, and botanical composition (% dry weight)
- DM production of all grass treatments; DM production of *Cratylia* will be carried out in October. Data will be collected on individual plants to develop model for biomass and C sequestration
- Tree inventory carried out in plots for natural regeneration:
Abundance of species and density

3. Results of Existing experiments: Pocora

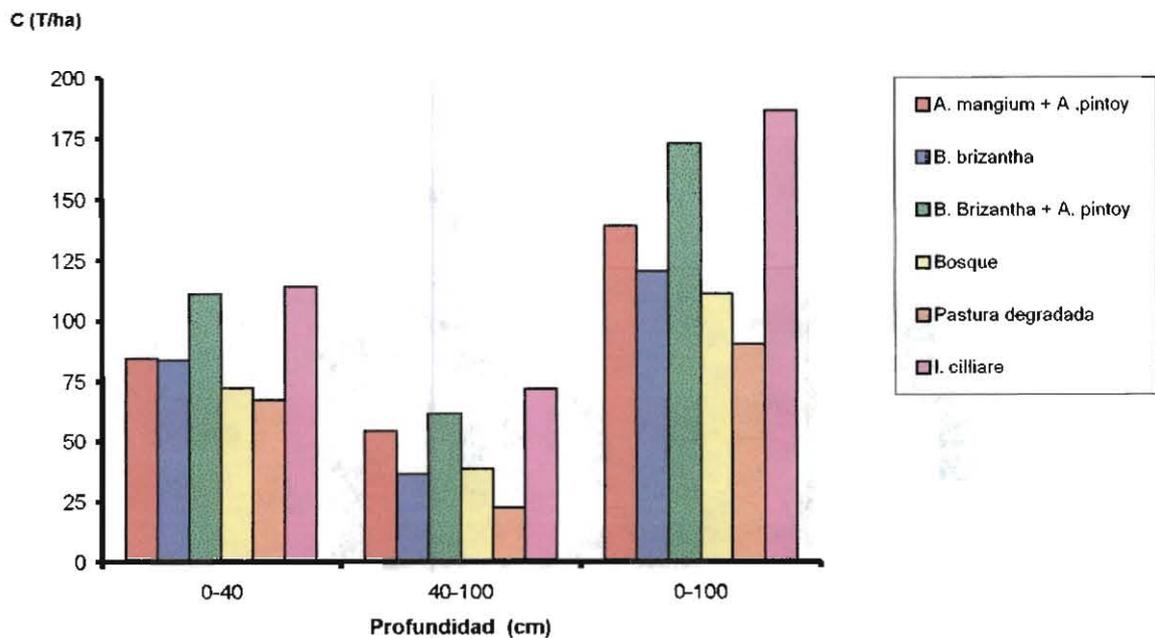
Statistical analysis:

- Descriptive analysis to see tendencies and relationships
- Analysis of variance to determine treatment effects
- Step wise regression analysis
- Multivariate analysis: component analysis and cluster analysis

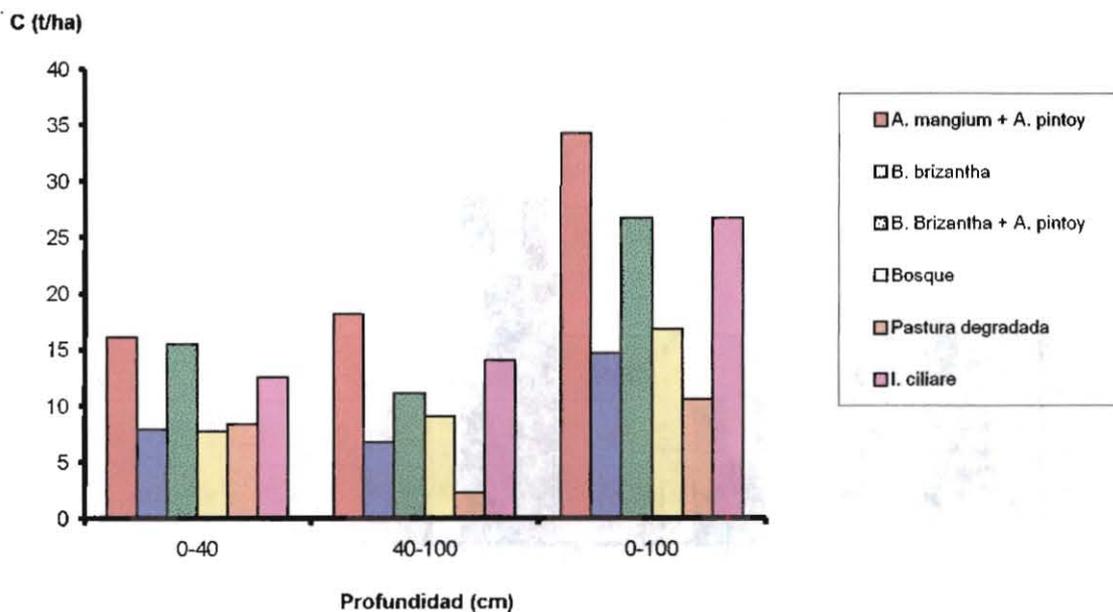
Total carbon in different systems: Pocora



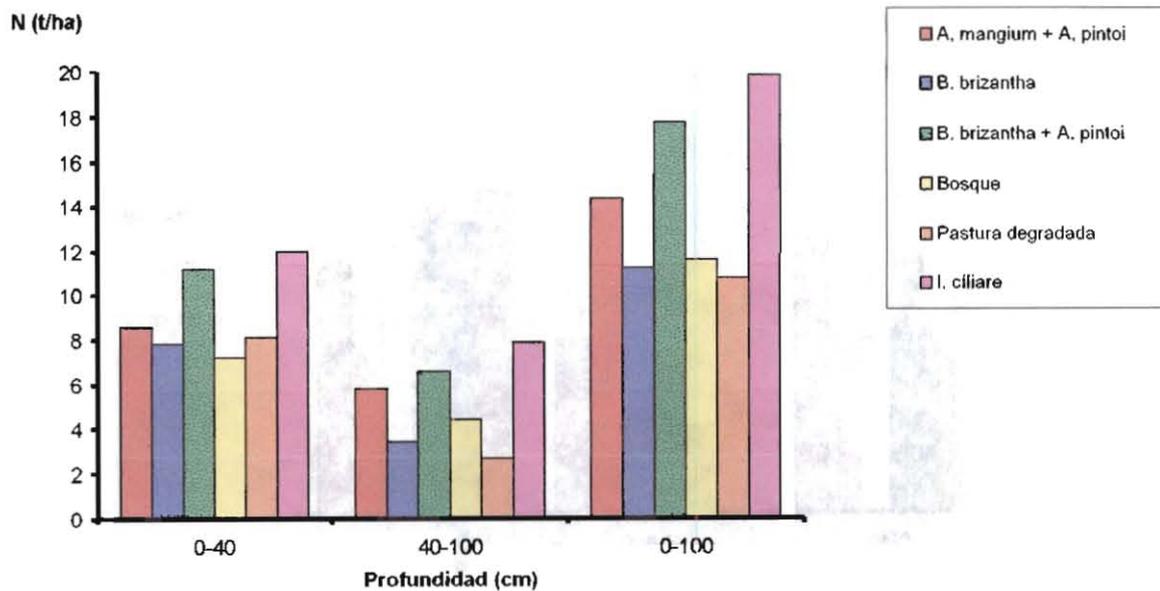
Oxidisable carbon: Pocora



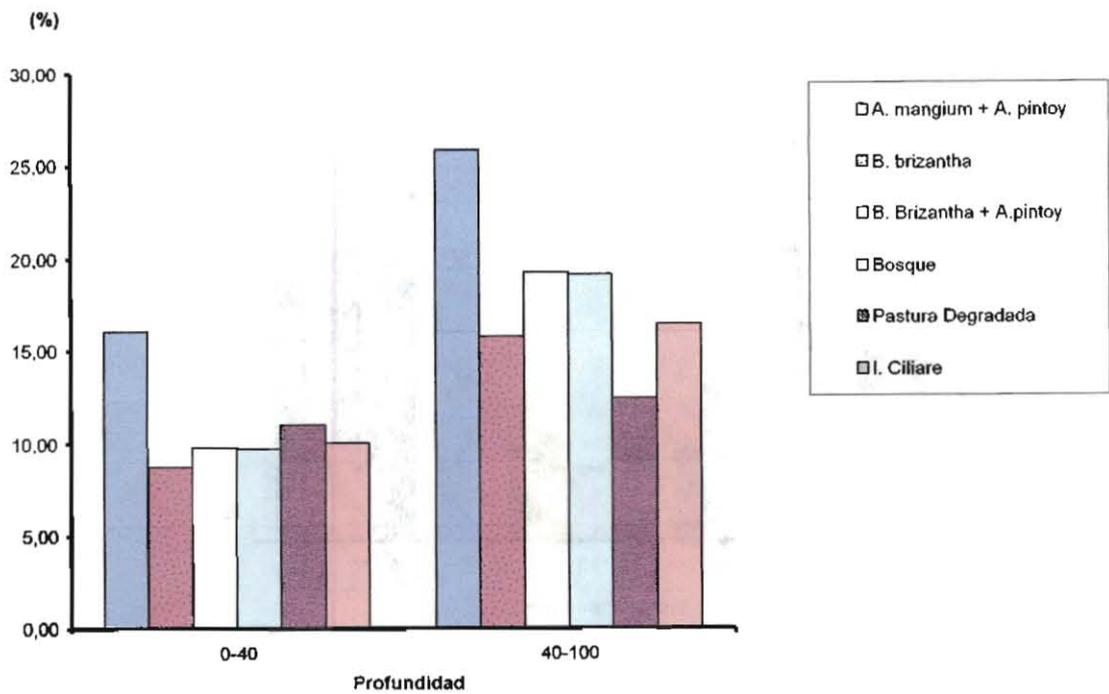
Stable carbon: Pocora



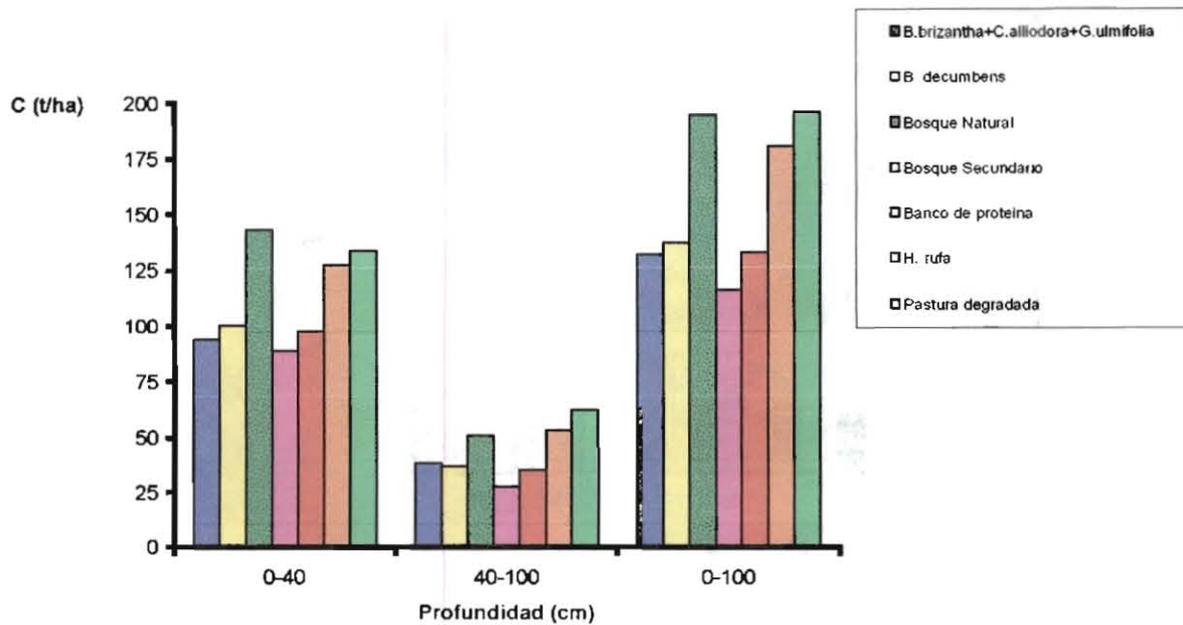
Total N of soil: Pocora



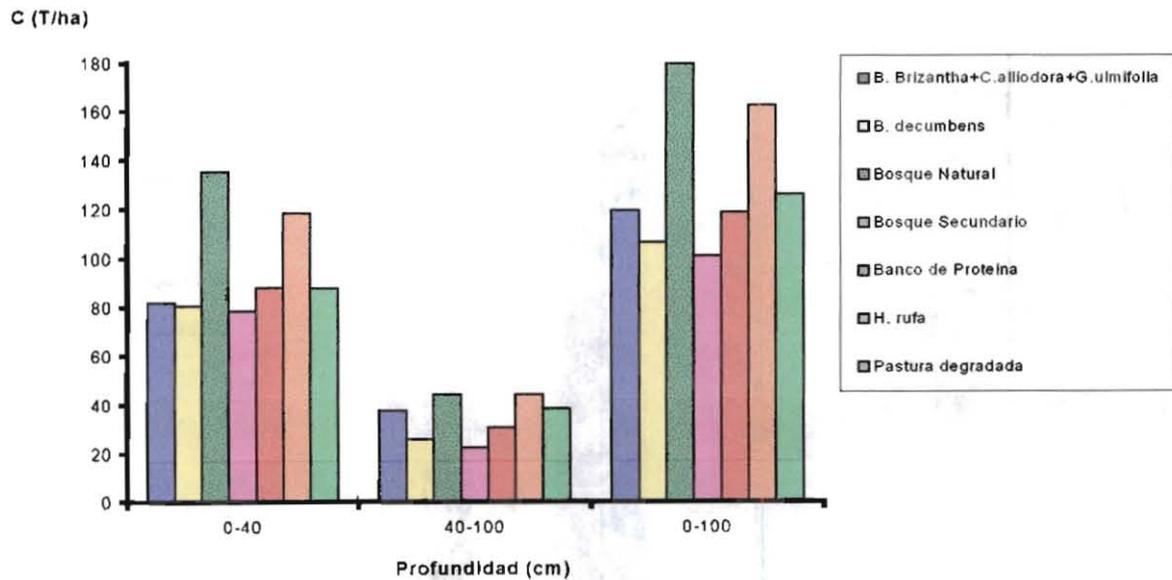
Carbon Stables (%), Pocora



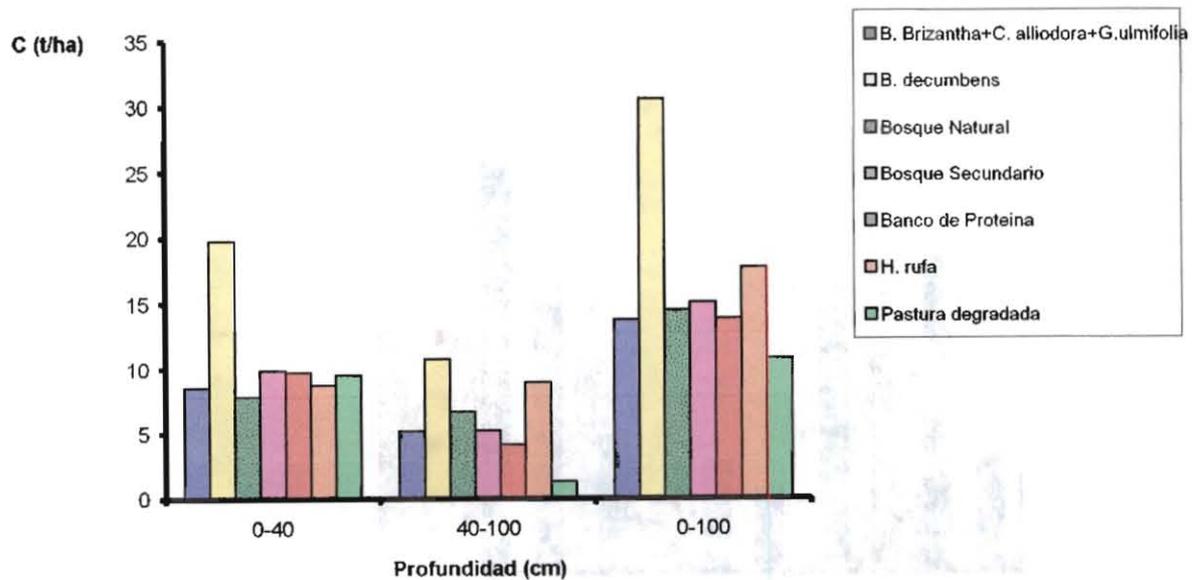
Total carbon: Esparza



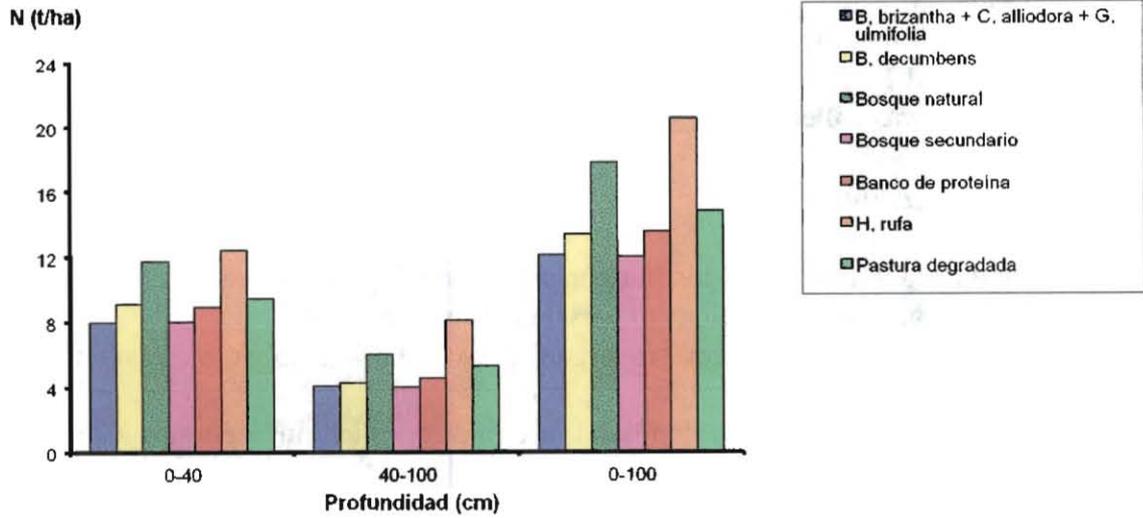
Oxidisable Carbon: Esparza



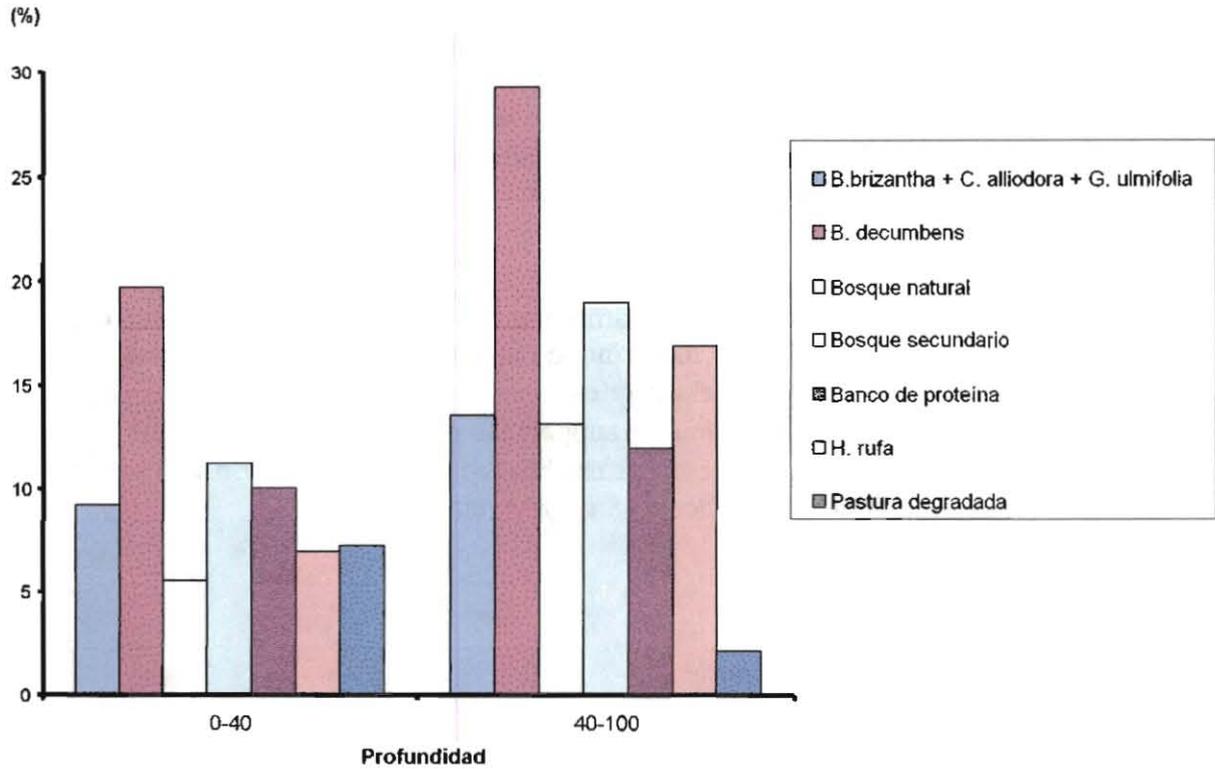
Stable carbon: Esparza



Total N: Esparza



Carbon stable (%), Esparza



5. Additional research activities

- Fractioning of C- An MSc student completed a field work in Esparza and data is being analyzed
- PhD thesis- (L. Tanguxuhan) is being established in the sub-humid and humid tropics- chronosequence of land use systems and isotopes
- A study will be started by 1 Msc student to measure physiological relationships and C sequestration using gas analyzer (sub-humid tropics) – effect of shade and no-shade; quantify root turn over rates of pasture
- With CSU and FAO, model of greenhouse gases being developed- includes SSP systems- data was collected in Esparza on inputs and outputs for the model

6. Training activities/workshops

- Course conducted with national institutions on methodologies for monitoring
- Workshop with national institutions to present preliminary data
- Collaboration with other projects to organise workshop- october on markets for Carbon
- Participatory workshop to develop land use index which incorporates C as an environmental services
- Workshop to discuss socio-economic evaluation

7. Field Problems

Methodological:

- Spatial variability of Carbon in existing plots and analysis should consider:
- History of plots: fire, land use, grazing regimes
- Biophysical aspects: topography, soil texture and fertility
- Vegetation: cover, species diversity and abundance

Other problems

- Existing plots established on farms: farmers are using different grazing practices in the wet and dry season: 30 –45 days rotation in the wet seasons; continuous grazing in the dry season- different stocking rates
- Risk that farmers will not continue to support the project over the long term
- New experiments: the experiment was established on one farm; farm was sold for conservation and in principle there is an agreement to

Historia de los usos del suelo en los tratamientos de los experimentos establecidos en Esparza y Pocora. Costa Rica

Sitio	Tratamiento	Historia de uso del suelo
Esparza	Bosque Natural	Hace 4 años se le extrajeron los árboles de mayor grosor.
	Bosque secundario	Hace 6 años era pastura natural pero se dejó regenerar.
	Pastura <i>Hyparrhenia rufa</i>	Hace 50 años es pastura natural
	Pastura degradada de <i>Hyparrhenia rufa</i>	Desde hace 100 años ha sido pastura natural
	Banco forrajero de <i>Cratylia argentea</i>	Hasta hace 8 años fue una pastura natural luego se sembró <i>C. argentea</i> .
	<i>Brachiaria decumbens</i>	Hasta hace 3 años fue pastura natural de Jaragua luego se sembró de <i>Brachiaria decumbens</i> .
	<i>Brachiaria brizantha</i> + Laurel + Guacimo	Hasta hace 4 años fue pastura natural pero luego se sembró <i>B. brizantha</i> .
Pocora	Bosque	Bosque secundario
	<i>Acacia manguim</i> + <i>Arachis pintoii</i>	Pastoreo-natural antes que se sembró <i>A. Manginum</i> y <i>a. Pintoii</i>
	Pastura en buen estado de <i>Ischaemum ciliare</i>	Ha sido pastura desde hace más de 70 años y nunca ha cambiado el uso del suelo.
	Pastura degradada de <i>Ischaemum ciliare</i>	Se piensa que es pastura desde hace más de 70 años. Hace 10 años se dejó en barbecho, y hace 7 se volvió a pastorear.
	<i>Brachiaria brizantha</i>	Hasta 1992 fue pastura de ratana luego se sembró con <i>B. brizantha</i>
	<i>Brachiaria brizantha</i> + <i>Arachis pintoii</i>	Antes de 1996 era pastura natural y luego se sembró de <i>B. Brizantha</i> y <i>Arachis pintoii</i>

Características de textura del suelo a diferentes profundidades de los tratamientos de Esparza

Tratamiento	Profundidad (cm)	PH	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Densidad (g/cm ³)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	0-10	5,93 ± 0,15	28,81 ± 2,00	32,93 ± 4,16	38,26 ± 4,16	1,08 ± 0,08
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	10-20	6,10 ± 0,10	24,81 ± 0,01	40,26 ± 1,16	34,93 ± 1,15	1,15 ± 0,02
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	20-40	6,03 ± 0,15	24,14 ± 1,16	45,59 ± 3,46	30,26 ± 3,05	1,15 ± 0,06
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	40-100	6,17 ± 0,12	35,48 ± 3,06	36,93 ± 3,05	27,59 ± 2,00	1,21 ± 0,11
<i>B. decumbens</i>	0-10	5,6 ± 0,28	28,8 ± 2,82	36,6 ± 4,24	34,6 ± 1,42	1,12 ± 0
<i>B. decumbens</i>	10-20	5,8 ± 0,21	18,8 ± 2,83	46,6 ± 4,24	34,6 ± 1,41	1,16 ± 0,11
<i>B. decumbens</i>	20-40	5,9 ± 0,28	22,8 ± 2,83	45,6 ± 0,0	31,6 ± 2,83	1,19 ± 0,08
<i>B. decumbens</i>	40-100	5,8 ± 0,21	37,8 ± 4,24	37,6 ± 0,0	24,6 ± 4,24	1,10 ± 0,06
Banco de proteína	0-10	5,38 ± 0,15	29,01 ± 2,50	33,19 ± 2,33	37,79 ± 1,80	1,11 ± 0,03
Banco de proteína	10-20	5,48 ± 0,24	31,01 ± 2,50	34,69 ± 3,35	34,29 ± 2,36	1,14 ± 0,01
Banco de proteína	20-40	5,45 ± 0,34	34,01 ± 3,11	36,69 ± 3,73	29,30 ± 0,89	1,13 ± 0,03
Banco de proteína	40-100	5,60 ± 0,44	39,51 ± 4,33	31,69 ± 5,94	28,79 ± 2,59	1,12 ± 0,07
Bosque natural	0-10	6,40 ± 0,42	31,82 ± 4,24	30,99 ± 1,41	37,19 ± 2,83	0,80 ± 0,01
Bosque natural	10-20	6,20 ± 0,71	26,81 ± 5,66	35,99 ± 8,49	37,19 ± 2,83	0,91 ± 0,02
Bosque natural	20-40	6,05 ± 0,49	20,82 ± 2,83	45,99 ± 0,00	33,19 ± 2,83	1,21 ± 0,04
Bosque natural	40-100	5,40 ± 0,00	14,81 ± 0,00	59,99 ± 2,83	25,20 ± 2,83	1,36 ± 0,07
Bosque secundario	0-10	5,90 ± 0,14	34,41 ± 5,66	33,99 ± 5,66	31,59 ± 0,00	1,08 ± 0,00
Bosque secundario	10-20	6,15 ± 0,21	34,41 ± 2,83	33,99 ± 0,00	31,59 ± 2,83	1,18 ± 0,04
Bosque secundario	20-40	6,35 ± 0,21	35,41 ± 4,25	35,00 ± 1,41	29,60 ± 5,66	1,05 ± 0,13
Bosque secundario	40-100	6,50 ± 0,14	44,41 ± 0,00	29,99 ± 2,83	25,59 ± 2,83	1,07 ± 0,08
<i>H. rufa</i>	0-10	5,40 ± 0,08	38,21 ± 7,54	30,50 ± 4,62	31,30 ± 3,90	1,09 ± 0,06
<i>H. rufa</i>	10-20	5,65 ± 0,24	28,21 ± 5,45	42,49 ± 5,89	29,29 ± 3,54	1,19 ± 0,04
<i>H. rufa</i>	20-40	5,75 ± 0,37	24,21 ± 5,35	50,99 ± 4,93	24,80 ± 3,55	1,26 ± 0,06
<i>H. rufa</i>	40-100	5,80 ± 0,36	22,11 ± 7,71	59,49 ± 10,35	18,40 ± 3,88	1,28 ± 0,10
Pastura degradada	0-10	5,47 ± 0,15	37,08 ± 11,55	35,06 ± 9,63	27,86 ± 2,20	1,09 ± 0,13
Pastura degradada	10-20	5,57 ± 0,32	33,08 ± 7,02	36,39 ± 11,15	30,53 ± 4,39	1,05 ± 0,21
Pastura degradada	20-40	5,53 ± 0,31	31,88 ± 8,30	37,72 ± 15,64	30,39 ± 7,62	1,04 ± 0,32
Pastura degradada	40-100	5,40 ± 0,17	28,55 ± 10,00	43,19 ± 14,60	28,26 ± 6,80	1,09 ± 0,27

Características químicas del suelo a diferentes profundidades de los tratamientos de Esparza

Tratamiento	Profundidad (cm)	P (mg/l)	CEC (cmol/l)	Ca (cmol/l)	K (cmol/l)	Mg (cmol/l)	Al (cmol/l)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	0-10	1,22 ± 0,24	26,30 ± 3,12	17,80 ± 3,41	0,09 ± 0,02	8,41 ± 1,64	0,08 ± 0,03
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	10-20	0,64 ± 0,04	23,32 ± 4,28	16,89 ± 3,20	0,05 ± 0,04	6,38 ± 1,78	0,13 ± 0,05
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	20-40	1,21 ± 1,38	23,09 ± 5,47	16,04 ± 4,03	0,04 ± 0,02	7,02 ± 3,06	0,20 ± 0,07
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	40-100	1,49 ± 1,72	24,41 ± 7,08	17,33 ± 5,84	0,02 ± 0,01	7,06 ± 1,37	0,18 ± 0,03
<i>B. decumbens</i>	0-10	3 ± 3,14	25,4 ± 11,48	15,6 ± 6,81	0,2 ± 0,12	9,7 ± 4,78	0,1 ± 0,06
<i>B. decumbens</i>	10-20	0,9 ± 1,05	25,2 ± 11,62	15,3 ± 7,29	0,1 ± 0,10	9,8 ± 4,43	0,2 ± 0,10
<i>B. decumbens</i>	20-40	0,7 ± 0,69	24,8 ± 12,16	14,3 ± 7,28	0,2 ± 0,26	10,2 ± 5,15	0,1 ± 0,12
<i>B. decumbens</i>	40-100	0,9 ± 1,08	30,9 ± 24,27	16,3 ± 10,03	0,1 ± 0,1	14,5 ± 14,32	0,3 ± 0,30
Banco de proteína	0-10	2,50 ± 1,06	24,81 ± 3,28	15,71 ± 1,72	0,34 ± 0,19	8,76 ± 1,88	0,46 ± 0,25
Banco de proteína	10-20	1,55 ± 0,85	23,00 ± 2,61	14,99 ± 1,13	0,14 ± 0,17	7,88 ± 1,41	0,75 ± 0,55
Banco de proteína	20-40	4,12 ± 4,16	23,71 ± 5,64	14,06 ± 2,02	0,06 ± 0,07	9,59 ± 3,68	1,49 ± 1,30
Banco de proteína	40-100	0,85 ± 0,38	30,60 ± 15,30	16,55 ± 4,36	0,03 ± 0,03	14,02 ± 11,18	1,42 ± 1,48
Bosque natural	0-10	3,45 ± 1,15	22,57 ± 1,28	18,01 ± 0,11	0,68 ± 0,13	3,88 ± 1,26	0,04 ± 0,00
Bosque natural	10-20	2,37 ± 0,49	18,10 ± 3,30	13,40 ± 2,23	0,62 ± 0,07	4,09 ± 0,99	0,08 ± 0,07
Bosque natural	20-40	1,04 ± 0,01	14,43 ± 3,76	8,89 ± 2,41	0,64 ± 0,02	4,90 ± 1,32	0,18 ± 0,18
Bosque natural	40-100	0,65 ± 0,08	10,73 ± 0,21	6,46 ± 0,01	0,40 ± 0,01	3,87 ± 0,23	1,02 ± 0,58
Bosque secundario	0-10	1,13 ± 0,71	27,90 ± 2,77	16,06 ± 2,26	0,07 ± 0,03	11,77 ± 0,47	0,07 ± 0,03
Bosque secundario	10-20	0,64 ± 0,08	29,58 ± 2,51	18,13 ± 1,90	0,04 ± 0,00	11,41 ± 0,60	0,07 ± 0,01
Bosque secundario	20-40	0,39 ± 0,24	40,79 ± 0,21	24,62 ± 6,42	0,03 ± 0,00	16,14 ± 3,79	0,15 ± 0,11
Bosque secundario	40-100	0,33 ± 0,23	43,08 ± 14,29	25,86 ± 10,29	0,03 ± 0,00	17,20 ± 4,00	0,20 ± 0,07
<i>H. rufa</i>	0-10	3,64 ± 0,90	10,99 ± 1,54	7,81 ± 1,20	0,25 ± 0,11	2,93 ± 0,42	0,35 ± 0,14
<i>H. rufa</i>	10-20	1,40 ± 0,59	10,43 ± 3,46	7,37 ± 2,64	0,10 ± 0,04	2,97 ± 0,89	0,32 ± 0,20
<i>H. rufa</i>	20-40	0,65 ± 0,34	10,86 ± 5,01	6,92 ± 3,06	0,08 ± 0,03	3,87 ± 1,96	0,40 ± 0,27
<i>H. rufa</i>	40-100	0,44 ± 0,16	10,70 ± 4,78	6,19 ± 2,20	0,07 ± 0,02	4,45 ± 2,59	0,65 ± 0,70
Pastura degradada	0-10	2,16 ± 0,68	8,64 ± 4,40	6,08 ± 2,78	0,24 ± 0,12	2,32 ± 1,56	0,94 ± 0,57
Pastura degradada	10-20	1,40 ± 0,64	7,35 ± 5,13	5,18 ± 3,42	0,17 ± 0,08	1,99 ± 1,66	2,13 ± 2,11
Pastura degradada	20-40	0,99 ± 0,43	5,58 ± 4,85	4,00 ± 3,17	0,13 ± 0,05	1,46 ± 1,65	3,67 ± 4,63
Pastura degradada	40-100	0,58 ± 0,27	6,98 ± 5,62	4,87 ± 3,34	0,13 ± 0,07	1,98 ± 2,35	4,16 ± 4,95

Contenidos de materia orgánica, nitrógeno y carbono a diferentes profundidades en suelos de los tratamientos de Esparza

Tratamiento	Profundidad (cm)	M.O (%)	C Total (%)	C Oxidable (%)	N Total (%)	C Total (t/ha)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	0-10	5,92 ± 0,72	3,86 ± 0,97	3,64 ± 0,95	0,34 ± 0,08	42,42 ± 2,09
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	10-20	3,19 ± 0,12	2,24 ± 0,72	2,03 ± 0,65	0,22 ± 0,06	26,39 ± 1,35
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	20-40	1,80 ± 0,53	1,24 ± 0,52	1,04 ± 0,31	0,14 ± 0,05	24,75 ± 1,69
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	40-100	0,91 ± 0,11	0,58 ± 0,16	0,53 ± 0,07	0,08 ± 0,03	38,24 ± 12,67
<i>B. decumbens</i>	0-10	5,5 ± 1,40	3,49 ± 0,56	3,30 ± 0,45	0,31 ± 0,07	41,00 ± 10,89
<i>B. decumbens</i>	10-20	3,2 ± 0,90	2,16 ± 0,44	2,02 ± 0,41	0,19 ± 0,03	27,28 ± 7,80
<i>B. decumbens</i>	20-40	1,7 ± 0,27	1,12 ± 0,32	.	0,11 ± 0,02	32,03 ± 5,05
<i>B. decumbens</i>	40-100	0,7 ± 0,26	0,47 ± 0,19	.	0,07 ± 0,02	36,68 ± 12,62
Banco de proteína	0-10	6,27 ± 1,12	3,88 ± 0,63	3,71 ± 0,60	0,32 ± 0,05	43,88 ± 5,32
Banco de proteína	10-20	3,81 ± 0,90	2,58 ± 0,70	2,46 ± 0,72	0,22 ± 0,05	27,53 ± 5,72
Banco de proteína	20-40	1,71 ± 0,15	1,37 ± 0,46	0,99 ± 0,09	0,14 ± 0,04	26,22 ± 3,56
Banco de proteína	40-100	0,79 ± 0,05	0,50 ± 0,15	0,46 ± 0,03	0,07 ± 0,01	34,87 ± 5,98
Bosque natural	0-10	12,91 ± 2,67	7,88 ± 1,71	7,50 ± 1,56	0,63 ± 0,12	62,10 ± 11,91
Bosque natural	10-20	7,06 ± 1,92	5,23 ± 1,23	4,86 ± 1,18	0,43 ± 0,09	39,50 ± 9,33
Bosque natural	20-40	2,73 ± 1,00	2,65 ± 0,94	1,58 ± 0,58	0,23 ± 0,08	41,54 ± 11,74
Bosque natural	40-100	0,94 ± 0,15	1,13 ± 0,50	0,54 ± 0,09	0,12 ± 0,04	50,86 ± 10,52
Bosque secundario	0-10	4,03 ± 0,44	2,95 ± 0,67	2,78 ± 0,73	0,27 ± 0,08	28,57 ± 1,82
Bosque secundario	10-20	3,79 ± 0,53	1,90 ± 0,64	1,78 ± 0,53	0,18 ± 0,05	28,90 ± 2,76
Bosque secundario	20-40	2,35 ± 1,58	1,08 ± 0,64	1,36 ± 0,92	0,12 ± 0,04	30,93 ± 18,97
Bosque secundario	40-100	0,61 ± 0,27	0,41 ± 0,13	0,36 ± 0,15	0,06 ± 0,02	27,75 ± 11,83
<i>H. rufa</i>	0-10	8,11 ± 1,48	4,48 ± 1,34	4,37 ± 1,31	0,39 ± 0,12	52,96 ± 11,09
<i>H. rufa</i>	10-20	4,69 ± 0,87	2,88 ± 1,03	2,74 ± 1,03	0,26 ± 0,08	35,08 ± 6,86
<i>H. rufa</i>	20-40	2,36 ± 0,66	1,49 ± 0,55	1,37 ± 0,38	0,15 ± 0,04	38,93 ± 7,65
<i>H. rufa</i>	40-100	1,00 ± 0,25	0,89 ± 0,69	0,58 ± 0,14	0,11 ± 0,04	53,21 ± 13,27
Pastura degradada	0-10	7,30 ± 4,14	5,73 ± 1,63	5,21 ± 1,50	0,46 ± 0,13	47,59 ± 21,81
Pastura degradada	10-20	5,78 ± 5,04	4,04 ± 2,16	3,70 ± 2,00	0,30 ± 0,14	34,94 ± 24,59
Pastura degradada	20-40	5,01 ± 5,11	2,79 ± 2,11	2,91 ± 2,96	0,20 ± 0,14	50,97 ± 37,0
Pastura degradada	40-100	2,69 ± 3,21	1,46 ± 1,20	1,56 ± 1,86	0,12 ± 0,08	62,03 ± 46,15

Densidad a diferentes profundidades del suelo, Esparza

Tratamiento	Profundidad (cm)	Densidad (g/cm ³)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	0-10	1,08 ± 0,08
	10-20	1,15 ± 0,02
	20-40	1,15 ± 0,06
	40-100	1,21 ± 0,11
<i>B. decumbens</i>	0-10	1,12 ± 0,03
	10-20	1,16 ± 0,11
	20-40	1,19 ± 0,08
	40-100	1,10 ± 0,06
Banco de proteína	0-10	1,11 ± 0,03
	10-20	1,14 ± 0,01
	20-40	1,13 ± 0,03
	40-100	1,12 ± 0,07
Bosque natural	0-10	0,80 ± 0,01
	10-20	0,91 ± 0,02
	20-40	1,21 ± 0,04
	40-100	1,36 ± 0,07
Bosque secundario	0-10	1,08 ± 0,00
	10-20	1,18 ± 0,04
	20-40	1,05 ± 0,13
	40-100	1,07 ± 0,08
<i>H. rufa</i>	0-10	1,09 ± 0,06
	10-20	1,19 ± 0,04
	20-40	1,26 ± 0,06
	40-100	1,28 ± 0,10
Pastura degradada	0-10	1,09 ± 0,13
	10-20	1,05 ± 0,21
	20-40	1,04 ± 0,32
	40-100	1,09 ± 0,27

Carbono total (t/ha) en capa de 10 cm, Esparza

Tratamiento	Profundidad (cm)	C total (t/ha)	±
B. brizantha + C. alliodora + G. ulmifolia	(0-10)	42,42	2,09
	(10-20)	26,39	1,35
	(20-40)	12,38	0,84
	(40-100)	6,37	2,11
B. decumbens	(0-10)	41,00	10,89
	(10-20)	27,28	7,80
	(20-40)	16,02	2,53
	(40-100)	6,11	2,10
Banco de proteina	(0-10)	43,88	0,87
	(10-20)	27,53	6,93
	(20-40)	13,11	3,06
	(40-100)	5,81	0,48
Bosque natural	(0-10)	62,10	11,91
	(10-20)	39,50	9,33
	(20-40)	20,77	5,87
	(40-100)	8,48	1,75
Bosque secundario	(0-10)	28,57	1,82
	(10-20)	28,90	2,76
	(20-40)	15,46	9,48
	(40-100)	4,63	1,97
H. rufa	(0-10)	52,96	8,69
	(10-20)	35,08	5,52
	(20-40)	19,46	4,20
	(40-100)	8,87	3,55
Pastura degradada	(0-10)	47,59	21,82
	(10-20)	34,94	23,35
	(20-40)	25,48	17,36
	(40-100)	10,34	6,19

Carbono Oxidable (t/ha) en capa de 10 cm, Esparza

Tratamiento	Profundidad (cm)	C Oxidable (t/ha)	±
B. brizantha + C. alliodora + G. ulmifolia	(0-10)	39,30	2,66
	(10-20)	21,94	0,19
	(20-40)	10,28	1,32
	(40-100)	6,25	0,55
B. decumbens	(0-10)	35,51	8,96
	(10-20)	21,97	8,02
	(20-40)	11,53	1,11
	(40-100)	4,32	1,88
Banco de proteina	(0-10)	40,37	2,54
	(10-20)	25,23	6,28
	(20-40)	11,15	1,38
	(40-100)	5,12	0,01
Bosque natural	(0-10)	60,09	11,99
	(10-20)	37,13	9,12
	(20-40)	19,02	6,32
	(40-100)	7,37	0,81
Bosque secundario	(0-10)	25,28	2,70
	(10-20)	25,90	2,73
	(20-40)	13,67	7,83
	(40-100)	3,75	1,35
H. rufa	(0-10)	51,63	11,21
	(10-20)	32,46	6,63
	(20-40)	17,06	3,31
	(40-100)	7,38	3,09
Pastura degradada	(0-10)	34,74	19,05
	(10-20)	21,12	18,92
	(20-40)	15,94	14,40
	(40-100)	6,37	4,93

Carbono Estable (t/ha) en capa de 10 cm, Esparza

Tratamiento	Profundidad (cm)	C Estable (t/ha)	±
B. brizantha + C. alliodora + G. ulmifolia	(0-10)	2,72	1,18
	(10-20)	2,99	1,82
	(20-40)	2,16	0,14
	(40-100)	1,29	0,30
B. decumbens	(0-10)	5,48	1,92
	(10-20)	5,31	0,22
	(20-40)	4,49	1,42
	(40-100)	1,80	0,22
Banco de proteina	(0-10)	3,51	1,67
	(10-20)	2,30	0,64
	(20-40)	1,96	1,68
	(40-100)	0,69	0,49
Bosque natural	(0-10)	2,01	0,08
	(10-20)	2,37	0,21
	(20-40)	1,74	0,45
	(40-100)	1,11	0,95
Bosque secundario	(0-10)	3,29	0,88
	(10-20)	2,99	0,03
	(20-40)	1,80	1,65
	(40-100)	0,88	0,62
H. rufa	(0-10)	1,33	2,73
	(10-20)	2,62	0,93
	(20-40)	2,41	0,96
	(40-100)	1,49	1,37
Pastura degradada	(0-10)	3,78	2,77
	(10-20)	3,75	4,44
	(20-40)	1,52	2,96
	(40-100)	0,32	1,27

C Total en los tratamientos de Esparza de 0-40 cm

Tratamiento	N	C total (t/ha)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	9	93,56 ± 1,28 a
<i>B. decumbens</i>	6	100,30 ± 13,63 a
Banco de proteína	12	97,63 ± 12,56 a
Bosque natural	6	143,14 ± 9,15 a
Bosque secundario	6	88,39 ± 19,9 a
<i>H. rufa</i>	12	126,97 ± 14,03 a
Pastura degradada	9	133,51 ± 83,44 a

C Oxidable en los tratamientos de Esparza de 0-40 cm

Tratamiento	N	C oxidable (t/ha)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	9	81,79 ± 0,18 b
<i>B. decumbens</i>	6	80,54 ± 14,76 b
Banco de proteína	12	87,90 ± 12,68 ab
Bosque natural	6	135,26 ± 9,76 a
Bosque secundario	6	78,52 ± 15,68 b
<i>H. rufa</i>	12	118,20 ± 16,14 ab
Pastura degradada	9	87,75 ± 66,77 ab

C Estable en los tratamientos de Esparza de 0-40 cm

Tratamiento	N	C Estable (t/ha)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	9	8,59 ± 5,35 b
<i>B. decumbens</i>	6	19,76 ± 1,13 a
Banco de proteína	12	9,73 ± 1,87 b
Bosque natural	6	7,87 ± 0,61 b
Bosque secundario	6	9,87 ± 4,21 b
<i>H. rufa</i>	12	8,77 ± 2,70 b
Pastura degradada	9	9,56 ± 9,37 b

C Total en los tratamientos de Esparza de 40-100 cm

Tratamiento	N	C total (t/ha)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	9	38,24 ± 12,67a
<i>B. decumbens</i>	6	36,87 ± 12,61 a
Banco de proteína	12	34,87 ± 5,98 a
Bosque natural	6	50,86 ± 10,52 a
Bosque secundario	6	27,75 ± 11,83 a
<i>H. rufa</i>	12	53,21 ± 13,27 a
Pastura degradada	9	62,03 ± 46,14 a

C Oxidable en los tratamientos de Esparza de 40-100 cm

Tratamiento	N	C oxidable (t/ha)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	9	37,51 ± 3,30 a
<i>B. decumbens</i>	6	25,89 ± 11,28 a
Banco de proteína	12	30,72 ± 1,44 a
Bosque natural	6	44,21 ± 4,83 a
Bosque secundario	6	22,50 ± 8,12 a
<i>H. rufa</i>	12	44,25 ± 9,59 a
Pastura degradada	9	38,19 ± 29,26 a

C Estable en los tratamientos de Esparza de 40-100 cm

Tratamiento	N	C Estable (t/ha)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	9	5,16 ± 4,65 a
<i>B. decumbens</i>	6	10,78 ± 1,33 a
Banco de proteína	12	4,15 ± 4,63 a
Bosque natural	6	6,65 ± 5,68 a
Bosque secundario	6	5,25 ± 3,70 a
<i>H. rufa</i>	12	8,95 ± 4,68 a
Pastura degradada	9	1,28 ± 5,48 a

C Total en los tratamientos de Esparza a 1m

Tratamiento	N	C total (t/ha)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	9	131,80 ± 12,04 a
<i>B. decumbens</i>	6	136,98 ± 26,24 a
Banco de proteína	12	132,50 ± 18,15 a
Bosque natural	6	194 ± 19,67 a
Bosque secundario	6	116,15 ± 31,73a
<i>H. rufa</i>	12	180,18 ± 16,92 a
Pastura degradada	9	195,54 ± 129,31a

C Oxidable en los tratamientos de Esparza a 1m

Tratamiento	N	C oxidable (t/ha)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	9	119,30 ± 3,48 ab
<i>B. decumbens</i>	6	106,43 ± 26,04ab
Banco de proteína	12	118,62 ± 13,88ab
Bosque natural	6	179,47 ± 14,6 a
Bosque secundario	6	101,02 ± 23,80 b
<i>H. rufa</i>	12	162,45 ± 14,53ab
Pastura degradada	9	125,94 ± 96,33ab

C Estable en los tratamientos de Esparza a 1m

Tratamiento	N	C Estable (t/ha)
<i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	9	13,75 ± 9,64 ab
<i>B. decumbens</i>	6	30,55 ± 0,20 a
Banco de proteína	12	13,88 ± 4,39 ab
Bosque natural	6	14,52 ± 5,07 ab
Bosque secundario	6	15,12 ± 7,92 ab
<i>H. rufa</i>	12	17,72 ± 6,46 ab
Pastura degradada	9	10,84 ± 14,85 b

Características de textura del suelo a diferentes profundidades de los tratamientos de Pocora

Tratamiento	Profundidad (cm)	pH	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Densidad (g/cm ³)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	0-10	4,68 ± 0,10	37,11 ± 2,43	39,29 ± 3,01	23,59 ± 1,63	0,97 ± 0,03
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	10-20	4,78 ± 0,10	35,61 ± 2,09	47,89 ± 1,86	16,50 ± 3,58	1,00 ± 0,04
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	20-40	4,83 ± 0,10	27,71 ± 3,00	56,69 ± 4,74	15,60 ± 1,96	0,93 ± 0,04
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	40-100	4,93 ± 0,19	23,61 ± 3,11	63,69 ± 2,93	12,70 ± 1,05	0,98 ± 0,04
<i>B. brizantha</i>	0-10	5,10 ± 0,14	43,61 ± 2,83	34,60 ± 0,28	21,80 ± 2,55	0,74 ± 0,05
<i>B. brizantha</i>	10-20	4,95 ± 0,07	25,41 ± 0,28	61,59 ± 1,14	13,00 ± 1,41	0,94 ± 0,05
<i>B. brizantha</i>	20-40	5,00 ± 0,00	21,41 ± 0,27	66,79 ± 0,01	11,80 ± 0,28	0,95 ± 0,03
<i>B. brizantha</i>	40-100	4,95 ± 0,07	19,41 ± 3,11	63,79 ± 7,07	16,80 ± 10,18	0,94 ± 0,03
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	0-10	5,36 ± 0,11	48,33 ± 7,17	27,44 ± 7,02	24,24 ± 1,85	0,99 ± 0,09
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	10-20	5,15 ± 0,13	43,01 ± 8,38	34,09 ± 7,92	22,90 ± 2,64	0,98 ± 0,07
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	20-40	5,35 ± 0,21	29,51 ± 4,39	50,09 ± 5,50	20,40 ± 2,09	0,97 ± 0,02
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	40-100	5,57 ± 0,40	19,35 ± 5,52	63,99 ± 6,73	16,66 ± 2,66	0,99 ± 0,03
Bosque	0-10	4,55 ± 0,07	49,21 ± 2,83	28,79 ± 0,00	22,00 ± 2,83	0,78 ± 0,03
Bosque	10-20	4,65 ± 0,07	32,21 ± 4,24	43,79 ± 7,07	24,00 ± 2,83	0,83 ± 0,01
Bosque	20-40	5,00 ± 0,14	28,21 ± 4,24	50,79 ± 5,66	21,00 ± 1,41	0,89 ± 0,02
Bosque	40-100	5,10 ± 0,28	26,21 ± 7,07	48,79 ± 5,65	25,00 ± 1,41	0,97 ± 0,03
<i>I. ciliare</i>	0-10	5,45 ± 0,10	42,21 ± 5,29	29,90 ± 5,85	27,90 ± 4,14	0,88 ± 0,04
<i>I. ciliare</i>	10-20	5,65 ± 0,10	34,71 ± 8,85	42,49 ± 8,01	22,80 ± 2,14	0,96 ± 0,06
<i>I. ciliare</i>	20-40	5,73 ± 0,05	27,71 ± 4,12	49,39 ± 4,36	22,90 ± 1,80	0,91 ± 0,06
<i>I. ciliare</i>	40-100	5,93 ± 0,38	34,71 ± 6,60	40,49 ± 10,54	24,80 ± 4,60	0,94 ± 0,07
Pastura degradada	0-10	5,45 ± 0,13	39,71 ± 3,41	27,30 ± 2,52	32,99 ± 1,15	1,02 ± 0,10
Pastura degradada	10-20	5,65 ± 0,25	33,71 ± 5,97	36,29 ± 7,00	30,00 ± 1,63	1,15 ± 0,13
Pastura degradada	20-40	6,03 ± 0,17	32,71 ± 4,44	39,79 ± 4,76	27,49 ± 1,92	1,16 ± 0,06
Pastura degradada	40-100	6,38 ± 0,30	36,21 ± 3,46	38,79 ± 3,26	25,00 ± 1,15	1,08 ± 0,05

Características químicas del suelo a diferentes profundidades de los tratamientos de Pocora

Tratamiento	Profundidad (cm)	P (mg/l)	CEC (cmol/l)	Ca (cmol/l)	K (cmol/l)	Mg (cmol/l)	Al (cmol/l)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pinto</i>	0-10	5,11 ± 2,17	1,40 ± 0,31	0,64 ± 0,14	0,23 ± 0,06	0,54 ± 0,16	1,04 ± 0,17
<i>A. mangium</i> + <i>A. pinto</i>	10-20	1,69 ± 1,59	0,69 ± 0,15	0,32 ± 0,06	0,10 ± 0,06	0,27 ± 0,09	1,00 ± 0,27
<i>A. mangium</i> + <i>A. pinto</i>	20-40	1,29 ± 0,29	0,61 ± 0,10	0,30 ± 0,06	0,06 ± 0,05	0,24 ± 0,03	0,91 ± 0,16
<i>A. mangium</i> + <i>A. pinto</i>	40-100	1,06 ± 0,19	0,52 ± 0,10	0,29 ± 0,05	0,03 ± 0,01	0,19 ± 0,04	0,69 ± 0,28
<i>B. brizantha</i>	0-10	3,47 ± 0,37	4,69 ± 0,40	3,02 ± 0,32	0,17 ± 0,05	1,51 ± 0,03	1,00 ± 0,27
<i>B. brizantha</i>	10-20	0,29 ± 0,11	1,42 ± 0,33	0,92 ± 0,20	0,07 ± 0,04	0,42 ± 0,09	3,58 ± 0,39
<i>B. brizantha</i>	20-40	0,21 ± 0,27	0,90 ± 0,07	0,63 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,25 ± 0,04	3,62 ± 0,45
<i>B. brizantha</i>	40-100	0,65 ± 0,89	0,62 ± 0,09	0,40 ± 0,02	0,01 ± 0,01	0,21 ± 0,06	3,95 ± 0,70
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pinto</i>	0-10	2,50 ± 0,96	3,72 ± 0,79	2,18 ± 0,49	0,15 ± 0,02	1,38 ± 0,33	0,28 ± 0,08
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pinto</i>	10-20	1,38 ± 0,75	1,99 ± 0,30	1,23 ± 0,20	0,07 ± 0,03	0,69 ± 0,19	0,53 ± 0,15
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pinto</i>	20-40	1,48 ± 0,45	1,75 ± 0,32	1,16 ± 0,25	0,05 ± 0,02	0,54 ± 0,13	0,24 ± 0,18
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pinto</i>	40-100	0,68 ± 0,47	1,45 ± 0,57	1,06 ± 0,47	0,03 ± 0,02	0,35 ± 0,10	0,15 ± 0,17
Bosque	0-10	6,64 ± 3,22	2,04 ± 0,24	1,05 ± 0,18	0,14 ± 0,02	0,86 ± 0,08	1,48 ± 0,15
Bosque	10-20	5,26 ± 2,82	0,96 ± 0,22	0,46 ± 0,16	0,08 ± 0,00	0,42 ± 0,06	1,55 ± 0,04
Bosque	20-40	4,22 ± 3,30	1,03 ± 0,62	0,46 ± 0,31	0,03 ± 0,00	0,54 ± 0,30	1,00 ± 0,28
Bosque	40-100	7,75 ± 7,52	0,96 ± 0,87	0,31 ± 0,23	0,02 ± 0,01	0,63 ± 0,65	0,43 ± 0,19
<i>I. ciliar</i>	0-10	3,34 ± 1,04	4,98 ± 0,66	3,15 ± 0,45	0,22 ± 0,04	1,61 ± 0,26	0,29 ± 0,09
<i>I. ciliar</i>	10-20	1,50 ± 0,71	3,39 ± 0,45	2,28 ± 0,27	0,11 ± 0,02	1,00 ± 0,19	0,22 ± 0,10
<i>I. ciliar</i>	20-40	3,53 ± 0,72	2,65 ± 0,29	1,89 ± 0,17	0,08 ± 0,05	0,68 ± 0,14	0,15 ± 0,08
<i>I. ciliar</i>	40-100	5,19 ± 2,69	2,45 ± 1,04	1,79 ± 0,89	0,09 ± 0,12	0,57 ± 0,14	0,05 ± 0,01
Pastura degradada	0-10	3,68 ± 0,81	7,28 ± 1,16	4,28 ± 0,55	0,26 ± 0,14	2,74 ± 0,55	0,48 ± 0,27
Pastura degradada	10-20	1,16 ± 0,48	8,29 ± 1,98	4,70 ± 1,21	0,16 ± 0,10	3,43 ± 0,69	0,31 ± 0,15
Pastura degradada	20-40	0,80 ± 0,15	9,33 ± 1,79	5,22 ± 0,96	0,18 ± 0,06	3,93 ± 0,84	0,16 ± 0,19
Pastura degradada	40-100	1,54 ± 0,58	12,00 ± 2,32	6,37 ± 1,65	0,26 ± 0,09	5,37 ± 0,61	0,06 ± 0,03

Contenidos de materia orgánica, nitrógeno y carbono a diferentes profundidades en suelos de los tratamientos de Pocora

Tratamiento	Profundidad (cm)	M.O (%)	C total (%)	C Oxidable (%)	N Total (%)	C Total (t/ha)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	0-10	6,12 ± 0,69	4,08 ± 0,43	3,55 ± 0,40	0,36 ± 0,03	39,41 ± 2,79
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	10-20	3,79 ± 0,67	2,63 ± 0,46	2,20 ± 0,39	0,23 ± 0,04	26,30 ± 4,45
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	20-40	2,61 ± 0,19	1,87 ± 0,14	1,51 ± 0,11	0,15 ± 0,02	34,84 ± 3,60
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	40-100	1,60 ± 0,16	1,24 ± 0,12	0,93 ± 0,09	0,10 ± 0,01	72,34 ± 5,54
<i>B. brizantha</i>	0-10	8,61 ± 0,65	5,07 ± 0,24	4,81 ± 0,24	0,45 ± 0,02	37,73 ± 0,14
<i>B. brizantha</i>	10-20	3,90 ± 0,01	2,83 ± 0,60	2,68 ± 0,63	0,27 ± 0,07	24,11 ± 1,08
<i>B. brizantha</i>	20-40	2,32 ± 0,24	1,72 ± 0,21	1,34 ± 0,14	0,17 ± 0,03	29,85 ± 1,91
<i>B. brizantha</i>	40-100	1,11 ± 0,37	1,10 ± 0,29	0,64 ± 0,22	0,11 ± 0,04	42,93 ± 13,28
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	0-10	7,25 ± 0,57	4,64 ± 0,32	4,21 ± 0,33	0,42 ± 0,03	45,82 ± 2,89
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	10-20	5,47 ± 0,47	3,60 ± 0,28	3,17 ± 0,28	0,33 ± 0,03	35,29 ± 2,86
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	20-40	3,53 ± 0,17	2,41 ± 0,06	2,05 ± 0,10	0,20 ± 0,01	46,76 ± 1,37
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	40-100	1,75 ± 0,28	1,24 ± 0,20	1,01 ± 0,16	0,11 ± 0,02	73,84 ± 13,07
Bosque	0-10	6,53 ± 0,70	4,59 ± 0,77	4,21 ± 0,57	0,42 ± 0,07	31,63 ± 3,19
Bosque	10-20	3,99 ± 0,64	2,57 ± 0,40	2,47 ± 0,40	0,25 ± 0,04	21,18 ± 3,01
Bosque	20-40	2,28 ± 0,45	1,77 ± 0,80	1,32 ± 0,26	0,17 ± 0,07	27,38 ± 3,62
Bosque	40-100	1,14 ± 0,02	0,99 ± 0,46	0,66 ± 0,01	0,11 ± 0,05	47,49 ± 1,62
<i>I. Ciliare</i>	0-10	9,34 ± 0,14	5,66 ± 0,14	5,42 ± 0,08	0,54 ± 0,01	49,85 ± 2,03
<i>I. ciliare</i>	10-20	5,17 ± 0,53	3,39 ± 0,31	3,00 ± 0,31	0,33 ± 0,03	32,70 ± 3,48
<i>I. ciliare</i>	20-40	3,54 ± 0,22	2,42 ± 0,16	2,05 ± 0,13	0,22 ± 0,01	43,98 ± 2,11
<i>I. ciliare</i>	40-100	2,19 ± 0,20	1,52 ± 0,13	1,27 ± 0,11	0,14 ± 0,00	85,95 ± 11,01
Pastura degradada	0-10	5,61 ± 0,76	4,14 ± 0,70	3,93 ± 0,70	0,43 ± 0,08	35,48 ± 1,67
Pastura degradada	10-20	2,62 ± 0,62	1,87 ± 0,55	1,79 ± 0,56	0,23 ± 0,06	19,62 ± 4,03
Pastura degradada	20-40	1,27 ± 0,45	1,01 ± 0,38	0,74 ± 0,26	0,13 ± 0,04	20,71 ± 5,93
Pastura degradada	40-100	0,60 ± 0,07	0,49 ± 0,17	0,35 ± 0,04	0,07 ± 0,03	24,95 ± 2,34

Carbono total (t/ha) en capa de 10 cm, Pocora

Tratamiento	Profundidad (cm)	C total (t/ha)	±
A. mangium + A. pintoi	(0-10)	39,41	2,79
	(10-20)	26,30	4,45
	(20-40)	17,42	1,80
	(40-100)	12,06	0,92
B. brizantha	(0-10)	37,73	0,14
	(10-20)	24,11	1,08
	(20-40)	14,93	0,95
	(40-100)	7,16	2,21
B. brizantha + A. pintoi	(0-10)	45,82	2,89
	(10-20)	35,29	2,86
	(20-40)	23,38	0,68
	(40-100)	12,31	2,18
bosque	(0-10)	31,63	3,19
	(10-20)	21,18	3,01
	(20-40)	13,69	1,81
	(40-100)	7,92	0,27
I. ciliare	(0-10)	49,85	2,03
	(10-20)	32,70	3,48
	(20-40)	21,99	1,05
	(40-100)	14,33	1,83
Pastura degradada	(0-10)	35,48	1,67
	(10-20)	19,62	4,03
	(20-40)	10,36	2,96
	(40-100)	4,16	0,39

Carbono Oxidable (t/ha) en capa de 10 cm, Pocora

Tratamiento	Profundidad (cm)	C Oxidable (t/ha)	±
A. mangium + A. pintoi	(0-10)	34,27	2,68
	(10-20)	22,00	3,85
	(20-40)	14,08	1,52
	(40-100)	9,04	0,73
B. brizantha	(0-10)	36,79	0,09
	(10-20)	21,34	1,09
	(20-40)	12,81	0,92
	(40-100)	6,03	1,86
B. brizantha + A. pintoi	(0-10)	41,82	2,66
	(10-20)	30,00	1,55
	(20-40)	19,64	0,63
	(40-100)	10,22	1,61
bosque	(0-10)	29,61	2,14
	(10-20)	19,31	3,36
	(20-40)	11,75	2,04
	(40-100)	6,40	0,07
I. ciliare	(0-10)	47,70	2,04
	(10-20)	28,92	3,47
	(20-40)	18,66	0,78
	(40-100)	11,98	1,49
Pastura degradada	(0-10)	33,02	1,67
	(10-20)	17,43	4,02
	(20-40)	8,50	2,75
	(40-100)	3,78	0,49

Carbono Estable (t/ha) en capa de 10 cm, Pocora

Tratamiento	Profundidad (cm)	C Estable (t/ha)	±
A. mangium + A. pintoi	(0-10)	5,14	0,20
	(10-20)	4,30	0,69
	(20-40)	3,34	0,40
	(40-100)	3,02	0,19
B. brizantha	(0-10)	0,94	0,23
	(10-20)	2,77	0,01
	(20-40)	2,12	0,03
	(40-100)	1,13	0,36
B. brizantha + A. pintoi	(0-10)	4,14	1,30
	(10-20)	4,22	0,58
	(20-40)	3,57	0,88
	(40-100)	1,86	1,45
bosque	(0-10)	2,02	1,04
	(10-20)	1,88	0,35
	(20-40)	1,94	0,23
	(40-100)	1,51	0,34
I. ciliare	(0-10)	2,14	1,50
	(10-20)	3,78	0,76
	(20-40)	3,33	0,63
	(40-100)	2,34	0,63
Pastura degradada	(0-10)	2,46	0,87
	(10-20)	2,19	0,74
	(20-40)	1,86	0,39
	(40-100)	0,38	0,60

Densidad a diferentes profundidades del suelo, Pocora

Tratamiento	Profundidad (cm)	Densidad (g/cm ³)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	0-10	0,97 ± 0,03
	10-20	1,00 ± 0,04
	20-40	0,93 ± 0,04
	40-100	0,98 ± 0,04
<i>B. brizantha</i>	0-10	0,74 ± 0,05
	10-20	0,94 ± 0,05
	20-40	0,95 ± 0,03
	40-100	0,94 ± 0,03
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	0-10	0,99 ± 0,09
	10-20	0,98 ± 0,07
	20-40	0,97 ± 0,02
	40-100	0,99 ± 0,03
Bosque	0-10	0,78 ± 0,03
	10-20	0,83 ± 0,01
	20-40	0,89 ± 0,02
	40-100	0,97 ± 0,03
<i>I. ciliare</i>	0-10	0,88 ± 0,04
	10-20	0,96 ± 0,06
	20-40	0,91 ± 0,06
	40-100	0,94 ± 0,07
Pastura degradada	0-10	1,02 ± 0,10
	10-20	1,15 ± 0,13
	20-40	1,16 ± 0,06
	40-100	1,08 ± 0,05

C Total en los tratamientos de Pocora de 0-40

Tratamiento	N	C total (t/ha)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	4	100,54 ± 8,90 b
<i>B. brizantha</i>	6	91,68 ± 0,97 bc
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	4	127,86 ± 5,82 a
Bosque	6	80,19 ± 3,44 cd
<i>I. ciliare</i>	4	126,52 ± 3,80 a
Pastura degradada	12	75,80 ± 8,81 d

C Oxidable en los tratamientos de Pocora de 0-40 cm

Tratamiento	N	C oxidable (t/ha)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	4	84,43 ± 7,67 b
<i>B. brizantha</i>	6	83,75 ± 0,66 b
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	4	111,09 ± 3,93 a
Bosque	6	72,43 ± 5,29 c
<i>I. ciliare</i>	4	113,91 ± 4,24 a
Pastura degradada	12	67,45 ± 7,85 c

C Estable en los tratamientos de Pocora de 0-40 cm

Tratamiento	N	C Estable (t/ha)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	4	16,12 ± 1,42 a
<i>B. brizantha</i>	6	7,94 ± 0,30 b
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	4	15,50 ± 2,73 a
Bosque	6	7,77 ± 1,84 b
<i>I. ciliare</i>	4	12,59 ± 2,58 a
Pastura degradada	12	8,36 ± 1,15 b

C Total en los tratamientos de Pocora de 40-100 cm

Tratamiento	N	C total (t/ha)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	4	72,33 ± 5,53 a
<i>B. brizantha</i>	6	42,93 ± 13,28 b
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	4	73,83 ± 13,06 a
Bosque	6	47,49 ± 1,61 b
<i>I. ciliare</i>	4	85,95 ± 11 a
Pastura degradada	12	24,95 ± 2,33 c

C Oxidable en los tratamientos de pocora de 40-100 cm

Tratamiento	N	C oxidable (t/ha)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	4	54,22 ± 4,39 b
<i>B. brizantha</i>	6	36,20 ± 11,14 c
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	4	61,34 ± 9,66 ab
Bosque	6	38,42 ± 0,41 c
<i>I. ciliare</i>	4	71,90 ± 8,93 a
Pastura degradada	12	22,67 ± 2,96 d

C Estable en los tratamientos de Pocora de 40-100 cm

Tratamiento	N	C Estable (t/ha)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	4	18,18 ± 1,14 a
<i>B. brizantha</i>	6	6,76 ± 2,14 bc
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	4	11,14 ± 8,69 abc
Bosque	6	9,07 ± 2,03 bc
<i>I. ciliare</i>	4	14,06 ± 3,75 ab
Pastura degradada	12	2,28 ± 3,60 c

C Total en los tratamientos de Pocora a 1m

Tratamiento	N	C total (t/ha)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	4	172,89 ± 7,25 b
<i>B. brizantha</i>	6	134,62 ± 14,25 c
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	4	201,70 ± 15,98 a
Bosque	6	127,69 ± 1,82 c
<i>I. ciliare</i>	4	212,48 ± 14,42a
Pastura degradada	12	100,76 ± 8,02 d

C Oxidable en los tratamientos de Pocora a 1m

Tratamiento	N	C Oxidable (t/ha)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	4	138,64 ± 6,64 b
<i>B. brizantha</i>	6	119,92 ± 11,80 c
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	4	172,43 ± 13,18 a
Bosque	6	110,84 ± 5,71c
<i>I. ciliare</i>	4	185,82 ± 11,99 a
Pastura degradada	12	90,12 ± 8,30 d

C Estable en los tratamientos de Esparza a 1m

Tratamiento	N	C Estable (t/ha)
<i>A. mangium</i> + <i>A. pintoi</i>	4	34,24 ± 0,73 a
<i>B. brizantha</i>	6	14,70 ± 2,44 b
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	4	26,65 ± 8,39 a
Bosque	6	16,84 ± 3,88 b
<i>I. ciliare</i>	4	26,66 ± 5,93 a
Pastura degradada	12	10,64 ± 3,82 b

4. Characteristics of site for new experiments

Características de textura del suelo a diferentes profundidades en las parcelas del experimento nuevo de Esparza.

Tratamiento	Profundidad (cm)	pH	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Densidad (g/cm ³)
<i>B. brizantha</i>	0-10	5,23 ± 0,26	33,71 ± 10,70	31,80 ± 8,89	34,49 ± 3,27	1,12 ± 0,05
<i>B. brizantha</i>	10-20	5,23 ± 0,21	22,72 ± 6,31	44,29 ± 6,17	32,99 ± 1,74	1,20 ± 0,09
<i>B. brizantha</i>	20-40	5,10 ± 0,16	20,21 ± 5,81	46,79 ± 5,78	32,99 ± 2,80	1,22 ± 0,09
<i>B. brizantha</i>	40-100	5,08 ± 0,17	19,21 ± 4,19	48,29 ± 3,97	32,49 ± 2,64	1,32 ± 0,26
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pinto</i>	0-10	5,30 ± 0,28	35,71 ± 5,64	30,29 ± 3,96	33,99 ± 2,94	1,01 ± 0,09
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pinto</i>	10-20	5,30 ± 0,41	24,22 ± 3,95	41,29 ± 4,81	34,49 ± 4	1,15 ± 0,07
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pinto</i>	20-40	5,25 ± 0,37	20,71 ± 5,35	46,79 ± 3,31	32,49 ± 2,54	1,25 ± 0,06
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pinto</i>	40-100	5,30 ± 0,28	20,81 ± 6,26	49,79 ± 3,58	29,40 ± 4,39	1,32 ± 0,06
Banco de proteína	0-10	5,38 ± 0,13	36,81 ± 6,90	29,19 ± 7,97	33,99 ± 3,28	1,01 ± 0,07
Banco de proteína	10-20	5,30 ± 0,29	19,32 ± 7,46	45,69 ± 10,37	34,99 ± 5,25	1,13 ± 0,14
Banco de proteína	20-40	5,23 ± 0,13	18,71 ± 3,64	49,29 ± 7,15	32 ± 4,39	1,29 ± 0,06
Banco de proteína	40-100	5,23 ± 0,13	19,71 ± 2,91	48,29 ± 5,70	32 ± 3,12	1,32 ± 0,03
Pastura degradada	0-10	5,63 ± 0,10	37,61 ± 11,11	28,29 ± 5,65	34,09 ± 5,47	1,03 ± 0,11
Pastura degradada	10-20	5,60 ± 0,16	26,11 ± 1,71	38,80 ± 5,21	35,10 ± 5,01	1,12 ± 0,04
Pastura degradada	20-40	5,50 ± 0,18	19,01 ± 2,10	47,39 ± 3,67	33,59 ± 1,63	1,16 ± 0,03
Pastura degradada	40-100	5,28 ± 0,24	21,51 ± 5,69	46,39 ± 6,84	32,10 ± 1,92	1,21 ± 0,04
Regeneración natural	0-10	5,35 ± 0,13	39,81 ± 11,47	31,09 ± 11,38	29,09 ± 2,07	1,15 ± 0,20
Regeneración natural	10-20	5,28 ± 0,15	23,22 ± 2,14	44,59 ± 2,23	32,19 ± 2,72	1,23 ± 0,21
Regeneración natural	20-40	5,10 ± 0,08	16,62 ± 5,21	51,99 ± 6,02	31,39 ± 3,43	1,26 ± 0,15
Regeneración natural	40-100	5,13 ± 0,10	19,11 ± 2,31	51,99 ± 0,98	28,89 ± 2,36	1,32 ± 0,17

Características químicas del suelo a diferentes profundidades en las parcelas del experimento nuevo de Esparza.

Tratamiento	Profundidad (cm)	P (mg/l)	CEC (cmol/l)	Ca (cmol/l)	K (cmol/l)	Mg (cmol/l)	Al (cmol/l)
<i>B. brizantha</i>	0-10	2,44 ± 1,15	3,62 ± 2,72	2,34 ± 1,73	0,15 ± 0,15	1,13 ± 0,96	1,51 ± 0,51
<i>B. brizantha</i>	10-20	1,03 ± 0,30	2,84 ± 1,98	1,83 ± 1,43	0,11 ± 0,14	0,90 ± 0,63	3,84 ± 1,18
<i>B. brizantha</i>	20-40	0,42 ± 0,20	1,62 ± 0,95	0,91 ± 0,60	0,08 ± 0,12	0,62 ± 0,36	6,75 ± 1,22
<i>B. brizantha</i>	40-100	0,15 ± 0,08	1,20 ± 1,06	0,57 ± 0,52	0,07 ± 0,10	0,56 ± 0,57	7,71 ± 0,98
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	0-10	2,15 ± 0,91	1,89 ± 1,03	1,24 ± 0,72	0,09 ± 0,04	0,56 ± 0,33	1,83 ± 0,69
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	10-20	1,20 ± 0,54	2,12 ± 2,35	1,30 ± 1,52	0,06 ± 0,03	0,75 ± 0,85	3,74 ± 2,15
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	20-40	0,59 ± 0,42	2,08 ± 2,68	1,09 ± 1,35	0,04 ± 0,02	0,95 ± 1,33	5,12 ± 2,13
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	40-100	0,19 ± 0,23	2,78 ± 4,35	1,59 ± 2,54	0,05 ± 0,04	1,14 ± 1,81	6,35 ± 4,07
Banco de proteína	0-10	2 ± 0,21	1,75 ± 0,51	1,22 ± 0,38	0,07 ± 0,02	0,46 ± 0,16	1,45 ± 0,34
Banco de proteína	10-20	1,04 ± 0,38	2,07 ± 1,63	1,37 ± 1,17	0,05 ± 0,02	0,65 ± 0,47	3,21 ± 0,70
Banco de proteína	20-40	0,39 ± 0,26	1,92 ± 1,70	1,17 ± 1,13	0,05 ± 0,02	0,70 ± 0,60	5,96 ± 1,31
Banco de proteína	40-100	0,16 ± 0,07	1,67 ± 1,37	0,88 ± 0,85	0,04 ± 0,01	0,75 ± 0,54	8,59 ± 4,68
Pastura degradada	0-10	1,66 ± 0,45	5,39 ± 2,73	4,02 ± 2,22	0,17 ± 0,06	1,19 ± 0,48	0,80 ± 0,78
Pastura degradada	10-20	1,13 ± 0,66	4,82 ± 1,16	3,46 ± 0,81	0,09 ± 0,05	1,26 ± 0,53	1,47 ± 1,59
Pastura degradada	20-40	0,29 ± 0,23	5,26 ± 2,65	3,75 ± 2,39	0,07 ± 0,04	1,44 ± 0,78	3,63 ± 2,99
Pastura degradada	40-100	0,09 ± 0,10	4,87 ± 4,79	2,87 ± 2,59	0,06 ± 0,04	1,94 ± 2,34	5,88 ± 1,87
Regeneración natural	0-10	2,27 ± 0,31	2,40 ± 0,72	1,66 ± 0,48	0,14 ± 0,08	0,60 ± 0,18	1,50 ± 1,13
Regeneración natural	10-20	1,11 ± 0,07	2,06 ± 0,95	1,46 ± 0,71	0,05 ± 0,01	0,55 ± 0,25	2,90 ± 0,92
Regeneración natural	20-40	0,40 ± 0,14	1,78 ± 0,88	1,10 ± 0,57	0,02 ± 0,01	0,65 ± 0,32	5,65 ± 2,59
Regeneración natural	40-100	0,28 ± 0,16	1,52 ± 0,67	0,76 ± 0,39	0,02 ± 0,01	0,74 ± 0,30	6,24 ± 2,66

Contenidos de materia orgánica, nitrógeno y carbono a diferentes profundidades en las parcelas del experimento nuevo de Esparza

Tratamiento	Profundidad (cm)	C total (%)	C Oxidable (%)	N Total (%)	C Total (t/ha)
<i>B. brizantha</i>	0-10	4,15 ± 0,83	3,92 ± 0,90	0,34 ± 0,07	46,55 ± 8,99
<i>B. brizantha</i>	10-20	1,90 ± 0,22	1,84 ± 0,20	0,16 ± 0,02	23,01 ± 4,25
<i>B. brizantha</i>	20-40	0,77 ± 0,09	0,76 ± 0,07	0,08 ± 0,01	18,68 ± 2,37
<i>B. brizantha</i>	40-100	0,40 ± 0,03	0,50 ± 0,07	0,05 ± 0,01	31,91 ± 7,51
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	0-10	4,18 ± 1,30	4,01 ± 1,23	0,33 ± 0,10	41,83 ± 11,72
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	10-20	1,98 ± 1,16	1,86 ± 1,11	1,16 ± 0,08	22,72 ± 13,64
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	20-40	0,91 ± 0,46	0,86 ± 0,42	0,08 ± 0,03	23,04 ± 12,22
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	40-100	0,47 ± 0,23	0,51 ± 0,25	0,05 ± 0,02	30,58 ± 15,01
Banco de proteína	0-10	4,50 ± 0,60	4,33 ± 0,57	0,35 ± 0,05	45,55 ± 5,64
Banco de proteína	10-20	1,89 ± 0,32	1,77 ± 0,35	0,15 ± 0,04	21,48 ± 4,74
Banco de proteína	20-40	0,91 ± 0,22	0,89 ± 0,16	0,08 ± 0,02	23,24 ± 4,67
Banco de proteína	40-100	0,49 ± 0,08	0,55 ± 0,04	0,06 ± 0,01	39,28 ± 6,28
Pastura degradada	0-10	5,30 ± 2,25	4,98 ± 2,28	0,41 ± 0,16	53,24 ± 18,08
Pastura degradada	10-20	2,63 ± 0,72	2,44 ± 0,65	0,21 ± 0,05	29,65 ± 8,40
Pastura degradada	20-40	1,05 ± 0,11	0,99 ± 0,07	0,09 ± 0	24,31 ± 3,07
Pastura degradada	40-100	0,54 ± 0,11	0,58 ± 0,09	0,06 ± 0,01	38,83 ± 7,18
Regeneración natural	0-10	5,32 ± 1,18	5,22 ± 1,14	0,40 ± 0,09	61,39 ± 17,55
Regeneración natural	10-20	2,23 ± 0,59	2,06 ± 0,52	0,17 ± 0,03	26,94 ± 7,07
Regeneración natural	20-40	0,82 ± 0,14	0,81 ± 0,15	0,08 ± 0,01	20,61 ± 4,14
Regeneración natural	40-100	0,47 ± 0,06	0,55 ± 0,07	0,06 ± 0,01	37 ± 6,38

Cobertura (%) en las parcelas del experimento nuevo en Esparza

Bloque	Parcela	Cobertura (%)
Bloque 1	A1	90
	B2	100
	C3	97
	D4	100
	E5	100
Bloque 2	B10	90
	C9	100
	D8	90
	A7	90
	E6	85
Bloque 3	C11	90
	D12	87
	A13	90
	B14	95
	E15	100
Bloque 4	D20	100
	A19	70
	B18	100
	C17	85
	E16	95

A = Pastura natural, B = brizantha, C = brizantha + A pintoi, D = Banco forrajero de cratylia, E = Regeneración natural.

Plántulas de árboles observadas en las parcelas de regeneración natural

Bloque	Especie (nombre común)	No de plántulas
Bloque 1	Nance	9
	Pavo macho	1
	Chumico	10
	guayacán real	1
	danto	1
Bloque 2	Nance	6
	Guizaro	2
	Chumico	12
	Tuete	2
Bloque 3	Chumico	11
	Limón	1
	Raspa guacal	1
	Abejocillo	7
	Gavilan	1
	Nance	9
	Tuete	2
	Pico de pájaro	2
	Cortez blanco	1
	Guacimo macho	1
Bloque 4	Gavilan	1
	Corteza blanco	3
	Nance	8
	Tuete	6
	Chumico	12
	Guizaro	1
	Pavo macho	1
	Fruta de pava	1
	Huesillo	1
	Guayacán	1
	Dante	1

Multivariate Analysis of Carbon Storage Data in Costa Rican Project Sites

M. Ibrahim¹, T. Llanderal², A. Navas³

Treatments per site

<i>Esparza</i>	<i>Pocora</i>
- Degraded pasture (<i>H. rufa</i>)	- Forest
- <i>H. rufa</i>	- <i>I. ciliare</i>
- Fodder bank	- Degraded pasture
- Secondary forest	- <i>B. brizantha</i> + <i>A. pinto</i>
- Forest	- <i>A. mangium</i> + <i>A. pinto</i>
- <i>B. decumbens</i>	- <i>B. brizantha</i>
- <i>B. brizantha</i> + <i>C. alliodora</i> + <i>G. ulmifolia</i>	

Principal component analysis in Esparza for 0-40 cm depth Variance explained 83%

Variable	PC1 (33%)	PC2 (24%)	PC3 (20%)	PC4 (13%)
pH	0.05	0.43	0.20	- .53
Sand %	- .09	- .46	0.39	- .21
Clay %	0.10	0.13	- .67	- .05
Loam %	- .00	0.44	0.34	0.34
P	0.26	- .17	0.20	0.66
CEC	- .25	0.39	0.36	- .02
Total C	0.53	0.07	0.09	- .13
Oxid C	0.53	- .01	0.12	- .18
Stable C	0.12	0.44	- .19	0.27
Total N	0.52	- .04	0.08	- .05

PC1: Total & oxidisable C and total N

PC2: Low sand and stable C, loam, pH and CEC

PC3: Low clay

PC4: P and low pH

¹ Ph. D., in Agronomy Systems. Project Executive Committee Member (C-Sequestration) CATIE, Costa Rica.

² Ph. D. Student, CATIE, Costa Rica.

³ Agronomist. CATIE, Costa Rica

Principal component analysis in Esparza for 40-100 cm and 0-100 cm depth

- 40-100 cm (89%)

PC1 (53%): Total & oxidisable C and total N with predominance of clay over sand

PC2 (17%): pH, stable C and CEC

PC3 (13%): P

PC4 (7%): Loam and low P

- 0-100 cm (95%)

PC1 (42%): Total & oxidisable C and total N with predominance of clay over sand

PC2 (21%): pH, stable C and CEC

PC3 (16%): P with predominance of loam over clay

PC4 (9%): sand and low loam

Means of variables by cluster in Esparza at 0-40 cm depth

Variable	Cluster 1	Cluster 2
pH	5.75 a	5.71 a
Sand	28.29 a	29.84 a
Clay	40.81 a	37.65 a
Loam	30.89 a	32.51 a
P	2.11 a	1.59 a
CEC	13.65 b	24.54 a
Total C	132.33 a	88.63 b
Oxidisable C	121.16 a	78.28 b
Stable C	11.17 a	10.34 a
Total N	11.77 a	7.88 b

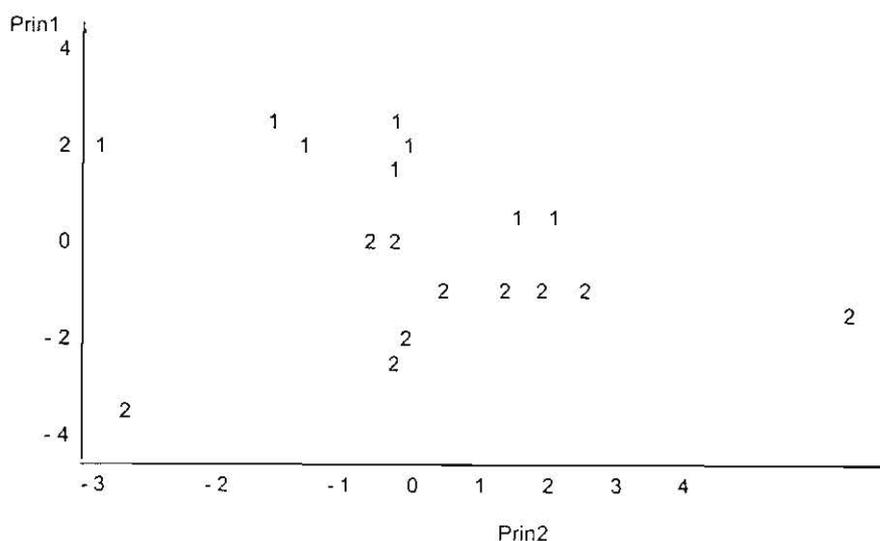
Means of variables by cluster in Esparza at 40-100 cm depth

Variable	Cluster 1	Cluster 2
pH	5.61 a	5.85 a
Sand	19.50 b	38.96 a
Clay	59.70 a	33.88 b
Lime	20.80 b	27.16 a
P	0.50 a	0.93 a
CIC	11.10 b	28.75 a
Total C	54.42 a	33.88 b
Oxidisable C	46.36 a	28.36 b
Stable C	8.06 a	5.52 a
Total N	7.18 a	4.19 b

Means of variables by cluster in Esparza at 0-100 cm depth

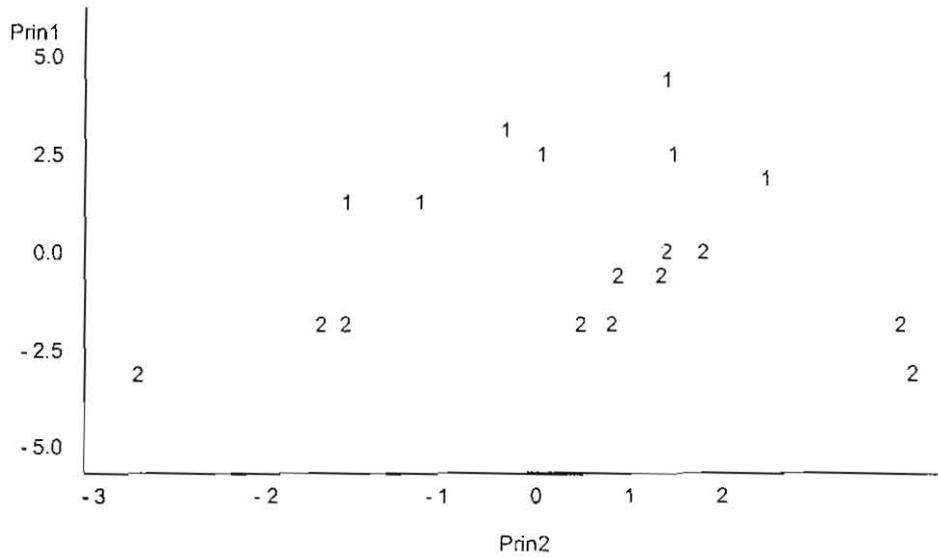
Variable	Cluster 1	Cluster 2
pH	5.70 a	5.77 a
Sand	27.11 b	32.31 a
Clay	44.04 a	36.50 b
Loam	28.85 a	31.18 a
P	1.87 a	1.24 a
CIC	13.81 b	26.68 a
Total C	180.87 a	118.97 b
Oxidisable C	161.63 a	103.76 b
Stable C	19.23 a	15.20 a
Total N	18.21 a	11.71 b

Plot of Prin1*Prin2. Symbol is value of CLUSTER.



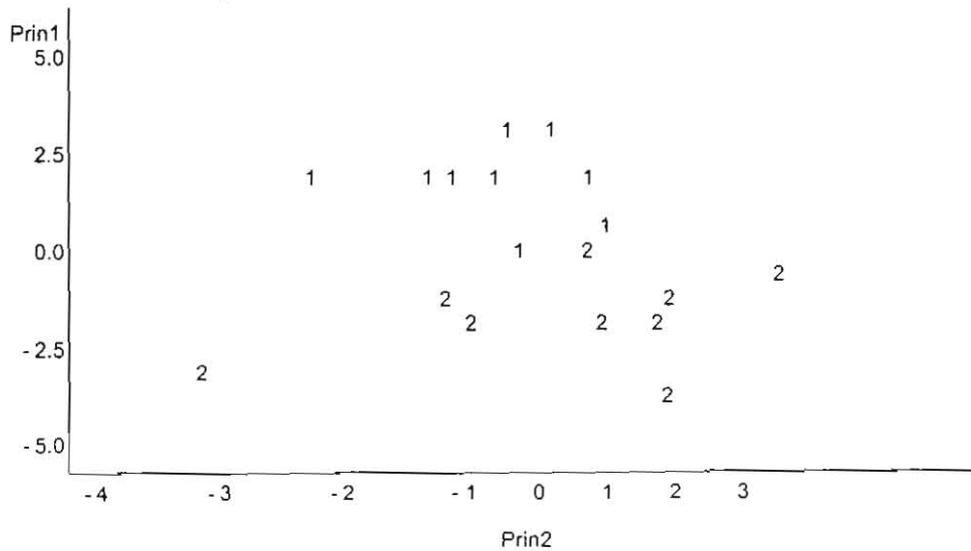
Clusters of main sampling points at 0-40 cm depth in Esparza

Plot of Prin1*Prin2. Symbol is value of CLUSTER.



Clusters of main sampling points at 40-100 cm depth in Esparza

Plot of Prin1*Prin2. Symbol is value of CLUSTER.



Clusters of main sampling points at 0-100 cm depth in Esparza

Principal component analysis in Pocora for 0-40 cm and 40-100 cm depths

- 0-40 cm (93%)

PC1 (37%): Total, oxidisable & stable C and low CEC
PC2 (35%): Total N, oxidisable C and total C with low clay
PC3 (13%): sand and P
PC4 (9%): P

- 40-100 cm (96%)

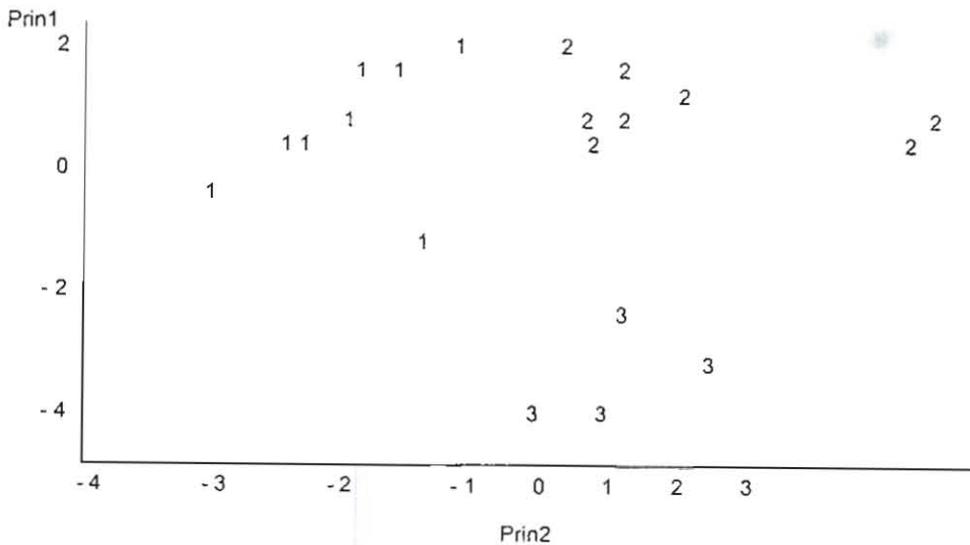
PC1 (42%): Total, oxidisable & stable C and low CEC
PC2 (21%): Total N with predominance of sand over clay
PC3 (16%): low P and pH
PC4 (9%): low sand

Principal component analysis in Pocora for 0-100 cm depth

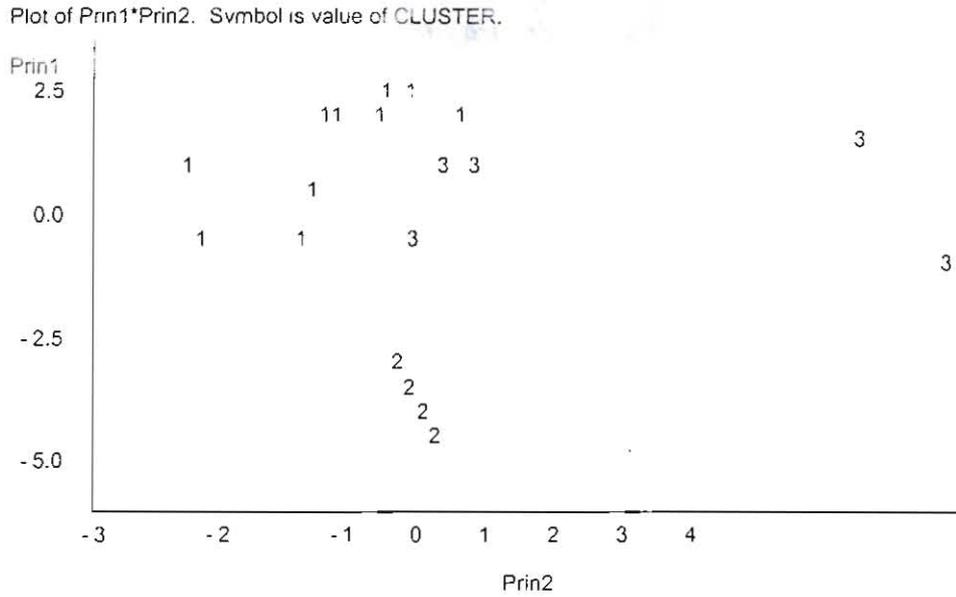
- 0-100 cm (95%)

PC1 (47%): Stable C, low CEC and low loam
PC2 (30%): Total N, total C and oxidisable C
PC3 (12%): P
PC4 (6%): low sand

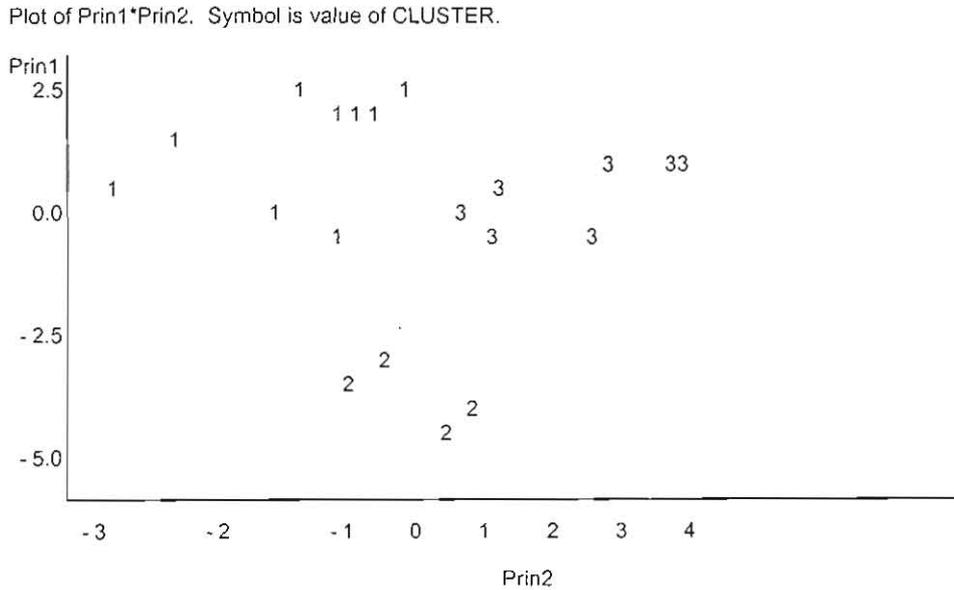
Plot of Prin1*Prin2. Symbol is value of CLUSTER.



Clusters of main sampling points at 0-40 cm depth in Pocora



Clusters of main sampling points at 40-100 cm depth in Pocora



Clusters of main sampling points at 0-100 cm depth in Pocora

Caracterización Socio-económica de las Fincas del Proyecto de la Región Pacífico Central de Costa Rica

J. Gobbi¹ y M. Ibrahim²

1. Introducción

En América Latina, una alta porción de la tierra deforestada está bajo el manejo de ganadería extensiva. El manejo convencional de los sistemas ganaderos se caracteriza por bajos indicadores económicos y de producción, y por la degradación ambiental. Se estima que más del 40% de las pasturas en esta región están degradadas, lo cual resulta en la pérdida de biodiversidad, emisión de gases de invernadero y contaminación de aguas. Sin embargo, se ha establecido que los sistemas de pasturas, y los sistemas agro y silvopastoriles—cuándo son manejados en forma sustentable—pueden llevar a incrementos en el contenido de carbono en el suelo y en la biomasa aérea, y actuar consecuentemente como sumideros permanentes de carbono.

En el contexto descrito anteriormente, el Proyecto de la “*Red de Investigación para la Evaluación de la Capacidad de Almacenamiento de Carbono de Sistemas Pastoriles, Agropastoriles y Silvopastoriles en el Ecosistema del Bosque Tropical Americano*” tiene como metas ppales el contribuir al desarrollo sustentable, reducir la pobreza y mitigar los efectos indeseables del cambio climático—particularmente las emisiones de CO₂—en los sub-ecosistemas forestales vulnerables de la América Tropical. Esas metas se alcanzarán por medio de la investigación dirigida a identificar sistemas de pasturas, agro y silvopastoriles con capacidad para la captura de carbono, que sean financieramente atractivos para los finqueros, en 3 sub-ecosistemas forestales vulnerables de la América Tropical. En el caso de Costa Rica, la investigación se conduce en el sub-ecosistema del bosque tropical sub-húmedo.

El presente reporte tiene por objetivo la caracterización socio-económica de las fincas del proyecto correspondientes al sub-ecosistema del bosque tropical sub-húmedo de Costa Rica, localizadas en la Región Pacífico Central. Esta caracterización socio-económica se corresponde con la 1a parte de la Fase 1 del flujo de la información en la estrategia de investigación del componente socio-económico del proyecto (ver documentos sobre aspectos metodológicos del componente socio-económico). La estructura del reporte es la sgte. 1o, se provee una descripción general de la región Pacífico Central. 2o, se presenta una descripción de las fincas del proyecto. 3o, se describen las características de los finqueros y sus familias. 4o, se caracterizan los sistemas ganaderos en las fincas bajo estudio. 5o, se estiman los ingresos y las salidas de esas fincas. Por último, se presentan conclusiones preliminares sobre las características socio-económicas de las fincas del proyecto.

¹ Economista ecológico, CATIE

² Experto en Ganadería y Sistemas Silvopastoriles, CATIE



Figura 1. Región Pacífico Central de Costa Rica.

2. La Región Pacífico Central

La Región Pacífico Central de Costa Rica comprende unos 3.900 km², ubicada en la franja litoral pacífica que se extiende entre el mar y las serranías (Figura 1. Ver página anterior).

Las características biofísicas de la región Pacífico Central son las siguientes:

Parámetro	Región Pacífico Central
Altura sobre el nivel del mar	desde los 50 hasta los 1000 msnm (dirección O-E)
Clima	
Temperatura media anual	27° C
Precipitación media anual	1500 – 2000 mm
Meses secos	diciembre – abril; julio – agosto
Humedad relativa	65-80 %
Topografía	Zona de 50 – 200 msnm = terrenos mas bien planos, Zona de 200 – 1000 msnm = terrenos ondulados, pendientes > 30%

La región cuenta con una población estimada en 200.000 personas. La principal ciudad de la región es Puntarenas. La tasa de desempleo para la región es del 8% y la de analfabetismo del 12%. El 28,7% de la población de la región es pobre, porcentaje que se encuentra por encima de la media nacional (20,6%). Las principales actividades agrícolas de la región son la ganadería de carne y leche y los cultivos de caña de azúcar, arroz y frutales. La región cuenta con buena infraestructura de comunicación vial; está atravesada por la carretera Panamericana, varias carreteras pavimentadas y una extensa red de caminos secundarios de tierra o revestidos con grava. Esto permite el fácil acceso al principal mercado regional (Puntarenas), y la comunicación con la meseta central, la ciudad de San José (capital del país) y las cuencas lecheras agro-industrializadas de Monteverde y Zapotal.

2.1. La Ganadería en la Región Pacífico Central

Según el censo agropecuario efectuado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería durante el año 2000, existen unas 2.729 fincas dedicadas a la ganadería en la Región Pacífico Central (7% del total del país), las cuales cubren aproximadamente unas 140.000 ha. El tamaño promedio de las fincas ganaderas en la región es de 50 ha, encontrándose por encima de la media para el país (35 ha). La razón de la existencia de fincas ganaderas de tamaño mayor en esta región se debe a la estacionalidad en la producción de pasto, que exige unidades de producción más grandes para poder subsistir.

El total del hato vacuno para la región es de 126.300 cabezas (lo que representa aproximadamente el 11% del total del país), con un promedio de 36 cabezas por finca. El hato está representado en un 69% por hembras, un 35% por vacas de más de 3 años, un 18% por machos de menos de 2 años y un 18% por terneros de menos de 1 año. Del total de las tierras dedicadas a la ganadería, el 95,5% (136.500 ha) se encuentran bajo pastos, la mayoría de ellos nativos. También es común encontrar en las fincas, sobre todo las de un tamaño mayor a las 10 ha, zonas de bosques naturales y de tacotales.

La unidad de producción se compone generalmente de una sola finca. Sin embargo, la existencia del fenómeno de fraccionamiento de la unidad de producción no es raro. Se pueden encontrar casos en que el productor posea más de una finca (generalmente dos), las que cumplen la función de “reservorio de pasto” y a las cuales se trasladan parte de los animales durante el verano a fin de alivianar la carga ganadera en la finca principal. El valor de la tierra en la región oscila entre los US\$ 1.000–2.500/ha.

2.2. Los sistemas de producción ganadera en la Región Pacífico Central

Según el Censo Agropecuario 2000, la ganadería en esta región es mayoritariamente extensiva, producto de la marcada estacionalidad climática y la baja calidad de los suelos y los pastos. Si bien hay presencia de fincas con sistema de producción de leche, los sistemas de producción ganadera más comunes presentes en la región son la ganadería de carne y la ganadería de doble propósito.

Ganadería de carne. El fin principal en estas explotaciones es la producción de animales para repasto o carne, existiendo dos modalidades: (a) cría sin ordeño, donde se produce el ternero para su venta al destete (entre los 8–10 meses) a un peso de alrededor de los 150–180 kg y (b) cría y desarrollo, donde se produce el ternero para su venta a un peso de alrededor de los 300–400 kg.

Ganadería de doble propósito. Consiste en explotaciones que poseen ordeño con venta de leche o queso y crianza de terneros/as para la venta de carne, donde el rango de ingreso entre los dos productos está en una relación de aproximadamente 30%:70% independientemente de cual sea el que aporta más. En estas explotaciones predominan los cruces de animales cebuinos (Brahman) con animales de las razas Holstein, Jersey y Pardo Suizo.

En términos generales, el sistema de producción de ganadería de doble propósito se observa en fincas de hasta 80 ha, en donde las fincas de menor tamaño tienden a la ganadería de doble propósito con énfasis en la producción de leche. Los sistemas de producción de carne se observan principalmente en fincas de más de 40 ha, y es casi exclusivo en fincas mayores de 100 ha, dado que en este sistema de producción se hace un uso más extensivo de la tierra.

En los últimos años, se observa una tendencia en la región (aunque la misma se extiende a nivel del país) hacia la transformación de las fincas dedicadas a la producción de carne en fincas de doble propósito. Dicha transformación se presenta como una estrategia para mejorar la rentabilidad de la finca, y fundamentalmente por el flujo de caja generado a partir de la venta de la leche.

3. Características Generales de las Fincas del Proyecto

Para la caracterización socio-económica de las fincas del proyecto correspondientes al bosque sub-húmedo tropical de Costa Rica, se encuestaron 9 fincas ganaderas de doble propósito en la región Pacífico Central. El promedio del área de las fincas es de 57 ha, con rangos que varían entre 13.3 ha y 134 ha. La mayoría (88,9%) de las fincas son de

pequeño y mediano tamaño (menores de 85 ha), mientras que el 11,1% restantes son mayores de 100 ha.

Las fincas presentan, en promedio, un 64% de su superficie con topografía ondulada, un 25% con topografía plana y un restante 11% con topografía quebrada. Los niveles de erosión varían desde leve hasta muy alto. Los suelos muestran una marcada pobreza en cuanto a su fertilidad y estructura, lo cual sumado a la presencia de una época de sequía (verano) muy marcada, limitan las opciones en cuanto a cultivos.

Los pastos ocupan una gran proporción de la superficie de las fincas (80,5%). La mayoría son pastos nativos (70,4% del total del área con pastos), siendo el resto pastos mejorados para pastoreo de *Brachiaria bryzanta* y *B. decumbens*. La presencia de asociaciones de pastos con leguminosas y de bancos de forraje es poco común, presentándose sólo dos fincas con áreas menores al 1% de la superficie de la finca bajo esos tipos de uso del suelo. Los pastos se distribuyen en un promedio de 7 potreros. La densidad de los árboles de sombra en los potreros es baja, de unos 2–5 individuos por ha.

Es común encontrar áreas de bosques naturales o de protección de fuentes de agua, las que en promedio cubren el 14,4% de la finca y varían entre el 4% y el 31% de la superficie de la misma. Estas áreas se encuentran generalmente en las zonas de quebradas de las fincas. Las fincas más grandes tienden a tener una proporción mayor de su superficie cubierta por bosques. Igualmente, la presencia de pequeñas áreas de rastrojo o tacotales (no más del 5 % de la superficie de la finca) es común, sobre todo en las fincas de más de 40 ha.

La infraestructura edilicia en las fincas consiste, generalmente, de la casa del finquero y un corral con bodega. Las cercas existentes en la finca son en su mayoría (70%) cercas vivas, encontrándose cercas muertas en la zona de la fachada de la finca y en el camino interno. Los caminos de acceso son pavimentados o revestidos y las fincas son accesibles durante todo el año. La distancia promedio al centro poblado más cercano es de 2 Km. El valor estimado de la tierra en las fincas encuestadas es de US\$ 1.794/ha (rango US\$ 1.025/ha a US\$ 2.564/ha).

4. Caracterización del Finquero y Su Familia

Se encuestaron nueve familias, para un total de 39 personas. En la muestra, el 64% de los pobladores está en edades entre 15 y 59 años. Un poco más del tercio (38%) de la población encuestada está compuesta por hombres mayores de 15 años. La totalidad de los productores residen en forma permanente en la finca junto a su grupo familiar. El grupo familiar está compuesto por un número muy variable de personas (2 a 7), siendo los grupos más comunes los constituidos por entre 3 y 5 personas (67%).

La posición de jefe de familia es ocupada exclusivamente por un hombre, siendo la edad promedio del mismo 46,6 años. Los productores ganaderos encuestados en la zona del proyecto son propietarios con títulos legales de sus fincas, y poseen la tierra desde al menos 12 años atrás, no siendo raros los casos en que la finca provenga de herencia familiar.

Sin considerar los niños en edad preescolar, se encontró una sola persona (un propietario) que no sabía ni leer ni escribir. En general, el propietario de las fincas encuestadas es una persona que sabe, como mínimo, leer y escribir y posee típicamente un grado de instrucción formal correspondiente al de primario completo. La condición de persona alfabeta es compartida por el resto de los adultos que componen el grupo familiar, a la vez que todos los niños en edad escolar residentes en las fincas encuestadas asisten a la escuela. Cabe destacar que entre los adultos encuestados mayores de 16 años, el 37% tiene secundaria completa, y en algunos casos, título universitario (tres personas).

De un total de 32 personas mayores de 10 años de la muestra, el 44% indicó que el trabajo en la finca era su actividad principal. Estas personas dedican comúnmente unas 42 horas semanales a actividades en la finca. Lamentablemente, las personas encuestadas no indicaron las actividades desarrolladas fuera de la finca por los otros miembros del grupo familiar.

Las viviendas de los finqueros están construidas de paredes de cemento o ladrillos, generalmente combinados con madera, y poseen techo de zinc. Cada vivienda tiene numerosos cuartos, típicamente entre 4 y 6. Todas las fincas poseen servicio de agua y luz eléctrica. Además, es típica la presencia de aparatos de televisión, radios, cocina y refrigeradora. Siete de los finqueros encuestados poseían camionetas para movilizarse, de más de ocho años de antigüedad.

En términos generales, los productores tienen acceso relativamente fácil al crédito. Además de la banca privada y oficial, existen entidades de segundo grado, como el Centro Agrícola Esparza (CAE), las cuales están facultadas por la ley para apoyar con crédito a los productores, y cuentan con un buen historial de repago. Los costos de intermediación del crédito agropecuario son relativamente bajos. En los últimos cinco años, tres de los productores encuestados (33%) solicitó créditos a la banca privada y al CAE. Los créditos solicitados estuvieron destinados a la compra de animales y tuvieron plazos de repago a un año.

5. Caracterización de los Sistemas de Producción

5.1. Ganadería

La principal actividad desarrollada por los productores encuestados es la ganadería de doble propósito. Al momento de la encuesta, los nueve productores poseían un total de 182 animales vacunos, de los cuales el 93% estaba representado por animales propios. La carga animal promedio es de 0,7 animales/ha. En la totalidad de las fincas encuestadas se produce leche y se venden los terneros al destete.

5.1.1. Manejo del ganado y los potreros

La alimentación del ganado es en base a pastos naturales, aunque se poseen áreas con pastos mejorados del género *Brachiaria*. El ganado recibe sal común y sales mineralizadas durante todo el año. A las vacas en producción y a los terneros se les suplementa la dieta, principalmente durante los meses del verano, con gallinaza y

pollinaza y en ocasiones también con concentrado. La monta es natural y el ordeño se efectúa con el ternero al pie.

Las fuentes de agua para el ganado son naturales, a partir de nacientes invernales y quebradas. Las quebradas de agua generalmente carecen de cercas que impidan el ingreso del ganado. La disponibilidad de agua y la disposición de los potreros determina que se haga rotación de potreros durante el invierno (cuando la naciente invernal tiene agua). Durante el verano, sin embargo, no se emplea rotación de potreros, ya que para facilitar el acceso del ganado al agua y para regular la carga sobre los pastos, todos los potreros se mantienen abiertos.

El manejo sanitario del ganado incluye la vacunación de todo el hato dos veces por año con la vacuna doble, la desparasitación interna de todos los animales dos veces al año y la desparasitación externa (baño) de todos los animales una vez por año. Al ganado también se le administran vitaminas, al menos, dos veces por año.

El manejo de las pasturas conlleva la chapea de los potreros seguida de una aplicación de herbicida, actividades que se efectúan entre una y dos veces por año. El herbicida más comúnmente empleado es una mezcla de tordón y 2, 4 D-amina+picloram en una proporción de 1:4. Otra actividad común en el manejo de potreros es la reparación de cercas, actividad que se realiza en forma continua a lo largo del año.

5.2. Otros Sistemas de Producción

En ocho de las 9 fincas encuestadas, se observó la producción de aves de corral, cítricos y madera. Sin embargo, en la totalidad de los casos éstas producciones son de pequeña envergadura y dirigidas al autoconsumo. Por ejemplo, en cuatro fincas donde se observó la presencia de unas pocas aves de corral (menos de 20 animales en todos los casos), las mismas son criadas con el fin de producir huevos, pollos y gallinas para autoconsumo. En el caso de la madera, la misma se consumió en la finca como leña o postes para construcción.

6. Salidas e Ingresos de la Finca

Los ingresos de las fincas provienen de la producción de leche y sus derivados, y de la venta de terneros y animales de descarte. Las producciones de leche fueron mayores en el invierno que durante el verano; la producción media en invierno fue de ocho litros de leche/vaca/día, mientras que en verano fue de 4,5 lt/vaca/día. En algunas de las fincas (22%) la leche se transformó en queso y se vendió como tal, mientras que en el 78% de las fincas restantes, la leche se vendió en forma fluida. El precio de la leche fue de US\$ 0,27/lt, mientras que el precio de venta del queso fue de US\$ 2,29/kg.

Los terneros producidos en la finca se venden al momento del destete, el cual ocurre generalmente entre los ocho y los nueve meses de edad. El peso promedio de los terneros al destete fue de 180 kg (rango 160–220 kg). El precio promedio de venta por kg de los terneros fue de US\$ 1,13. Los terneros se vendieron en el mercado local a un valor promedio de US\$ 203/animal. En las fincas, también se venden los animales de descarte.

El peso promedio de las vacas de descarte fue de 450 kg (rango 400–540 kg). El precio promedio de venta de esos animales fue de US\$ 350/animal.

Las ventas totales provenientes de animales y de la leche y sus derivados fueron, en promedio, de US\$ 10.322 por finca (US\$ 212/ha ! US\$ 146/ha). Los ingresos medios por leche y sus derivados representaron el 63,8 % de los ingresos totales de las fincas. Este porcentaje se vio incrementado al 77 % en las fincas menores de 40 ha.

La mano de obra ocupada en las fincas es predominantemente familiar, aunque se contrata mano de obra temporaria para algunas actividades relacionadas al mantenimiento de potreros (chapia) durante el invierno. Solo en algunas de las fincas (tres fincas) con un tamaño de más de 60 ha se encontraron trabajadores permanentes, generalmente un trabajador por finca. El valor del jornal pagado a los trabajadores temporarios fue de US\$ 6,60/día (no se incluyen las cargas sociales). El salario mensual para los trabajadores permanentes fue de US\$ 133/mes.

Los gastos en insumos agropecuarios estuvieron representados por sales mineralizadas, suplementos alimentarios (gallinaza, pollinaza y concentrados) y agroquímicos (herbicidas y fertilizantes). Las sales mineralizadas y los alimentos suplementarios fueron los rubros que más aportaron a los gastos en insumos agropecuarios, representando entre el 60% y el 95% de los mismos. El total de gastos en insumos agropecuarios rondó generalmente en el orden de los US\$ 10 a US\$ 30 por ha.

Los ingresos netos promedio de las fincas fueron de US\$ 7.249 (! US\$ 3.183). El 11,1% de las fincas posee ingresos menores de US\$ 250/ha, un 44,4% de las fincas muestran ingresos netos del orden de los US\$ 250/ha a US\$ 350/ha, y el restante 44,4% presenta ingresos netos mayores a los US\$ 500/ha. Las fincas también reciben ingresos generados por actividades fuera de la finca. Lamentablemente, las personas encuestadas no proveyeron esta información.

7. Conclusiones Preliminares

Las fincas bajo estudio en el proyecto son fincas mayoritariamente de pequeño y mediano tamaño, dedicadas a la producción ganadera de doble propósito de leche y cría del ternero. El uso del suelo predominante en las fincas son los pastos, mayoritariamente los nativos. El manejo del ganado es generalmente de forma extensiva, con alimentación basada en pastos nativos, aunque se provee de suplementación alimentaria con concentrado, pollinaza y gallinaza a los terneros y las vacas paridas.

Una porción considerable (56%) de los miembros del grupo familiar no considera a la finca como su principal fuente de trabajo, y prefieren realizar tareas fuera de la misma. Sin embargo, la mano de obra empleada en las fincas es fundamentalmente familiar, aunque se contratan trabajadores temporarios para algunas tareas específicas (desmalezamiento de potreros, por ejemplo). La presencia de trabajadores permanentes se observa solamente en las fincas de mayor tamaño (> 60 ha).

Los ingresos de la finca provienen de la venta de leche y sus derivados (quesos), de animales de descarte, y de terneros que se venden al momento del destete. En las fincas encuestadas, los gastos relacionados a la suplementación del ganado representan la mayor parte de los gastos en insumos agropecuarios. Los ingresos netos de las fincas fueron altamente variables, aun normalizados por ha. Esto sugiere que los finqueros subestimaron sus costos de operación al proveer esa información en la encuesta (lo cual no es raro de esperar, ya que ninguno de los finqueros lleva registros contables de sus fincas y existe la tendencia a sobreestimar ingresos y subestimar gastos). De lo anterior se desprende que los ingresos y egresos provistos para las fincas deben ser tomados como estimadores groseros de los mismos, y deben ser ajustados en el futuro por medio de los registros de actividades y producción de las fincas.

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page]

Chapter 5

Policy Issues related to Carbon Sequestration and International Carbon Trading

FARMING FOR CARBON CREDITS

L. 't Mannetje

Wageningen University

The Netherlands

FARMING FOR CARBON CREDITS

GHG EMISSION IS A GLOBAL PROBLEM

KYOTO PROTOCOL 1997

**INDUSTRIALIZED (ANNEX 1) COUNTRIES MUST REDUCE THEIR GHG
EMISSIONS BY AT LEAST 5 PER CENT BELOW 1990 LEVELS IN THE FIRST
COMMITMENT PERIOD 2008 TO 2012**

MECHANISMS FOR REDUCTION OF CO₂ EMISSIONS

CLEAN DEVELOPMENT MECHANISMS (CDM)

JOINT IMPLEMENTATION PROJECTS (JI projects)

[EXCLUDING NUCLEAR POWER]

Clean Development Mechanism (CDM)

mitigation projects undertaken between Annex 1 countries and non-Annex 1 countries. Projects must contribute to the sustainable development of the non-Annex 1 host country.

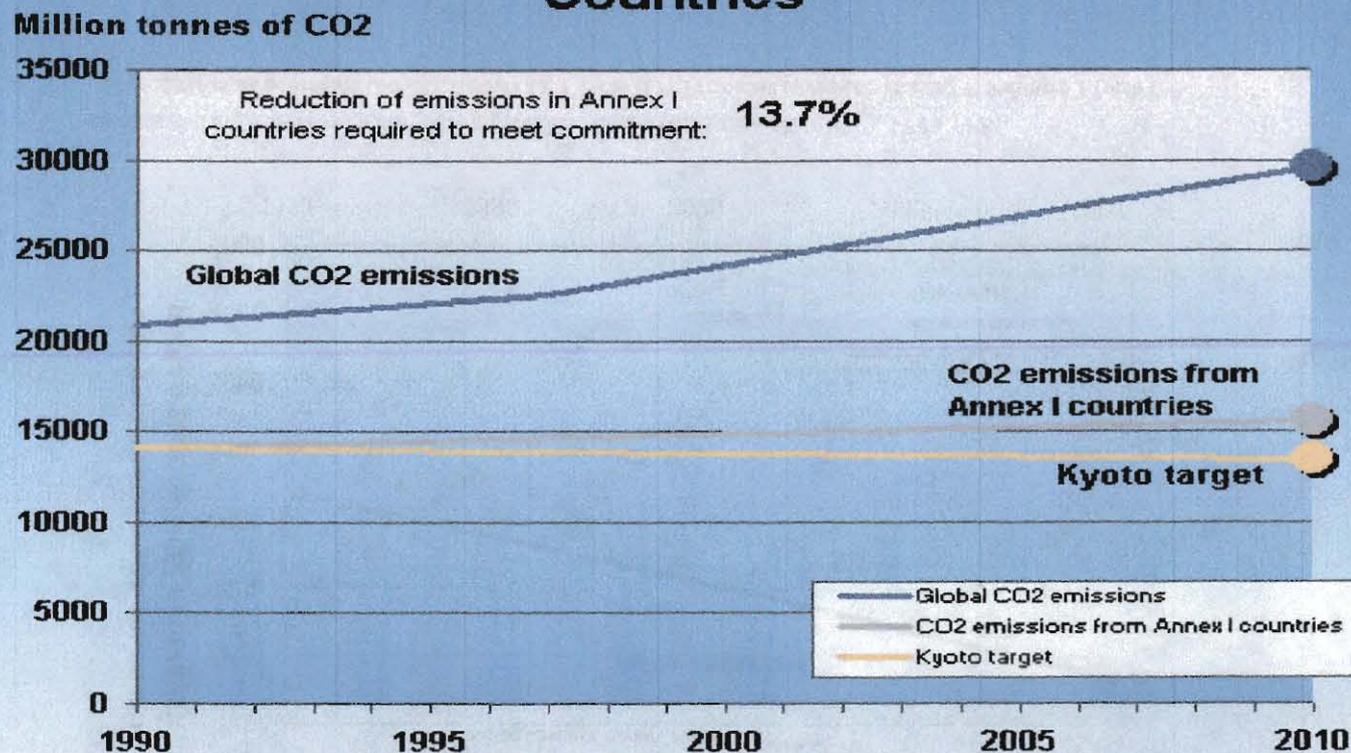
Joint Implementation (JI)

gives Annex I countries the option to implement measures jointly with other countries. (not realised)

ANNEX 1 COUNTRIES

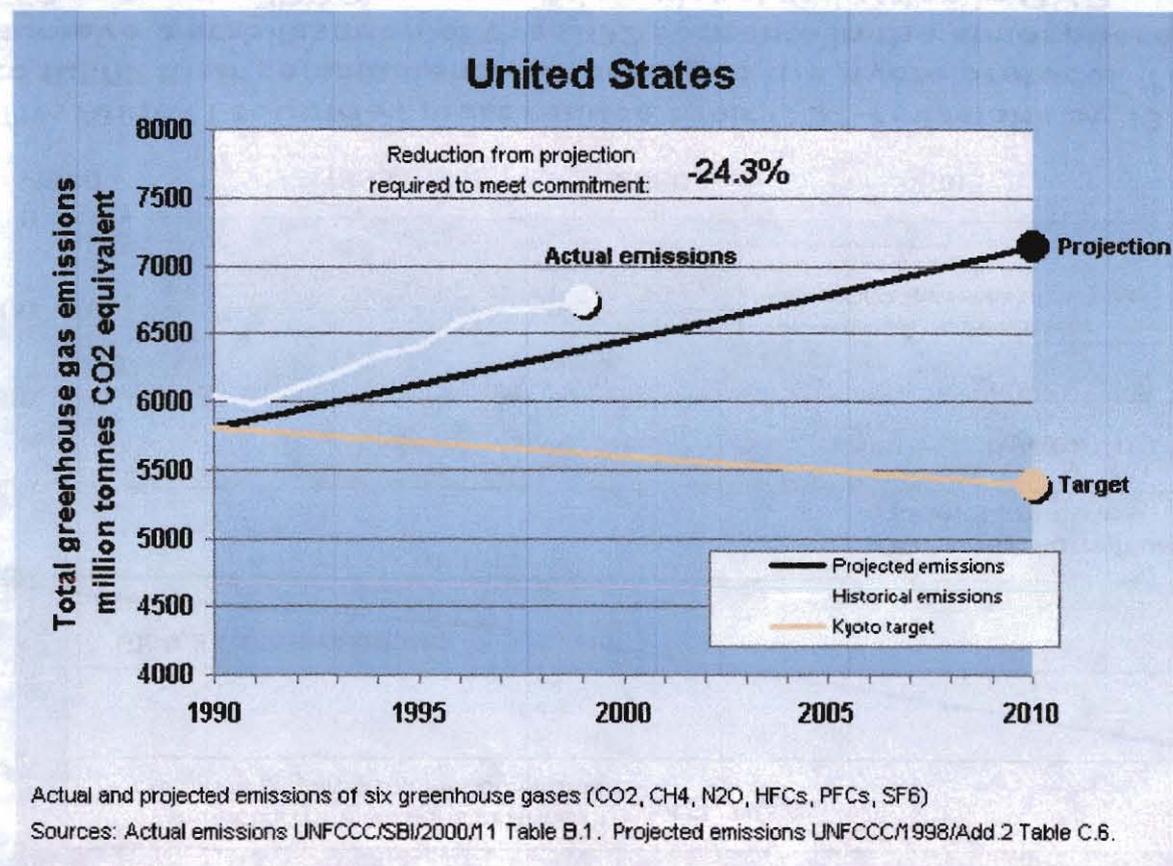
<u>Australia</u>	<u>Hungary</u>	<u>Poland</u>
<u>Austria</u>	<u>Iceland</u>	<u>Portugal</u>
<u>Belgium</u>	<u>Ireland</u>	<u>Romania</u>
<u>Bulgaria</u>	<u>Italy</u>	<u>Russia</u>
<u>Canada</u>	<u>Japan</u>	<u>Slovak Republic</u>
<u>Czech Republic</u>	<u>Latvia</u>	<u>Spain</u>
<u>Denmark</u>	<u>Lithuania</u>	<u>Sweden</u>
<u>Estonia</u>	<u>Luxembourg</u>	<u>Switzerland</u>
<u>Finland</u>	<u>Monaco</u>	<u>Ukraine</u>
<u>France</u>	<u>Netherlands</u>	<u>United Kingdom</u>
<u>Germany</u>	<u>New Zealand</u>	<u>USA (WITHDRAWN)</u>
<u>Greece</u>	<u>Norway</u>	

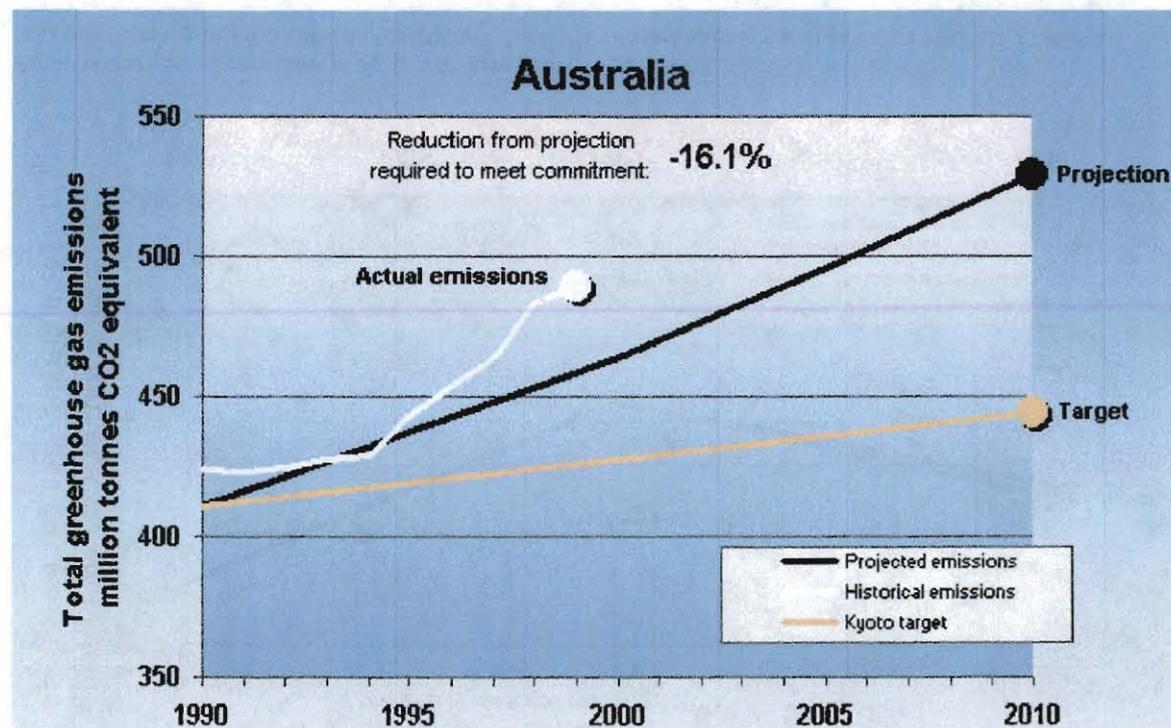
Carbon Dioxide Emissions Globally and from Annex I Countries



The Annex I countries must reduce their CO₂-emissions by 13.7% to fulfill their commitments according to the Kyoto protocol. To achieve a stabilisation of the CO₂ contents in the atmosphere at 550 ppmv, the IPCC recommends a global reduction in GHG emissions of more than 50%.

Source: International Energy Agency, World Energy Outlook 2000

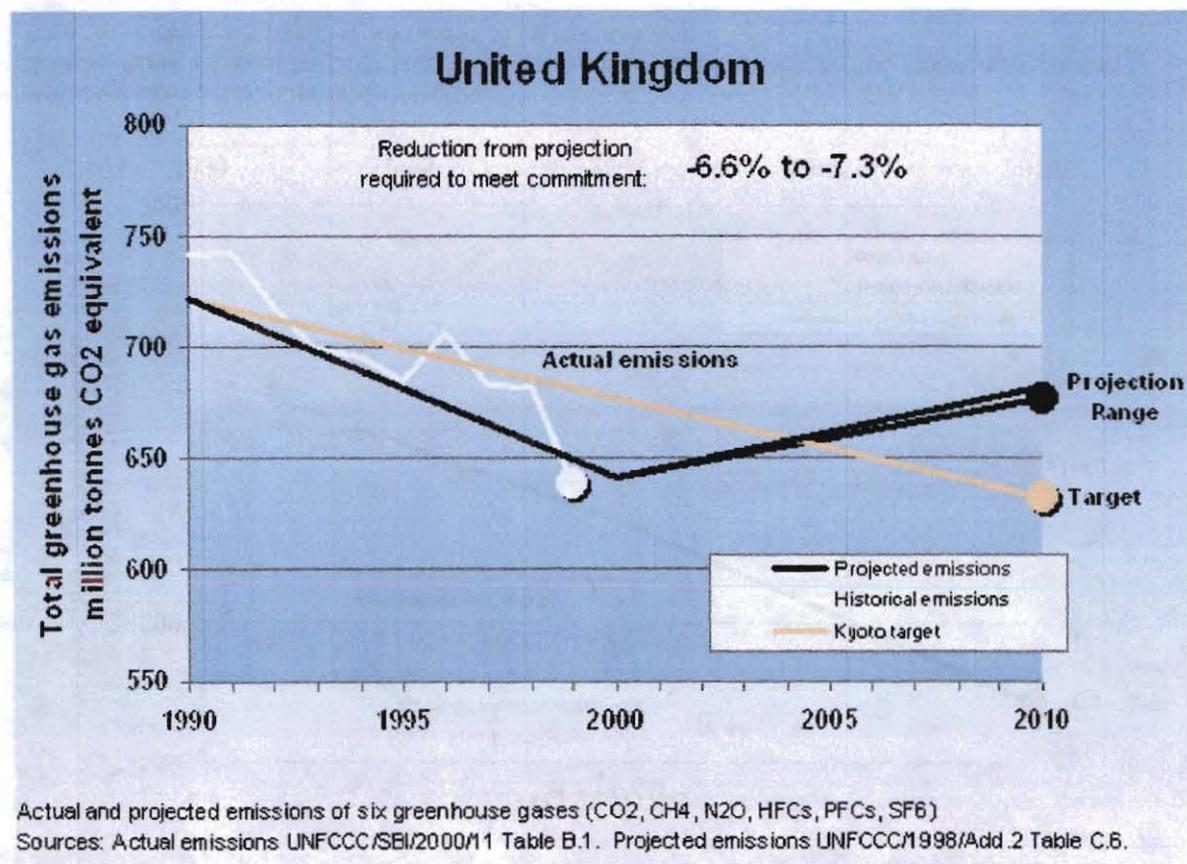


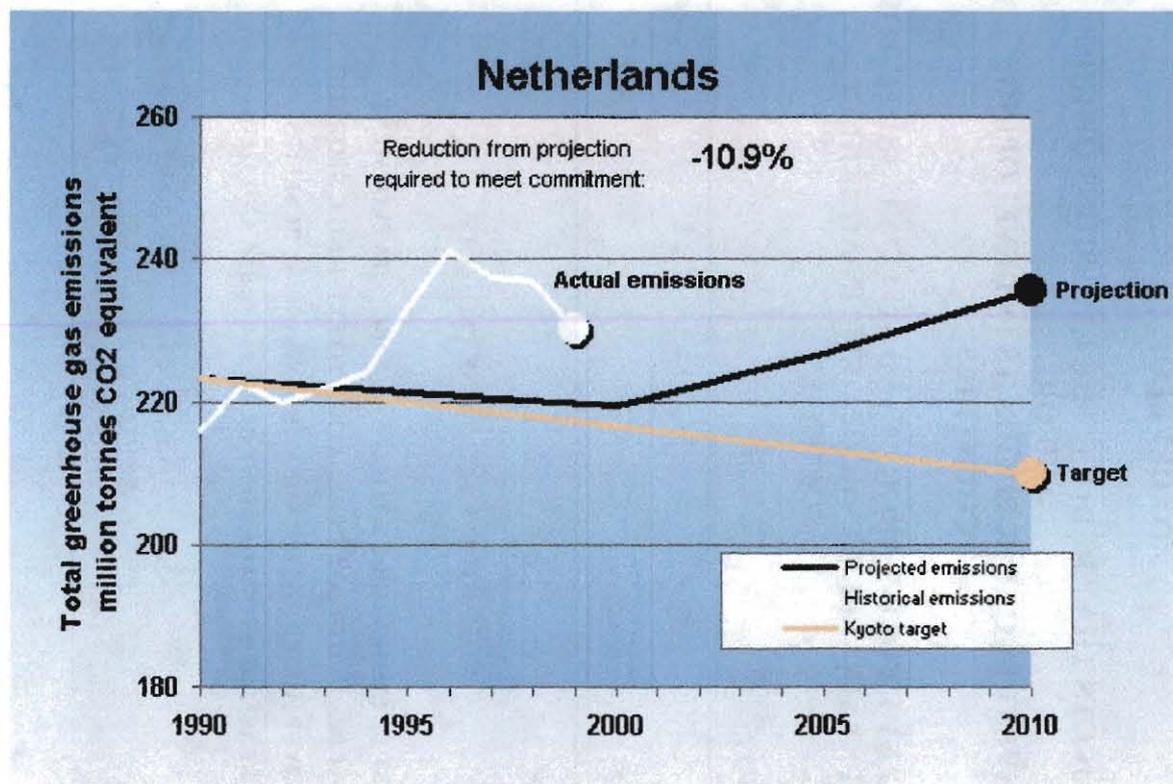


Actual emissions of CO₂, CH₄, NO₂, PFCs, SF₆.

Sources: Actual emissions UNFCCC/SBI/2000/11 Table B.1. Projected emissions UNFCCC/1998/Add.2 Table C.6.

Projected emissions are CO₂, CH₄, N₂O and PFCs for 1990 and 2010





Actual and projected emissions of six greenhouse gases (CO2, CH4, N2O, HFCs, PFCs, SF6)

FARMING FOR CARBON CREDITS

**CDM and JI PROJECTS FOR INDUSTRIALIZED
COUNTRIES**

TO DEVELOP

**PROJECTS THAT REDUCE THE EMISSIONS OF GHG
AND/OR
INVEST IN C SINK PROJECTS IN DEVELOPING
COUNTRIES**

**TO MEET KYOTO TARGETS AND TO CONTRIBUTE TO
SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN AGRARIAN
SOCIETIES**

CONDITIONS FOR C-SINK PROJECTS

- MUST BE COMPATIBLE WITH *SUSTAINABLE* DEVELOPMENT
- MUST BE *ADDITIONAL* IN RELATION TO EXISTING C STORAGE
- DELIVER ADDED *ENVIRONMENTAL* AND *SOCIAL* BENEFITS
- INCREASED C STORAGE MUST BE *MEASURABLE* AND *LONG-TERM*

OPPOSITION TO USE OF C-SINKS

- Doubts whether c-sinks can be measured accurately (Watson et al. 2000 say YES)
- WWF has developed Gold Standard conditions under which sinks might be used
- Greenpeace and the Climate Action Network (CAN) remain opposed to the use of sinks

MARAKESH ACCORDS

IN ADDITION TO AFFORESTATION AND REFORESTATION PROJECTS
ALSO ALLOWED ARE:

FOREST MANAGEMENT
CROPLAND MANAGEMENT
GRAZINGLAND MANAGEMENT
REVEGETATION

EXISTING C STOCKS ARE EXCLUDED FROM C- ACCOUNTING

OPTIONS FOR DEVELOPING COUNTRIES

DEFINITION OF FOREST

Area of land with at least 10 to 30 % crown cover of trees that can reach a height of at least 2 to 5 m, including open-woodland and savanna rangelands

MEANING:

SILVOPASTORAL DEVELOPMENT IS INCLUDED

FARMING FOR CARBON CREDITS

To take effect when

55 parties have ratified the Convention, including industrialized countries representing at least 55% of the total 1990 CO₂ emissions from this group (USA has withdrawn from Kyoto Protocol)

Last to sign

2002 Canada 99th country : 40.6% of CO₂ emissions

2003 Russia expected to sign : > 55% CO₂ emissions

THEREFORE TRADING CAN START IN 2004

THE WORLD BANK set up

Prototype Carbon Fund (PCF) US \$180M

for transaction process for host countries and private and public contributors to the Fund

OPPORTUNITIES FOR CARBON FINANCE

Energy projects in countries with high energy usage and relatively advanced technology (e.g. India China)

Many of the poorest countries will find few opportunities to benefit.

For these WORLD BANK has set up Development Carbon Fund (CDCF) and the BioCarbon Fund (BioCF).

BIOME	GLOBAL			
	Area (10 ⁶ km ²)	Vegetation	Soils	Total
Tropical forests	17.6	212	216	428
Temperate forests	10.4	59	100	159
Boreal forests	13.7	88	471	559
Tropical savannas	22.5	66	264	330
Temperate grasslands	12.5	9	295	304
Deserts and semideserts	45.5	8	191	199
Tundra	9.5	6	121	127
Wetlands	3.5	15	225	240
Croplands	16.0	3	128	131
Total	151.2	466	2011	2477

(Watson et al. 2000)

**THE ROAD TO HELL IS
PAVED WITH GOOD
INTENTIONS**

February 14, 2002

*“We will look for ways to increase the amount of
carbon stored by America’s farms and forests
through a strong conservation title in the farm bill.*

*I have asked Secretary Veneman to recommend new
targeted incentives for landowners to increase carbon
storage.”*

-- President George W. Bush,

In 2004, USDA will invest almost \$3.9 billion in agriculture and forest conservation, an increase of \$1.7 billion over 2001 levels.

Due to the increase in conservation investments and a focus that includes carbon sequestration efforts, USDA estimates these actions will reduce GHG emissions and sequester roughly 12 million tons of GHG (carbon equivalent) annually by 2012.

Greenhouse Gas Pilot Projects

USDA will pursue projects in collaboration with private partners to test forest and agriculture GHG sequestration and mitigation technologies and practices.

Potential partners include locally-led groups such as Resource Conservation and Development Councils, private companies, conservation groups and farm cooperatives.

THESE MEASURES ARE ALL AIMED
AT THE USA, NO MENTION OF
TRADING WITH DEVELOPING
COUNTRIES

AUGUST 31, 2003

US SAYS CO₂ IS NOT A POLLUTANT

The Bush administration has decreed that
CO₂ from industrial emissions
is not a pollutant

Industry may increase emissions with
impunity.

ONE DAY LATER

AUSTRALIA CANS CARBON TRADING
SCHEME

Australian Prime Minister John Howard has
dropped a carbon trading
scheme designed to reduce greenhouse gases,
after heeding industry's
protest that it would drive investment offshore

CARBON CREDIT TRADING

Allowances per t CO₂ on 15 August 2003

	Bid	Offer	Mid	Closing
EU	□9.00	□11.25	□10.12	□9.00
UK	£1.75	£2.25	£2.00	

EU: bid and offer for 50,000 t payment at delivery in 2005
closing is for 90,00 t split between 2005, 2006 and 2007
UK: bid and offer for 5,000 t, 2002 or 2003

*Point Carbon=market intelligence and
forecaster in carbon emission markets*

FOR A DAILY FREE UPDATE ON
CARBON CREDIT MARKETS AND
NEWS ITEMS SURF TO

<http://www.pointcarbon.com>

Mills et al (2003):

“The withdrawal of the US from the Kyoto Protocol and the inclusion of soil carbon sinks in the Marrakesh Accords are likely to result in a relatively low carbon price, and thus provide little incentive for farmers to farm for carbon.”

Mills et al. (2003)

At a global scale, the sequestration of carbon in soils and vegetation can potentially buy time for policymakers.

However, carbon sinks are finite.

Alternative ways of reducing the rise in atmospheric CO₂ are required in the long-term.

KEY PAPERS

Watson et al. (2000) IPCC Special Report on Land Use, Land-Use Change and Forestry. Cambridge University Press, Cambridge

Noble (2003) Carbon finance and rangeland management
Proceedings of the VIIth International Rangelands Congress,
Durban, South Africa pp 1052-1058

Mills et al. (2003) Farming for carbon credits: implications for
land use decisions in south African rangelands
Proceedings of the VIIth International Rangelands Congress,
Durban, South Africa pp 1548-1554

