



**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
INIAP**

ESTACIÓN EXPERIMENTAL: Santa Catalina

DEPARTAMENTO/PROGRAMA: Forestería

PROYECTO: Caracterización, validación y mejoramiento de alternativas agroforestales para sistemas productivos de la sierra ecuatoriana (2100075001 Actividad 025).

ACTIVIDAD: Evaluación *in situ* de cuatro sistemas agroforestales como alternativas de producción y manejo sostenible de los recursos naturales en la Sierra Norte del Ecuador.

AREA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas Agroforestales

UBICACIÓN: Sierra Norte del Ecuador, (Provincias del Carchi, Imbabura y Pichincha)

AUTOR: Egda. Bélgica Elizabeth Vega Núñez

CO-AUTOR: Ing. Raúl Ramos

COLABORADORES: Fundación "Desde el Surco"

FECHA DE PRESENTACIÓN: 11 de Enero del 2010

FECHA DE INICIO: Enero, 2010

FECHA DE TERMINACIÓN: Diciembre, 2010

COSTO: USD 9603.51

FINACIAMIENTO: INIAP 100%

1. ANTECEDENTES

La agricultura de América Latina, enfrenta nuevos escenarios económicos, culturales, políticos y sociales (Verdegué y Escobar, 1995) que obligan a replantear el rol de la investigación agrícola en términos de buscar soluciones a problemas complejos que caracterizan a esta nueva *ruralidad*. El reto a enfrentar por el investigador en tal situación, es diseñar sistemas de producción agrícola más competitivos y con menor impacto sobre los recursos naturales (Estrada, 1995; Grijalva, et al, 2004 a y Grijalva, et al., 2004 b, Barrera, et al., 2008, Nieto, et al., 2004, Carlson y Añazco, 1990, Nair, 1994). También significa el desafío de adoptar nuevos métodos, nuevas combinaciones de instrumentos metodológicos y lo más importante, una nueva mentalidad en la concepción y acción del proceso de investigación para apoyar el desarrollo de las comunidades rurales y la conservación de los recursos naturales. Es ahí donde la Agroforestería surge para complementar lo logrado en rubros específicos, en base de la combinación deliberada de árboles en tierras de cultivos y de pastoreo (Nair, 1994; FAO, 1996; FAO, 1992; FAO, 2003). De hecho, la Agroforestería empezó a tener relevancia al final de los 70s, cuando la comunidad científica internacional reconoció su potencial en áreas tropicales como una práctica de investigación aplicada. Durante los 90s, se reconoció su importancia para resolver problemas relacionados con pobreza de las familias rurales, incremento de la erosión del suelo, contaminación superficial y del agua, y disminución de la biodiversidad; inclusive en los países industrializados. La Agroforestería hoy en día recibe una creciente atención como una ***opción de manejo de la tierra en el mundo***, debido a sus atributos ecológicos, económicos y sociales (1st World Agroforestry Congress: Universidad de la Florida, IFAS, 2004).

Varios eventos de trascendencia mundial como la “Cumbre de la Tierra” en 1992 y el Protocolo de Kioto en 1997 que dio lugar a la convención de Cambio climático, han despertado el interés de las naciones y de la sociedad en su conjunto, sobre el potencial de los ecosistemas con bosques, plantaciones forestales y sistemas agroforestales para proporcionar servicios ambientales, cuya evaluación en términos ecológicos y monetarios podrían estimular el desarrollo de múltiples iniciativas de investigación/desarrollo en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), y motivar la búsqueda de metodologías para la valoración de servicios ambientales (Mujica y Rueda, 1995).

Todas esas iniciativas del nivel local, nacional e internacional, han dado al INIAP verdaderas luces y un ámbito conceptual de trascendencia para impulsar iniciativas integradas de uso de la tierra como las que se plantea en el proyecto INIAP-SENACYT “*Caracterización, validación y mejoramiento de alternativas agroforestales para sistemas productivos de la Sierra Ecuatoriana*” cuyo propósito en tres años de investigación, es identificar y evaluar sistemas agroforestales (SAF’s) que promuevan la producción y diversificación y fomenten el manejo sostenible del agua, suelo y biodiversidad (Ramos, 2007).

La primera fase del proyecto consistió en identificar y caracterizar los sistemas agroforestales relevantes en tres sub-regiones, *i*) Sierra Norte, *ii*) Sierra Centro y *iii*) Sierra Sur (Galarza, 2007). Como resultado de esta primera fase, en la

sub-región Sierra norte se identificaron 146 SAF's, de los cuales un 25% son sistemas Silvopastoriles y un 75% son sistemas agrosilvícolas. En la sub-región Sierra centro 181 SAF's, de los cuales un 86% son sistemas agrosilvícolas, 11% silvopastoriles y un 3% sistemas agrosilvopastoriles. En la sub-región Sierra sur, se encontraron 97 SAF's de los cuales el 58% corresponden a sistemas agrosilvícolas y el 42% restante son sistemas silvopastoriles (Checa, 2009; Ramos, 2009).

En una segunda fase, en la subregión Sierra norte se seleccionaron cuatro sistemas Agroforestales sobresalientes: *i)* Sistema Silvopastoril con Maralfalfa, *ii)* Sistema Agrosilvícola con aguacatero, *iii)* Sistema Agrosilvícola con duraznero, y *iv)* Sistema Agrosilvícola con cultivos andinos. Estos SAF's calificados en base de la aplicación de un conjunto de indicadores de sostenibilidad, serán objeto de un proceso de análisis (*validación in situ*¹) para promover mejoras tecnológicas que se expresan en esta investigación (Checa, 2009; Ramos, 2009).

¹ Validación in situ significa evaluar la funcionalidad el sistema agroforestal en base de indicadores de sostenibilidad y de replicabilidad. Fuente: Ramos, 2009

2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con los atributos económicos, sociales y ecológicos que caracterizan a la agroforestería, los resultados de este estudio contribuirán a la evaluación y desarrollo de alternativas sostenibles para resolver problemas muy frecuentes relacionados con erosión y desertificación en sitios frágiles sub-húmedos y semi-desérticos de la eco-región andina, donde las comunidades campesinas e indígenas usan extensivamente para practicar una agricultura marginal básicamente de subsistencia, incluyendo el pastoreo de animales.

La agricultura familiar de subsistencia que predomina en toda la región andina, no siempre puede acceder a los beneficios de una oferta tecnológica convencional que implica más insumos, capital, mecanización o altos niveles de educación. Por esta razón, las alternativas agroforestales que se evaluarán mediante este estudio, buscan articularse con las demandas tecnológicas basadas en su realidad productiva y social, de tal manera que les permita una mejor apropiación de los resultados de la investigación y los avances tecnológicos.

Metodológicamente, dado que es una prioridad identificar y evaluar alternativas agroforestales en sitios críticos de la eco-región andina, este estudio contribuirá a consolidar la Agroforestería como un enfoque de análisis de sistemas complejos de uso de la tierra.

3. OBJETIVOS

GENERAL

Determinar sistemas agroforestales que promuevan el manejo y la conservación de los recursos naturales en la Sierra Norte del Ecuador.

ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del componente forestal sobre el rendimiento del componente agrícola de cuatro sistemas agroforestales seleccionados.
- Evaluar la sostenibilidad de esos sistemas agroforestales en base de un conjunto de indicadores.

4. HIPOTESIS

H₀ = Los sistemas agroforestales de estudio en la Sierra Norte no son sostenibles.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES

5.1.1 De campo

Flexómetro, machete, estacas, bolsas plásticas, balde plástico, libro de campo, piola, etiquetas, cinta métrica, barrenos de tubo y helicoidal tipo Eijkelkamp, barreno de cilindro para densidad aparente, cajas de aluminio, penetrómetro, cinta diamétrica, clinómetro, piranómetro, plant Canopy Analyzer.

5.1.2 De oficina

Suministros de oficina, computadora, internet, cámara fotográfica, Programa estadístico INFOSTAT (Infostat, 2008).

5.2 METODOLOGIA

5.2.1 Descripción de los sistemas agroforestales (SAF's) y análisis estadísticos

5.2.1.1 Sistema Silvopastoril con Maraifaifa

El Sistema silvopastoril está ubicado en la parroquia Bolívar del cantón Bolívar, provincia de Carchi, a una altitud de 2592 m, en las siguientes coordenadas UTM: Latitud Norte: 56574. Longitud Este: 18N176362, Datum PSAD 1956.

El sistema fue instalado hace cinco años por el propietario Sr. Jaime Cangas. Tiene una superficie de 9 has, está formado por la asociación de maralfalfa (*Pennisetum violaceum*) con acacia (*Acacia melanoxylum* R.) y distribuido en hileras orientadas de este a oeste y distanciadas a 4 m entre ellas. Una sola poda se ha realizado a los cinco años de edad, sin fertilización. El maralfalfa tiene aproximadamente 7 meses de edad, sembrado manualmente a distancias de 60 cm entre surcos con material vegetativo (cañas) al fondo del surco, cruzadas de manera que las yemas quedan a 30 cm distribuido en el surco. Antes de la siembra, se abonó con humus de lombriz proveniente del aprovechamiento del estiércol y el desecho de las camas de los cerdos. Posee un sistema de riego por gravedad, contrata mano de obra para deshierbas y corte. Produce principalmente forraje que se deshidrata y pica para alimentar una explotación de cerdos en estabulación (Comunicación personal del Sr. Jaime Cangas).

5.2.1.1.1 Factores en estudio

Distancia de la pastura maralfalfa (*Pennisetum violaceum*), a la barrera de arboles de acacia (*Acacia melanoxylum* R.)

d1: 2 m desde la línea de árboles
d2: 5 m desde la línea de árboles
d3: 8 m desde la línea de árboles

5.2.1.1.2 Tratamientos

Cuadro 1. Distancias de la pastura maralfalfa a la barrera forestal.

Tratamiento	Descripción
T1	2 m desde la línea de árboles
T2	5 m desde la línea de árboles
T3	8 m desde la línea de árboles

5.2.1.1.3 Especificaciones del campo experimental

- a. Número de tratamientos: 3
- b. Número de repeticiones: 3
- c. Número total de unidades experimentales: 9
- d. Tamaño de las unidades experimentales: 16 m² (8mx2m)
- f. Tamaño del ensayo: 340 m²

5.2.1.1.4 Diseño Experimental

Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres observaciones.

5.2.1.1.5 Análisis Estadístico

Esquema de análisis de varianza (ADEVA).

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	8
Tratamientos	2
Error	6

5.2.1.1.6 Análisis funcional

El coeficiente de variación (C.V.) se expresará en porcentaje (%). La prueba de medias de tukey al 5%, será determinada para las variables que presenten diferencias estadísticas significativas.

5.2.1.2 Sistema Agrosilvícola con aguacatero.

Este sistema agroforestal es propiedad del Sr. Humberto Bolaños y está localizado en el sector "Los árboles" de la parroquia Pimampiro, cantón Pimampiro, provincia de Imbabura, a una altitud de 2395 m con las siguientes coordenadas UTM: Latitud Norte: 39833, Longitud Este: 18N 172514, Datum PSAD 1956.

Es un sistema de una hectárea, cuenta con una cortina de alisos (*Alnus acuminata* HBK.) instalado hace doce años a 1.50 m entre plantas. No se realiza ninguna fertilización. Cuenta con un cultivo de aguacates (*Persea americana* Mill.) instalado hace cinco años con distancias de 8 m x 8 m entre plantas. En la siembra se realizó una abonadura con humus de lombriz

colocando 2.2 Kg al fondo del hoyo y 4.5 Kg de desechos de forraje y estiércol de cuy descompuesto. En cuanto al manejo de frutal, se realizan podas cada dos años. Entre los espacios del frutal se siembra avena-vicia (*Avena sativa L.*-*Vicia sativa L.*). El SAF² fue implementado con el apoyo de CEDERENA³ (Comunicación personal del Sr. Humberto Bolaños).

5.2.1.2.1 Factores en estudio

Distancia del aguacatero a la barrera forestal.

- d1: 8 m desde la línea de árboles
- d2: 16 m desde la línea de árboles
- d3: 24 m desde la línea de árboles
- d4: 32m desde la línea de árboles

Distancia del componente transitorio a la barrera forestal.

- d1: 12 m desde la línea de árboles
- d2: 20 m desde la línea de árboles
- d3: 28 m desde la línea de árboles

5.2.1.2.2 Tratamientos

Cuadro 2. Tratamientos para aguacatero.

Tratamiento	Descripción
T1	8 m desde la línea de árboles
T2	16 m desde la línea de árboles
T3	24 m desde la línea de árboles
T4	32m desde la línea de árboles

Cuadro 3. Tratamientos para avena-vicia

Tratamiento	Descripción
T1	12 m desde la línea de árboles
T2	20 m desde la línea de árboles
T3	28 m desde la línea de árboles

5.2.1.2.3 Especificaciones del campo experimental

- a. Número de tratamientos para aguacatero: 4
- b. Número de tratamientos para avena: 3
- c. Número de observaciones para aguacatero: 4
- d. Número de observaciones para avena: 4
- e. Número total de unidades de observación de avena: 12
- f. Área de evaluación: 858 m²

² Sistema Agroforestal

³ Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo De Los Recursos Naturales

5.2.1.2.4 Diseño Experimental

Se utilizará un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro observaciones para el componente leñoso y transitorio.

5.2.1.2.5 Análisis Estadístico

Esquema de análisis de varianza (ADEVA) para el aguacatero.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	15
Tratamientos	3
Error	12

Esquema de análisis de varianza (ADEVA) para el componente transitorio (avena-vicia)

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Tratamientos	2
Error	9

5.2.1.2.6 Análisis funcional

Se calculará el coeficiente de variación (C.V.) que será expresado en porcentaje (%) y la prueba de medias de tukey al 5%, para las variables que presenten diferencias estadísticas significativas.

5.2.1.3 Sistema Agrosilvícola con duraznero

El Sistema Agroforestal es de propiedad de la Sra. Mercedes de Lugo, está localizado en el sector El Estadio de la parroquia Checa del cantón Quito a 2562 m de altitud con las siguientes coordenadas UTM: Latitud: 9986656, Longitud: 17M799373, Datum PSAD 1956.

Es un sistema Agrosilvícola de duraznero (*Prunus persica L.*) variedad diamante en asociación con pasto avena-vicia (*Avena sativa L.-Vicia sativa L.*) tiene una superficie de dos hectáreas. El duraznero fue instalado hace cinco años a 4 x 4 m de distancia entre plantas, se hizo abonamiento con 6 kg de humus procedente de estiércol de caballo y aserrín, luego cada ciclo de 8 meses aplica 10 kg de humus en la corona de cada árbol. La pastura es sembrada en los callejones, manualmente al voleo y luego se forma tres surcos para regar por gravedad y la utiliza para forraje. La siembra de la pastura está supeditada al uso del defoliante y al estado fenológico del frutal, es así que luego de aplicar el defoliante siembra tres surcos de la pastura y dos surcos en el ciclo que coincide con la cosecha. Cuenta con un reservorio para agua y riego por gravedad, La mano de obra es contratada de forma permanente. El SAF fue implementado por iniciativa propia (Comunicación personal de la Sra. Mercedes de Lugo).

5.2.1.3.1 Factores en estudio

Pasto milín (*Phalaris tuberosa* L.) en asociación con duraznero
Maralfalfa (*Pennisetum violaceum*) en asociación con duraznero
Avena-Vicia (*Avena sativa* L.-*Vicia sativa* L.) en asociación con duraznero

5.2.1.3.2 Tratamientos

Cuadro 5. Tratamientos en evaluación

Tratamiento	Descripción
T1	Pasto milín en asociación con duraznero
T2	Maralfalfa en asociación con duraznero
T3	Avena-vicia en asociación con duraznero

5.2.1.3.3 Especificaciones del campo experimental

- a. Número de tratamientos: 3
- b. Número de repeticiones: 3
- c. Número total de unidades experimentales: 9
- d. Tamaño de las unidades experimentales: 64 m² (8mx8m)
- e. Tamaño del ensayo: 1600 m²

5.2.1.3.4 Diseño Experimental

Se utilizará un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres observaciones.

5.2.1.3.5 Análisis Estadístico

Esquema de análisis de varianza (ADEVA) para el componente transitorio.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	8
Tratamientos	2
Error	6

5.2.1.3.6 Análisis funcional

Se calculará el coeficiente de variación (C.V.) que será expresado en porcentaje (%) y prueba de medias de tukey al 5%, para las variables que presenten diferencias estadísticas significativas.

5.2.1.4 Sistema Agrosilvícola con cultivos andinos

Este sistema agroforestal instalado para investigación, está ubicado en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, ubicada en la parroquia Cutuglagua del cantón Mejía, en la provincia de Pichincha, a una altitud 3058 m con las siguientes coordenadas UTM: Latitud: 9959914, Longitud: 17M772402, Datum PSAD 1956.

El sistema agroforestal esta formado por tres asociaciones de especies leñosas dispuestas en doble hilera de 30 m de largo cada una, con 30 árboles y 30 arbustos, separados a un metro entre plantas, alternadas Acacia-Quishuar, aliso-retama, pino-retamo liso. Del mismo modo, a un metro de la línea de árboles, a los dos costados externos de las barreras se sembraron parcelas con cultivo de haba. No tiene sistema de riego, las barreras están orientadas de Este a Oeste y el área ocupada por el sistema es de 0.84 ha.

5.2.1.4.1 Factores en estudio

a. Arreglos Agroforestales.

A1. = Acacia + Quishuar, (*Acacia melanoxylum* R. - *Buddleja incana* HBK.)

A2. = Aliso + Retama, (*Alnus acuminata* HBK. - *Spartium junceum* L.)

A3. = Pino + Retamoliso (*Pinus patula* Schiede. - *Citrus* sp.)

b. Orientación del componente transitorio

O1= Norte

O2= Sur

c. Distancias

D1 = 3 m de la línea de árboles.

D2 = 6 m de la línea de árboles.

D3 = 9 m de la línea de árboles.

5.2.1.4.2 Tratamientos

Los tratamientos resultan de la combinación de los factores en estudio y se detallan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Tratamientos en evaluación del sistema agro silvícola con cultivos andinos.

Tratamiento	Nomenclatura	Descripción
1	A1O1D1	Arreglo Acacia-Quishuar en orientación norte a distancia de 3m
2	A1O1D2	Arreglo Acacia-Quishuar en orientación norte a distancia de 6m
3	A1O1D3	Arreglo Acacia-Quishuar en orientación norte a distancia de 9m
4	A1O2D1	Arreglo Acacia-Quishuar en orientación sur a distancia de 3m
5	A1O2D2	Arreglo Acacia-Quishuar en orientación sur a distancia de 6m
6	A1O2D3	Arreglo Acacia-Quishuar en orientación sur a distancia de 9m
7	A2O1D1	Arreglo Aliso-Retama en orientación norte a distancia de 3m
8	A2O1D2	Arreglo Aliso-Retama en orientación norte a distancia de 6m
9	A2O1D3	Arreglo Aliso-Retama en orientación norte a distancia de 9m
10	A2O2D1	Arreglo Aliso+Retama en orientación sur a distancia de 3m
11	A2O2D2	Arreglo Aliso-Retama en orientación sur a distancia de 6m
12	A2O2D3	Arreglo Aliso-Retama en orientación sur a distancia de 9m
13	A3O1D1	Arreglo Pino-Retamo liso en orientación norte a distancia de 3m
14	A3O1D2	Arreglo Pino-Retamo liso en orientación norte a distancia de 6m
15	A3O1D3	Arreglo Pino-Retamo liso en orientación norte a distancia de 9m
16	A3O2D1	Arreglo Pino-Retamo liso en orientación sur a distancia de 3m
17	A3O2D2	Arreglo Pino-Retamo liso en orientación sur a distancia de 6m
18	A3O2D3	Arreglo Pino-Retamo liso en orientación sur a distancia de 9m

5.2.1.4.3 Especificaciones del campo experimental

a. Número de tratamientos:	18 (3x2x3)
b. Número de repeticiones:	3
c. Número total de unidades experimentales:	54
d. Tamaño de las unidades experimentales:	27 m ² (27mx1m)
e. Tamaño del ensayo:	5346 m ²

5.2.1.4.4 Diseño Experimental

Se utilizará un diseño de parcela subdividida en arreglo factorial 3x2x3, con tres repeticiones.

P= combinaciones forestales (n=3)
 S= Orientaciones (n=2)
 H= Distancias (n=3)

5.2.1.4.5 Análisis Estadístico

Se realizará el análisis de variancia propuesto por Little, T. y Hills, J. (1976)

Fuente de Variación	G.L
PXSXH parcelas (Combinación forestal x Orientación x Distancias a la barrera forestal)	53
PXS parcelas (Combinación forestal x Orientación)	17
Parcelas de P(Combinación forestal)	8
Bloques	2
Combinación forestal	2
Error (a)	4
Orientación	1
PxS	2
Error (b)	6
Distancia a la barrera forestal	2
P x H	4
S x H	2
P x S x H	4
Error (c)	24

5.2.1.4.6 Análisis funcional

El coeficiente de variación (C.V.) será expresado en porcentaje (%). La prueba de medias de tukey al 5% se calculará para las variables que presenten diferencias estadísticas significativas.

5.3 DATOS A TOMARSE Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

5.3.1 Densidad aparente de suelo

En cada unidad experimental (UE) de cada SAF se tomarán muestras al inicio y al final del estudio, utilizando el método del cilindro (MacDiken, 1997 citado por Riofrío, 2006). Con un barreno de cilindro de volumen conocido se tomarán muestras de suelo a dos profundidades de 0 a 10 cm y de 11 a 20 cm, ubicando el cilindro en el tercio medio de la profundidad, luego se pasará el suelo a una bolsa plástica o bote de aluminio etiquetado para llevar al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP; donde se secarán las muestras en la estufa de aire forzado a 105 °C de temperatura por 24 horas, luego de lo cual se colocará la muestra en desecadores para enfriarla y pesarla. La densidad aparente se expresará en g cm^{-3} utilizando la siguiente fórmula:

$$D_a = \frac{M_s}{V_t}$$

Donde:

D_a = Densidad aparente en g cm^{-3}

M_s = Masa del suelo seco en g

V_t = Volumen total del cilindro en cm^3

5.3.2 Compactación de suelo

Se realizará lecturas en época seca y en época lluviosa, en cada UE de los SAF's. Utilizando un penetrómetro de lectura directa, se registrarán lecturas en campo a dos profundidades; de 0 a 10 cm y de 11 a 20 cm, esta variable se expresará en kgf cm^{-2} .

5.3.3 Humedad gravimétrica del suelo

Se tomará la humedad gravimétrica del suelo a tres profundidades (0 a 10 cm, 11 a 20 cm y 21 a 30 cm), realizando muestreos en la época seca y en la lluviosa, en cada uno de los tratamientos de los SAF's, las muestras se enviarán al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, donde, mediante el método gravimétrico con la estufa de aire forzado, se obtendrá el peso fresco y peso seco de la muestra, para luego calcular el porcentaje de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\%HG = \left(\frac{PFM - PSM}{PSM} \right) \times 100$$

Donde:

HG = Porcentaje de humedad gravimétrica (%)

PFM = Peso fresco de la muestra en g

PSM = Peso seco de la muestra en g

5.3.4 Fertilidad de suelo

Esta variable se analizará al inicio y al final del estudio, para lo cual se tomará una muestra por cada tratamiento de los SAF's a una profundidad de 0 a 20 cm y se llevará al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para determinar contenidos de: pH, N total, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, C, materia orgánica, relación C/N y capacidad de intercambio catiónico.

5.3.5 Número y biomasa de lombrices en el suelo

Esta variable se evaluará en la época seca y lluviosa, en cada tratamiento de los SAF's. Para el muestreo se utilizará un cuadrante de 0.5x0.5 m y se explorará hasta una profundidad de 20 cm. Se cuantificará el número y peso de lombrices encontradas en los puntos de muestreo, los resultados se expresarán en N° cm⁻³ y g cm⁻³.

5.3.6 Biomasa de hojarasca de leñosas

Al final del estudio se evaluará la biomasa, utilizando un cuadrante de 0.09 m² (0.30x0.30m). En cada uno de los tratamientos de SAF's, se tomará el peso fresco de la hojarasca recolectada y se tomarán muestras representativas para enviar al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para determinar su materia seca. Esta variable se reportará en Kg ha⁻¹.

Para obtener biomasa seca se utilizará la siguiente fórmula:

$$B = [(P \times MS (\%))/100]$$

Donde:

B= Biomasa (kg ha⁻¹)

P= Peso total húmedo (kg)

MS= Materia seca (%).

5.3.7 Biomasa en el componente leñoso

Para analizar este componente, se utilizará el método del árbol promedio (MacDiken citado por Nieto *et al*, 2004) que consiste en determinar a través de la altura, diámetro del fuste y de la copa, el árbol más representativo de todos los que se están evaluando, para muestrearlo destructivamente y se expresará en kg ha⁻¹. Cada árbol destruido, será dividido en tres componentes: fuste o ramas gruesas, ramas delgadas y hojas, con el fin de determinar su biomasa.

Biomasa del fuste y de las ramas grandes: Se va a estimar por el método de cubicación, en la que se estima el Volumen del fuste y de las ramas gruesas (Vr): Se obtendrá con la fórmula que considera los diámetros de los extremos de la troza y la longitud de la misma (Smallian citado por Ruiz, 2002).

$$V_r = \frac{(D_1^2 + D_2^2) \times (\pi) \times (L)}{4}$$

Donde:

Vr= Volumen de ramas (m³)

L= longitud de la rama (m)

D1=Diámetro en el extremo grueso (m)

D2= Diámetro del extremo delgado (m)

La biomasa del fuste y ramas grandes se estimará con la información de volumen total del fuste y de las ramas grandes por la densidad de la madera. La ecuación utilizada será la siguiente:

$$B = V_t \times D_m$$

Donde:

B = Biomasa del fuste o ramas (kg ha⁻¹)

Vt = Volumen total (m³)

Dm = Densidad de la madera (kg m⁻³)

Ramas delgadas: se considerarán ramas delgadas, aquellas de diámetro menor a 3cm. Se registrará el peso fresco del material recolectado y se tomará una muestra de 500g que será enviada al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, para obtener el porcentaje de materia seca, llevándola a 70 °C hasta peso constante. Se utilizará la siguiente ecuación:

$$B_{rd} = \frac{(Prd \times MS)}{100}$$

Donde:

Brd = biomasa de ramas delgadas en kg ha⁻¹

Prd = peso fresco de ramas delgadas en kg ha⁻¹

MS = materia seca en %

• **En hojas:** se obtendrá directamente en campo el peso fresco de las hojas y se determinará el porcentaje de materia seca, de una muestra enviada al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$B_h = \frac{(Ph \times MS)}{100}$$

Donde:

Bh = biomasa de hojas en kg ha⁻¹

Ph = peso fresco de hojas en kg ha⁻¹

MS = materia seca en %

• **Biomasa total:** se obtendrá de la suma de las biomásas de: fuste + ramas + hojas.

$$B_T = B_{rg} + B_{rd} + B_h$$

5.3.8 Carbono en el componente leñoso

Para valorar esta variable, se utilizará la biomasa estimada y se multiplicará por el factor de conversión de materia seca a carbono 0.5. Los valores de carbono se expresarán en toneladas de carbono por hectárea (Ramos 2003).

5.3.9 Carbono en suelo

Las muestras para la estimación de carbono en el suelo se tomarán en cada unidad experimental a una profundidad de 0-20 cm, con el apoyo de un barreno de tubo. La muestra se colocará en una bolsa de plástico, rotulada y se enviará al laboratorio de suelos de la Estación Experimental Santa Catalina, del INIAP para su análisis y se expresará en tha^{-1} .

5.3.10 Carbono en el sistema

Este valor se obtendrá de la sumatoria de carbono de: biomasa aérea leñosa (Cl) + biomasa aérea del componente transitorio (Cp) + suelo (Cs). Se expresará en tha^{-1} . Se utilizará la fórmula:

$$C_T = C_l + C_p + C_s$$

5.3.11 Crecimiento de las especies leñosas.

Se realizarán mediciones de los árboles al inicio y al final del estudio, utilizando el método del clinómetro para altura y una cinta diamétrica para diámetro del fuste, los resultados promedios se expresarán en metros y centímetros respectivamente.

5.3.12 Cobertura radicular horizontal de las especies leñosas

Esta variable se evaluará al final del estudio, midiendo la distancia de las raíces desde el fuste de los árboles mediante observación directa, realizando una exploración manual y se expresará en cm de cobertura.

5.3.13 Porcentaje de brotación/germinación

Se contará el número de días desde la siembra hasta que el 50% de semilla/tejido vegetativo hayan brotado/germinado, esta variable se expresará en porcentaje (%) y se registrará en el componente transitorio de los SAF's.

5.3.14 Altura de planta del componente transitorio

Esta variable se registrará en cm, midiendo desde el suelo hasta el ápice final de las plantas, cada 30 días a partir de la siembra.

5.3.15 Biomasa de pastos

Esta variable se cuantificará en cada UE previo a cada corte. Mediante el método destructivo con la ayuda de un cuadrante de 1 m x1 m, las muestras serán pesadas en fresco y una submuestra de 250 g se enviará al laboratorio

de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para determinar materia seca.

Luego;

$$Bhrb = \frac{(Phrb \times MS)}{100}$$

Donde:

Bhrb = Biomasa herbácea en t ha⁻¹

Phrb = Producción herbácea en t ha⁻¹

MS = Materia seca en %

5.3.16 Valor nutritivo de los pastos

Esta variable se evaluará en la época seca y lluviosa previo al aprovechamiento, tomando una muestra compuesta que se etiquetará y se enviará al laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para el análisis bromatológico, donde se determinará: humedad, proteína bruta, fibra cruda, energía metabolizable, Digestibilidad Invitro de la materia seca, calcio y fósforo.

5.3.17 Días a la floración del cultivo transitorio

Se registrará el tiempo desde la siembra hasta que el 50% de las plantas inicien la floración, se expresará en días.

5.3.18 Producción del cultivo transitorio

Se registrará el rendimiento de cada unidad experimental del cultivo transitorio y se expresará en kg ha⁻¹

5.3.19 Producción del frutal

Se registrará el rendimiento de la cosecha de cada unidad experimental de los frutales y se expresará en kg ha⁻¹ y peso promedio por planta, principalmente en duraznero bajo SAF y aguacatero bajo SAF (Anexo 1).

5.3.20 Calidad comercial de las cosechas

Del producto cosechado, se cuantificará la calidad comercial de las cosechas y se expresará como porcentaje (%). En base a la categoría del fruto según su peso.

Calibre y peso de fruto de aguacate para exportación (Larosa, 1992 citado por León, 1999).

Calibre	Peso promedio (gr)	Rango (gr)	Categoría
10	400	351-450	Primera
12	333	316-350	
14	285	266-315	
16	250	236-265	Segunda
18	220	211-235	
20	200	191-210	
22	180	171-190	tercera
24	165	165-170	

Categoría de durazno (García, 2006).

Categoría extra	Categoría I	Categoría II	Categoría III	Pasilla
> 126,4 g	126,4-06,4 g	106,4-86,4 g	86,4-66,4 g	< 66,4 g

5.3.21 Malezas

Esta variable se tomará previa a la cosecha del cultivo transitorio y se realizará identificación, cuantificación y biomasa de malezas. Se expresará por especie, número de plantas por m² y kg ha⁻¹, dentro de cada unidad experimental (Anexo 2).

5.3.22 Plagas y enfermedades

Durante el periodo de estudio se registrará la presencia de plagas o enfermedades, la etapa fenológica del cultivo, el área afectada, época de incidencia y de las medidas a tomar para su control tanto del componente leñoso como del transitorio (Anexo 3).

5.3.23 Radiación Fotosintéticamente activa

Se registrarán dos observaciones: en época seca y lluviosa, en cada uno de los tratamientos de los sistemas Agroforestales, con la ayuda del Plant Canopy Analyzer y se expresará en micromoles de fotones m⁻² s⁻¹.

5.3.24 Radiación total

Esta variable se registrará en cada uno de los tratamientos de los sistemas Agroforestales, realizando dos observaciones: una en la época seca y otra en la época lluviosa con la ayuda de un piranómetro y se expresará en micromoles de fotones m⁻² s⁻¹.

5.3.25 Costos de instalación

Se realizará una encuesta a los dueños de predios de los SAF's, para conocer y registrar las actividades realizadas, y se expresará USD ha⁻¹ (Anexo4).

5.3.26 Costos de mantenimiento

Se llevará un registro de las actividades que se desarrollen, de los insumos y materiales utilizados dentro de los SAF's durante el tiempo de estudio y será expresado en USD ha⁻¹ (Anexo 4 y 5).

5.3.27 Ingresos por componentes

La producción de cada componente de los sistemas serán valorados con base en el precio de finca y se expresará en USD ha⁻¹.

5.3.28 Mano de obra

Durante el periodo de estudio se cuantificará la cantidad de mano de obra utilizada y la participación familiar en el manejo del sistema agroforestal hasta la producción primaria. Esta variable será expresada en número de jornales por hectárea y USD ha⁻¹ (Anexo 4 y 5).

5.3.29 Utilidad anual acumulada

Se calculará utilizando la información de los ingresos brutos y los egresos del SAF, durante el tiempo de estudio y será expresada en USD ha⁻¹.

5.3.30 Participación familiar en la utilidad del SAF

Se realizará una consulta directa al gestor del sistema agroforestal, sobre la participación (o toma de decisiones) en los ingresos de los SAF's (Anexo 6).

6. CRONOGRAMA

Cronograma de actividades a realizarse.

Actividades	Meses																			
	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Recopilación de información secundaria	■																			
Elaboración de proyecto de tesis		■	■	■	■															
Aprobación del Proyecto						■														
Toma de datos						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Procesamiento de datos						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Análisis e interpretación de la información						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Escritura y revisión de la tesis																		■	■	■
Incorporación de sugerencias y recomendaciones																		■	■	■
Presentación final de tesis																				■

7. PRESUPUESTO

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo unitario, USD	Costo total, USD
Becario	Beca	12	323.85	3886.2
Movilización (viáticos)	Día	60	70	4200
Semilla avena vicia	Quintal	4	45	180
Recursos bibliográficos	Varios	1	200	200
Materiales y suministros de oficina	Varios	1	200	200
Combustible	Galón	400	1.2	480
Subtotal (USD)				9146.2
Imprevistos (5%)				457.31
Total				9603.51

8. BIBLIOGRAFÍA:

1. Barrera, V.; Alwang, J. y Cruz, E. Manejo integrado de los recursos naturales para agricultura a pequeña escala en la subcuenca de río Chimborazo – Ecuador: aprendizajes y enseñanzas. INIAP-SANREM CRSP-SENACYT. Editorial El Taller Azul. Quito, EC. 88 p.
2. Carlson, O. y M. Añazco. 1990. Establecimiento y manejo de prácticas agroforestales en la sierra ecuatoriana. Red Agroforestal Ecuatoriana. Quito. 187 p.
3. Checa, X. 2009. Caracterización de Sistemas Agroforestales (SAF) en la Sub-Región Sierra Centro del Ecuador. Tesis Ing. Agrónomo, versión preliminar aún no publicada. Quito, Ecuador. 46 p.
4. Estrada, R. 1995. Incidencia de las políticas económicas en la conservación de los recursos naturales de la zona andina. REPAAN, CONDESAN. Quito. 79 p.
5. FAO, UACH, SEMARNAP, PNUMA, 1996. Agroforestería para el Ecodesarrollo. Volumen I, preparado por L. Krishnamurthy. México. 327 p.
6. FAO-Gobierno de los Países Bajos, FAO y proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. 1992. validación de metodologías de Extensión en Proyectos de DFP. 100 p.
7. FAO-LEAD, 2003. Iniciativa ganadería-medioambiente y Desarrollo. Boletín divulgativo. 6 p.
8. Galarza, J. 2007. Estrategia metodológica para de finir indicadores, parámetros y estrategia de muestreo para la ubicación, caracterización y evaluación in-situ de los Sistemas Agroforestales, que sirvan como herramienta para discriminar y seleccionar los de mayor potencial. Quito, Ecuador. p. 15,16.
9. García, D. 2006. Caracterización física y química de duraznos (*Prunus pérsica* L.) y efectividad de la refrigeración comercial en frutos acondicionados. Universidad Central de Venezuela. Consultado el 27 de enero del 2010 en <http://www.scielo.org.ve>
10. Gonzales, J. 2008. Evaluación de tres sistemas silvopastoriles para la gestión sostenible del manejo de los recursos naturales de la microcuenca del río Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp 11.
11. Grijalva, J., Arévalo, V. y Wood, Ch. 2004 a. Expansión y trayectorias de la Ganadería en la Amazonía. Estudio en el Valle de Quijos y Piedemonte, en selva alta del Ecuador. Publicación miscelánea 125. Quito, 201 p.
12. Grijalva, J., P. LLangarí, F. Jara y Cuasapáz, M. 2004. Experimentación campesina y alternativas silvopastoriles en zonas de montaña.

- Construyendo caminos hacia el desarrollo sostenible en los Andes ecuatorianos. Publicación 116. INIAP. Quito, 51 p.
13. IFAS, 2004. 1st. World Agroforestry Congress: Universidad de la Florida. Memorias de congreso.
 14. InfoStat 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
 15. León, J. 1999. Manual del cultivo del aguacate (*Persea americana*) para los valles interandinos del Ecuador. Publicación 49. INIAP. Quito, 36 p.
 16. Little, T.; Hills, J. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Distrito Federal de México, México. pp 95-99.
 17. Mujica, E., J. Rueda. 1996. El desarrollo sostenible de Montañas en América Latina. CONDESAN-FAO y CIP. Consulta intergubernamental 1995. Producido en Epígrafe, SA editores en enero de 1997. 318 p
 18. Nair, P.K.R. 1994. Clasificación de Sistemas Agroforestales. En: P.K.R. Nair. 1994. Agroforestería. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. UACH, México.
 19. Nieto, C., R. Ramos y J. Galarza. 2004. Sistemas agroforestales aplicables en la Sierra ecuatoriana. Resultados de una década de experiencias de campo. INIAP-PROMSA. Editorial Nueva Jerusalén. Quito-Ecuador. Boletín técnico No 122. 195 p.
 20. Ramos, R. 2003. Fraccionamiento del carbono orgánico del suelo en tres tipos de usos de la tierra en fincas ganaderas de San Miguel de Barrancas Puntarenas-Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
 21. Ramos, R. 2007. "Caracterización, validación y mejoramiento de alternativas agroforestales para sistemas productivos de la sierra ecuatoriana". Proyecto de investigación. Programa Nacional de Forestería-INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Sin publicar. Quito-Ecuador, pp 5-7.
 22. Ramos, R. 2009. Informe quinto trimestre de avance del proyecto "Caracterización, validación y mejoramiento de alternativas agroforestales para sistemas productivos de la sierra ecuatoriana". Programa Nacional de Forestería-INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Quito-Ecuador, pp 3.
 23. Riofrio, J. 2006. Cuantificación del carbono almacenado en dos sistemas agroforestales probados en la Estación Experimental Santa Catalina, Mejía - Pichincha. pp 12.

24. Ruiz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Mantiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE.106 p.

Anexo 3. Formato para el registro de plagas y enfermedades en el sistema agroforestal

Registro de plagas y enfermedades del sistema agroforestal:..... Superficie:.....
 Nombre del gestor:..... Altitud:.....
 Provincia:..... Cantón:..... Parroquia:..... Sector:.....

Plagas/Enfermedades	Fecha	Detallar Cultivo	Estado del cultivo	Síntomas en: tallos, hojas, flores, frutos	Producto para Control	Valor unitario	Dosis	Frecuencia

Estado del cultivo: desarrollo, floración, fructificación

Anexo 4. Matriz para recopilación de información de la instalación de los SAF's.

Registro de las actividades realizadas en la instalación del sistema agroforestal:..... Superficie:.....

Nombre del gestor:..... Altitud:.....

Provincia:..... Cantón:..... Parroquia:..... Sector:.....

Rubro	Nombre	Cantidad	Valor unitario	¿Quién realiza la actividad?				Valor jornal
				Esposo	Esposa	Hijos	Jornalero	
Abonadura								
Arada								
Rastrada/Cruzada								
Trazado								
Hoyado								
Plantas/Semilla								
Fertilización de base								
Plantación/Siembra								
Podas								
Fertilización de mantenimiento								
Controles fitosanitarios								

Anexo 6. Formato para el registro de toma de decisiones sobre los ingresos del SAF

Registro de la distribución de los ingresos del sistema agroforestal:.....

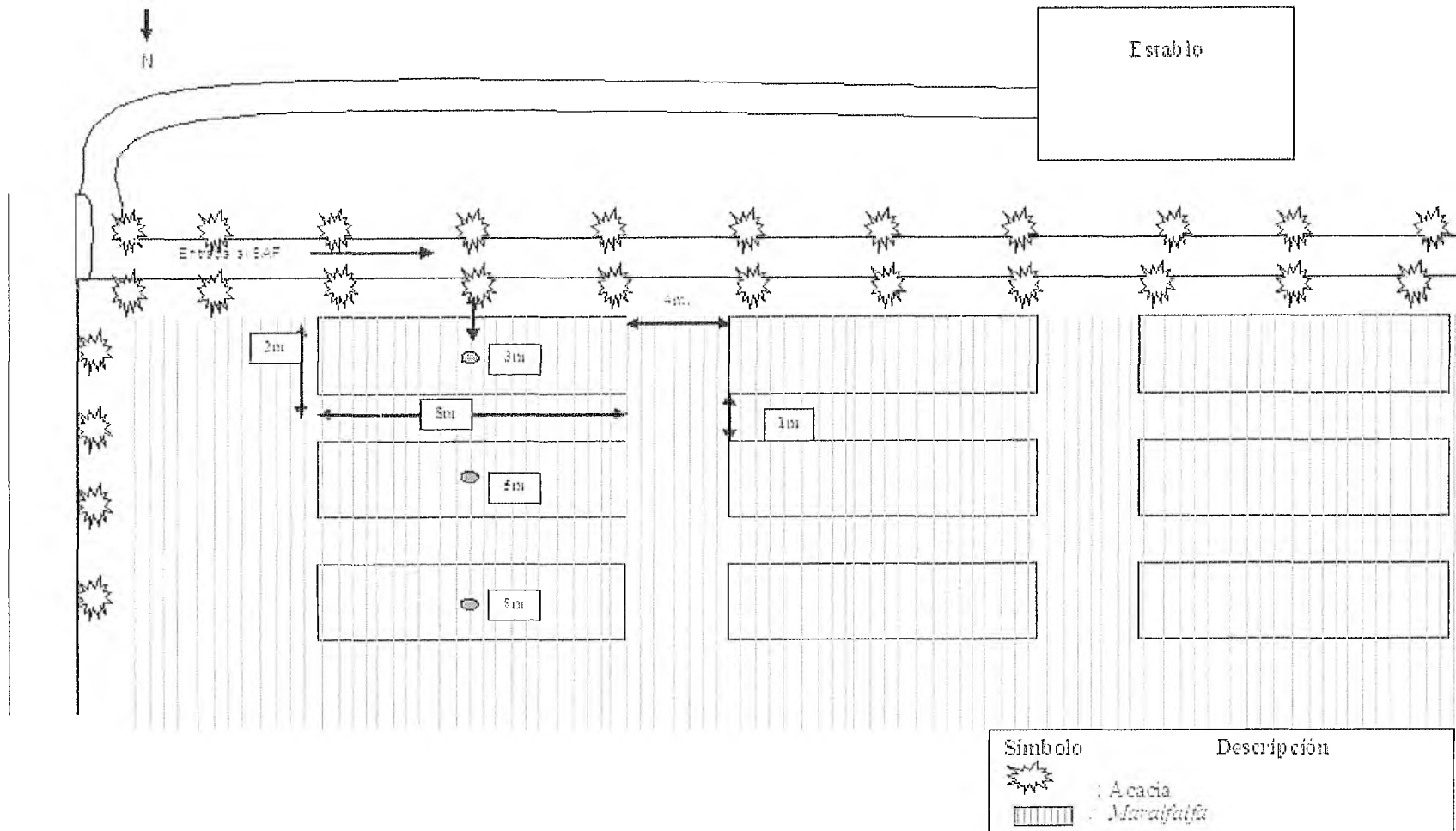
Nombre del gestor:..... **Altitud:**.....

Provincia:..... **Cantón:**..... **Parroquia:**..... **Sector:**.....

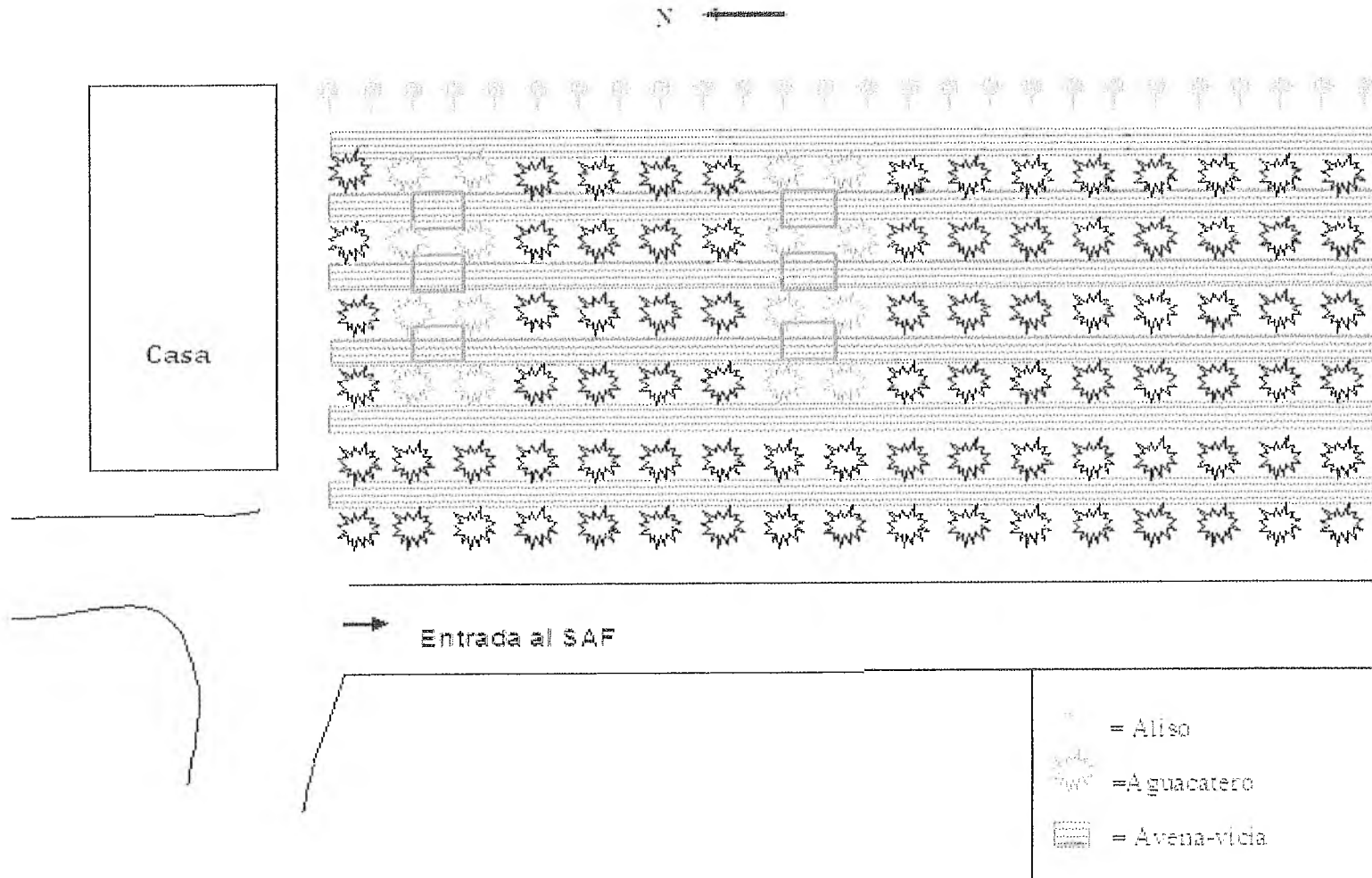
Rubro	Cantidad (USD)/año	¿Quién toma las decisiones sobre el destino de los ingresos del SAF?		
		Esposo	Esposa	Hijos
Alimentación				
Educación				
Salud				
Pago de servicios básicos (Agua, luz, teléfono)				
Vestimenta				
Reinversión				
Ahorro				
Otros				

Anexo 7. Croquis de los SAF's en evaluación

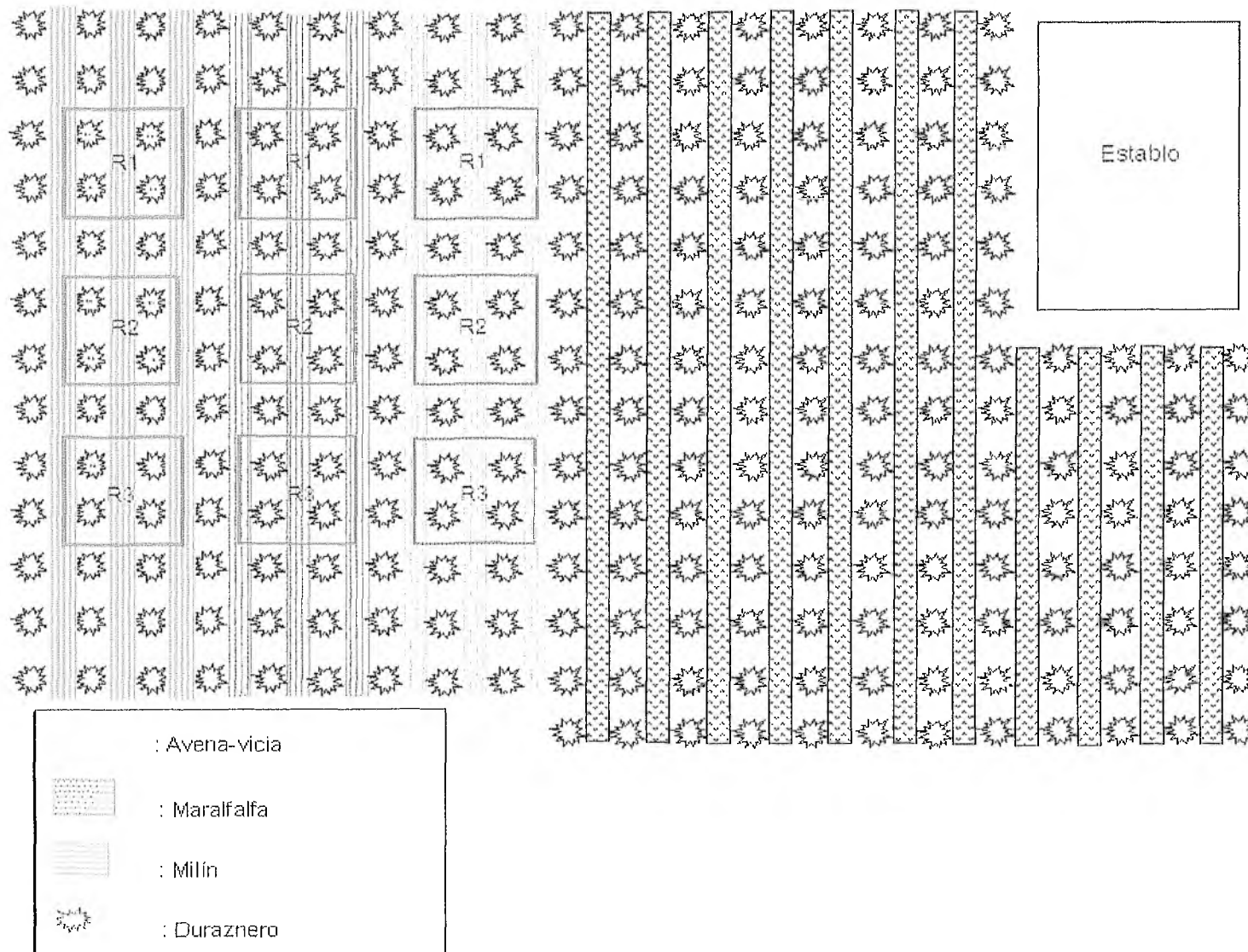
7.1 Croquis del sistema silvopastoril con maralfalfa.



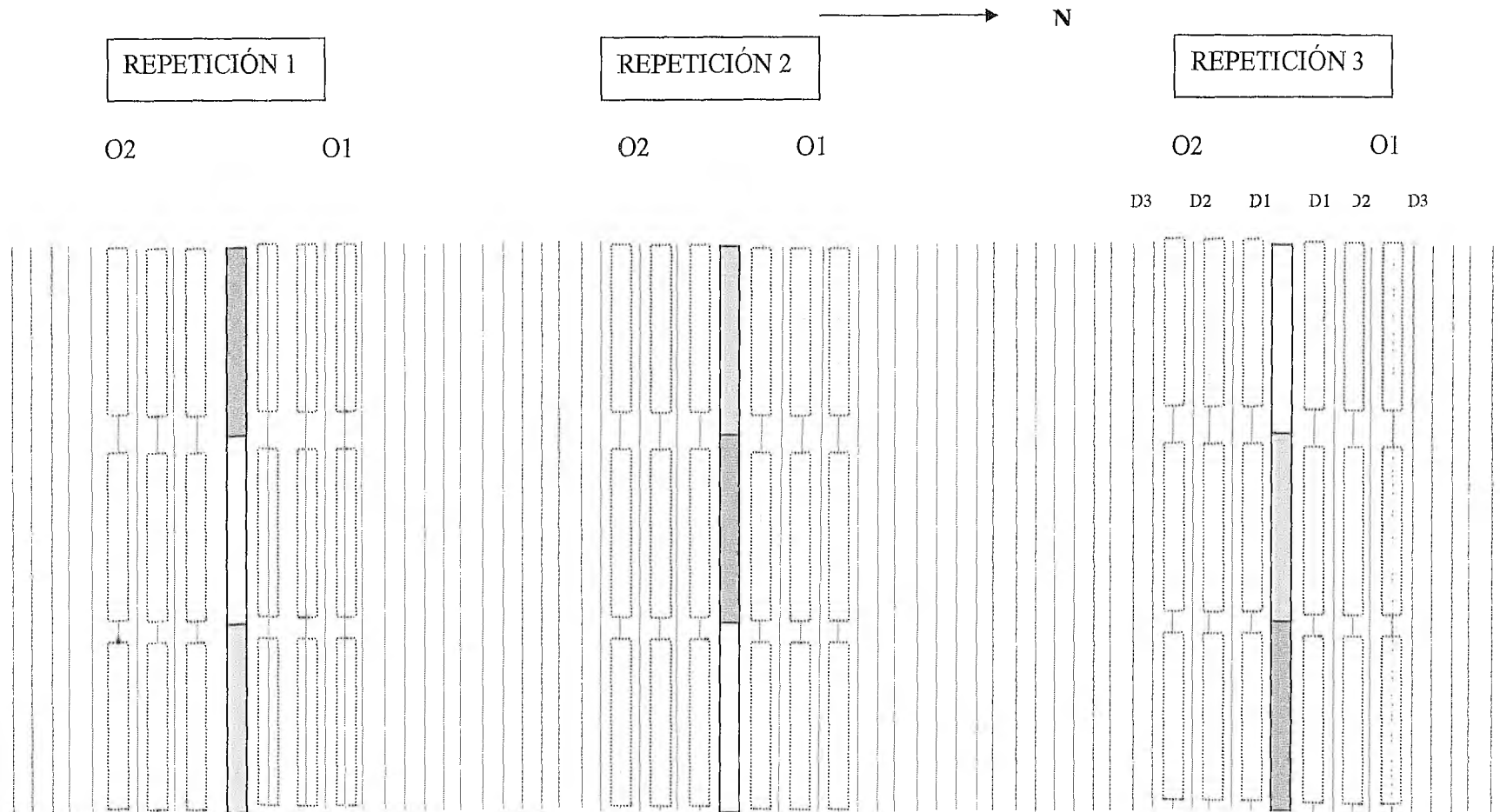
7.2 Croquis del sistema agrosilvícola con aguacatero.



7.3 Croquis del sistema agrosilvícola con duraznero.



7.4 Croquis del sistema agrosilvícola con cultivos andinos.



Simbología:

- : Arreglo agroforestal Acacia-Quishuar
- : Arreglo agroforestal Aliso-Retama
- : Arreglo agroforestal Pino-Retamo liso
- : Cultivo de haba

Orientaciones:

- O1: Orientación Norte
- O2: Orientación Sur

Distancias a la barrera forestal:

- D1: 3m.
- D2: 6m
- D3: 9m