



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS.**

**TESIS**

Previa a la obtención del título de  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA**

**EVALUACIÓN *IN SITU* DE CUATRO SISTEMAS  
AGROFORESTALES COMO ALTERNATIVAS DE  
PRODUCCIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE DE LOS  
RECURSOS NATURALES EN LA SIERRA NORTE DEL  
ECUADOR**

**AUTOR**

**BÉLGICA ELIZABETH VEGA NÚÑEZ**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2012**

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realizó en la subregión Sierra norte del Ecuador, evaluando cuatro sistemas Agroforestales: *i)* Sistema Silvopastoril con Maralfalfa, *ii)* Sistema Agrosilvícola con aguacatero, *iii)* Sistema Agrosilvícola con duraznero, y *iv)* Sistema Agrosilvícola con cultivos andinos, los dos primeros ubicados en la provincia del Carchi e Imbabura respectivamente y los dos últimos se encuentran en la provincia de pichincha. Estos SAF's fueron evaluados (*validación in situ*<sup>1</sup>) en base de un conjunto de indicadores de sostenibilidad, que fueron evaluados durante el transcurso de un año, la investigación presentó los siguientes objetivos: la determinación de sistemas agroforestales que promuevan el manejo y la conservación de los recursos naturales en la Sierra Norte del Ecuador, la evaluar el efecto del componente forestal sobre el rendimiento del componente agrícola de cuatro sistemas agroforestales seleccionados y el análisis del efecto de los sistemas agroforestales en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Se evaluó una serie de parámetros en el suelo como, densidad aparente de suelo, fertilidad de suelo, número y biomasa de lombrices en el suelo, entre otras, en la leñosa: biomasa y carbono en el componente leñoso, carbono almacenado en el sistema, en el cultivo transitorio: altura de planta del componente transitorio, biomasa, producción y valor nutritivo de los pastos, producción del frutal, calidad comercial de las cosechas, radiación Fotosintéticamente activa, costos de mantenimiento, Ingresos por componentes, mano de obra, utilidad anual acumulada, distribución de la utilidad del SAF.

**Llegando a las siguientes conclusiones:**

#### **Sistema Silvopastoril con Maralfalfa**

- A 2m de la línea de acacia, presenta mejores condiciones para el desarrollo de la maralfalfa *Pennisetum violaceum*, mostrando una

---

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

influencia positiva de la acacia *Acacia melanoxylum*, sobre el suelo ya que a esta distancia existe mayor cantidad de hojarasca aportada por la acacia, por lo que se observó mayor cantidad de lombrices, además se observó un mejor desarrollo de la pastura y esto se ve reflejado en un mayor rendimiento, es así que a la distancia de 2m de la línea de acacia se logró un rendimiento de  $12,35 \text{ tha}^{-1}$ , seguido por la distancia de 5m con  $9,20 \text{ tha}^{-1}$  y a 8 m de la línea de acacia presenta menor rendimiento con  $8,77 \text{ tha}^{-1}$ , lo que se traduce a mayor ingreso económico, obteniendo una relación beneficio costo de 2,57 \$, con la producción obtenida a 2m de la línea de acacia que es mayor en comparación con la obtenida a 8 m que es de 1,61\$.

- El sistema silvopastoril con maralfalfa, es una fuente de empleo en la zona ya que trabaja con personal contratado, empleando 108 jornales por hectárea al año que equivale a 1565,83\$, contribuyendo así a afrontar una gran problemática social.
- El sistema silvopastoril con maralfalfa, almacena  $28,21 \text{ Tha}^{-1}$  de carbono, el mismo que al no existir el SAF estaría en la atmosfera.
- Con lo expresado anteriormente se puede decir que la asociación acacia con maralfalfa es recomendable realizarla, tanto por los beneficios económicos, ambientales y sociales obtenidos.

#### **Sistema Agrosilvícola con aguacatero**

- A 12m de la línea de árboles el cultivo de maíz, ha reflejado que no le favorece la presencia de árboles, tanto en su desarrollo como en la producción presentando el promedio más alto a 28 m  $10250,00 \text{ Kg ha}^{-1}$  y el más bajo a 12 m  $9343,75 \text{ Kg ha}^{-1}$ , por tanto esto se refleja en los ingresos económicos, presentando mayores ingresos con la producción obtenida a 28 m de la línea de árboles.
- En el cultivo de aguacate en cambio, se ha observado que la presencia de la línea de aliso no ejerce ningún tipo de influencia sobre su crecimiento y rendimiento, sin embargo el rendimiento más alto lo presenta a 16 m de la línea de árboles  $2500,00 \text{ Kg ha}^{-1}$  y el más bajo a 8 m con  $1323,44 \text{ Kg ha}^{-1}$ .

- Los beneficios económicos logrados con la asociación de las leñosas aliso y aguacate con maíz son mayores a los que se lograría con un monocultivo, además de contribuir al aseguramiento alimentario de la familia.
- En el manejo del SAF interviene la familia y personal contratado, logrando mayor inclusión familiar y una fuente de trabajo en la zona.
- En cuanto al aporte ambiental del SAF, se logra almacenar 79,83 T ha<sup>-1</sup> de carbono, ayudando así a contrarrestar la contaminación ambiental y a más de la belleza escénica que presenta el SAF.
- Por todo lo expuesto este SAF es recomendable y aplicable en zonas que presenten características favorables para el desarrollo de los cultivos.

#### **Sistema Agrosilvícola durazneros-pastos**

- El beneficio ambiental que da el SAF, en cuanto al carbono almacenado en las diferentes asociaciones, es mayor en la asociación maralfalfa en con duraznero, almacenando 64,02 tha<sup>-1</sup> de carbono.
- La cobertura del suelo con pasturas perennes trae beneficios en el SAF, económico, ya que se disminuye la biomasa de malezas, por tanto un ahorro en las deshierbas que se tendría que realizar si no estuviesen presentes, ambiental ya que se observa mayor presencia de lombrices en el suelo, esto quiere decir que tenemos un suelo vivo, con los beneficios que estas aportan al suelo.
- En el SAF se constituye como una fuente de empleo en la zona ya que trabaja con personal de contrato, es así que en el SAF Pasto milín en asociación con duraznero se emplea 415 jornales ha<sup>-1</sup> al año, Maralfalfa en asociación con duraznero 356,63 jornales ha<sup>-1</sup> al año y Avena-vicia en asociación con duraznero 186,68 jornales ha<sup>-1</sup> al año.
- Se obtuvo mayores ingresos económicos con la asociación avena-vicia en asociación con duraznero 29304,70 \$ Ha<sup>-1</sup> y la relación beneficio costo de 0,88 \$ y menos ingresos económicos, con la asociación pasto milín en asociación con duraznero 24356,37 \$ con una relación beneficio costo de

0,80 \$. Esto a pesar de que la maralfalfa supera ampliamente en rendimiento a las demás pasturas, pero presenta mayor rendimiento en el cultivo de durazno en la asociación con avena-vicia.

- La maralfalfa, se presenta como la pastura que se adapta mejor al fin que se desea llegar en este SAF, ya que permite un manejo programado con las diferentes actividades a realizar en el cultivo de durazno, al ser una pastura perenne, por su fisiología se logra un mayor número de aprovechamientos al año, esto es mayor biomasa  $19,62 \text{ Tha}^{-1}$  año, en comparación con avena-vicia que se ha logrado  $4,43 \text{ Tha}^{-1}$  año ya que esta pastura al no ser perenne, es necesario de su siembra para cada ciclo, lo que dificulta la programación de actividades, principalmente al momento de la cosecha.
- Este SAF, es aplicable siempre y cuando se cuente con la inversión y mano de obra suficiente en la zona para el manejo del mismo.

### **Sistema Agrosilvícola con cultivos andinos**

- Se observa un mejor comportamiento del cultivo a la orientación Norte ya que la radiación solar que recibe el cultivo es mayor  $1016,87$  micromoles de fotones  $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  y a orientación Sur  $985,87$  micromoles de fotones  $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , lo que al parecer influye en su desarrollo y rendimiento.
- La presencia de los árboles, ejerce una influencia negativa en el cultivo de haba, ya que su desarrollo y rendimiento es menor a las distancias próximas a los árboles, presentando a  $921,50 \text{ Kgha}^{-1}$  a 3m de la línea de árboles y a 9 m de la línea de árboles presenta el mejor rendimiento con un promedio de  $1318,72 \text{ Kgha}^{-1}$  y mayor presencia de lombrices.
- El arreglo forestal Aliso-Retamase presenta como la mejor combinación con  $1200,94 \text{ Kgha}^{-1}$  y el arreglo forestal Pino-Retamo liso es la combinación forestal que presenta menos beneficios, es así que el rendimiento del cultivo de habas logrado con este arreglo forestal es el menor con  $1133,36 \text{ ha}^{-1}$ .
- El arreglo forestal Aliso-Retama, con orientación Norte y a 9 m de la línea de árboles, presenta mayor rendimiento  $1391,50 \text{ Kgha}^{-1}$ .

- En cuanto a la contribución ambiental del SAF, El arreglo forestal Aliso-Retama, retiene más carbono que los demás arreglos forestales  $154,37 \text{ tha}^{-1}$ .
- En este SAF al ser un sistema de investigación no hay participación familiar, únicamente personal contratado.
- Este SAF, puede ser aplicado parcialmente, ya que las especies forestales propuestas disminuye el área de cultivo, lo que dificulta la aceptación por parte de los pequeños agricultores, que al contar con superficies pequeñas de tierra, la emplean para su seguridad alimentaria.

## SUMMARY

The present research was performed in the Sierra subregion north of Ecuador, evaluating four Agroforestry systems: silvopastoral system with maralfalfa, Agroforestry System with avocado, Agroforestry System with peach, System Agrosilvícola and Andean crops. The first two are located in the province of Carchi and Imbabura respectively and the last two are in the province of Pichincha. These (SAF's) were evaluated (validación in situ<sup>2</sup>) based on a set of indicators sustainable, were evaluated during one year. The research has the following objectives: the determination of agroforestry systems and conservation of natural resources in Ecuador to evaluate the effect of the forestry component about the efficiency and review in the natural resources.

Soil was evaluated like density, fertility number and biomass of worms in the soil among other in the ligneous: biomass and carbon in component ligneous carbon stored in the system in the cultivation transient plant's height, biomass nutritional value fruit production, commercial quality of crops, photosynthetic radiation upkeep costs, Income components, labor, accumulated annual profit, SAF's distribution.

### Conclusions

#### Silvopastoral system with Maralfalfa

- There is better development of maralfalfa *Pennisetum violaceum* with influence of *Acacia melanoxylum* on the Soil because at this distance there is greater amount of hojarasca and more worms higher performance of de 12,35 tha<sup>-1</sup>, and the distance of 5m con 9,20 tha<sup>-1</sup> 8m of Acacia's line there is lower performance of 8,77 tha<sup>-1</sup> which translates higher economics income from \$ 2.57 and acacia's line production from 2m which is higher than 8 m it is \$ 1.61.

---

<sup>2</sup> Validación in situ significa evaluar la funcionalidad el sistema agroforestal en base de indicadores de sostenibilidad y de replicabilidad. Fuente: Ramos, 2009



- The silvopastoral system is a source of employment because work with staff hired of 108 workers for each hectare every year equivalent 1565,83\$ to help social issues.
- The silvopastoral system with maralfalfa lays up 28.21  $\text{tha}^{-1}$  carbon and SAF would be in the atmosphere.
- It is advisable to use because of its economics, environmental, and social benefits obtained.

### **Agroforestry System with avocado**

- There is favorable not presence of trees to 12m of maize's cultivation. The highest average of 28 m 10250,00  $\text{Kg ha}^{-1}$  and lowestm 9343,75  $\text{Kg ha}^{-1}$  and it meanseconomics income higher than the tress's line with 16m and 2500,00  $\text{Kg ha}^{-1}$  and the lowest 8 m con 1323,44  $\text{Kg ha}^{-1}$  .
- The economic benefits obtained with the association leñosas aliso and Avocado with Corn are greater than those achieved with a monoculture finally it gives food for family.
- In managing the SAF didgreater inclusion and a source of family work in the area.
- The environmental contribution of the SAF is achieved storing 79,83 T  $\text{ha}^{-1}$  of carbon helping to offset pollution and more than the scenic beauty that provides the SAF.
- The SAF is applicable and recommended in the areas favorable for the crop development.

### **Peach-pasture agroforestry system**

- The environmental benefit that gives theSAF is higher in association with peach maralfalfa storing carbon of 64,02  $\text{tha}^{-1}$ .
- Soil cover with perennial grasses is beneficial in the SAF because it reduces weed biomass therefore savings environmental and have the

largest presence of earthworms in the soil finally this means that we have a living soil.

- The SAF was established as a source of employment in the area and working with contract staff and 415 workers are employed ha<sup>-1</sup> every year Maralfalfa in association with peach employs 356,63 workers. Avenavicia in association with peach 186,68 workers every year.
- The greatest economic benefits were obtained with the association avenue-vicia with 29304,70 \$ Ha<sup>-1</sup> and cost of \$ 0.88 and less income. Pasto milín with peach 24356,37 \$ cost of \$ 0.80. Maralfalfa performance far exceeds the others moreover It improves performance is reflected in growing peach in association with avenue-vicia.
- The maralfalfa adapts better to the end that you want to reach. the SAF makes operation with the different activities scheduled to perform in the peach crop It's physiology achieves a higher number of uses per year and this is more biomass 19,62 Tha<sup>-1</sup> every year compared with avenue-vicia it did 4,43 Tha<sup>-1</sup> this year but this not being perennial pasture and need of planting for each cycle which makes the programming of activities difficult primarily crop.
- The SAF is applicable as long as they count on investment and skilled manpower in the area for handling.

### **Andean crops with Agroforestry System**

- There is a better crop performance since the solar radiation is greater cultivation of 1016.87 micromoles of photons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> and 985.87 micromoles of photons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> which is influencing its development and performance.
- The presence of trees is a negative influence on the cultivation of vean because their development and performance is less at distances close to the trees showing 921,50 Kg ha<sup>-1</sup> to 3m in line of tree and 9 m in the

line of tree. It presents the best performance with an average of 1318, 72  $\text{Kgha}^{-1}$  and presence of earthworms.

- The forest fixes Aliso-Retama presented as the best combination with  $1200,94\text{Kgha}^{-1}$  and the forest fixes Pino-Retamo provides less benefit forest so that crop yield of beans finally this forest fixes is the smallest with  $1133,36\text{ha}^{-1}$ .
- The forest fixes Aliso-Retama in the North facing to 9 m from line of trees has better production with  $1391,50\text{Kgha}^{-1}$ .
- As for the environmental contribution of SAF the forest fixes Aliso-Retama retains more carbon than other arrangements forest with  $154,37\text{tha}^{-1}$ .
- This SAF is a system of research there is no family involvement, only paid staff.
- The SAF can be partially implemented as forest species of cultivation area decreases making it difficult to accept by small farmers that having small areas of land use it for food security.