



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
**LA MOLINA**

Captura de carbono como  
herramienta para mitigar el  
cambio climático



Dr. Eloy Cuellar



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**LA MOLINA**

# Contenido

1. Contexto
2. Desarrollo de la investigación
3. Resultados
4. Propuestas
5. Conclusiones





## 1. El Contexto

### Territorio muy diverso y frágil

- El País cuenta con mucha diversidad biológica, de climas, de suelos y de vegetación
- No cuenta con grandes territorios para hacer agricultura, ni forestería convencional de gran escala.
- Sistemas productivos poco amigables con territorios de colinas





## **Constantes cambio del paisaje**

JULIO 2018

The image is a high-resolution aerial photograph of a dense green forest. A prominent, winding path or road cuts through the center of the frame, appearing lighter in color than the surrounding vegetation. The terrain shows some variations in texture and color, suggesting different types of vegetation or soil. In the bottom right corner, there is a small white rectangular box containing text and a scale bar. The text reads "DigitalGlobe (WV2) 04 Jul 2018" and includes a scale bar with markings at 0, 20, 40, and 60 meters. Overlaid on the image are several large, bold, red diagonal text labels:

- Deforestación
- Cambio de uso
- Mayo[r] población
- Ago[tamiento] del sistema

At the bottom of the image, centered below the text labels, is the text "Caminos forestales" in a large, bold, black font.





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**LA MOLINA**



Repite un patrón similar



# Evidencias

## En el pasado

### Ya sucedió un Proceso a la inversa del actual

Estos cambios climáticos en los años 600 -800 DC y 1100 a 1200 DC ocasionaron alteraciones significativas (descensos) en los límites superiores para los principales cultivos como:

#### Papa

descendió su límite de producción de 3,900 a 3,750 msnm.

#### Maíz

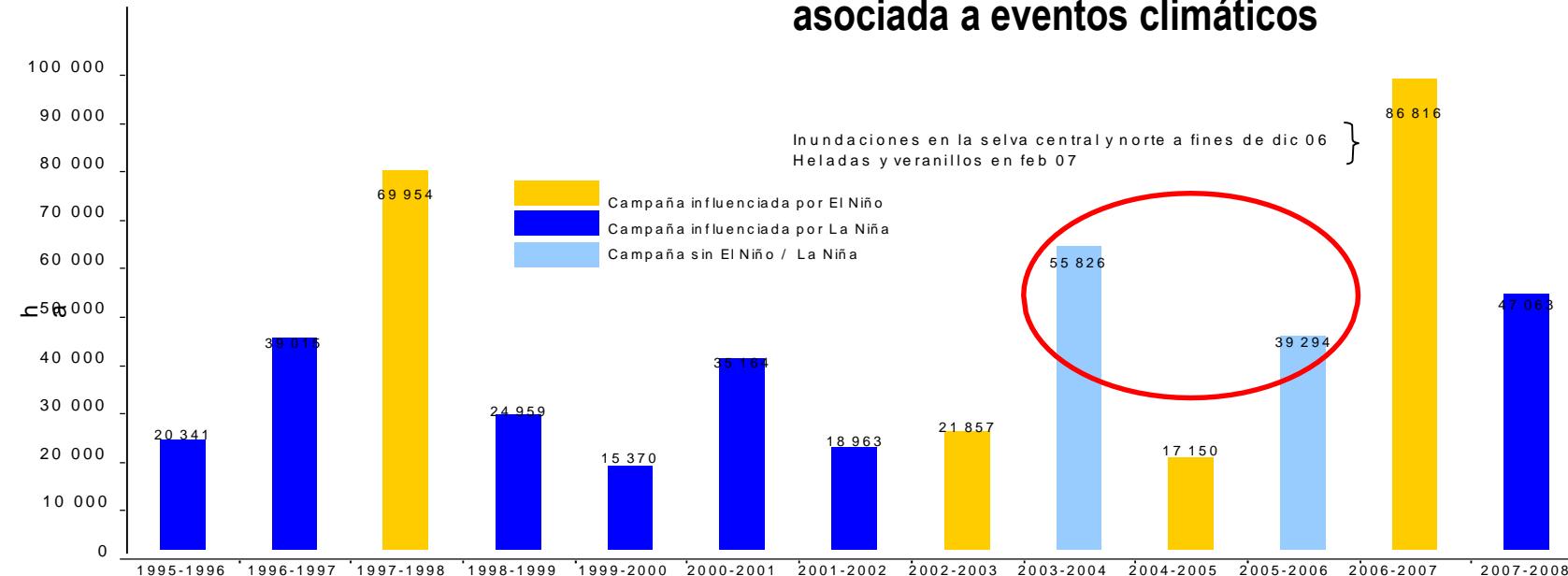
descendió su límite de producción de 3,600 a 3,450 msnm



En el presente:

## Recurrencia de Eventos climáticos adversos: frecuencia e intensidad

**En el Perú:** Más de 15 mil ha se pierden en cada campaña agrícola asociada a eventos climáticos



- Cada dos años se ha presentado un máximo de la superficie perdida.
- La campaña 2003 – 2004 fue impactada por una sequía
- El Índice Oceánico El Niño -ONI de la NOAA en la campaña 97-98 fue **2.5 °C** y en la campaña 06-07 fue **1.2°C**
- La variabilidad climática es la que más afecta al sector



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**LA MOLINA**

**Retroceso  
Glaciar**



**GLACIAR YANAMAREY \_ Perú**  
( Cordillera Blanca-Altitud 4786 msnm.)

# Para el futuro

## Incertidumbre en los escenarios para el agro del país.

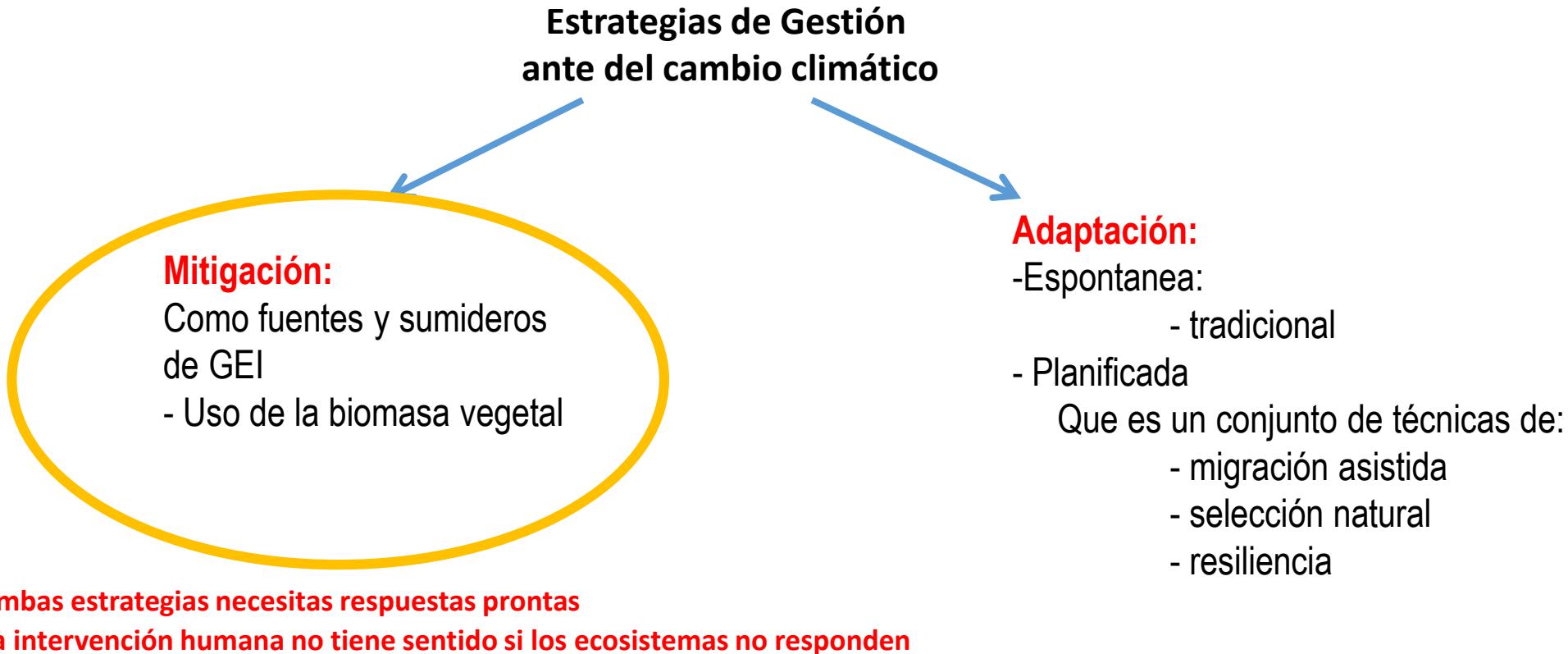
- Se Reducirá significativamente de la superficie de los glaciales de montaña (**déficit de agua**)
- Aumentará la frecuencia de los valores extremos cálidos, de las olas de calor y de las precipitaciones intensas en algunas regiones del país (Región amazónica). (**Aumento de la temperatura y régimen hídrico cambiante**).
- Probablemente las precipitaciones disminuirán en la mayoría de las regiones terrestres subtropicales, como continuación de las tendencias recientemente observadas. (sabanización en la amazonia). (**Perdida de la biodiversidad**).





## 2.- La Investigación

### Estrategias ante el cambio climático

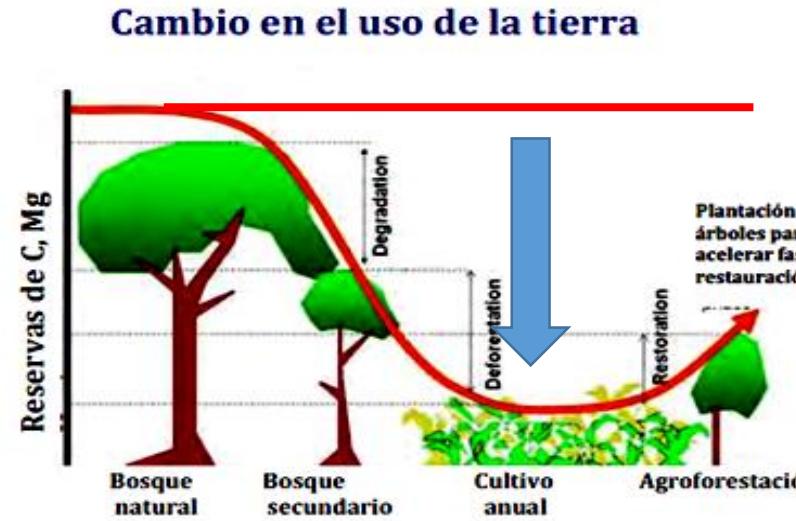


## Mitigación del cambio climático

### Procesos de fijación y almacenamiento de carbono C

#### A- Diferencia entre reservas

La diferencia entre las reservas de C da como resultado las emisiones de C



1t de biomasa de C equivale a 3.67 t de CO<sub>2</sub>

#### B- Ganancia-pérdida

Las emisiones de C se calculan restando la pérdida a la ganancia

#### Ganancia de C

- Crecimiento
- Enriquecimiento
- Buenas prácticas agrarias
- Reforestación



#### Pérdida de C

- Tala y Deforestación
- Extracción de leña
- Producción de carbón
- Incendios
- Pastoreo

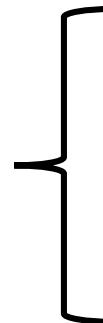


## PROYECTO REDD ALERT

**Proyecto Reducción de las emisiones de la deforestación y degradación mediante alternativas de uso de las tierras en los bosques tropicales**



Estudios  
de Cuencas



**Indonesia      Jambi , Lampung (Sumatra) y East Kalimantan**

**Vietnam      Bac Kan (Norte), Dac Lak y Dac Nong (Central)**

**Perú      Aguaytia, Ucayali.**

**Camerún      Nyong et So'o, Ocean, Mvila, y Valee du Ntem.**

### UNIVERSIDADES

[Hutton Institute](#) ( MLURI), UK, Project Lead

[Université Catholique de Louvain](#) (UCL), Belgium

[Vrije Universiteit Amsterdam](#) (VU), Netherlands

[Georg August University of Göttingen](#) (UGOE), Germany

### CENTROS INTERNACIONALES

[World Agroforestry Centre \(ICRAF\)](#) and [ASB Partnership for the Tropical Forest Margins](#), Kenya

[Centre for International Forestry Research \(CIFOR\)](#), Indonesia

[International Institute of Tropical Agriculture \(IITA\)](#), Nigeria \*

[Centro Internacional de Agricultura Tropical \(CIAT\)](#), Colombia \*

### CENTROS NACIONALES

[Indonesian Soils Research Institute \(ISRI\)](#), Indonesia \*

[Research Centre for Forest Ecology and Environment \(RCFEE\)](#), Vietnam

[Institut de Recherche Agricole pour le Développement \(IRAD\)](#), Cameroon \*

[Instituto Nacional de Investigación Agraria \(INIA\)](#), Peru \*

# Objetivos

## Objetivo General:

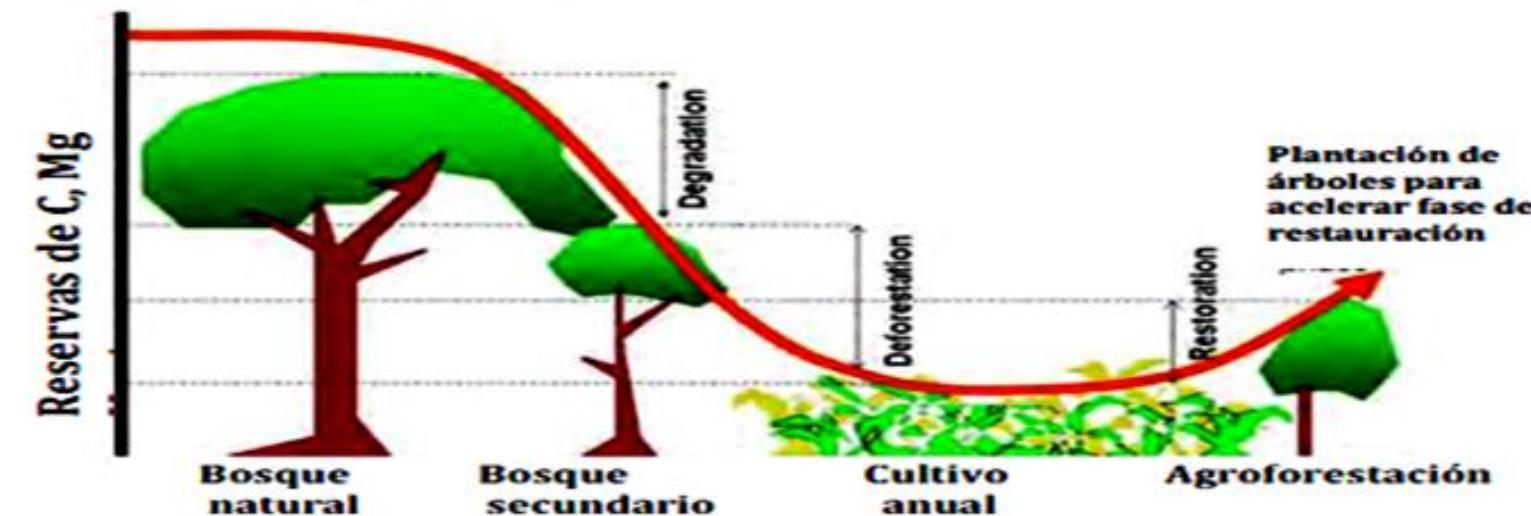
Determinar el patrón de cambios en la biomasa y carbono que se produce por el cambio de uso del bosque mediante evaluaciones destructivas y no destructivas para estimar las emisiones de carbono generadas y comprender la dinámica del carbono en el ecosistema.

## Objetivos específicos:

- Estimar la biomasa en los sistemas de uso de la tierra.
- Estimar el stock de carbono en los cinco depósitos de carbono de los sistemas de uso de la tierra utilizando metodologías establecidas por el IPCC y la Universidad de Gottingen
- Determinar el patrón de cambios en el stock del carbono, mediante comparaciones, que nos permita mejorar la comprensión sobre la dinámica del bosque tropical.

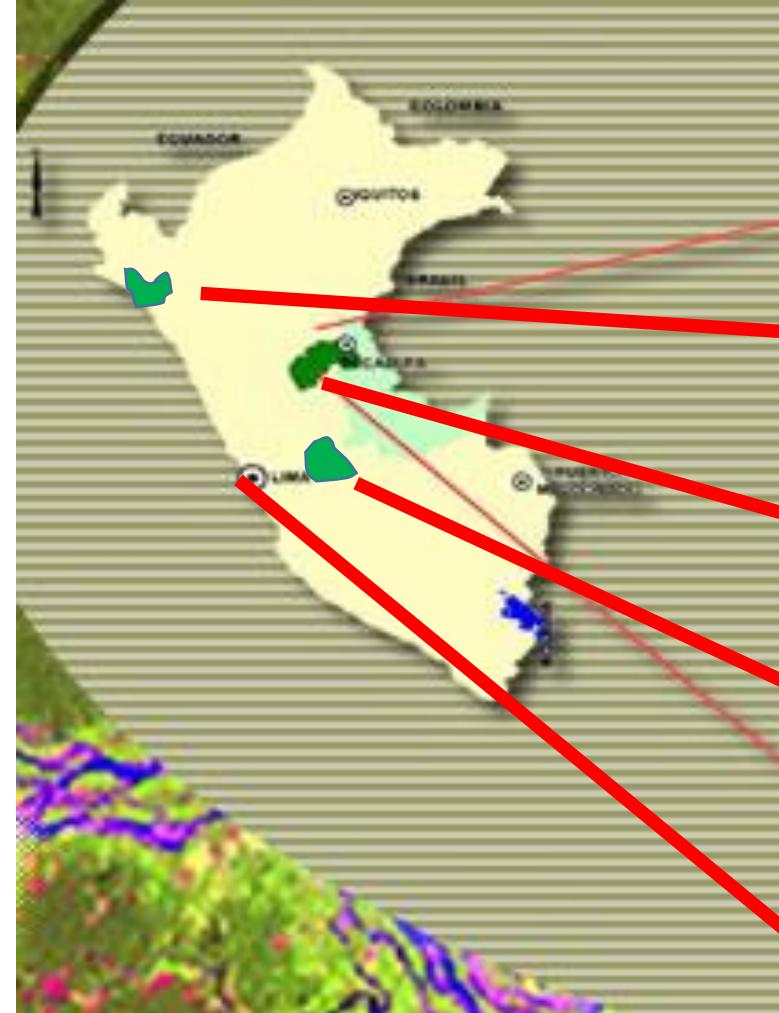
## Pregunta de Investigación

¿Cuál es el patrón de cambios que se produce en el stock y flujo de carbono, en los diferentes estadios del ecosistema forestal, producto de la deforestación y degradación?



El Perú posee una superficie total de bosques de **74,942,865 ha (MINAM, 2014)**, tiene 16 tipos de bosque (Malleux, 1975). Para efectos de este estudio se ha dividido en tres grandes formaciones o paisajes: Bosque Amazónico, Bosque Andino y Bosque Costero.

## Materiales y métodos



Chancay

Aguaytia

Mantaro

Pantanos de  
Villa

## Proceso Metodológico

Elección de la zona de estudio

Selección de los clústeres

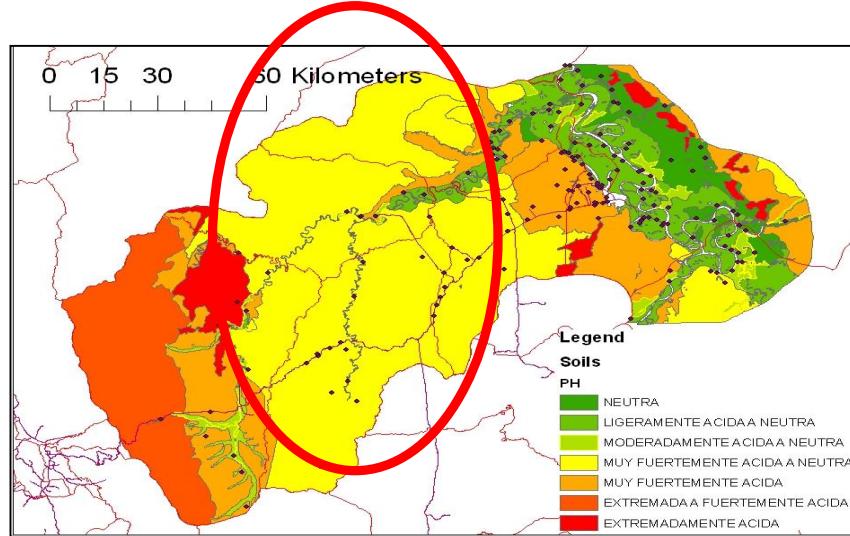
Establecimiento de los plots o parcelas

Toma de datos de campo Procesamiento de

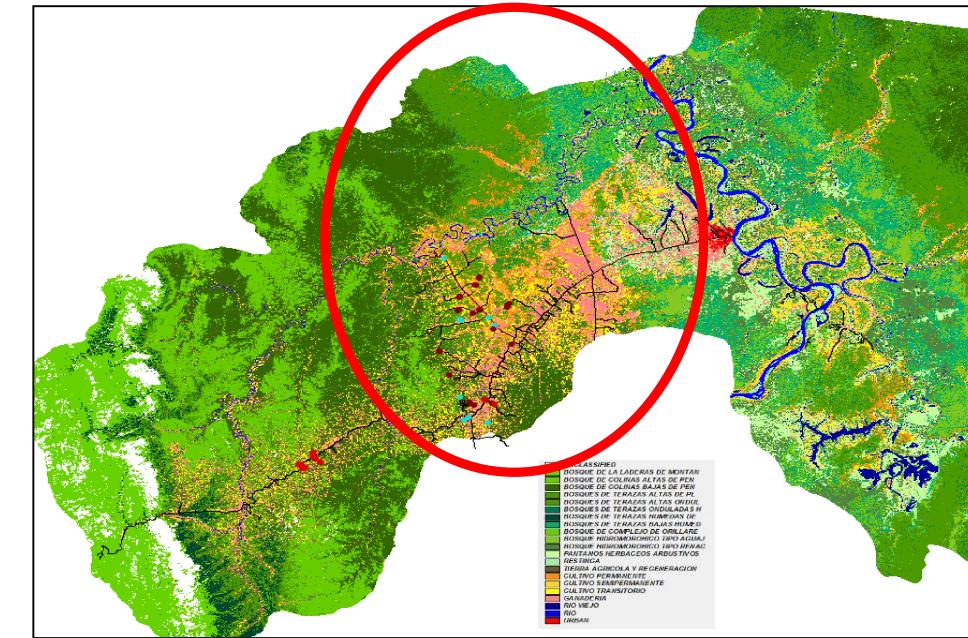
muestras y laboratorio

Procesamiento de datos y discusión Elaboración de

documento final



- Homogeneidad
- Representatividad



**Variables Independientes :** Sistemas de Uso del Suelo SUT

**Variables Dependientes:** Carbono almacenado (reservorios de Carbono);

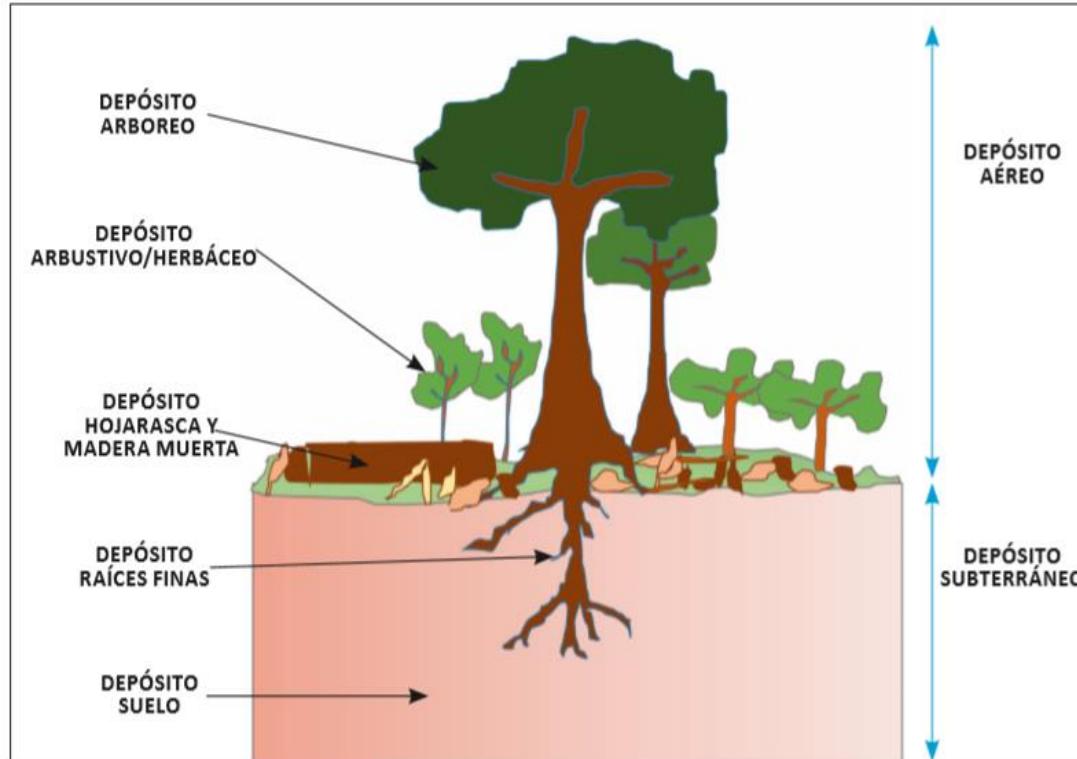


Figura 10. Depósitos de Carbono en el ecosistema.

## Sobre el Suelo



Arboles  
Depósito 1



Arbustos  
y  
herbáceas  
Depósito 2



Hojarasca  
y  
materia muerta  
Depósito 3

## En el Suelo



Suelo  
Depósito 4



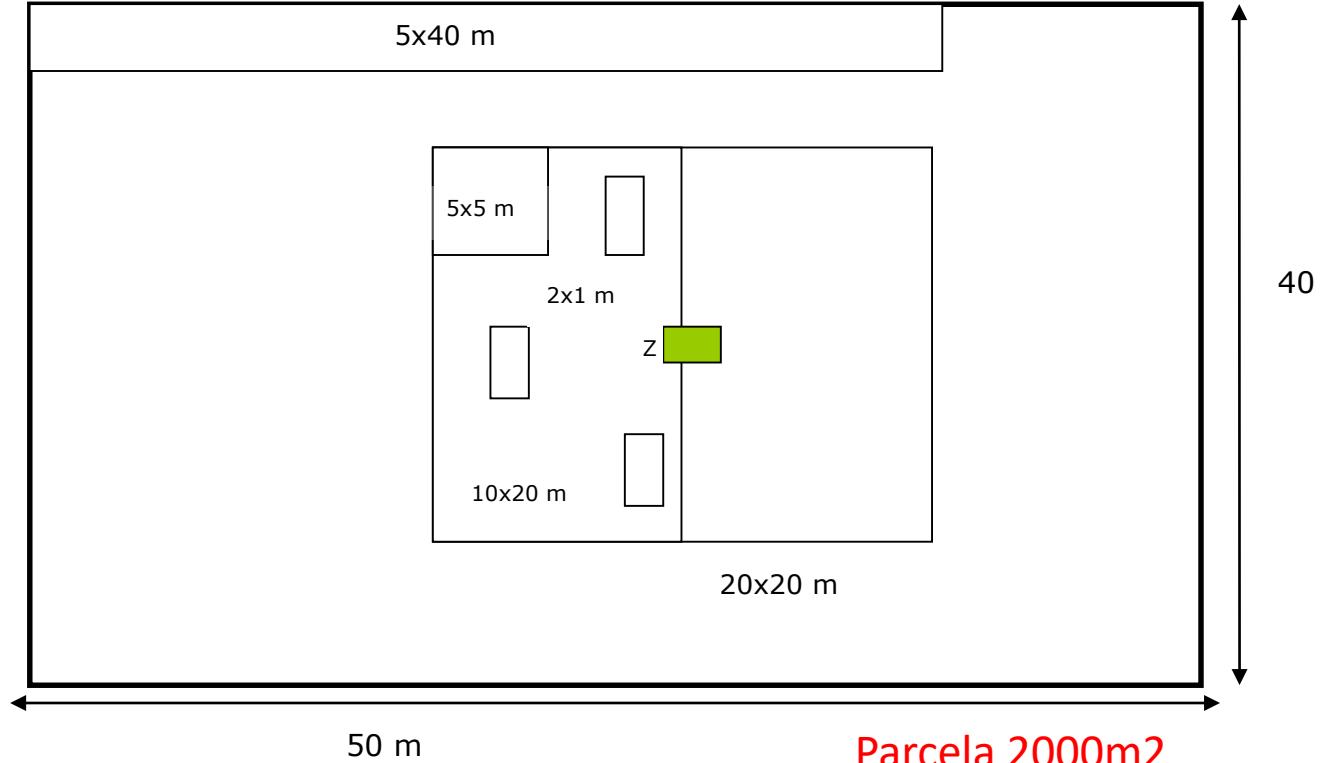
Raíces  
Depósito 5



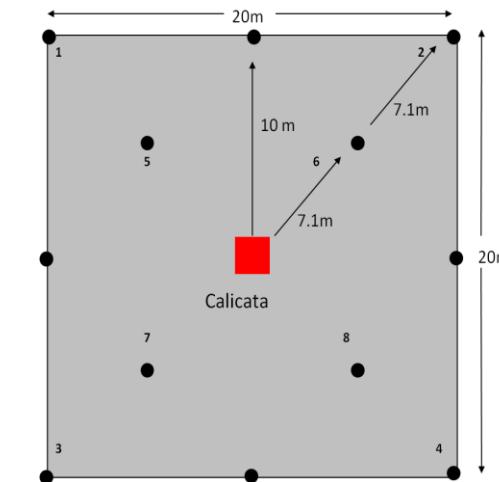
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**LA MOLINA**

## Diseño de la parcela



Diseño de la parcela ICRAF – GOTTINGEN





Preparación de materiales y equipos en el campo.



Preparación de la parcela y sus parcelas.



Medición de Diametro a la Altura del Pecho DAP



Medición de biomasa de troncos bajos, utilizando el volveter.



Medición de la altura total de los árboles.



Medición de peso de la hojarasca.

## Medición de la biomasa aérea total Fase de campo



Medición de biomasa de árboles muertos, utilizando la forcipula.



Toma de muestras de madera muerta.



Toma de muestras de detritos y hojas ca.



Toma de muestras de estructuras de herbáceas vivas



Ubicación de paradas por muestra aleatoria al azar.



Ubicación de la sub parcela y calicata central.



Materiales y equipos.



Preparación de la calicata central.



Calicata central cuadrada 2 x 1 m de profundidad.



Toma de muestras para medir la densidad básica.



Muestra de suelo debidamente dividida.

## Medición de la biomasa en el suelo Fase de campo



Toma de muestras de raíces en calicatas auxiliares.



Limpieza y selección de muestra de suelos.



Toma de muestra de suelo en calicatas auxiliares.



Toma de muestra de suelo en calicatas auxiliares.



Toma a profundidades de 0 a 10, 10 a 30 y 30 a 50 cm.



Limpieza y selección de muestra de raíces finas.



# Procesamiento de muestras

## Carbono Total en cada SUT

Para integrar los diferentes resultados, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\mathbf{CT \ (tC/ha) = CVT + CS + CRF}$$

Donde:

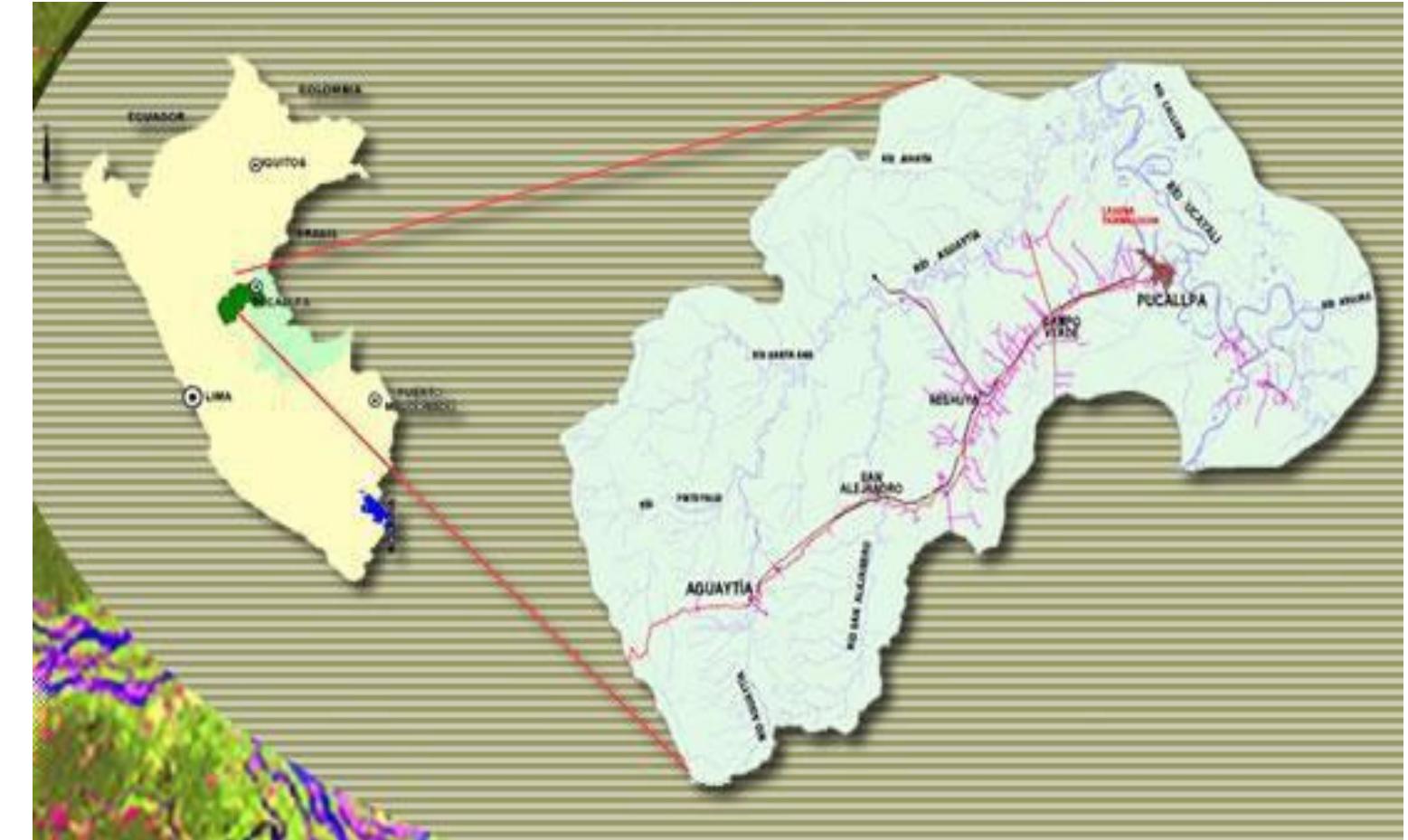
- CT = Carbono total del SUT (tC/ha).
- CVT = Carbono total en la biomasa aérea
- CS = Carbono en el suelo
- CRF = Carbono en las raíces finas

# Resultados

## Caso 1:

# Bosque Amazónico

# La cuenca de Aguaytia



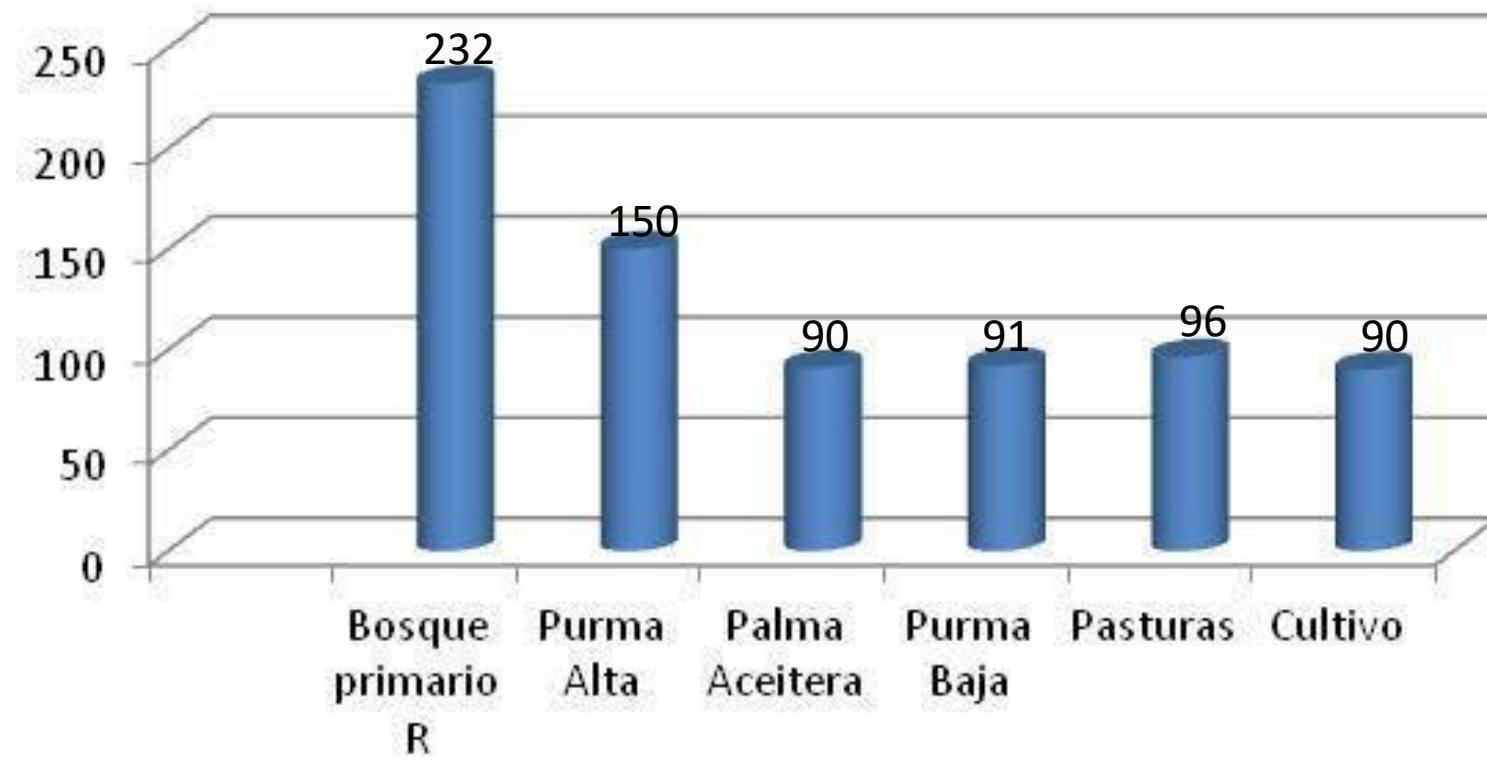
(Fuente, IIAP 2002)

**BOSQUE AMAZONICO**

Capacidad de Almacenamiento de Carbono por SUT

Sistema de Uso de la Tierra	Depósitos de Carbono en TC/Ha (toneladas de					Carbón Stock (tC/ha)
	Arboles	Arbustiva /herbacea	Hojarasca/ madera muerta	Raíces finas	Suelo	
Bosque primario R	121.5	1	33.6	4.81	71.47	232.38
Purma Alta	59.5	1.2	15.1	3.26	71.08	150.14
Palma Aceitera	7.8	0.5	6	4.76	71.87	90.93
Purma Baja	5	2.1	14.1	2.95	67.77	91.92
Pasturas	0.6	1.6	19.7	3.54	71.01	96.45
Cultivo	3.9	1	12	1.83	71.44	90.17

## Depósitos de Carbono en tC/Ha



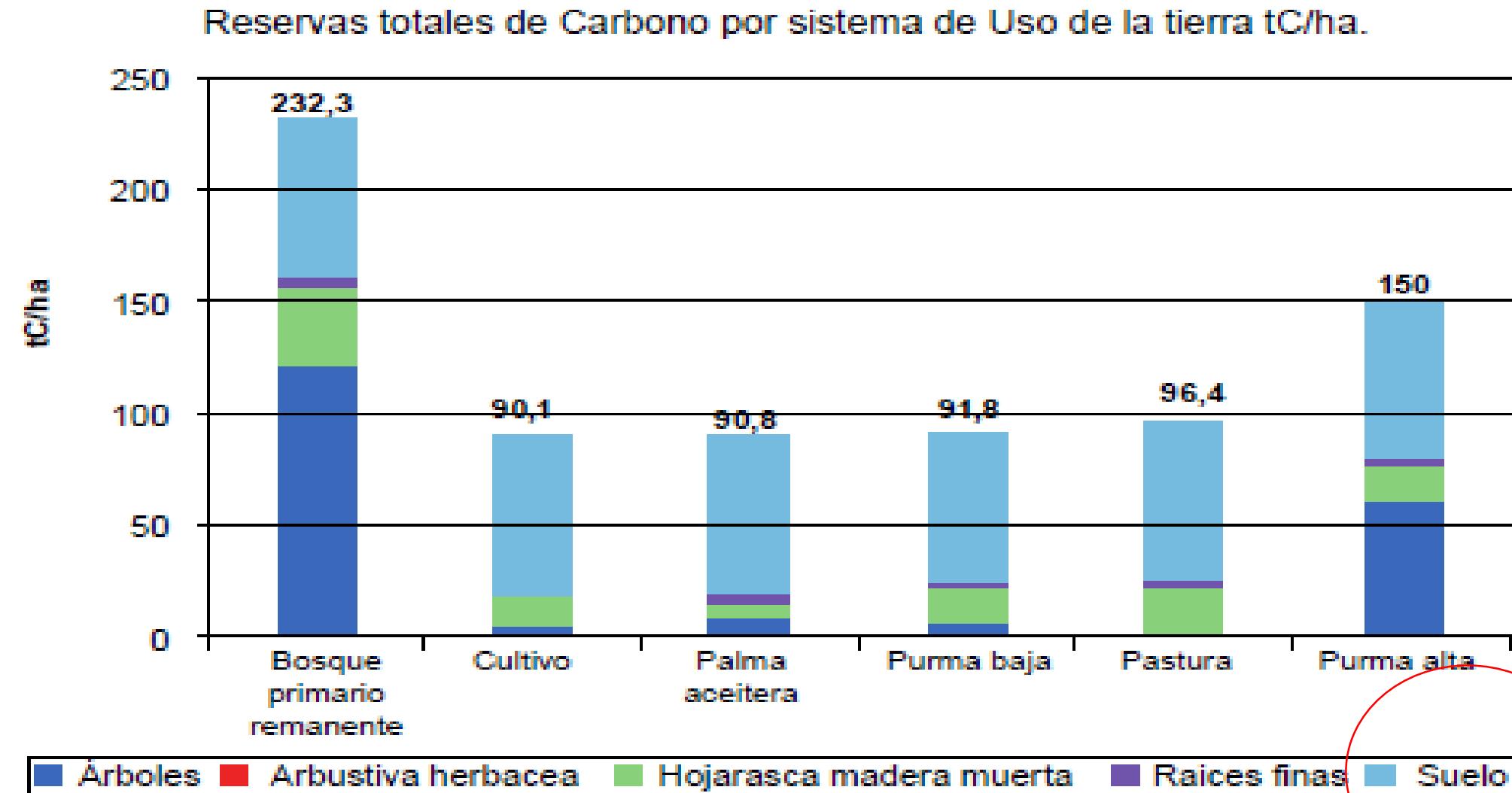


Figura 57 Reservas de carbono por sistema de uso de la tierra.

## Patrón de Cambios

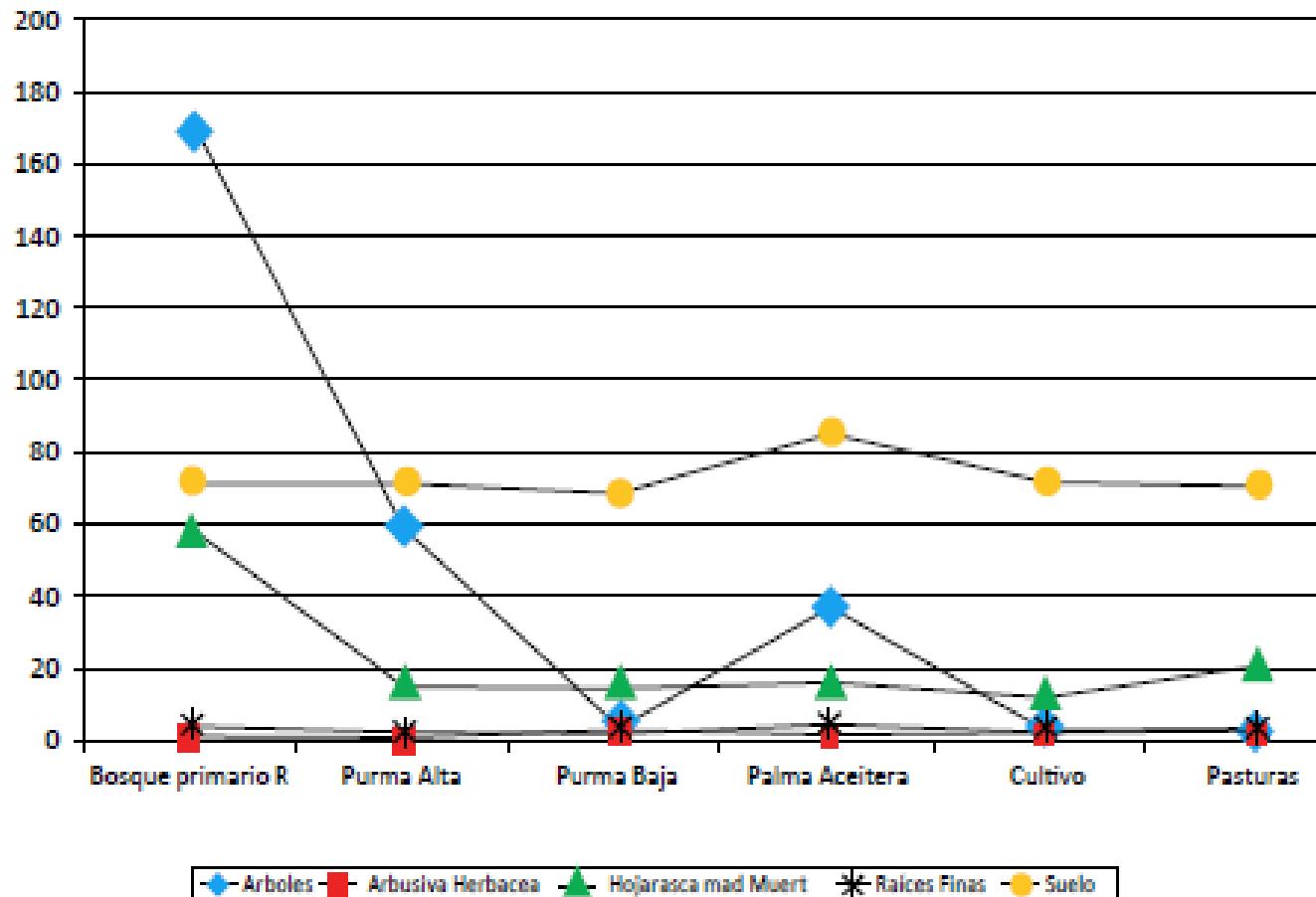


Figura 67. Patrón de cambios de almacenamiento de Carbono a nivel de depósitos y SUT.

## Stock de Carbono en raíces en cinco SUT

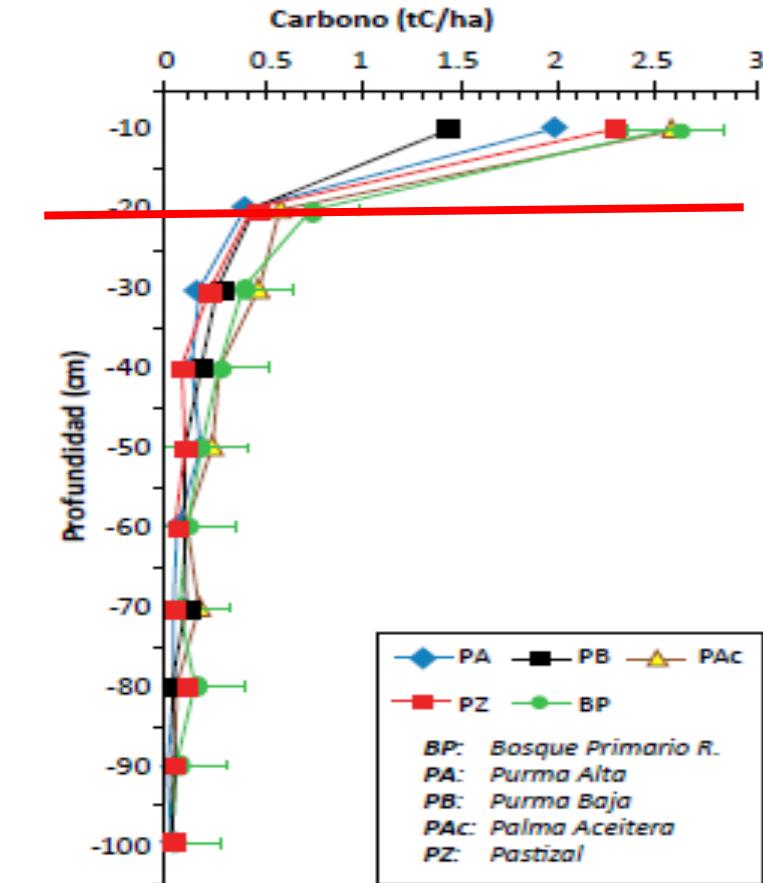
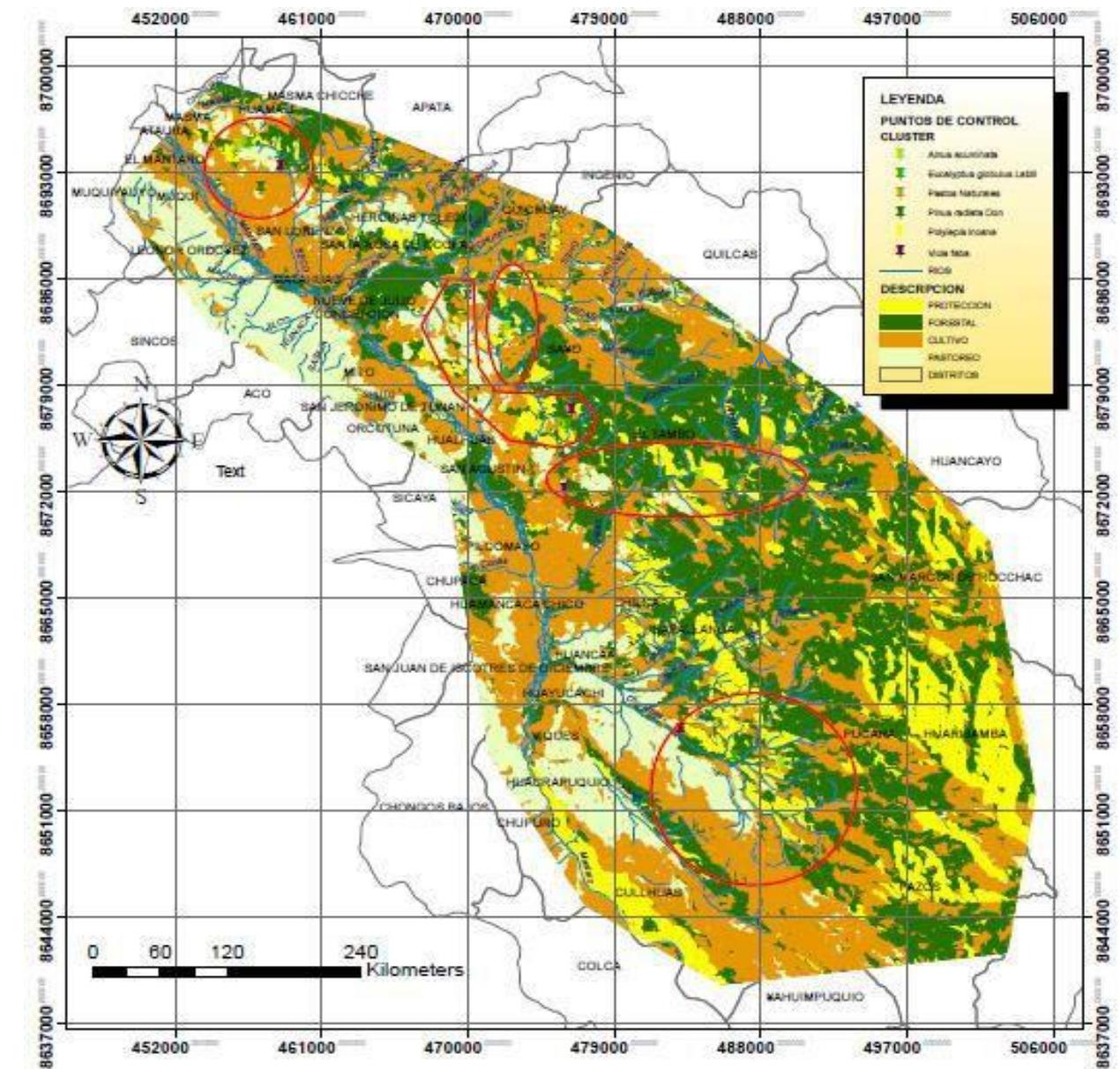


Figura 68. Patrón de cambios del Carbono almacenado en las raíces de cinco SUT.

## Caso2 Bosque Andino

### La cuenca del Mantaro

- Shullcas
- Raquina
- San Agustin de Cajas
- Casacancha
- Mantaro



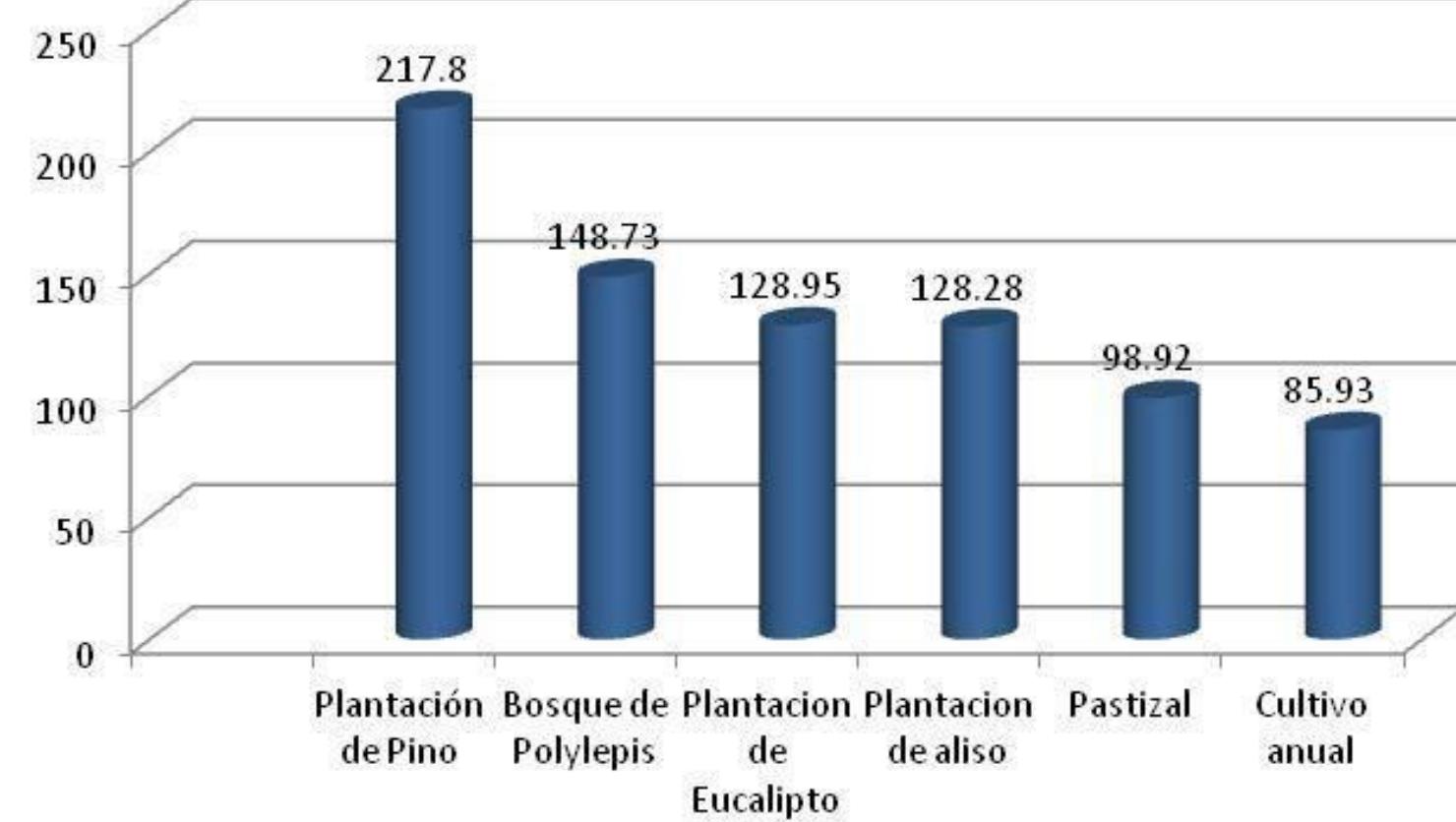
**BOSQUE ANDINO**

Capacidad de Almacenamiento de Carbono por SUT

**CARBONO ALMACENADO A NIVEL DE DEPOSITOS (tC/ha)**

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA	ARBÓREA	ARBUSTIVA Y HERBÁcea	HOJARASCA Y MADERA	RAICES	SUELO 0 a 1m	STOCK DE C TOTAL (tC/ha)
			MUERTA			
Plantación de Pino	111.24	1.15	6.45	16.68	82.28	217.80
Bosque de Polylepis	40.07	1.24	10.54	19.86	77.02	148.73
Plantacion de Eucalipto	30.80	0.61	6.04	13.47	78.03	128.95
Plantacion de aliso	22.21	1.38	5.83	13.74	85.12	128.28
Pastizal	0	5.10	0.85	6.54	86.43	98.92
Cultivo anual	4.86	3.29	1.34	5.67	70.77	85.93

## STOCK DE C TOTAL (tC/ha)



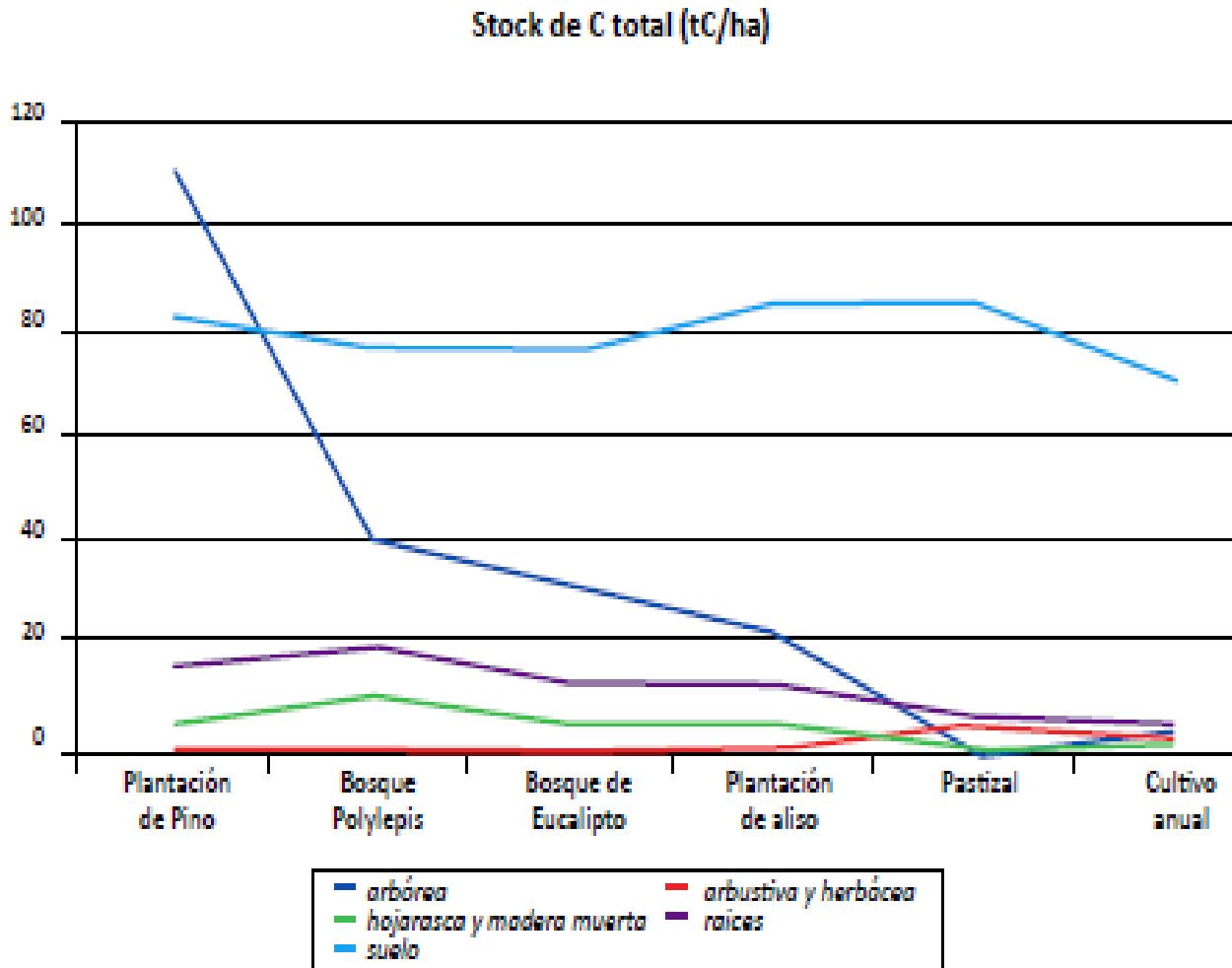
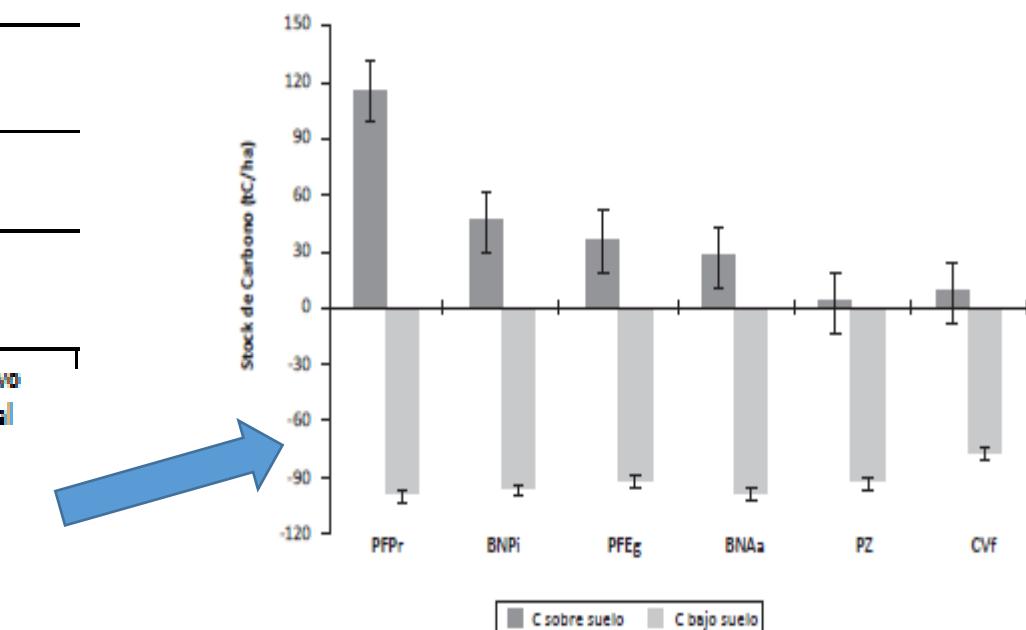


Figura 97. Patrón de cambios del Carbono total Almacenado en el bosque andino.



PFPr: Plantación forestal de *Pinus radiata* D. Don

PFEg: Plantación forestal de *Eucalyptus globulus* Labill.

PZ:

BNPr: Bosque Nativo de *Polylepis incana* H.B.K.

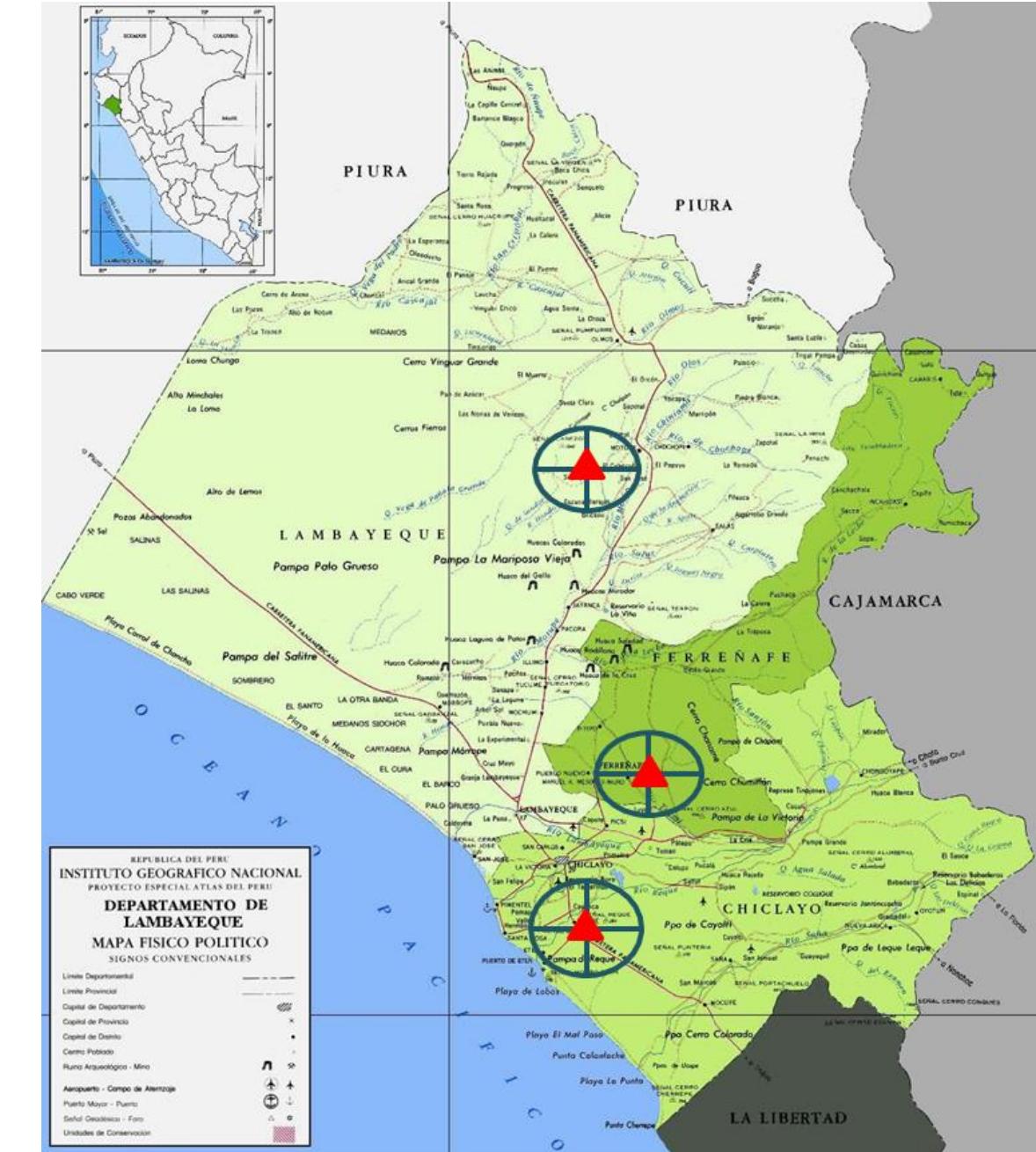
BNAa: Bosque Nativo de *Alnus acuminata* H.B.K.

CVf: Cultivo estacionario Vicia Faba

# Caso 3: Bosque Costero

# La cuenca de Chanca

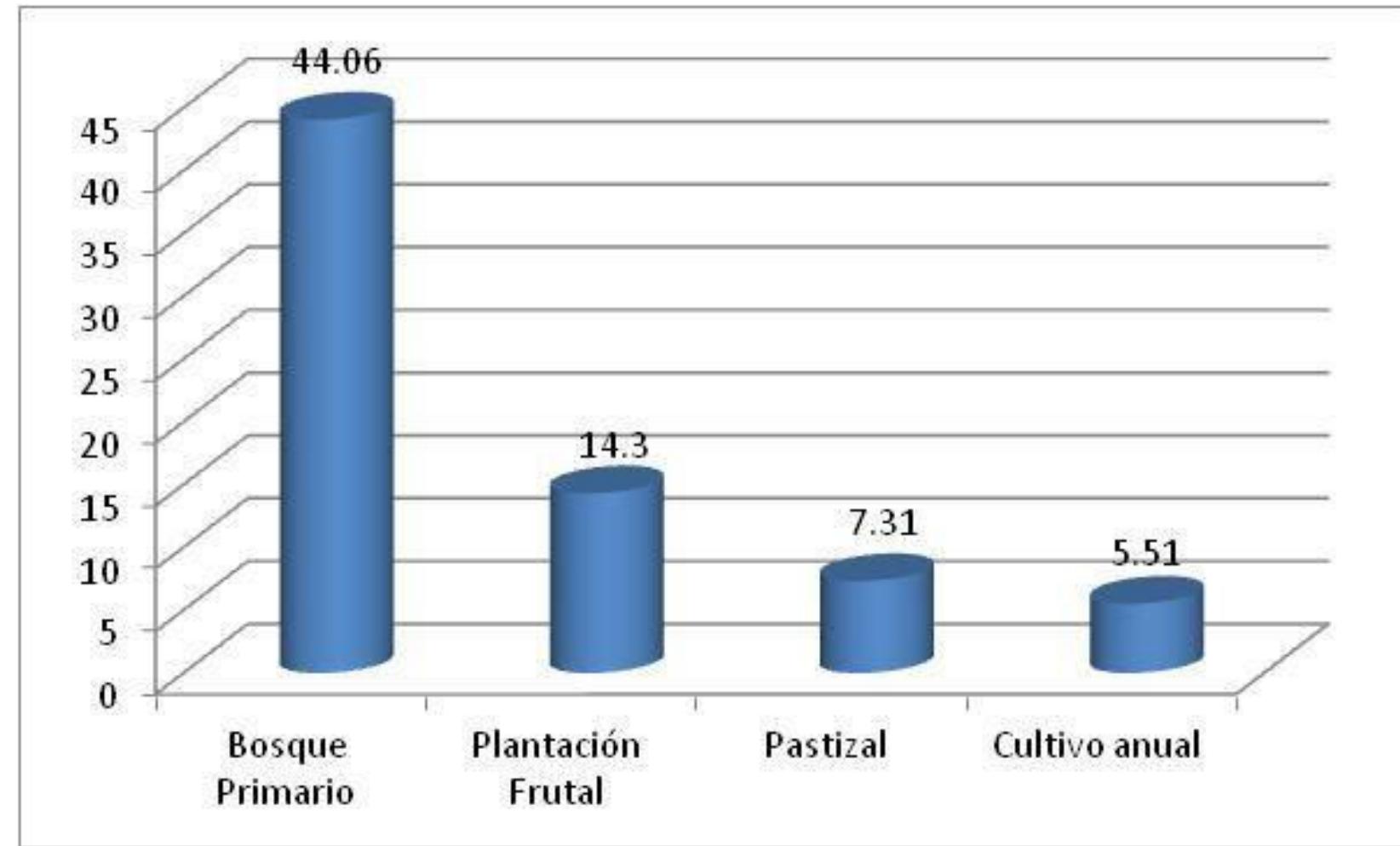
- Salas - Ferreñafe
  - Olmos - lambayeque
  - Jose Leonardo Ortiz - Chiclayo



**BOSQUE COSTERO**

Capacidad de Almacenamiento de Carbono por SUT

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA	CARBONO ALMACENADO A NIVEL DE DEPOSITOS (tC/ha)					STOCK DE C TOTAL (tC/ha)
	ARBÓREA	ARBUSTIVA Y HERBÁcea	HOJARASCA Y MADERA MUERTA	RAICES	SUELO 0 a 1m	
Bosque Primario	27.64	9.86	6.56	6.25	20.65	44.06
Plantación Frutal	8.17	6.08	0.05	2.48	18.11	14.3
Pastizal	0.81	6.11	0.39	2.36	27.69	7.31
Cultivo anual	0	5.47	0.04	3.72	15.93	5.51



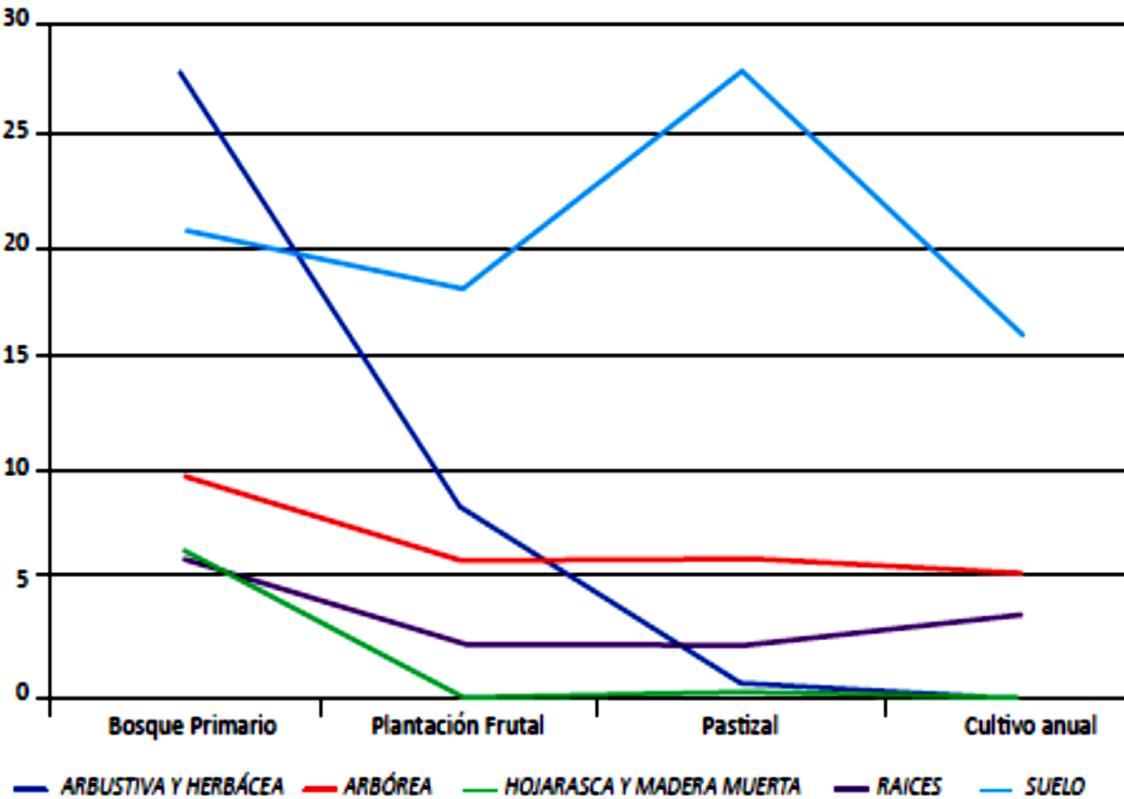


Figura 121. Patrón de cambios del carbono almacenado en el Bosque costero.

## Patrón de Cambios

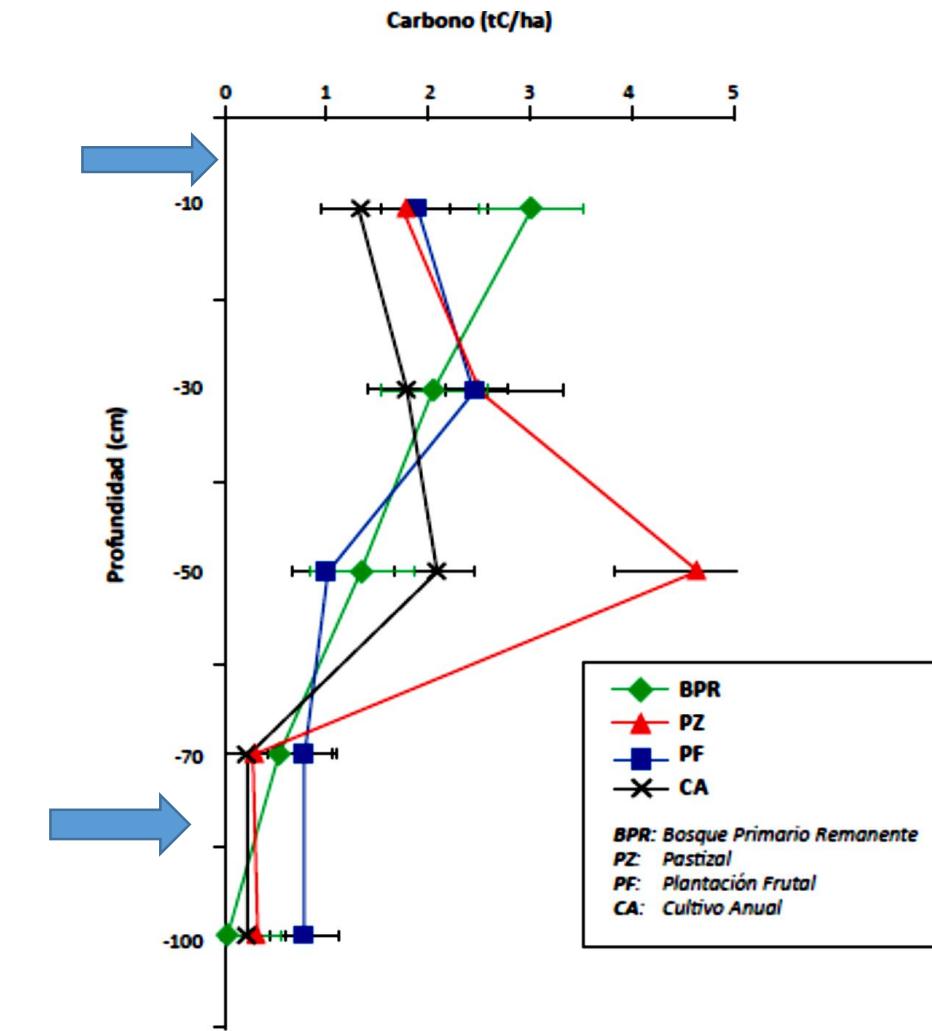


Figura 122. Patrón de cambios del Carbono en el Depósito Suelo.

**BOSQUE COSTERO****Humedal: Pantanos de Villa**

Capacidad de Almacenamiento de Carbono por SUT

**Cuadro 105. Carbono total en el SUT Humedal**

Especie	SUT	Aéreo	Suelo	Total (t/ha)
Junco	Humedal	13,2	18,7	31,9
Totora	Humedal	19,2	16,8	36,4
<b>Total</b>		<b>32,9</b>	<b>35,5</b>	<b>68,1</b>

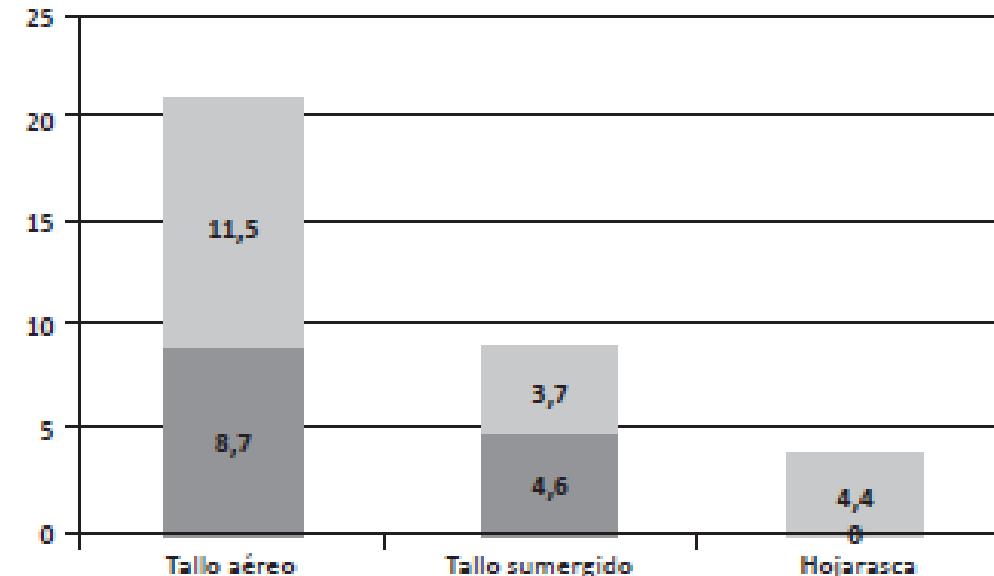


Figura 138. Carbono total sobre el suelo del humedal.

Parte aérea  
vs  
Total Almacenado

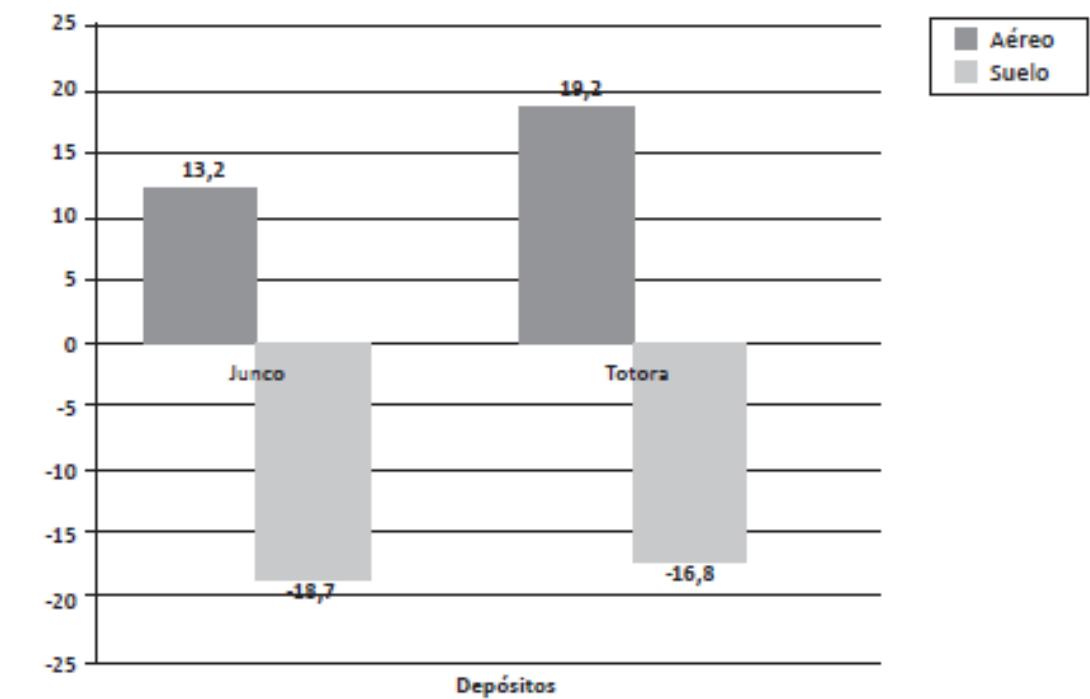


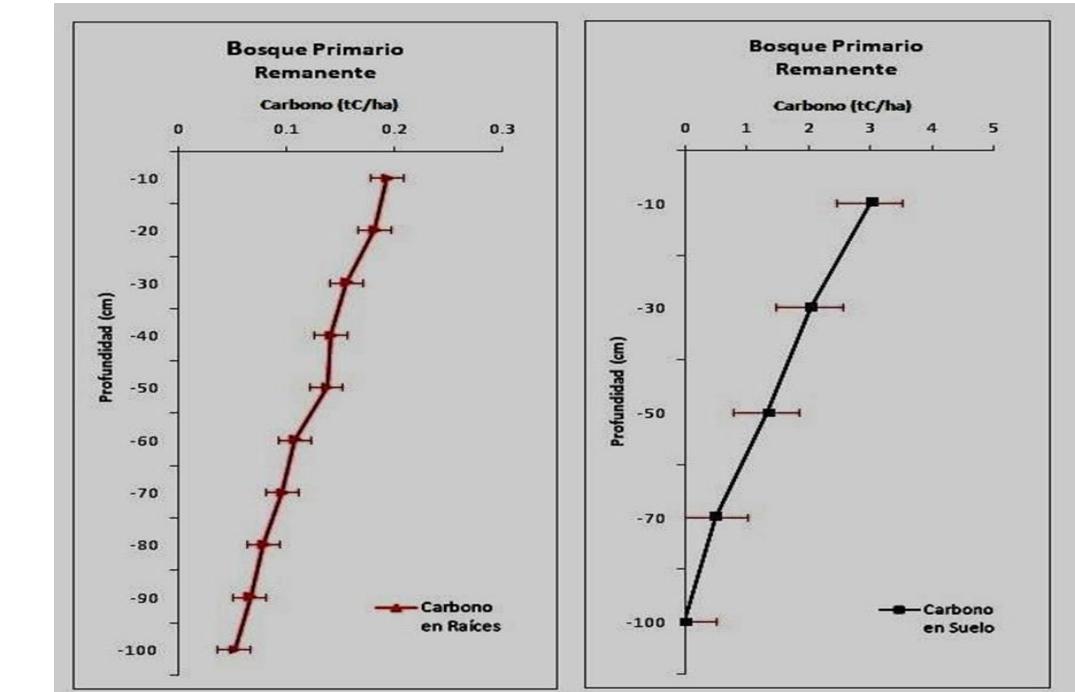
Figura 141. Relación entre el Carbono aéreo y en el suelo a nivel de cada especie.

## Patrón Almacenamiento Raiz- Carbono

## Stock de carbono en Bosque Costero

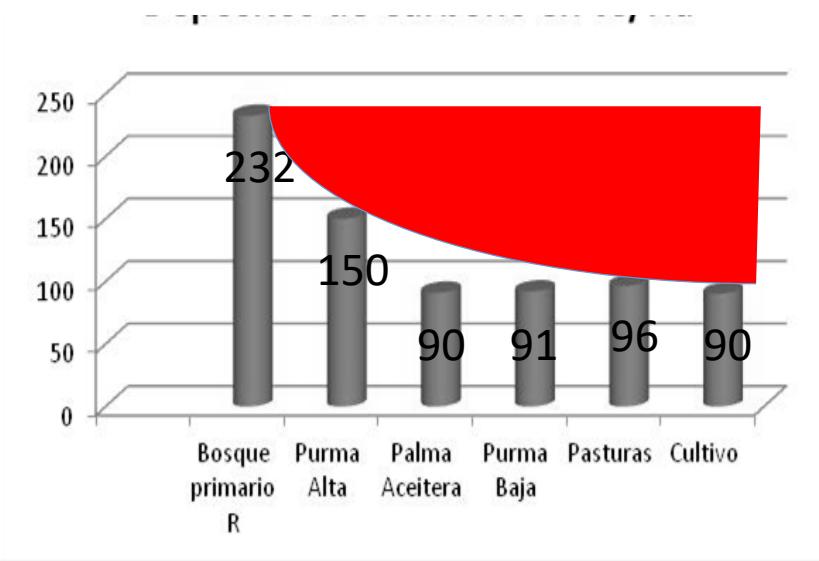


## Stock de carbono en Bosque Amazonico

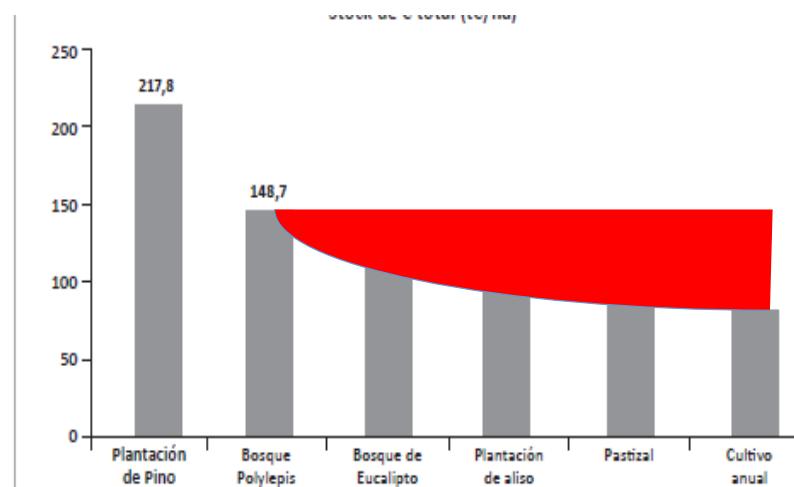


## Patrón de cambio Raiz- Carbono

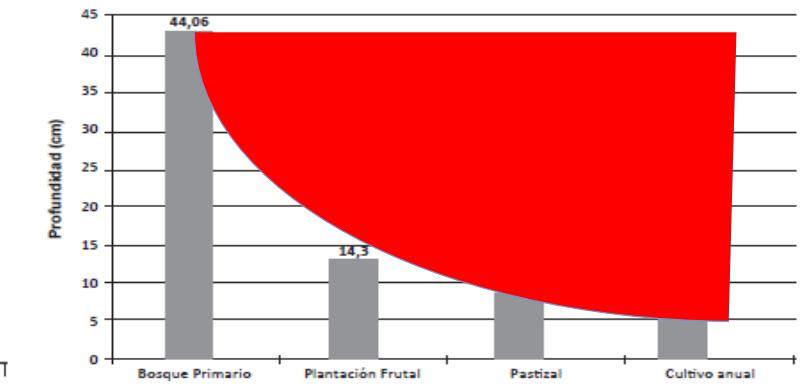
## Niveles de cambio



Bosque Amazónico



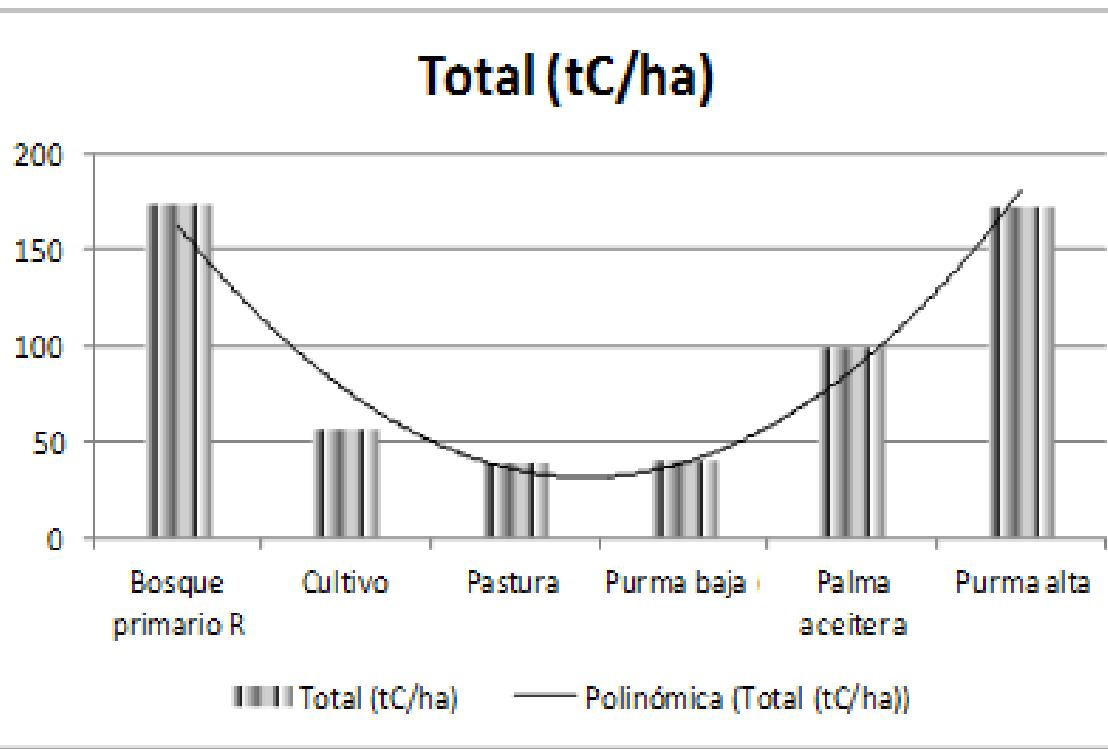
Bosque Andino



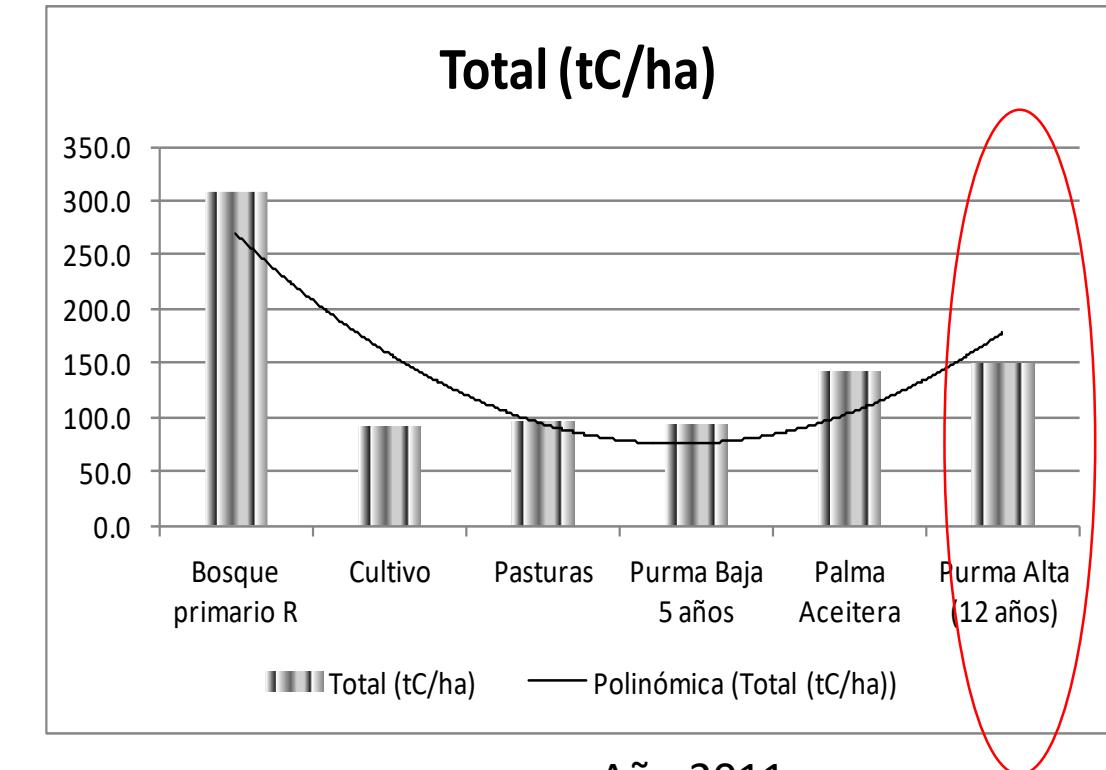
Bosque Costero



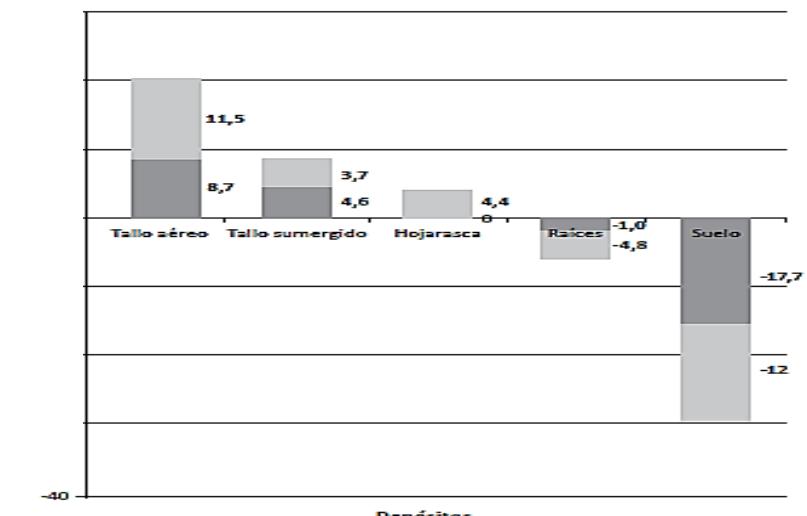
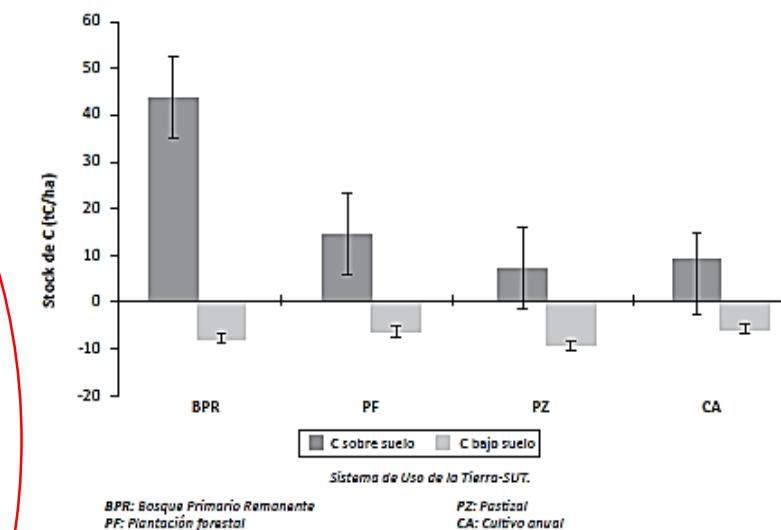
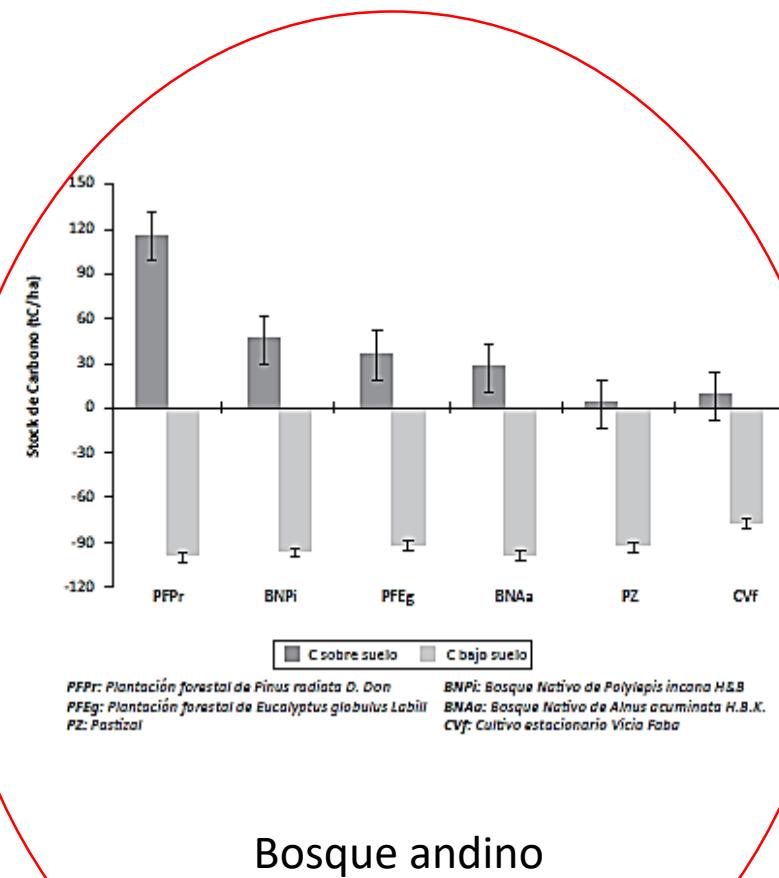
## Evaluación longitudinal

**Total (tC/ha)**

Año 2001

**Total (tC/ha)**

Año 2011



### 3.- Propuestas

Alternativas a la quema de bosques mediante el re uso de residuos de la producción y/o preparación de terrenos



Carbón activado (biochar)



Pellets para energía y tableros



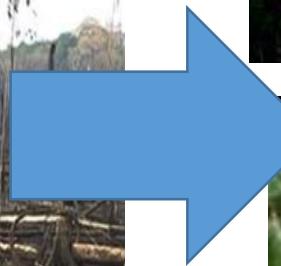
Compost



Recuperación:

- Restauración
- Rehabilitación

Cambiar y manejar áreas en función a  
**Rendimiento y Sostenibilidad**





## 4.- Conclusiones

- Con el cambio de uso en los tres tipos de bosque se produce una pérdida de biomasa y de carbono almacenado, que no es posible recuperar prontamente y que están ocasionando la degradación de los mismos.
- Con respecto al almacenamiento total de Carbono, el SUT Bosque primario remanente tiene mayor capacidad de almacenamiento de carbono en el bosque amazónico y costero, mientras que en el bosque andino son las plantaciones forestales
- Con respecto al almacenamiento en los diferentes depósitos, se evidencia diferencias significativas entre los depósitos arbóreo, arbustivo-herbáceo, madera muerta-hojarasca y raíces finas, mientras que diferencias mínimas en el depósito suelo demostrando ser el mas estable ante cambios de uso.
- Con respecto al depósito suelo Independientemente del SUT, se almacena mayor cantidad de carbono en los primeros 15 cm de profundidad, representando aproximadamente 58.3 % del total de carbono existente en las raíces finas el suelo.
- En el bosque costero, se reduce el carbono almacenado a partir de los 50cm de profundidad.
- Con respecto al depósito raíces finas, en el bosque amazónico y andino hay predominancia de estas en el horizonte de 0 a 10cm, mientras que en el bosque costero en el horizonte 10 a 20 cm.



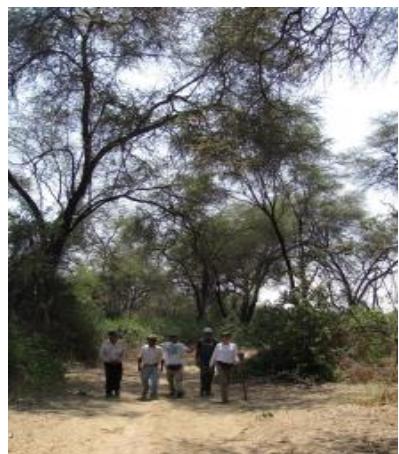
*Esta investigación nos presenta evidencias de que con el actual uso que se le está dando al bosque peruano, estamos perdiendo la biomasa, la capacidad para regenerar y de volver a su estado fisiográfico natural, luego de intervenciones severas destruyéndose la diversidad biológica y favoreciendo al cambio climático, los resultados nos permitirán mejorar el conocimiento sobre la dinámica del carbono en el ecosistema, de tal manera que permitan crear bases para el manejo forestal sostenible y la política de pagos por servicios ambientales en el país. Sin embargo, esta es solo una contribución desde la investigación y para surtir el efecto deseado es necesario que los actores público, privado y sociedad involucrada con la conservación del bosque peruano tomen conciencia de la gravedad de la situación actual y se formulen medidas de gestión apropiadas.*

**REDD ALERT****DINÁMICA DEL CARBONO ALMACENADO EN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA EN EL PERÚ**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

# LA MOLINA



# Gracias.....

**Equipo técnico que trabajó en la Investigación en el Perú**

**José Eloy Cuellar (Coordinador Proyecto REDD Alert)**

**Robin Mathews (Huton Institute)**

**Edzo Veldkamp**

**Oliver van Straaten (Universidad de Gottingen)**

**Katrin Wolf (Universidad de Gottingen)**

**Johannes Dietz (ICRAF)**

**Evelin Salazar (UNAS, EEA Pichanaki)**

**Ysaias Zanabria (EEA Santa Ana)**

**Romelio Diaz (EEA Vista Florida)**

**Karen Fernández (UNU)**

**Rosario Zanabria (UNCN)**

**Nepalí Zegarra (UCV)**

**Araceli López (UCV)**

**Mayvelinne Fierro Hilario (UCV)**

**Levi Fasabi**

**Casimiro Chugnas**

**Gelly Clemente Archi**

**Miriam Ramos (sede Central)**

**20 Técnicos y obreros de apoyo en campo.**