

## COMPORTAMIENTO DE TRES ESPECIES FORRAJERAS BAJO SISTEMAS AGROFORESTALES COMO ALTERNATIVA DE MANEJO SOSTENIBLE DE SUELOS DE MONTAÑA

Raúl Ramos V. Ing. Agr.<sup>1</sup> Juan Córdova J. Ing. Agr. M.Sc.<sup>1</sup> Carlos Nieto C. Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Investigadores, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP-EESC. . Apdo. 17-01-340. Telefax: 02-2-690 694 Quito-Ecuador. Email: dmsasc@punto.net.ec

<sup>2</sup> Asesor proyecto PRODEPINE. Teléfono 02-2-464 900, 02-2-258 155, 02-2-922 453

### RESUMEN

El uso inadecuado de prácticas agrícolas, esta causando serios problemas a los recursos naturales, especialmente la deforestación es un serio problema en la región interandina ecuatoriana que complementada con los efectos negativos del clima hacen que la agricultura de esta área sea de alto riesgo.

Este documento recoge los resultados del comportamiento de tres especies forrajeras, durante 1996-2001 del experimento de agroforestería que se inició en 1995 y será conducido por al menos 10 años consecutivos.

### Objetivo

Evaluar el rendimiento y comportamiento agronómico de tres especies de pastos, alfalfa (*Medicago sativa* L.), ray grass inglés (*Lolium perenne* L.) y mezcla forrajera (*Lolium perenne* L. + *Trifolium repens* L.) bajo sombra total de Sistemas Agroforestales, y los cambios en la fertilidad del suelo.

El experimento se conduce en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, localizada en la Parroquia Cutuglahua, del Cantón Mejía, en la Provincia de Pichincha; ubicada a 3050 m de altitud, la temperatura promedio es de 12° C y con una precipitación promedio anual de 1200 mm. Los suelos corresponden al orden Andisoles, compuestos de cenizas volcánicas, de textura franca y de topografía relativamente plana (< 5%).

En el interior de las hileras de árboles y arbustos se sembraron tres especies forrajeras en parcelas de 20 m<sup>2</sup>, en las cuales se evaluó el rendimiento de biomasa fresca y seca por hectárea, en forma periódica. Además se evaluaron otras características asociadas al desarrollo del cultivo como son: humedad y fertilidad del suelo.

### De estos cinco años de evaluación se concluyó lo siguiente:

Lo más sobresaliente durante la investigación es el efecto de la interacción sistemas agroforestales x pastos, la cual resulta significativa; lo cual se puede deber a que las especies forrajeras cambian su velocidad de crecimiento y rendimiento a medida que pasa el tiempo desde su siembra. El efecto de competencia de las barreras agroforestales obviamente se vuelve más intenso a medida que los árboles y arbustos crecen.

Alfalfa no prospera debajo de árboles o arbustos, sus rendimientos de materia verde disminuyen entre el 50 y 80% en comparación a campo abierto (CA), durante los cinco años de evaluación.

De lo observado en esta investigación, pareciera que las especies forrajeras del grupo de las leguminosas presentan inconvenientes para desarrollarse bajo sistemas agroforestales con densidades altas de especies leñosas, mientras que las gramíneas, conviven mejor productivamente bajo estos sistemas.

### Introducción

En Ecuador, los recursos naturales involucrados en la producción agropecuaria (suelo, agua y biodiversidad), se encuentran en un franco proceso de deterioro, debido principalmente al uso de prácticas de producción agropecuaria poco compatibles con la conservación de la calidad ambiental y a la poca inversión en la generación y promoción de tecnologías que garanticen el uso racional, y la conservación de los recursos

naturales. El 48% de los suelos agrícolas está sometido a procesos de erosión activos y potenciales, perdiéndose entre 10 y 50 t de suelo ha<sup>-1</sup>; mientras que la tala de bosques es del orden de las 230.000 ha año<sup>-1</sup>.

Las mayores dificultades para promocionar programas de reforestación en la Sierra, se originan debido fundamentalmente a la escasez de tierra. El minifundio ha proliferado en casi todas las provincias de esta región, y la presión por la tierra como consecuencia del incremento de la población es exagerada. Áreas ecológicamente no aptas para agricultura como los páramos y las estribaciones de las cordilleras (bosques nublados), han sido comprometidos en actividades agropecuarias (Whitaker y Ortiz, 1994, citado por Krishnamurthy 1999).

Si regiones ecológicamente frágiles como éstas, están incorporadas a la producción agropecuaria, es imperativo la búsqueda y validación de opciones productivas amigables con el ambiente. La agroforestería es sin duda una de las mejores alternativas, por ser la opción que más se aproxima al ecosistema natural, sus componentes arbóreo, arbustivo, pastos y cultivos, representan en una forma casi real a la composición de un bosque natural o por lo menos a lo que sería una sucesión natural de una área intervenida.

Otra de las grandes limitaciones en la promoción de sistemas agroforestales en el área alto andina de Ecuador es la falta de información cuantitativa y confiable que permita mostrar al agricultor las ventajas económicas de sembrar árboles en combinación con cultivos y pastos.

Un sistema agroforestal es un conjunto o arreglo de componentes unidos e interrelacionados entre sí, que funcionan como una unidad y que manejado con racionalidad minimiza la competencia y maximiza la producción, de tal forma que la agroforestería, no solamente permite lograr una producción agrícola estable, sino que los árboles por sí solos proporcionan otros beneficios como: son fuente de alimento, desarrollan la vida silvestre, fuente de forraje, combustible y proporcionan madera para la construcción y artesanía (Hoskins, 1990).

Los beneficios directos de los sistemas agroforestales como aporte a la sostenibilidad de la producción agropecuaria pueden verse a nivel global: Las especies arbóreas absorben carbono y ayudan a la descontaminación ambiental; a nivel regional: Mejoran el paisaje, mejoran la vida silvestre, mejoran el ciclo hidrológico; A nivel de finca: Mejoran la conservación de suelos, mejoran el microclima, incrementan la biodiversidad, promueve el ciclo de nutrientes, facilitan la división territorial y los límites de las fincas, diversifican la oferta de productos y servicios de la finca (Padilla, 1993; Tybirk, 1993; Carlson y Añazco, 1990).

A pesar de lo indicado, la promoción de sistemas agroforestales en áreas de minifundio, tiene serios inconvenientes. Los agricultores se resisten a sembrar árboles en sus parcelas, debido a que éstos ocupan espacio, compiten por agua, luz o nutrientes y son hospederos de pájaros e insectos que atacan a los cultivos (Vela, 1990; Dove, 1992); por lo cual se debe buscar las mejores combinaciones agroforestales, incluido el uso de especies arbóreas de propósito múltiple y el uso de cultivos tolerantes a la competencia con especies arbóreas.

Este documento recoge los resultados del comportamiento y rendimiento del componente pastos, durante 1996 a 2001, del experimento de agroforestería que se inició en 1995 y será conducido por al menos diez años consecutivos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo principal**

Encontrar alternativas de producción sostenible para el agricultor minifundista de la zona alto andina de Ecuador, a través del uso de sistemas agroforestales.

### Objetivo secundario

Evaluar el rendimiento y comportamiento agronómico de tres especies de pastos, Alfalfa, Ray grass y Trébol, bajo sombra total de sistemas agroforestales; y los cambios en la fertilidad del suelo.

### Materiales y Métodos

El experimento se conduce en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, localizada en la Parroquia Cutuglahua, del Cantón Mejía, en la Provincia de Pichincha. Ubicada a 3050 m de altitud, a 0° 22' Latitud Sur y 78° 23' de Longitud Oeste, la temperatura promedio es de 12° C y con una precipitación promedio anual de 1200 mm. (INAMHI Estación Izobamba). Los suelos corresponden al orden Andisoles, compuestos de cenizas volcánicas, de textura franca y de topografía relativamente plana (< 5%).

Los arreglos agroforestales en estudio estuvieron compuestos por la combinación de una especie arbórea y una especie arbustiva: acacia-quishuar, *Acacia melanoxylum* L.-*Buddleja incana* Ruiz y Pavón (AQ); aliso-retama, *Alnus acuminata* O. Ktze-*Sparteum junceum* L. (AR); y control a campo abierto, sin árboles (CA). Estas especies (arbórea y arbustiva) a más de brindar protección dentro del sistema, son fuente de producción de leña y madera. Estos ocuparon parcelas de 2840 m<sup>2</sup>, incluidos caminos, con dos repeticiones cada uno. Cada sistema tuvo dos hileras de árboles de 30 m de largo, con 30 árboles y 30 arbustos, separados en forma alternada a 1 m dentro de hileras y a 2 m entre hileras. Las hileras estuvieron orientadas de Norte a Sur, para permitir el estudio del efecto de la sombra: matutina proyectada hacia el Oeste y vespertina proyectada hacia el Este.

En el interior de las hileras de árboles y arbustos se sembraron tres especies de pastos, en parcelas de 20 m<sup>2</sup>; alfalfa, ray grass y la mezcla de ray grass con trébol blanco. En el caso de alfalfa, ésta fue sembrada en surcos distanciados a 0.4 m entre ellos y 0.2 m entre plantas, en marzo de 1995; mientras que los dos pastos restantes fueron sembrados al voleo, en marzo de 1996. En estas parcelas se evaluó el rendimiento de biomasa fresca y seca por hectárea, en forma periódica, mediante cuatro cortes por año (cada 90 días); la evaluación de biomasa fresca se realizó mediante un muestreo con un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup>, con dos repeticiones por parcela, el forraje que queda dentro del cuadrante se corta y se pesa, para luego tomar una muestra de éste y llevar al laboratorio para determinar el porcentaje de materia seca, para lo cual se introduce la muestra fresca en una estufa de ventilación forzada a 60 °C.

Además se evaluaron otras características asociadas al desarrollo del cultivo como son: humedad y fertilidad del suelo. La humedad se determinó por el método gravimétrico, a 0.3 m de profundidad, que consiste en tomar la muestra de suelo en una caja de aluminio, llevar al laboratorio, tomar su peso fresco, introducirlo a una estufa a 105 °C durante 24 horas y tomar su peso seco; luego mediante la aplicación de la fórmula %HG= ((PSF-PSS)/PSS)\*100; (donde: %HG = Porcentaje de humedad gravimétrica, PSF = Peso del suelo fresco, PSS= Peso del suelo seco), determinar el contenido de humedad de ese suelo; Esta evaluación se realizó una vez por mes, durante los cinco primeros días. Para el caso de la fertilidad del suelo se están realizando las siguientes determinaciones: pH, nitrógeno amoniacal, fósforo, potasio, calcio, magnesio y materia orgánica.

Con excepción del primer año del experimento (1995), en el cual se aplicó una fertilización de 50-80-40 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, el manejo agronómico de las especies de pastos se hizo sin el uso de agroquímicos (fertilizantes ni pesticidas). Las especies arbóreas y arbustivas se manejaron con podas anuales, para conseguir la formación de fuste comercial y leña de los árboles y obtener biomasa fresca (forraje) y leña de los arbustos, dejando así el espacio suficiente para poder realizar las diferentes labores dentro de las parcelas contiguas a las hileras de especies forestales.

### Resultados y Discusión

El experimento central se diseñó para estudiar el efecto de los sistemas agroforestales sobre varios factores en forma simultánea, así: el crecimiento y producción de madera y biomasa de árboles y arbustos, crecimiento y producción de tres raíces andinas, producción de cultivos comerciales, humedad y fertilidad del suelo, distribución y abundancia de malezas y presencia de patógenos. Además, se busca, por lo menos

una aproximación al efecto de los sistemas agroforestales en variables ecológicas y climáticas. Sin embargo, en este artículo se presentan únicamente los resultados del efecto de los sistemas agroforestales en el comportamiento de tres especies de pastos.

### Fertilidad del suelo

Los resultados del análisis químico del suelo, para pH, nitrógeno amoniacal, fósforo, potasio, calcio, magnesio y materia orgánica, no encontraron significación estadística para los efectos de los factores en estudio, salvo en muy pocas excepciones. El efecto de la interacción Sistema agroforestal x Tipo de pasto, no fue significativo para ninguno de los nutrientes del suelo analizados, durante 1996 hasta 2001. En 1996 únicamente el efecto de Sistemas Agroforestales fue significativo para potasio. En 1999 para materia orgánica y en el 2001 para pH.

Las diferencias estadísticas observadas para potasio, materia orgánica y pH no son consistentes en todos los años, por lo que no son evidencias suficientes de competencia árbol-pasto por nutrientes del suelo, a pesar de que los muestreos se realizaron entre las líneas de árboles, que es en donde se supone que se encuentra la mayor actividad de absorción de nutrientes.

En la Tabla 1, se presenta la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de los componentes de fertilidad de suelo, que han presentado significación estadística, durante los cinco años de evaluación. En 1996, el efecto de sistemas agroforestales fue significativo para potasio, la mayor cantidad de éste elemento se encontró en las parcelas del sistema Acacia+quishuar (AQ), esto es difícil explicar en términos de la relación árbol-pasto, dado a que las especies forestales únicamente tenían alrededor de 160 cm de altura, en esta fase del experimento. En 1999 los contenidos de materia orgánica en el suelo fueron estadísticamente diferentes, la prueba de significancia realizada, lo ubica al sistema Aliso+retama (AR) en un primer grupo con el mayor contenido 11.25%, luego le sigue el sistema AQ con 9.82% y en tercer lugar el sistema campo abierto (CA); el incremento de materia orgánica en el suelo de estos sistemas, se debe posiblemente a la presencia de las especies forestales, ya que sus hojas caen y se descomponen en estas parcelas, lo que no sucede en el sistema CA. En el 2001, la prueba realizada para pH del suelo en los sistemas agroforestales, los agrupa en dos, en un primer grupo se encuentran los sistemas AQ y CA con los mayores contenidos y en un segundo grupo al sistema AR, con el menor promedio, éste sistema presenta un pH más ácido posiblemente por mayor cantidad de hojas en descomposición, caídas de la especie arbórea y seguramente existe mayor liberación de iones  $H^+$  a la solución de suelo debido a los procesos de descomposición de la materia orgánica, otro factor que puede influir en el pH es que en este sistema están involucradas dos especies leguminosas.

**Tabla 1. Prueba de Tukey, para los componentes de fertilidad del suelo que presentaron significación estadística, en Sistemas Agroforestales. EESC 1996-2001.**

Año/ Componente de Fertilidad de suelo	SISTEMAS AGROFORESTALES		
	AQ	AR	CA
<b>1996</b> K (meq/100 ml)	0.43 a	0.21 b	0.28 ab
<b>1999</b> Materia Orgánica (%)	9.82 ab	11.25 a	9.20 b
<b>2001</b> Ph	5.05 a	4.82 b	5.03 a

Sin embargo, éstas fueron las únicas diferencias encontradas, las cuales, como ya se mencionó, no son evidencia suficiente para inferir una posible competencia árbol-pasto por nutrientes. Por lo tanto, las diferencias encontradas en rendimiento y persistencia de los pastos podrían deberse a competencia por otros factores distintos a nutrientes en el suelo.

Como un ejemplo de la poca diferenciación en fertilidad del suelo por efecto de los factores en estudio, en la Figura 1, se presenta la distribución del contenido de fósforo, potasio y materia orgánica en los tres sistemas agroforestales, durante los cinco años del experimento. Aquí se puede observar, los contenidos de los tres componentes de la fertilidad del suelo, los mismos que fueron similares, durante los años evaluados. Esta es

una evidencia adicional de la ausencia de competencia árbol-pasto por estos elementos. El decremento en el contenido de potasio, probablemente se debió a la extracción que producen los pastos para su normal desarrollo.

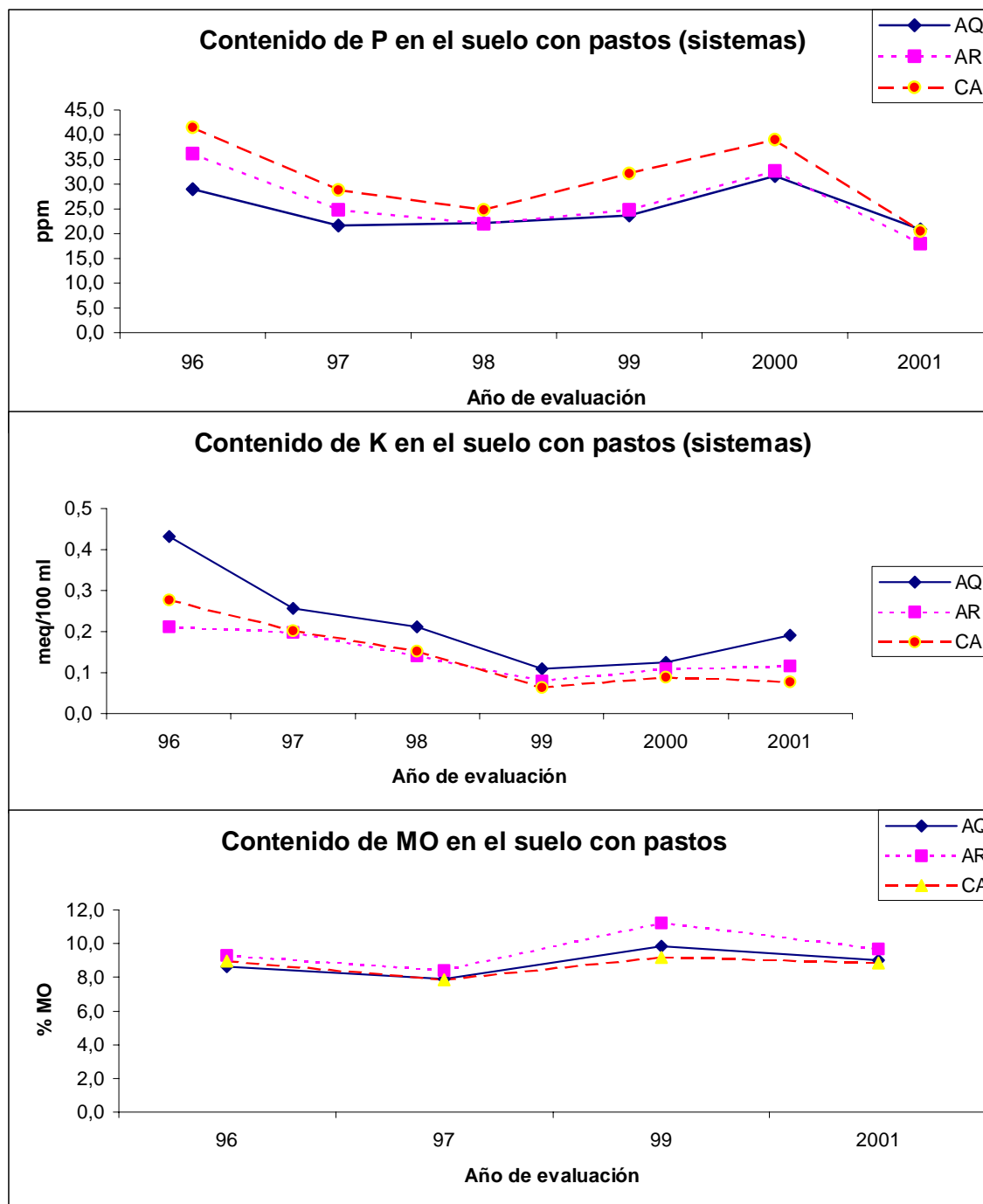


Figura 1. Contenidos de P, K y Materia Orgánica en el suelo con pastos, bajo el efecto de tres Sistemas Agroforestales. EESC. 1996-2001.

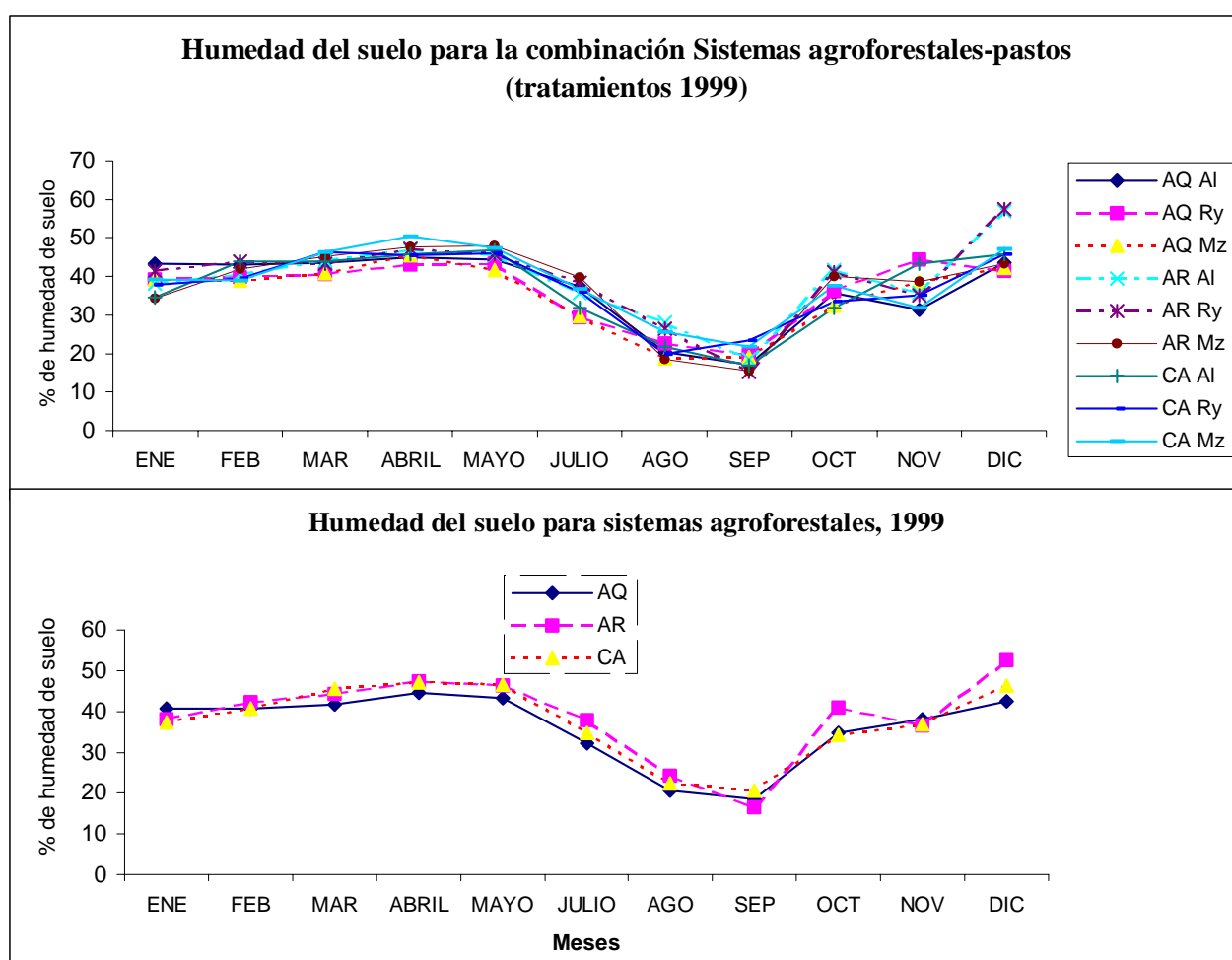
### Humedad del suelo

Otro de los elementos importantes de la competencia entre árboles y cultivos en sistemas agroforestales es el contenido de agua del suelo. Se realizaron muestreos mensuales, durante los cinco años del experimento. Del análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas para el efecto de ninguno de los factores en estudio ni sus interacciones. Al encontrar aproximadamente la misma cantidad de agua en el suelo en las

parcelas agroforestales y en las a campo abierto, durante la evaluación del experimento, se puede asegurar que agua del suelo no ha sido un elemento de competencia entre árboles y pastos.

En la Figura 2, se presenta la distribución de la humedad del suelo, en la interacción Sistemas Agroforestales x pastos y en los tres sistemas agroforestales, durante 1999. El patrón mensual de humedad del suelo se repitió para las tres especies de pastos; mientras que no se observó ninguna diferencia significativa por efecto de los otros factores en estudio. Además, la distribución de humedad del suelo para los otros años en el estudio fue muy similar a la de 1999 (datos no reportados).

La disminución drástica del contenido de humedad del suelo, observada a partir del mes de junio, es una respuesta al patrón normal de precipitación anual para la zona en estudio. En Santa Catalina, de junio a septiembre se produce la época seca del año, con precipitaciones menores a la evapotranspiración, por lo que durante este período se producen grandes deficiencias hídricas (INIAP, 1989). Sin embargo, tampoco en este período de escasez de agua, se observó ninguna diferencia del contenido de humedad en el suelo por efecto de los factores en estudio, lo cual es otra evidencia de la falta de competencia entre árboles y pastos.



**Figura 2. Contenidos de humedad gravimétrica en el suelo de pastos, bajo el efecto de tres Sistemas Agroforestales durante 1999. EESC.**

Una vez más, la falta de evidencias de competencia árbol-pasto, en este caso por humedad del suelo, hace suponer que las diferencias en rendimiento y persistencia de los pastos por efecto de los sistemas agroforestales se deban a otros factores de competencia. En este caso, a pesar de no haber medido la interferencia de radiación solar por las barreras agroforestales, el efecto sombra aparece como la causa más probable para explicar las diferencias en rendimiento y persistencia de los pastos estudiados.

Rendimiento de forraje de pastos

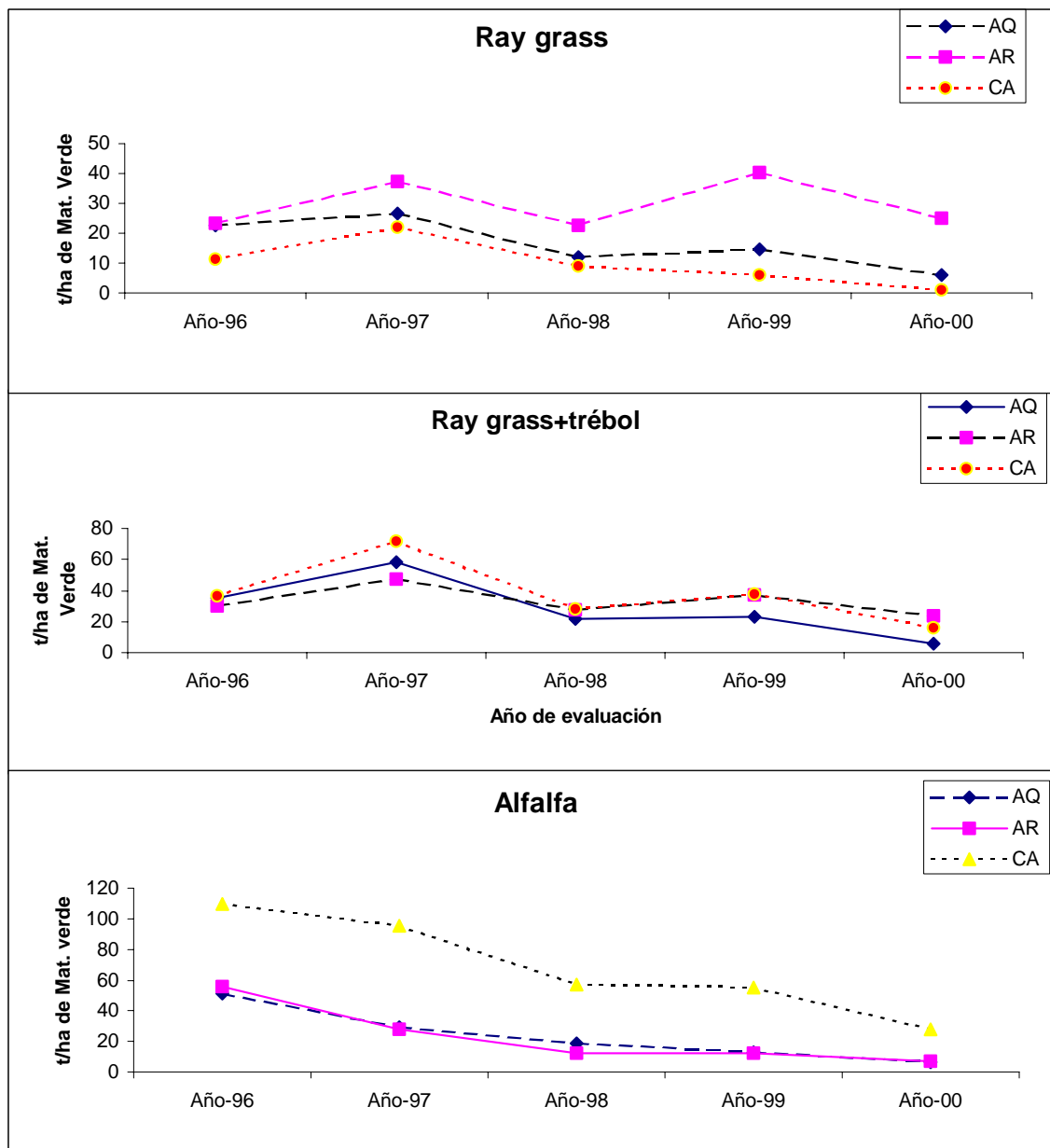


Figura 3. Rendimiento de materia verde de tres pastos, bajo el efecto de tres Sistemas Agroforestales. EESC. 1996-2001.

Los datos de biomasa de pastos, presentados en éste artículo, corresponden en el caso de alfalfa a partir de un año de transplantado y en los dos pastos restantes desde la siembra.

Del análisis estadístico para los cinco años de evaluación, lo más sobresaliente fue el efecto de la interacción sistemas agroforestales x pastos, el mismo que fue significativo durante todos los ciclos evaluados. Sin embargo la influencia de los factores en estudio, sus interacciones y sus componentes desdoblados fue mayor durante los últimos años evaluados, esto se podría explicar por dos razones: I. Las especies forrajeras cambian su velocidad de crecimiento y rendimiento a medida que pasa el tiempo desde su siembra y II. El efecto de competencia de las barreras agroforestales (especialmente por luz) obviamente se vuelve más intenso a medida que los árboles y arbustos crecen.

En la figura 3 se puede observar el rendimiento de materia fresca de las tres especies forrajeras evaluadas. Como se indicó anteriormente, los rendimientos de forraje decrecieron a medida que pasó el tiempo. Sin embargo el rendimiento de biomasa de las especies, fue significativamente diferente para cada sistema

agroforestal. Alfalfa fue claramente afectado por los dos sistemas agroforestales AQ y AR, mientras que el sistema control (CA) mantuvo un buen rendimiento promedio hasta el cuarto año de evaluación; en tanto, que el quinto año los rendimientos disminuyeron por debajo de los promedios económicamente rentables. Benítez (1980) indica que los rendimientos económicos de un buen alfalfar se encuentra cuando éste al menos produce como mínimo 40 toneladas de materia verde por hectárea por año.

Contrariamente a alfalfa, el ray grass presentó durante todo el período de evaluación, un comportamiento más estable en presencia de los sistemas agroforestales, los rendimientos fueron superiores a los obtenidos en las parcelas control, llegando a superar el sistema AR con 99.39 toneladas frente al sistema CA. En general se encontró que así como los rendimientos de alfalfa fueron inferiores, los rendimientos de ray grass fueron superiores en las parcelas agroforestales, durante los cinco años de evaluación. La mezcla (ray grass+trébol) al igual que el ray grass, bajo sistemas agroforestales, presentó buenos rendimientos especialmente en el sistema AR donde al quinto año de evaluación supero con 7 toneladas al sistema CA.

Esta es una evidencia clara de que alfalfa no es una especie que tolera la competencia por luz con especies arbóreas y arbustivas, mientras que ray grass parecería tolerar y convivir en forma productiva en presencia de sistemas agroforestales. De esta forma, la siembra de ray grass y de la mezcla forrajera se presenta como una alternativa económica para utilizarla en áreas debajo o intermedias entre hileras de árboles.

### Conclusiones

- De los resultados obtenidos durante estos cinco años de evaluación en especies forrajeras se puede concluir indicando que no hay evidencias claras de competencia, por agua y nutrientes, entre las barreras forestales y los tres pastos evaluados, a pesar de que los muestreos se realizaron en el interior de las barreras forestales.
- El efecto de los sistemas agroforestales fue significativo a partir del segundo año de plantado el experimento, principalmente la competencia por radiación solar fue en algunos casos perjudicial y en otros ventajoso en el rendimiento de materia verde de los pastos en estudio.
- Alfalfa no prospera debajo de árboles o arbustos, sus rendimientos de materia verde disminuyen entre el 50 y 80% en comparación a campo abierto (CA), durante los cinco años de evaluación.
- Ray grass convive productivamente debajo de árboles y arbustos, por lo cual, son alternativas viables para optimizar el uso del suelo con sistemas agroforestales; al quinto año de evaluación los rendimientos de forraje, en los sistemas AQ y AR fueron superiores a campo abierto, en 5.17 y 24.09 toneladas por hectárea, respectivamente.

### BIBLIOGRAFÍA

- Benítez, A. 1980. Pastos y forrajes, Editorial Universitaria, Quito Pp. 95-203
- Carlson, P. y Añazco, M. 1990. Establecimiento y manejo de prácticas agroforestales en sierra ecuatoriana. Quito: Red Agroforestal Ecuatoriana.
- Dove, M. R. 1992. Forester's beliefs about farmers: a priority for social science research. *Agroforestry Systems*. V. 17: 13-41.
- Hoskins, M. 1990. Actividades forestales y la alimentación. *Unasyuva*. 41 (160):3-13.
- Krishnamurthy, L. 1999. Agroforestería básica. Red de formación ambiental, primera edición, D.F.Federal
- Inamhi Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Quito-Ecuador, valor promedio de la estación meteorológica de Izobamba, Anuario Meteorológico serie 27 años. 1997.



- INIAP 1989. Departamento de Suelo y Agua. Informe anual 1989. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador.
- Padilla, S. 1993. Realidad de la agroforestería en los Andes. *Bosques y Desarrollo*, (Perú) 4 (8): 44-46.
- Tybirk, K. 1993. Inventario agroforestal de la Zona Andina. *Bosques y Desarrollo* (Perú) 4 (8): 47-50
- Vela, R. 1990. Algunos factores que dificultan la implementación de sistemas agroforestales. En: I Congreso Agroforestal Ecuatoriano. Red Agroforestal Ecuatoriana. Quito, Ecuador. pp. 155-169.