



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

### **EVALUACIÓN EX-ANTE DEL IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE LAS PRÁCTICAS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LA MICROCUCENCA DEL RIO ALUMBRE, SUBCUENCA DEL RÍO CHIMBO, ECUADOR**

Proyecto de investigación presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación  
Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:  
**MAGÍSTER EN FORMULACIÓN, EVALUACIÓN Y GERENCIA  
DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO**

**AUTOR: LUIS ORLANDO ESCUDERO LÓPEZ**

**TUTOR: VICTOR HUGO BARRERA MOSQUERA PhD.**

Riobamba – Ecuador

2015



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

El Tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “**EVALUACIÓN EX-ANTE DEL IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE LAS PRÁCTICAS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RIO ALUMBRE, SUBCUENCA DEL RÍO CHIMBO, ECUADOR**”, de responsabilidad del Ing. Luis Orlando Escudero López ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

Tribunal de Tesis:

_____ Ing. Wilian Pilco <b>PRESIDENTE</b>	_____ FIRMA
_____ PhD. Víctor Barrera <b>DIRECTOR</b>	_____ FIRMA
_____ Ing. Fernando Romero <b>MIEMBRO</b>	_____ FIRMA
_____ Ing. Eduardo Muñoz <b>MIEMBRO</b>	_____ FIRMA
_____ <b>DOCUMENTALISTA SISBIB ESPOCH</b>	_____ FIRMA

Yo, Luis Orlando Escudero López, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en la presente Tesis, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Luis Orlando Escudero López

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Sonia, mi adorable e inteligente esposa, quien ha sabido brindarme su apoyo, comprensión y fuerzas para no desmayar y cristalizar este anhelo que esperado por muchos años.

A mis hermosas hijas, Jessica, Gabriela y Maritza, quienes han sufrido el abandono de mi parte, ojalá algún día logren comprender el sacrificio que hacen los padres por el bienestar de la familia

A toda mi familia que de una u otra manera son parte de esfuerzo y que de alguna forma se constituye en un ejemplo de lucha y constancia por alcanzar una meta.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por ser el que ha guiado mis pasos y brindarme la fortaleza en momentos de flaqueza.

Al Dr. Víctor Barrera Director de Tesis al que le considero como mi amigo, quien ha sabido brindarme sus consejos y apoyo en todo momento para llegar a feliz término este trabajo.

Al Dr. Jeff Alwang y Dr. George Norton, de la Universidad de Virginia Tech de los EEUU, quienes supieron brindar su confianza y profesionalismo durante 14 años y ser merecedor del financiamiento de mis estudios de maestría.

A los Ingenieros Eduardo Muñoz y Fernando Romero, miembros de mi tribunal de Tesis por sus valiosos aportes en la realización de esta tesis.

Un agradecimiento a todos los agricultores de la Microcuenca del Río Alumbre, en especial del Recinto “La Bola de Oro”, quienes contribuyen con su esfuerzo y trabajo al desarrollo del país, muchas veces en condiciones adversas.

A todos los que de alguna forma me apoyaron, hasta la consecución del resultado final. Espero no haberles fallado en este largo camino para alcanzar la meta que desee toda mi vida.

Luis

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xii
<b>CAPITULO I</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCCION.....</b>	
<b>1.1 Planteamiento del problema.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Justificación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.1 General.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.2 Específicos.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.3 Hipótesis.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO II</b>	<b>5</b>
<b>2 MARCO DE REFERENCIA.....</b>	
<b>2.1 La pobreza rural.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Las variables que influyen el desarrollo.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Los programas de investigación y desarrollo.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4 La agricultura y la ayuda en los programas de desarrollo.....</b>	<b>7</b>
<b>2.5 El sector agropecuario en la economía ecuatoriana.....</b>	<b>7</b>
<b>2.6 Planteamiento actual del seguimiento y evaluación del desarrollo.....</b>	<b>10</b>
<b>2.7 La agricultura de conservación como alternativa para evitar la erosión del suelo.....</b>	<b>11</b>
<b>2.7.1 Labranza mínima del suelo.....</b>	<b>12</b>
<b>2.7.2 Cultivos de cobertura.....</b>	<b>12</b>
<b>2.7.3 Rotación de cultivos.....</b>	<b>13</b>
<b>2.8 Las alternativas de agricultura de conservación investigadas y transferidas</b>	<b>14</b>
<b>2.8.1 Para el cultivo de maíz duro.....</b>	<b>15</b>
<b>2.8.2 Para el cultivo de avena-vicia y pasto natural.....</b>	<b>16</b>
<b>2.8.3 Para el cultivo de fréjol.....</b>	<b>17</b>
<b>2.9 El Índice de Nitrógeno una herramienta para evaluar la contaminación ambiental.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPITULO III</b>	<b>20</b>
<b>.3 MATERIALES Y METODOS</b>	
<b>3.1 Características del área de estudio</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Métodos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.1 Aplicación de métodos estadísticos y tecnológicos para evaluar las variables</b>	

<i>productivas, económicas y ambientales de los componentes de agricultura de conservación (AC)</i> .....	23
3.2.2 <i>Aplicación del método de excedente económico para evaluar la rentabilidad de la generación y adopción de tecnologías</i> .....	24
3.2.3 <i>Cálculo del excedente económico en las alternativas de AC</i> .....	26
3.2.4 <i>Estimación de la rentabilidad</i> .....	30
3.2.5 <i>Proceso de adopción de tecnología</i> .....	31
3.2.6 <i>Aplicación del método del índice de nitrógeno para evaluar el impacto ambiental del uso del suelo con AC en el sistema maíz-fréjol</i> .....	33
<b>CAPITULO IV</b> .....	<b>36</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	
4.1 <b>Evaluación biológica y económica de las prácticas de agricultura de conservación</b> .....	<b>36</b>
4.1.1 <i>Evaluación biológica de las prácticas de AC</i> .....	<b>36</b>
4.1.2 <i>Evaluación económica de las prácticas de AC</i> .....	<b>41</b>
4.2 <b>Aplicación del excedente económico</b> .....	<b>43</b>
4.2.1 <i>Resultados de la aplicación del modelo de excedente económico</i> .....	<b>43</b>
4.3 <b>Evaluación ambiental con el Índice de Nitrógeno</b> .....	<b>51</b>
4.3.1 <i>Evaluación de las pérdidas de nitrógeno al ambiente en kg/ha del mejor tratamiento, utilizando el índice de nitrógeno</i> .....	<b>52</b>
4.3.1.1 <i>Nitrógeno total del sistema</i> .....	<b>52</b>
4.3.1.2 <i>Desnitrificación</i> .....	<b>52</b>
4.3.1.3 <i>Nitrógeno total removido hasta la cosecha</i> .....	<b>53</b>
4.3.1.4 <i>Nitrógeno total lixiviado</i> .....	<b>54</b>
4.3.1.5 <i>Nitratos residuales</i> .....	<b>55</b>
4.3.1.6 <i>Sostenibilidad del sistema</i> .....	<b>56</b>
4.3.2 <i>Evaluación de las pérdidas de nitrógeno al ambiente en USD/ha del mejor tratamiento, utilizando el índice de nitrógeno</i> .....	<b>56</b>
4.3.2.1 <i>Nitrógeno total lixiviado</i> .....	<b>56</b>
4.3.2.2 <i>Nitratos residuales</i> .....	<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>59</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS</b>	



## LISTADO DE CUADROS

<b>Cuadro 1-2</b>	<b>Descripción de los tratamientos evaluados en los cultivos de pasto-avena-vicia, maíz duro y fréjol arbustivo. Microcuenca del río Alumbre, Provincia de Bolívar-Ecuador, 2014. ....</b>	<b>14</b>
<b>Cuadro 2-2.</b>	<b>Fuentes de variación de los ADEVA utilizados para evaluar los rendimientos de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014. ....</b>	<b>15</b>
<b>Cuadro 3-3.</b>	<b>Datos de la superficie cosechada, producción y rendimiento del cultivo de maíz duro a nivel de la provincia de Bolívar- Ecuador, 2002-2013. ....</b>	<b>21</b>
<b>Cuadro 4-3</b>	<b>Datos de la superficie cosechada, producción y rendimiento del cultivo de fréjol arbustivo a nivel de la provincia de Bolívar-Ecuador, 2002-2013.....</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 5-4</b>	<b>Análisis de varianza para las variables rendimiento en t/ha de los cultivos en estudio, y el total de los cultivos en rotación en Mcal/ha de Energía Bruta. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.....</b>	<b>38</b>
<b>Cuadro 6-4.</b>	<b>Promedios y prueba de Tukey al 5% para las variables rendimiento en t/ha de los cultivos de pasto natural y avena-vicia 2011, 2012 y 2013; Frejol arbustivo 2011 y 2013; Maíz duro 2012 y el total de los cultivos en rotación en Mcal/ha de Energía Bruta. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar- Ecuador, 2014.....</b>	<b>39</b>
<b>Cuadro 7-4</b>	<b>Análisis de varianza utilizados para evaluar los Beneficios Brutos, Costos Totales y Beneficios Netos en USD/ha de los cultivos en rotación 2011-2014. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.....</b>	<b>42</b>
<b>Cuadro 8-4</b>	<b>Promedios y prueba de Tukey al 5% para las variables Beneficios Brutos, Costos Totales y Beneficio Netos en USD/ha de los cultivos en rotación 2011-2014. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014. ....</b>	<b>43</b>
<b>Cuadro 9-4.</b>	<b>Superficie y rendimiento de maíz duro variedad INIAP-176 sembrada con tecnologías de AC. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006-2014. ....</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro 10-4</b>	<b>Superficie y rendimiento de fréjol arbustivo variedad INIAP-Portilla sembrada con tecnologías de AC. Microcuenca del río</b>	

	<b>Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006-2014.....</b>	<b>45</b>
<b>Cuadro 11-4</b>	<b>Costos totales de la investigación y transferencia de las tecnologías de AC. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006 y 2014. ....</b>	<b>46</b>
<b>Cuadro 12-4</b>	<b>Estimación del Excedente Económico Total Neto de la investigación y transferencia de tecnología de las alternativas de AC. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006-2025.....</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 13-4</b>	<b>Estimación de los beneficios y costos de una hectárea, por el cambio de la práctica convencional a una de AC en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006-2014.....</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 14-4</b>	<b>Estimación de los beneficios y costos de una hectárea, por el cambio de la práctica convencional a una de AC en el cultivo de fréjol arbustivo INIAP-Portilla. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006-2014. ....</b>	<b>51</b>

## LISTADO DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1-3</b>	<b>Modelo básico del Excedente Económico generado por el cambio tecnológico. Economía pequeña abierta, desplazamiento paralelo de la curva de oferta.....</b>	<b>25</b>
<b>Gráfico 2-3</b>	<b>Modelo de Excedentes Económicos con desplazamiento paralelo de la curva de oferta.....</b>	<b>26</b>
<b>Gráfico 3-3</b>	<b>Evolución del proceso de adopción.</b>	<b>32</b>
<b>Gráfico 4-3</b>	<b>Índice de Nitrógeno para evaluar el impacto del nitrógeno al ambiente.....</b>	<b>34</b>
<b>Gráfico 5-4</b>	<b>Total de nitrógeno en el sistema en tres etapas de la investigación en kg/ha. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 6-4</b>	<b>Desnitrificación del sistema en tres etapas de la investigación en kg/ha. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.....</b>	<b>53</b>
<b>Gráfico 7-4</b>	<b>Total de nitrógeno removido por el sistema en tres etapas de la investigación en kg/ha. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.....</b>	<b>54</b>
<b>Gráfico 8-4</b>	<b>Total de nitrógeno lixiviado en el sistema en tres etapas de la investigación en Kg/ha. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.....</b>	<b>55</b>
<b>Gráfico 9-4</b>	<b>Total de nitratos residuales en el sistema en tres etapas de la investigación en kg/ha. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.....</b>	<b>56</b>
<b>Gráfico 10-4</b>	<b>Sostenibilidad del sistema en tres etapas de la investigación. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.</b>	<b>56</b>
<b>Gráfico 11-4</b>	<b>Total de nitrógeno lixiviado en USD/ha en tres etapas de la investigación. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.....</b>	<b>57</b>
<b>Gráfico 12-4</b>	<b>Nitratos residuales en USD/ha en tres etapas de la investigación. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.</b>	<b>58</b>

## RESUMEN

La disminución de la producción y la baja fertilidad de los suelos en el sistema de cultivo maíz duro-frejol arbustivo en la región Andina ha obligado a los agricultores a buscar terrenos fértiles en las partes más altas. El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ha realizado inversiones por 10 años, investigando y diseminando alternativas de prácticas de Agricultura de Conservación en la microcuenca del río Alumbre. Es importante evaluar el impacto socio-económico y ambiental de las inversiones realizadas en las fases de investigación y transferencia de tecnología sobre las prácticas de agricultura de conservación. Para la evaluación económica se utilizó el método de los Excedentes Económicos y para la evaluación ambiental se utilizó el Índice de Nitrógeno. Los resultados demuestran una Tasa Interna de Retorno de 32% y un valor actual neto de USD 3'469,547 dólares. Se ha generado 312 y 291 kg/ha de nitrato residual en frejol y maíz duro respectivamente. Los beneficios para los productores por la sustitución de tecnologías son 571.59 y 601 USD/ha para maíz duro y frejol arbustivo respectivamente. Dado que los resultados obtenidos son rentables y amigables con el ambiente, se recomienda profundizar el análisis social para otros estudios específicos en los diferentes sistemas de producción.

**Palabras claves:** <EXCEDENTE ECONÓMICO> <AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN> <ÍNDICE DE NITRÓGENO> <SISTEMAS DE PRODUCCIÓN> <VALOR ACTUAL NETO> <TASA DE ADOPCIÓN>

## SUMMARY

The decrease on the production and the low soil fertility when cultivating hard corn-bush beans in the Andean highland has forced farmers to seek more fertile land in the even higher places. The Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (The Autonomous National Institute for Farming research- acronym in Spanish: INIAP) has invested during 10 years on the research and spread of alternatives for practicing Conservation Farming in the watershed of the Alumbre river. It is important to assess the socio-economic and environmental impacts of the investments done during the research and technology transfer phases on what has to do with conservation farming practices. For the economic evaluation the method called Economic Surplus was used and for the environmental evaluation the Nitrogen Index was utilized. The results show 32 % of Internal Rate of Return and a Net Present Value of USD 3,469,547.00. 312 and 291 Kg/Ha of residual nitrate have been generated from beans and hard corn respectively. The benefits for the producers when substituting technologies are USD 571.59 and 601 dollars per hectare for hard corn and beans respectively. Since the result obtained are profitable and environment friendly, it is recommended to deepen the social analysis for other specific studies in different production systems.

**Key words:** <ECONOMIC SURPLUS> <CONSERVATION FARMING> <NITROGEN INDEX> <PRODUCTION SYSTEMS> <NET PRESENT VALUE> <ADOPTION RATE>

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCION

#### 1.1 Planteamiento del problema

Como ocurre en muchas otras zonas rurales en los países en desarrollo, las poblaciones de la zona Andina del Ecuador (489520 familias rurales, aproximadamente) están caracterizadas por pobreza extrema, derivada de la baja productividad de los sistemas de producción agropecuaria, de la limitada capacitación del capital humano en materia de gestión empresarial y tecnologías de producción, así como la falta de acceso equitativo a los mercados de productos, insumos y capital (Barrera, Escudero, Alwang, & Andrade, 2012).

Para hacer más grave la situación, los altos índices de pobreza de la zona rural (80%) van aparejados con la degradación de los recursos naturales frágiles, la desnutrición infantil, y la inequidad social y de género, lo que conduce a una espiral de sub-desarrollo. Las comunidades localizadas en estas áreas producen variados alimentos; sin embargo, tienen fuertes impactos en el ambiente, traducidos en la degradación del recurso suelo, pérdida de fertilidad de la tierra, escurrimiento de agroquímicos, deforestación y pérdida de la biodiversidad, entre otras (Barrera & Alwang, 2010).

La subcuenca del río Chimbo, localizada en el occidente de los Andes no escapa a esta realidad y presenta condiciones socio-económicas y medio ambientales que ponen en serio riesgo los recursos naturales existentes y las condiciones de vida de las personas que la habitan (Barrera & Alwang, 2010). Basta decir que el 76% de la población es pobre por necesidades básicas insatisfechas, uno de los porcentajes más altos en Ecuador (INEC, 2013).

En términos de recursos naturales, esta subcuenca aporta entre un 30 y 40% del total de caudal de los 36572 m<sup>3</sup>/año de agua que recibe el río Guayas, la misma que en estos últimos años se ha visto afectada en términos de cantidad y calidad, debido al alto flujo erosivo que origina un alto nivel de sedimentación -8'000000 de toneladas métricas anuales- y turbidez del agua (GPB, 2004). Es alarmante la reducción del caudal hídrico debido a los grandes procesos de deforestación y ampliación de la frontera agropecuaria en zonas frágiles y generadoras de agua como los

páramos y las cejas de montaña, así como la mala administración y uso inadecuado de los recursos naturales (Barrera & Alwang, 2010)

El tema del manejo de las cuencas hidrográficas es extremadamente vigente, considerando que el agua es un recurso estratégico para todos los países. Fue precisamente por esa razón que las Naciones Unidas celebró el 2002 como el Año Internacional de las Montañas y 2003 como el Año Internacional del Agua Dulce, como un reconocimiento a la importancia de ese recurso vital para la humanidad.

La captación del agua, era el concepto de manejo de cuencas en los años 70, mismo que ha evolucionado a otros niveles donde se lo enfoca desde la protección de recursos naturales y mitigación del efecto de fenómenos naturales extremos, control de erosión, control de la contaminación, conservación de suelos y rehabilitación y recuperación de zonas degradadas, entre otros (Dourojeanni & Jouravlev, 2001). Esta evolución se ha dado producto de las buenas o malas experiencias en la aplicación de los modelos de manejo de cuencas, mismas que se encuentran documentadas en extensa bibliografía.

Cuatro argumentos positivos del manejo de cuencas dieron la pauta el manejo de la subcuenca del río Chimbo, como una estrategia para promover el manejo integrado de los recursos naturales, estos son:

- 1) el uso de los recursos naturales -bosques, tierras, agua, etc.- en las actividades productivas está potencialmente asociado con la degradación de los recursos, pero nueva información muestra que bajo ciertas condiciones de intensificación de la agricultura y otras actividades de manejo de recursos naturales pueden ser medioambientalmente benignas (Scherr & Mcneely, 2004);
- 2) las prácticas agrícolas sustentables y otras formas de manejo de recursos naturales contribuyen a la preservación de biodiversidad (Scherr & Mcneely, 2004);
- 3) el incremento de la biodiversidad de diversos cultivos, puede proveer incrementos en la seguridad alimentaria y la estabilidad económica de las familias (De Marco & Monteiro Coelho, 2004)
- 4) se han mostrado evidencias de heterogeneidad en el manejo de los recursos naturales por parte de los productores agrícolas pobres, muchos de los cuales adoptan las técnicas con dirección medioambiental (Scherr & Mcneely, 2004).

Estos argumentos, sumados a las experiencias reportadas por el INIAP -en alianzas estratégicas nacionales e internacionales, lograron el mejoramiento de múltiples sistemas de producción

prevalentes en la sierra ecuatoriana y específicamente en la parte alta de la subcuenca del río Chimbo (Barrera, 2004) fueron las principales pautas para promover acciones que contribuyan al desarrollo sostenible de la subcuenca del río Chimbo, a través del manejo integrado de los recursos naturales para agricultura de pequeña escala, con equidad ambiental, social y de género, utilizando como bases metodológicas y conceptuales los Enfoques de Investigación en Sistemas, Sustento y Aprendizaje Social.

Para ello, se estableció una alianza estratégica internacional -entre las Universidades de Virginia Tech, Penn State y Denver de Estados Unidos, el Centro Internacional de la Papa del CGIAR, y actores e instituciones del Ecuador como el INIAP, ECOCIENCIA, ECOPAR, SIGAGRO, UEB, GPB, y Organizaciones de Productores- la misma que consiguió el financiamiento del Sustainable Agriculture and Natural Resource Management - Collaborative Research Support Project (SANREM CRSP) y de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), para ejecutar el proyecto “Watershed-based Natural Resource Management in Small-scale Agriculture: Sloped Areas of the Andean Region”.

## **1.2 Justificación**

Bajo el contexto mostrado en la Introducción, se hace necesario realizar una evaluación ex-ante del impacto potencial de las tecnologías desarrolladas por el proyecto a mediano y largo plazo, que podrían determinar la inversión de los fondos nacionales e internacionales invertidos ahora en la investigación agrícola y lograrlo es una prioridad para los gobiernos de turno y donantes nacionales e internacionales.

La motivación para realizar el estudio de los impactos de las prácticas de agricultura de conservación va más allá de enfrentar nuevas realidades de la escasez de los recursos financieros. Además, no existen estudios sobre la tasa de retorno que muestren los beneficios de las prácticas de agricultura de conservación sobre el crecimiento agrícola de las familias de la subcuenca del río Chimbo. Por eso, estimar el impacto de estas prácticas de agricultura a mediano y largo plazo, permitirán mirar el futuro de los sistemas de producción en términos económicos, sociales y ambientales.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 General***

Evaluar el impacto socio-económico y ambiental de las inversiones realizadas en las fases de investigación y transferencia de tecnología sobre las prácticas de agricultura de conservación, durante el período 2006-2014.

### ***1.3.2 Específicos***

- Determinar las inversiones realizadas en las fases de investigación y transferencia de tecnología de las prácticas de agricultura de conservación en los sistemas de producción de la microcuenca del río Alumbre.
- Examinar las opciones tecnológicas para maximizar el valor de la inversión en investigación y transferencia de tecnología de las prácticas de agricultura de conservación en los sistemas de producción de la microcuenca del río Alumbre.
- Definir el excedente económico total generado por las inversiones en investigación y transferencia de tecnología de las prácticas de agricultura de conservación.
- Determinar los impactos ambientales de las prácticas de agricultura de conservación en los sistemas de producción de la microcuenca del río Alumbre.

### ***1.3.3 Hipótesis***

Las prácticas de agricultura de conservación en los sistemas de cultivo predominantes en la subcuenca del río Chimbo no tienen un impacto socio-económico y ambiental en los sistemas de producción de las familias productoras, en comparación con las que realiza la agricultura convencional.

## CAPITULO II

### 2 MARCO DE REFERENCIA

#### 2.1 La pobreza rural

El desafío de reducir la pobreza en el mundo es un compromiso que las instituciones dedicadas al desarrollo contrajeron en la Cumbre del Milenio para reducir a la mitad entre 1990 y 2015. Estimaciones realizadas del porcentaje de personas que viven en condiciones de pobreza extrema y padecen hambre ha arrojado resultados desiguales. Por un lado, en los países en desarrollo la proporción de personas que viven con menos de 1 dólar al día ha disminuido del 28% al 19%; por otro lado, los progresos han sido mucho menos en lo que a la reducción del hambre y la malnutrición se refiere, y sigue habiendo enormes diferencias regionales.

Los impresionantes progresos alcanzados en Asia Meridional y Oriental contrastan con la lentitud de los avances o incluso los retrocesos, que se han producido en otros lugares (ONU, 2006). Por otro lado, la desigualdad de los ingresos ha aumentado, al igual que la proporción de personas en situación de pobreza extrema que viven en África Subsahariana y América Latina, debido principalmente a los modelos de gobierno que se han venido aplicando en estas regiones (IFPRI, 2007).

Toda esta dinámica cambiante de la pobreza pone de manifiesto un incremento de la proporción de personas pobres que viven en las zonas urbanas; la pobreza extrema todavía es un fenómeno predominante en las zonas rurales, fenómeno que tal como van las cosas seguirá siendo durante varios decenios. La mayoría de los pobres del medio rural depende de forma directa o indirecta de la agricultura y, por consiguiente, el crecimiento agrícola es más beneficioso por lo que se refiere a la reducción de la pobreza que el crecimiento en cualquier otro sector. De modo análogo, en un momento de trastornos sin precedentes en los mercados mundiales de productos básicos la seguridad alimentaria es fundamental para lograr un desarrollo equitativo y sostenible. Las zonas rurales expuestas a los estragos del cambio climático requieren una atención especial (Ravaillon, 2007).

## **2.2 Las variables que influyen en el desarrollo**

El desarrollo, como conceptualización y como proceso histórico, es el resultado de una búsqueda de la humanidad, no acabada, para superar las condiciones de pobreza, inseguridad, discriminación y dependencia, que dificultan e impiden la realización y el logro de una vida digna a un número cada vez mayor de seres humanos. Sin embargo, en este proceso ha predominado en los últimos dos siglos una perspectiva lineal del desarrollo, inspirada en la idea moderna del progreso, según la cual las sociedades irían de menos a más en una dinámica evolucionista (Samuelson, 2001).

Desde esta perspectiva, se han dado varias definiciones al desarrollo, desde aquella enfocada como progreso o como superación de estadios de vida, en donde la humanidad avanza gradualmente hacia un estado de ilustración y racionalidad teniendo como base el impulso de una racionalidad científico-técnica capaz de dar respuesta a los problemas humanos (Sierra, 2001), hasta aquella en que señala que desarrollo es hacer crecer o progresar bienes duraderos para hacer producir otros (Samuelson, 2001).

## **2.3 Los programas de investigación y desarrollo.**

En los últimos 40 años la intervención de organismos internacionales, donantes externos y la acción de los gobiernos estatales para reducir la pobreza y contribuir con el desarrollo social, han promovido la generación de iniciativas para este propósito. De esta forma, se han desplegado una gran cantidad de planes, programas y proyectos para el desarrollo enmarcados en la gestión de las políticas públicas. “Las políticas públicas se constituyen como el conjunto de objetivos, decisiones y acciones que lleva a cabo un gobierno para solucionar los problemas que en un momento dado los ciudadanos y el propio gobierno consideran prioritarios” (Barrera, 2008).

A la par de la implementación de este apoyo al desarrollo se han ido generando múltiples mecanismos y experiencia para mejorar las actuaciones de estos planes, programas y proyectos, entre los cuales se encuentra el Seguimiento y la Evaluación (Barrera, 2008). De esta manera, cada vez se han acortado los presupuestos y se han incrementado los objetivos haciendo de esta manera más eficiente los apoyos recibidos.

## **2.4 La agricultura y la ayuda en los programas de desarrollo**

Tras varios años de inversiones insuficientes y decrecientes de los gobiernos, el sector privado y los organismos de desarrollo en el sector agrícola, cada vez se reconoce más ampliamente que la agricultura es fundamental para el desarrollo (BM, 2008). En el Informe sobre el desarrollo mundial de la agricultura para el desarrollo se destaca el papel de la agricultura como motor del crecimiento de la economía en general, medio de vida de la mayoría de las personas que viven con menos de 1 dólar al día y proveedora de servicios medioambientales (BM, 2008). En ese informe se estima que el incremento del Producto Interno Bruto (PIB) en la agricultura es muy eficaz para reducir la pobreza extrema de los campesinos.

Sin embargo, a pesar de este acuerdo general acerca de la importancia de la agricultura para el crecimiento y la reducción de la pobreza, el apoyo que se presta al sector sigue siendo sumamente escaso, y el proteccionismo obstaculiza el crecimiento y la innovación agrícolas. La insuficiencia de las inversiones públicas se ha visto agravada por la evolución de la asistencia oficial para el desarrollo destinada a la agricultura, que disminuyó de USD 8000 millones en 1984 a alrededor de USD 3000 millones en 2006. Tampoco está claro que las nuevas fuentes de financiación de la ayuda que han surgido (fundaciones privadas, grandes países de ingresos medios, etc.), sirvan para corregir ese desequilibrio (BM, 2008).

## **2.5 El sector agropecuario en la economía ecuatoriana**

El Ecuador hasta finales de la década de los sesenta era un país eminentemente agro-exportador, donde la agricultura jugó un papel muy importante al cubrir las necesidades internas de subsistencia, y los productos de exportación (cacao, café, banano que representaban el 96.4% de las exportaciones entre 1965-1969) constituyeron la base de la economía.

A partir de 1963 se comenzó a aplicar el modelo de industrialización basado en la sustitución de importaciones con énfasis en el crecimiento orientado hacia dentro, que requería de una población con altos ingresos que les permita la suficiente capacidad adquisitiva para mantener el crecimiento, el mismo que utilizó al sector agropecuario como una fuente de recursos para apoyar el proceso, con la provisión de mano de obra, alimentos baratos, materias primas a bajos costos, etc., lo que implicó para el sector una reducción del costo de producción a costa de salarios bajos, para ser competitivos (Estrada, 1995).

En el año 1972 se produjo un cambio en la estructura económica del país con el inicio de la explotación de los recursos petroleros, lo que dio origen al paso de ser un país agro-exportador a un país petrolero-agro exportador, afectando a la agricultura adversamente en dos aspectos: primero, al reducirse las inversiones y como consecuencia el sector agropecuario se convirtió en poco rentable ocasionando que los recursos que antes se destinaban al sector se trasladan a otros sectores que se volvieron más rentables como es el de la construcción y el comercio; y en segundo lugar, con el establecimiento de precios máximos al consumidor e intervención estatal en la comercialización con la creación de Empresa Nacional de Almacenamiento y Comercialización (ENAC), Empresa Nacional de Productos Vitales (EMPROVIT), subsidios de alimentos (leche en polvo) e impuestos a las exportaciones agrícolas.

En la década de los ochenta se introdujo la definición de una nueva inserción internacional donde el intercambio comercial, los procesos de integración regional y el avance tecnológico (investigación) se constituyó en la clave para el progreso social y económico, desplazando la estrategia de sustitución de importaciones. El proceso de integración de los mercados avanzaba con una rapidez y con una profundidad imprevista.

La integración económica era un mecanismo para ir hacia la especialización y la complementación productiva, el aprovechamiento de las economías de escala, la integración horizontal y vertical, y la localización óptima de plantas en función de las áreas de producción de las materias primas, la disponibilidad de mano de obra y la ubicación de redes de comercialización y centros de consumo. Todo ello, contribuyó a mejorar la competitividad ante terceros mercados, permitiendo el aumento de la oferta agrícola y agroindustrial, pero dentro de este proceso hubo quienes ganaban y quienes perdían (Barrera, 2008).

A nivel del sector agropecuario esta evolución tuvo impactos muy diferentes según el tipo de productores y de la naturaleza en la forma de integración de las distintas regiones productivas con las economías nacionales.

Algunas áreas y productos que ya estaban integrados al comercio internacional se vieron fortalecidos y beneficiados, mientras que los sectores tradicionales de la agricultura campesina experimentaron una creciente pérdida de competitividad y desarticulación productiva debido a la inestabilidad de los mercados agropecuarios reflejados en el comportamiento de los precios. Todas estas transformaciones modificaron el marco macroeconómico para la producción agraria y se evidenciaron cada vez más los incentivos para el desarrollo de estrategias de alta productividad en las que la incorporación de tecnología constituyó un componente primordial de la competitividad (Barrera, 2008).

La tecnología ha sido la principal fuente del aumento de la productividad durante las últimas décadas y será, en el marco de las nuevas preocupaciones sobre la conservación de los recursos naturales, el principal instrumento disponible para mantener una adecuada tasa de crecimiento de la producción de alimentos.

La agricultura al ser una actividad económica solo podrá sostenerse si es rentable y para que esto sea posible deberá ser encarada con visión empresarial (Lacki, 2003), más aún si se considera que rentabilidad y competitividad son sinónimos de una agricultura eficiente en el acceso a los insumos, producción, administración de los predios, procesamiento, conservación y comercialización de los excedentes de las cosechas, ya que solo podrá ser competitiva la agricultura que mejore la calidad de los excedentes y reduzca sus costos de producción.

Por tal motivo, la agricultura de los tiempos modernos ya no puede estar sometida a improvisaciones de emergencia, la corrección de sus ineficiencias y distorsiones ya no pueden seguir los cada vez más improbables artificialismos efímeros que dependen de recursos que los agricultores no poseen y de servicios estatales a los cuales ellos no tienen acceso (Lacki, 2003).

El sector agrícola es parte vital de la economía nacional, que en el año 2008 generó empleo directo para el 26.5% de la PEA y para el año 2009 el 26.4% de la PEA, según datos del INEC (2009); contribuyó a la formación del Producto Interno Bruto Nacional (PIB) en un 6.31% en el año 2008 y en el año 2009, 6.95% según datos del Banco Central del , 2009; y a la generación de divisas en un monto de USD 3,448 millones en el año 2008 y en el año 2009 un monto de USD 3,572 millones, según datos del Banco Central. Sin embargo, también están presentes las mayores necesidades, pobreza e ineficiencias debido a múltiples factores adversos como la inequitativa distribución de los medios de producción y el acceso a los servicios.

Dentro de este panorama, el riesgo climático agrava la inestabilidad de las actividades productivas en el agro, pues frena las inversiones en mejoras tecnológicas, disminuye el acceso al crédito y constituye un factor de descapitalización del sector y de un constante abandono de la actividad por parte de los agricultores, en especial de los jóvenes, que migran a las ciudades en busca de condiciones más estables, pero con resultados adversos en la mayoría de los casos (Barrera, Escudero, Alwang, & Andrade, 2012). Entre el año 1994 y el año 2008, según (INEC, 2013), la superficie cultivada en el Ecuador pasó de 8'129,000 ha a 7'446,000 ha; es decir, existió una disminución de 683,000 ha; lo que implica que aproximadamente 947,000 personas dejaron el campo.

## 2.6 Planteamiento actual del seguimiento y evaluación del desarrollo.

Como lo menciona (Patton, 1999), la evaluación nació con la forma de ser del hombre, se asienta en la curiosidad humana y en el deseo de hacer bien las cosas. Para él, **la evaluación es una cultura** “*Evaluation is a culture*” caracterizada como un grupo de gente que comparte una lengua, creencia, valores, costumbres, normas, maneras de recompensar comportamientos positivos y de castigar lo negativo, etc.

En el campo de las políticas públicas, el desarrollo de la cultura de la evaluación ha tenido una evolución considerable, sobre todo en países desarrollados como Estados Unidos, Canadá y los del norte de Europa, misma que la han implementado desde las décadas de los años 60 y 70. Su expansión se ha dado a más de 70 países, desarrollados y en desarrollo, en el mundo (Patton, 1999).

En la expansión de la cultura de la evaluación han tenido mucho que ver los principales organismos internacionales de apoyo al desarrollo, como el Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, la Organización de las Naciones Unidas, la OCDE, entre otros, mismos que han apoyado la gestión de numerosos gobiernos de países en desarrollo para introducir la cultura de la evaluación. En organizaciones como el Banco Mundial los componentes de S&E, se han ido involucrado con fuerza, desde que en la década de los años 70 se prestó mayor atención al desarrollo rural y al alivio de la pobreza (Patton, 1999).

Un indicador del crecimiento de la cultura de la evaluación en el contexto internacional es el crecimiento exponencial de las asociaciones y redes de evaluación en estos últimos años. Comenzando su creación en Canadá y Estados Unidos entre los años 70 y 80, actualmente existen más de 40 organizaciones nacionales y regionales de evaluación a nivel mundial y se está consolidando la creación de una comunidad internacional de evaluación (Díaz, 2007).

Aunque la evaluación se ha abierto paso en la cultura de solidaridad con los países en desarrollo, persiste todavía una noción muy puntual de las tareas respectivas. La evaluación debería ser un compromiso continuo con el aprendizaje, la reflexión, la rendición de cuentas y la adecuada toma de decisiones. El actual carácter puntual de las evaluaciones (*ex ante*, intermedias, finales y *ex post*) puede distorsionar la visión sobre las lecciones aprendidas durante todo el proceso de la ejecución, lo que podría retroalimentar adecuadamente futuras intervenciones. Y, en muchas ocasiones, la evaluación puntual (externa o interna) solamente confirma errores iniciales de planificación, desvíos o necesidades no atendidas, sin que ello

aporte soluciones concretas; es decir, directamente ejecutables por los actores responsables de la implementación (Díaz, 2007).

No cabe duda de la evolución de evaluación, misma que ha ido desde la evaluación en el ámbito técnico, con metodologías, enfoques y herramientas desde la investigación científica, pasando por la rendición de cuentas, hasta llegar a involucrarse como instrumento de manejo ejecutivo en apoyo de la ejecución, evaluación de impactos y transparencia administrativa (Díaz, 2007).

Es importante recalcar que las evaluaciones son un medio para generar información que puede contribuir a refutar el concepto de que la agricultura ya no es un sector competitivo para las inversiones gubernamentales. Por lo tanto, dichas estimaciones son necesarias para contrarrestar no sólo el efecto, sino también la causa del actual pesimismo respecto al futuro de la agricultura (Walker & Crissman, 1996). En estas circunstancias, identificar prioridades y asignar recursos de manera óptima con menos fondos pero con objetivos más concretos, se torna complejo y difícil, por lo cual se debe dar un permanente proceso de seguimiento y evaluación socio-económica y ambiental.

## **2.7 La agricultura de conservación como alternativa para evitar la erosión del suelo**

El objetivo de la Agricultura de Conservación (AC) es lograr una agricultura sostenible y rentable y en consecuencia dirigida al mejoramiento del sustento de los agricultores (Martinez, González, & Holgado, 2001). La AC ofrece un potencial enorme para toda clase de tamaño de fincas y sistemas agro-ecológicos; sin embargo, su adopción es más necesaria para los pequeños productores, sobre todo aquellos que sufren una escasez aguda de mano de obra.

La AC combina una producción agrícola rentable con una protección del ambiente, y la sostenibilidad; y se ha mostrado capaz de funcionar en un amplio rango de zonas agro-ecológicas y sistemas de (Martinez, González, & Holgado, 2001). Ha sido percibida por profesionales como una herramienta válida para el manejo sostenible de la tierra.

La agricultura de conservación aporta la base para sustentar la productividad de los recursos naturales y la protección del ambiente y la salud. Ello le permite incluso el desarrollo de servicios ambientales como la fijación de carbono, la generación de oxígeno, el agroturismo, la agro-diversión, el agro-ecoturismo y en general productos alimenticios de calidad que juegan un papel cada vez más importante en el desarrollo de la sociedad (Martinez, González, & Holgado, 2001)

Sin embargo, a pesar de numerosas restricciones económicas y agroecológicas para mejorar el manejo de las tierras, los agricultores pueden mejorar la calidad del suelo a través del uso de tecnologías que fomenten tanto la productividad como la conservación los suelos y agua (Martinez, González, & Holgado, 2001).

La Agricultura de Conservación tiene la bondad de una serie de beneficios para los agricultores, comunidades y el medio ambiente (Martinez, González, & Holgado, 2001).

- Rendimientos y beneficios económicos más rentables.
- Menos trabajo pesado.
- Mejoramiento para la seguridad alimentaria.
- Resistencia de los cultivos a la sequía.
- Mayor humedad en el suelo.
- Regenera al suelo y mejor fertilidad.
- Evita la erosión y la evaporación del suelo, por lo tanto disminuye la salinidad.
- Mejora las condiciones del aire y climáticas y aumenta el secuestro del Carbono.
- Mejora la biodiversidad del suelo, a través de la rotación de los cultivos.

La Agricultura de Conservación se basa en tres principios que están estrechamente correlacionados entre si y que no deben violarse a la hora de su aplicación: 1) labranza mínima del suelo; 2) cultivos de cobertura y 3) rotación de cultivos.

### ***2.7.1 Labranza mínima del suelo***

Para lograr el éxito de la Agricultura de Conservación cuando se comienza por primera vez, lo primero que se debe hacer es corregir los factores negativos de la degradación del suelo. La labranza mínima implica la menor afectación del suelo por efecto de preparación del suelo, de tal manera que por lo menos se pueda asegurar que el 30% de suelo sea protegido con vegetación. De igual manera, ayuda a evitar la compactación y la pérdida de microorganismos del suelo (Arteaga, 2002).

En los suelos frágiles se debe remover lo menos posible, por tal motivo, es recomendable sembrar en forma directa utilizando espeque o azadas pequeñas; esta labor debe estar acompañada con un buen manejo de herbicidas de baja toxicidad para controlar las malezas. Con esta labor se evita que el suelo fértil se pierda y se vaya a las partes bajas (Arteaga, 2002).

### **2.7.2 Cultivos de cobertura**

Uno de los aspectos fundamentales de la AC, es mantener siempre el suelo cubierto, para esto debe asegurarse suficiente producción de biomasa para cubrir el suelo y satisfacer las necesidades alimentarias de humanos y animales. Es importante la utilización de cultivos comerciales con el doble propósito, para producción de alimento y como cobertura, así como cultivos de cobertura de múltiples propósitos para lograr una buena cobertura al suelo (Escudero, 2014).

Es posible que se necesiten cultivos de cobertura si el periodo entre la cosecha de un cultivo y la siembra del próximo cultivo, es demasiado largo. Los cultivos de cobertura mejoran la estabilidad del sistema de AC, no solo en la mejora de las propiedades del suelo, sino también por su capacidad de promover una biodiversidad aumentada en el agro-ecosistema (Escudero, 2014).

Las raíces de algunos cultivos de cobertura son capaces de romper el piso de arado o las capas compactadas del suelo. Diferentes plantas con diversos sistemas de raíces exploran diferentes profundidades del suelo y tienen la capacidad de absorber distintas cantidades de nutrientes; además, con la producción de varios exudados de las raíces (ácidos orgánicos) son beneficiosos tanto para el suelo como para los microorganismos. Los residuos de rastrojo actúan como una cubierta protectora que atenúa la presión ejercida sobre la superficie del suelo (Escudero, 2014).

### **2.7.3 Rotación de cultivos**

La rotación es un sistema que consiste en alternar, en la misma época del año, cultivos de cobertura o abonos verdes y cultivos comerciales en una secuencia que debe ser planificada teniendo el escenario de mercado, los precios de los productos, el capital disponible, la mano de obra entre otros (cita bibliográfica). Para mantener el equilibrio natural de los suelos, esta práctica es la indicada. De esta manera se puede ayudar al suelo a mantener la fertilidad y evitar que las plagas y enfermedades infesten los campos tal como sucede cuando se siembra siempre un solo cultivo en el mismo sitio (Arteaga, 2002).

Otra de las prácticas que ayuda a proteger el suelo, evitar la erosión y dar un ordenamiento adecuado en la producción dentro de la finca son los cultivos en fajas. Esta práctica se lo hace en bloques a lo largo de toda la parcela y en contra de la pendiente y los cultivos deben ser sembrados en curvas de nivel. En estos cultivos en fajas se debe realizar zanjas de desviación de aguas para que el suelo no se exponga a la erosión por escorrentía y sea arrastrado a las partes

bajas. Estas zanjas se deben revestir con pastos y arbustos nativos para que el suelo se mantenga en su sitio (Escudero, 2014).

## 2.8 Las alternativas de agricultura de conservación investigadas y transferidas

En la microcuenca del río Alumbre el sistema de producción prevalente corresponde al sistema maíz duro-fréjol. Sobre este sistema se evaluaron los impactos de los sistemas de labranza (mínima y cero), cultivos de cobertura (avena-vicia) y los cultivos en rotación maíz duro, fréjol arbustivo y avena-vicia. En esta investigación se evaluaron cuatro tratamientos que se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1-2 Descripción de los tratamientos evaluados en los cultivos de pasto-avena-vicia, maíz duro y fréjol arbustivo. Microcuenca del río Alumbre, Provincia de Bolívar-Ecuador, 2014**

Tratamiento	Descripción
T1	Labranza reducida, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción.
T2	Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción.
T3	Labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin fertilización y con remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y con remoción.
T4	Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción.

**Fuente:** Proyecto INIAP-SANREM CRSP, 2014.

Con remoción = corta la planta del pasto-avena-vicia, maíz duro y fréjol arbustivo, y saca de la superficie del suelo.

Sin remoción = corta la planta del pasto-avena-vicia, maíz duro y fréjol arbustivo, y deja en la superficie del suelo.

Realizado por: Escudero Luis

Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar “DBCA”, con cuatro tratamientos en estudio y tres repeticiones, que corresponde a los sistemas de producción de los agricultores de cada una de las localidades de Bola de Oro, Panecillo y Guarumal. El esquema del análisis de varianza para la investigación es como se muestra en el siguiente Cuadro:

**Cuadro 2-2. Fuentes de variación de los ADEVA utilizados para evaluar los rendimientos de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

Fuentes de variación	Grados de libertad
Repeticiones (r-1)	2
Tratamientos (t-1)	3
Error (r-1) (t-1)	6
Total (t x r - 1)	11

Fuente: Proyecto INIAP-SANREM CRSP, 2014.

En la microcuenca del río Alumbre, en las comunidades de Bola de Oro, Guarumal y Panecillo, se seleccionaron tres lotes de 650 m<sup>2</sup> cada uno, cultivado con pasto anteriormente; se tomaron muestras de suelo al inicio y al final de cada ciclo de cultivo, a una profundidad de 25 cm, para su análisis químico completo y físico en el laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Santa Catalina. Se evaluaron cuatro tratamientos y cada tratamiento tuvo una superficie de 90 m<sup>2</sup>. En cada ciclo de cultivo se realizó actividades específicas.

### **2.8.1 Para el cultivo de maíz duro**

En las parcelas que corresponde a labranza reducida no se realizaron labores de preparación del suelo. En las unidades experimentales con labranza cero, 15 días antes de la siembra, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc/litros de agua con la finalidad de controlar las malezas. La fertilización química se aplicó de acuerdo con el análisis químico completo del suelo que para la zona es 80-40-20-20 kg/ha de N-P-K-S, respectivamente.

El 50% de nitrógeno y todo el fósforo, potasio y azufre se aplicó a la siembra; en el caso de la labranza reducida, al momento de la siembra, se aplicó al fondo del surco y a chorro continuo, mientras que en las parcelas de labranza cero se aplicó el fertilizante en el hoyo y se tapó el fertilizante con tierra para que no esté en contacto directo con la semilla. La fracción complementaria de fertilizante que es el nitrógeno se aplicó a los 45 días después de la siembra en forma de corona alrededor de la planta de maíz duro y cuando el suelo estaba húmedo.

Para la siembra en las parcelas que corresponden a la labranza reducida se utilizó azadón para realizar el surco y poner tres semillas a una distancia de 0.50 m entre plantas y de 0.80 m entre surcos; En cambio, en la labranza cero se utilizó un espeque para realizar el hoyo y aplicar también tres semillas por sitio, la distancia fue la misma que la labranza reducida. La variedad

utilizada para la siembra fue el maíz duro INIAP-176, en dosis de 120 kg/ha. El tape de la semilla se hizo con azadón y con la mano, en el caso del espeque, procurando que la capa de tierra no sea mayor al doble de diámetro de la semilla.

Las labores culturales que se realizaron en los tratamientos de labranza reducida se realizó el rascadillo y deshierba a los 60 y 100 días después de la siembra con azadones, mientras que para los tratamientos de labranza cero se aplicó atrazina como herbicida selectivo cuando el maíz duro tenía de 4 a 6 hojas verdaderas en dosis de 10 g/litro de agua.

El combate de insectos plagas, gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se realizó únicamente cuando fue necesario con el uso de insecticidas de sello azul como el Acefato en dosis de 2 g/litro de agua. Para las enfermedades se aplicó el principio de manejo integrado del cultivo, con el uso de variedades resistentes, época de siembra y semilla de calidad.

La cosecha de la parcela neta y los bordes se realizó cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez fisiológica y en forma manual. En cada unidad experimental se registró el peso correspondiente en kg/parcela y luego se clasificó en semilla y comercial. Los residuos de la cosecha para el caso de los tratamientos que son con remoción se sacaron del lote, mientras que los tratamientos sin remoción se cortaron y dejó en el mismo sitio como cobertura del suelo.

### **2.8.2 Para el cultivo de avena-vicia y pasto natural**

La preparación del suelo en las parcelas que corresponde a los tratamientos con pasto natural se dejó que espontáneamente crezcan las malezas de la zona. En los tratamientos con avena-vicia, 15 días antes de la siembra se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc/litro de agua con la finalidad de controlar las malezas que aparecen en forma espontánea. En cuanto a la fertilización de la mezcla de avena-vicia y pasto natural no se aplicó ningún tipo de fertilizante.

La siembra se realizó al voleo en una dosis de 120 kg/ha de avena-vicia (80 kg/ha de avena y 40 kg/ha de vicia). La semilla de avena (*Avena sativa* L) variedad INIAP 82 y la vicia (*Vicia sativa* L) variedad común. A los 45 días después de la siembra se realizó una deshierba manual. No se realizó ningún control para plagas y enfermedades.

La cosecha de las parcelas netas y bordes se realizó al inicio de la floración; para los tratamientos con remoción se cortó el forraje y se sacó del ensayo para la alimentación de

animales bovinos, mientras que los sin remoción se cortó y se dejó en la superficie como cobertura del suelo.

### **2.8.3 Para el cultivo de fréjol**

En las parcelas que corresponde a labranza reducida no se realizó ninguna labor de preparación del suelo. En las unidades experimentales con labranza cero 15 días antes de la siembra se aplicaron glifosato en dosis de 12.5 cc/litros de agua con la finalidad de controlar las malezas. La fertilización química se aplicó de acuerdo con el análisis químico completo del suelo para la zona de 40-92-00 kg/ha de N-P-K, respectivamente.

El fertilizante completo se puso a la siembra; en el caso de la labranza reducida, al momento de la siembra, se aplicó al fondo del surco y a chorro continuo, mientras que en las parcelas de labranza cero se aplicó el fertilizante en el hoyo y se tapó el fertilizante con tierra para que no esté en contacto directo con la semilla.

Para la siembra, en las parcelas que corresponden a la labranza reducida se utilizó azadón para realizar el surco y poner tres semillas a una distancia de 0.40 m entre plantas y de 0.60 m entre surcos; En cambio, en la labranza cero se utilizó un espeque para realizar el hoyo y aplicar también tres semillas por sitio, la distancia fue la misma que la reducida.

La variedad utilizada para la siembra fue fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris*) variedad INIAP Portilla 430, en dosis de 100 kg/ha. El tape de la semilla se hizo con azadón y con la mano en el caso del espeque procurando que la capa de tierra no sea mayor al doble de diámetro de la semilla.

Las labores culturales que se realizaron en los tratamientos de labranza reducida fueron rascadillo y deshierba a los 30 y 60 días después de la siembra con azadones, mientras que para los tratamientos de labranza cero se aplicó Flex (Fomesafen) como herbicida selectivo cuando el fréjol tuvo 30 días de siembra en dosis de 4 cc/litro de agua.

El combate de insectos plagas, gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y el cutzo (*Phyllophaga sp*) se realizó únicamente cuando fue necesario con el uso de insecticidas de sello azul como el Acefato en dosis de 2 g/litro de agua. La enfermedad presente en el cultivo fue la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*), la misma que se pudo controlar con Benomyl en dosis de 1 g/litro de agua.

La cosecha y trilla de las parcelas netas y bordes se realizaron cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez fisiológica y en forma manual. En cada unidad experimental se registró el peso correspondiente en kg/parcela y luego se clasificó en semilla y comercial. Cabe destacar que para el caso de los tratamientos que son con remoción se cosechó completamente toda la mata y se sacó a un costado de la parcela, mientras que para el caso de los tratamientos sin remoción solo se cosechó las vainas y el resto de la planta se dejó en el mismo sitio como cobertura del suelo.

## **2.9 El Índice de Nitrógeno una herramienta para evaluar la contaminación ambiental**

Como es de conocimiento general, los sistemas agrícolas son necesarios para producir alimentos, biocombustibles y otros productos para una población mundial en continuo crecimiento. La maximización de la producción agrícola ha sido siempre importante para satisfacer la demanda de alimentos y fibras.

Dado a que la mayoría de los sistemas agrícolas son deficientes en nitrógeno, el manejo de nitrógeno es clave para maximizar los rendimientos. Sin embargo, cuando se aplica nitrógeno más de lo necesario se incrementa las pérdidas de nitrógeno reactivo que impacta en la calidad de agua subterránea y superficial. Altas aplicaciones de nitrógeno también puede aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global.

Cada vez hay más preocupación sobre la demanda de agua, la calidad de agua, el cambio climático y el impacto relativo de estas condiciones en la producción de alimentos y la bioseguridad. Por lo tanto, el manejo del nitrógeno es de gran importancia a nivel local y mundial ya que ha sido ampliamente demostrado que juega un papel muy importante en la conservación de nuestra biosfera. Los responsables del manejo de fertilizantes y otros profesionales de la agricultura pueden evaluar de una manera rápida y fácil los impactos ambientales que puedan derivarse de las prácticas de manejo de nitrógeno (Shaffer & Delgado, 2002).

El consumo de fertilizantes nitrogenados en la producción de maíz y fréjol puede generar altos niveles de N residual en el suelo al momento de las cosechas de los cultivos, lo que a su vez puede incrementar los flujos de N al ambiente. La cuantificación de las pérdidas de N puede ser un proceso difícil y complicado.

Las nuevas herramientas de manejo del nitrógeno como el Índice de Nitrógeno se pueden utilizar de forma rápida para obtener información sobre el riesgo de pérdidas de N para el medio ambiente, y ayudar a los responsables y autoridades a tomar mejores decisiones que contribuyen a una mayor eficiencia en el uso y un menor impacto sobre el medio ambiente (Delgado, y otros, A decade of change in nutrient management: A new nitrogen index., 2006) (De Paz, Delgado, Ramos, Shaffer, & Barbarick, 2009) (Delgado, y otros, 2008) (Figueroa-Viramontes, Delgado, Cueto-Wong, Nuñez-Hernandez, Reta-Sanchez, & Barbarick, 2011) (Monar, y otros, 2013).

Como parte de los esfuerzos del proyecto SANREM de intensificar de manera sostenible la agricultura en Bolívar, Ecuador, un nuevo Índice de Nitrógeno con un índice de sostenibilidad fue desarrollado para su aplicación (Monar, y otros, 2013).

## CAPITULO III

### 3 MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Características del área de estudio

La subcuenca del río Chimbo, localizada en el occidente de los Andes incluye los cantones de Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes de la provincia Bolívar; presenta condiciones socioeconómicas y ambientales que ponen en serio riesgo los recursos naturales y las condiciones de vida de las personas que la habitan. En términos de recursos naturales, esta subcuenca aporta entre un 30 y 40% del total de caudal de los 36.572 m<sup>3</sup>/año de agua que recibe el río Guayas.

En estos últimos años, se ha visto afectado en términos de cantidad y calidad, debido a un severo proceso erosivo en la provincia que origina un alto nivel de sedimentación en una superficie de 46.216 ha con una cobertura vegetal rastrera se ha erosionado 885.498,56 kilogramos de suelo y turbidez del agua (Barrera *et al.*, 2005).

Es alarmante la reducción del caudal hídrico debido a los grandes procesos de deforestación, ampliación de la frontera agropecuaria en zonas frágiles, como los páramos y las cejas de montaña, así como la mala administración y uso inadecuado de agroquímicos (Gallardo, 2000; GPB, 2004; Barrera, 2005 y Chela, 2008)

La caracterización socioeconómica y ambiental de los sistemas de producción de la subcuenca del río Chimbo ha permitido conocer que el 50% de la población económicamente activa está dedicada a la agricultura, lo que hace que exista una mayor demanda de los recursos naturales por los sistemas de producción que ellos mantiene, como son: papa-pasto y maíz-fréjol.

En cuanto al uso del recurso agua para consumo humano, lo utilizan el 78% principalmente de vertientes; el 24,5% disponen de agua para riego, pero manifiestan que es insuficiente; además, el 83,5% de la población considera que el caudal ha disminuido debido a los grandes procesos de deforestación (ausencia de flora y fauna originaria de la zona) y ampliación de la frontera agrícola en zonas frágiles como los páramos y cejas de montaña; a esto se puede sumar que las actividades humanas se están convirtiendo en amenaza para el ambiente y no son actividades amigables con el ambiente como pretendían demostrar en años anteriores. El 96% de las familias de la subcuenca

consideran que se debe reforestar con especies nativas las áreas de recarga hídrica para proteger y conservar el recurso agua (González, 2008).

**Cuadro 3-3. Datos de la superficie cosechada, producción y rendimiento del cultivo de maíz duro a nivel de la provincia de Bolívar- Ecuador, 2002-2013.**

<b>Año</b>	<b>Superficie Cosechada (ha)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>
2002	8750.00	4800.00	0.55
2003	9840.00	4980.00	0.51
2004	9092.00	5041.00	0.55
2005	10257.00	3232.00	0.32
2006	11771.00	7535.00	0.64
2007	5777.00	2346.00	0.41
2008	4464.00	3404.00	0.76
2009	4803.00	4198.00	0.87
2010	5733.00	3918.00	0.68
2011	13213.00	5348.00	0.40
2012	4131.00	2199.00	0.53
2013	9116.00	6667.00	0.73

**Fuente:** MAGAP, III CNA, SIGAGRO, Análisis Sectorial, INEC, ESPAC, 2011.

**Realizado por:** Escudero Luis

En el Cuadro 3-3, se puede apreciar la evolución de la producción, la superficie cosechada y los rendimientos del cultivo de maíz duro en la provincia de Bolívar durante los últimos 12 años. Se puede apreciar que el cultivo de maíz duro ha demostrado una inestabilidad tanto en la superficie cosechada así como en la producción y rendimientos obtenidos; el año 2011 fue el de mayor superficie cosechada con 13,213 ha, que contrasta con el año de menor superficie cosechada que es el año 2012 con 4131 ha.

En relación al rendimiento podemos ver que existe homogeneidad en los datos son menores de 1 t/ha. Estas cifras mostradas del cultivo de maíz duro a pesar de su gran potencial se ha visto estancado en el rendimiento, y lo que es peor aún, la superficie cosechada se ha visto seriamente afectada, debido a diferentes factores tales como las plagas y la erosión de nutrientes por efecto de las condiciones climáticas adversas.

**Cuadro 4-3. Datos de la superficie cosechada, producción y rendimiento del cultivo de fréjol arbustivo a nivel de la provincia de Bolívar- Ecuador, 2002-2013.**

Año	Superficie		
	Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2002	2055	955	0.46
2003	2060	950	0.46
2004	2041	959	0.47
2005	1909	404	0.21
2006	3312	1370	0.41
2007	1382	272	0.20
2008	1743	341	0.20
2009	1907	819	0.43
2010	404	145	0.36
2011	2430	1339	0.55
2012	2719	1014	0.37
2013	3008	1765	0.59

Fuente: MAGAP, III CNA, SIGAGRO, Análisis Sectorial, INEC, ESPAC, 2011.

Realizado por: Escudero Luis

En el Cuadro 4-3, se puede apreciar la evolución de la producción, la superficie cosechada y los rendimientos del cultivo de fréjol arbustivo en la provincia de Bolívar durante los últimos 12 años. Se puede apreciar que el cultivo de fréjol arbustivo ha demostrado una inestabilidad tanto en la superficie cosechada así como en la producción y rendimientos obtenidos; el año 2006 fue el de mayor superficie cosechada con 3,312 ha, que contrasta con el año de menor superficie cosechada que es el año 2010 con 404 ha.

En relación al rendimiento, el año 2013, con 0.59 t/ha fue el de mayor rendimiento en comparación con el rendimiento del año 2007 y 2008 con 0.20 t/ha. Lo único cierto de las cifras mostradas es que el cultivo de maíz duro a pesar de su gran potencial se ha visto estancado en el rendimiento, y lo que es peor aún, la superficie cosechada se ha visto seriamente afectada, debido a diferentes factores tales como las plagas y la erosión de nutrientes por efecto de las condiciones climáticas adversas.

Para contribuir a la reducción del índice de erosión hídrica en la provincia Bolívar, caso particular de la subcuenca, el proyecto SANREM CRSP ejecutó acciones que contribuyeron al desarrollo sostenible de la subcuenca hidrográfica del río Chimbo, a través del manejo integrado de los recursos naturales para agricultura de pequeña escala, con equidad ambiental, social y de género.

Las acciones promovidas por el proyecto tuvieron relación con actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación de alternativas de agricultura de conservación que mejoran la calidad de vida de las familias agropecuarias, el manejo y conservación de los recursos naturales, fundamentalmente recursos flora (además fauna), agua y suelo (González, 2008).

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 *Aplicación de métodos estadísticos y tecnológicos para evaluar las variables productivas, económicas y ambientales de los componentes de agricultura de conservación (AC).*

Durante la etapa de investigación, validación y difusión de las prácticas de AC, el proyecto INIAP-SANREM CRSP generó información relacionada con variables de productividad y costos de producción de 12 parcelas localizadas en campo de agricultores de la microcuenca del río Alumbre, y que son la combinación de cuatro tratamientos y tres repeticiones (tres sistemas de producción o fincas).

Los tratamientos en estudio fueron: T1= Labranza reducida, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción; T2= Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción; T3= Labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin fertilización y con remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y con remoción; y T4= Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Las variables tomadas en consideración para el análisis fueron el rendimiento en t/ha por el período de duración de cada práctica, los valores gastados en pesticidas y los valores gastados en la contratación de mano de obra para la realización de las prácticas de AC. Estas variables son las que más relevancia tienen que ver con los objetivos que el proyecto perseguía. Una vez definidas las variables a ser analizadas, los datos de las mismas fueron sistematizados para el análisis estadístico basado en un Análisis de Varianza Univariada utilizando el modelo matemático del Diseño de Bloques Completamente al Azar, tal como se muestra a continuación:

$$y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$y_{ij}$	=	Observación del tratamiento $i$ en el bloque $j$
$\mu$	=	Media general
$\beta_i$	=	Efecto del bloque $i$
$T_j$	=	Efecto del tratamiento $j$
$\varepsilon_{ij}$	=	Error residual del bloque $i$ y tratamiento $j$

La hipótesis nula  $H_0: T_1 = T_2 = T_3 = T_4$ , significa que el valor promedio de los tratamientos son iguales, lo cual indicaría que las prácticas evaluadas dentro del marco del proyecto fueron homogéneas. En este caso todos los tratamientos tuvieron las mismas oportunidades de alcanzar éxito durante la evaluación en campo de agricultores.

En cambio, la hipótesis alternativa  $H_A: T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$ , significa que existe diferencia entre los valores promedios de los tratamientos, lo cual indicaría que las prácticas evaluadas tienen diferente respuesta en las variables consideradas para el análisis. Para la diferenciación de los tratamientos en estudio, se realizó el análisis funcional utilizando la prueba de significación de Tukey al 5%, misma que presenta rigurosidad estadística al comparar los promedios de los tratamientos en estudio (Barrera, 2004).

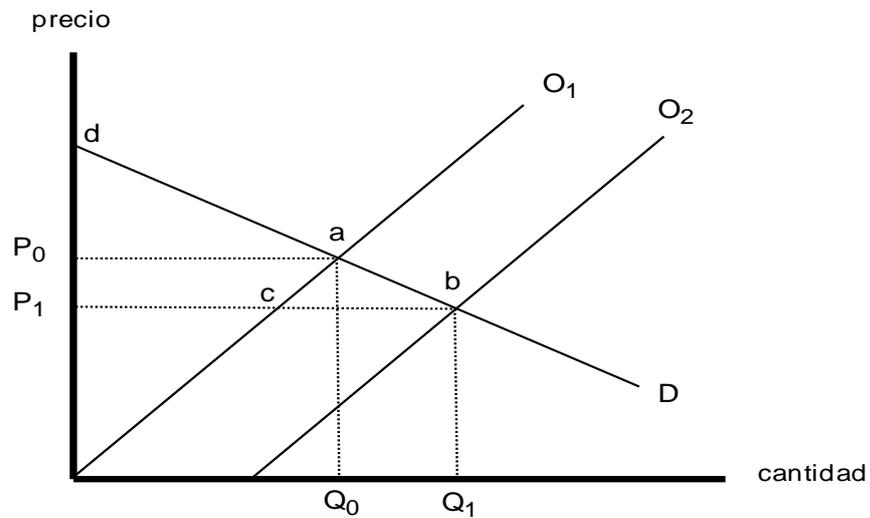
### ***3.2.2 Aplicación del método de excedente económico para evaluar la rentabilidad de la generación y adopción de tecnologías***

La teoría de los Excedentes Económicos generados por el cambio tecnológico, considera dos tipos de agentes: productores y consumidores. El modelo parte de un punto de equilibrio ( $a$ ) de las curvas de oferta ( $O_I$ ) y demanda ( $D$ ), donde se produce y consume una cantidad inicial ( $Q_0$ ) a un precio ( $P_0$ ).

El excedente del consumidor, se representa gráficamente por el área debajo de la curva de la demanda ( $D$ ) y arriba del precio de equilibrio  $P_0$  (área  $daP_0$ ). El excedente del productor representa el área arriba de la curva de oferta ( $O_I$ ) y debajo del precio de equilibrio  $P_0$ , (área  $P_0aO_I$ ), la curva de oferta original ( $O_I$ ) representa cantidades producidas con tecnología tradicional.

El incremento de la producción o una reducción de los costos de producción por unidad, por efecto de la transferencia y adopción de nuevas tecnologías, produce un desplazamiento de la curva de la oferta de  $O_I$  a  $O_2$ ; como resultado de este desplazamiento de la curva de oferta la cantidad producida se incrementa de  $Q_1$  a  $Q_2$  lo que hace disminuir el precio de  $P_0$  a  $P_1$ . Esto determina un nuevo punto de equilibrio ( $b$ ) en el que se ofrece una mayor cantidad ( $Q_1$ ) a un

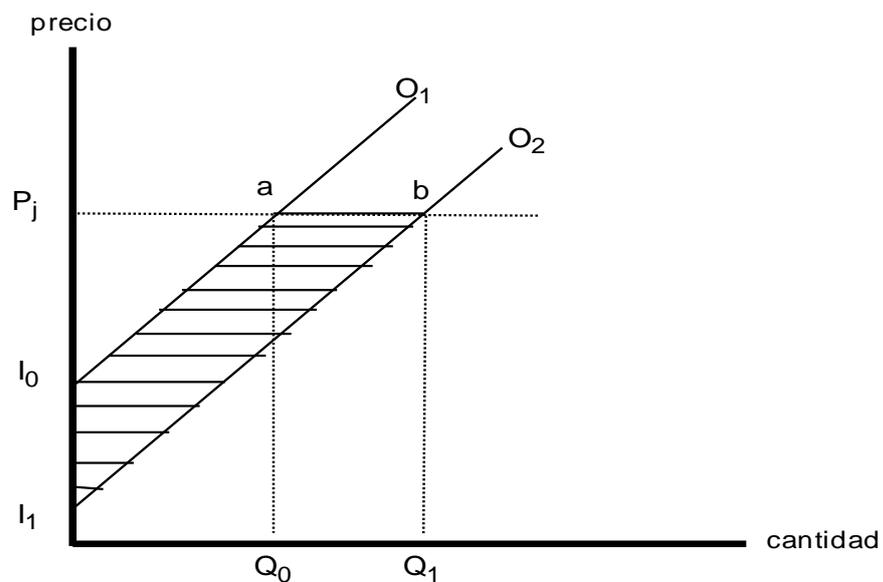
precio menor ( $P_1$ ). Los consumidores pagan un menor precio por una mayor cantidad de producto (Gráfico 1-3).



**Gráfico 1-3. Modelo básico del Excedente Económico generado por el cambio tecnológico. Economía pequeña abierta, desplazamiento paralelo de la curva de oferta.**

Fuente: Alwang,2015. Estudio económico de los impactos de naranjilla en Ecuador

Los productores tienden a incrementar sus ganancias debido al aumento de la cantidad vendida a un menor costo por unidad de producción, esto está representado en el área  $abI_1I_0$  (Gráfico 2-3) por el aumento del excedente del productor.



**Gráfico 2-3. Modelo de Excedentes Económicos con desplazamiento paralelo de la curva de oferta.**

Fuente: Alwang,2015. Estudio económico de los impactos de naranjilla en Ecuador

Al reducir el precio del producto, tienden a reducir sus ganancias debido a la disminución del precio de venta representando una disminución en el excedente del productor, área  $P_0acP_1$ ; de esta manera, el cambio en el excedente del productor real (CEP) será igual a la diferencia de: área  $abI_1I_0$ –área  $P_0acP_1$ .

El excedente neto al productor generado por el impacto de las nuevas tecnologías depende de la elasticidad de la oferta y la demanda del productor, así como de la magnitud del cambio de precios y cantidad. El Excedente Neto Social, corresponde a la suma del cambio del excedente de consumidor más el cambio en el excedente del productor. El área  $P_0abP_1$ – $[cbI_1I_0 - P_0acP_1]$ .

El tipo de desplazamiento de la curva de la oferta se determinó como paralelo, para productos que tienen un tipo de economía cerrada, es decir que existe un comercio exterior limitado, en el cual el volumen producido o exportado no afecta al precio internacional (Alston & Pardey, 1996).

El desplazamiento de la curva de oferta debido al cambio tecnológico genera un Excedente Económico Total (EET) igual al área sombreada del gráfico 2-3 (área  $abI_0I_1$ ), área que cambia anualmente debido a variaciones en el precio del productor o cambios en el desplazamiento de la oferta. El cambio en el EET es la suma de estas áreas en cada año del período analizado.

El EET corresponde al cambio en el excedente económico de los productores, por cuanto se asumió que la curva de demanda es horizontal y coincide con el precio internacional (Gráfico 2-3, área  $abI_0I_1$ ). La distribución de los beneficios está en función de la elasticidad de la oferta y se considera que no existen distorsiones en el mercado tanto en precios o insumos (Alston & Pardey, 1996).

El excedente económico al consumidor, al productor y total debido al cambio tecnológico se calcula de la siguiente forma:

Excedente económico del consumidor (EC): área  $daP_0$

Cambio en el excedente del consumidor debido al cambio tecnológico (CEC): área  $P_0abP_1$

Excedente económico del productor (CEP): área  $P_0I_0$

Cambio en el excedente del productor debido al cambio tecnológico (CEP): área  $cbI_1I_0$ – $P_0acP_1$ .

Excedente total  $CEC+CEP = P_0abP_1+(cbI_1I_0-P_0acP_1)$ : área  $abI_1I_0$

### 3.2.3 Cálculo del excedente económico en las alternativas de AC

El Cálculo del Excedente Económico generado por el cambio atribuible a la generación y transferencia de tecnología en los sistemas de producción con AC, considera el desplazamiento de la curva de oferta debido a incrementos en los rendimientos.

Cabe destacar que el desplazamiento de la curva de oferta se debe a varios factores, entre los que se puede mencionar: investigación agrícola, transferencia de tecnología, crédito, políticas de precios, mecanismos de comercialización, organización de productores, etc.; esto es cuando se refiere a la oferta como tal (Alston & Pardey, 1996).

Los ingresos adicionales por efecto de la investigación y transferencia, se calcula en función del incremento en la producción, generados por la utilización de las alternativas de AC. Para el cálculo se considera el precio en el ámbito de finca, elasticidad de la oferta, la tasa de adopción de la tecnología disponible en los rubros del sistema de producción maíz-fréjol, además se asigna un peso relativo por la investigación.

El cambio de rendimiento por hectárea se estableció a través de la información disponible evaluada en campo de agricultores para las tecnologías de AC en los rubros maíz-fréjol y la práctica convencional de productor, y no es más que la diferencia entre el rendimiento reportado por las dos prácticas.

La Tasa de Adopción Anual de las alternativas de AC desarrolladas por el INIAP, se calcula como la relación entre la superficie o área cosechada con las alternativas de AC en las áreas productoras ( $A_i$ ) y con la superficie cosechada total en las áreas productoras de maíz-fréjol en cada año analizado ( $A_t$ ).

Al multiplicar el cambio neto de los rendimientos, la probabilidad de éxito y la tasa de adopción, se obtiene el cambio en la curva de la oferta, por incremento de los rendimientos corregidos por la superficie de adopción de las alternativas de AC (Alston *et al.*, 1995).

Se puede indicar que en el primer año existe un bajo porcentaje de adopción, incrementándose a partir del segundo año hasta que la tasa de adopción alcance el máximo porcentaje. Para determinar la adopción de las alternativas de AC, se realizaron encuestas a los agricultores, con la cual se obtiene la tasa de adopción intermedia la cual está comprendida entre el primer año de la adopción y nivel máximo alcanzado.

Para establecer el cálculo se supuso que las alternativas no se deprecian durante los años después de que alcance la adopción máxima, pero es posible cambiar esta suposición y tener una disminución en la tasa máxima en los años posteriores.

En términos de la adopción, la contribución del INIAP se define a efectos de este estudio, como la investigación adoptada en la generación de prácticas de AC, adopción de las prácticas de AC y transferencia a trasferidores. Sobre la base de la información proporcionada por técnicos, productores, se estimó que;  $A$  es del 1% al iniciar la adopción de la tecnología, con un máximo de adopción del 30% la cual es una estimación conservadora del impacto de las actividades de investigación y transferencia de tecnología en los aumentos de rendimiento de maíz y fréjol. El tamaño proporcional del desplazamiento de la Curva de Oferta se calcula de la siguiente manera (Alston J. G., 1995).

$$K = \left( \frac{E(Y)}{\varepsilon} \right) - \left( \frac{E(C)}{1 + E(Y)} \right) p A (1-d),$$

Donde:

$K$  = cambio en la curva de oferta expresado como una fracción del precio inicial.

$E(Y)$  = es el aumento de rendimiento en las variedades evaluadas por hectárea después de la adopción de la tecnología de MIP y AC,

$E(C)$  = es el cambio proporcional esperado en la variable de costos por hectárea,

$p$  = es la probabilidad de éxito con la investigación,

$A$  = es la tasa de adopción de la tecnología de MIP y AC

$d$  = es la tasa de depreciación de la nueva tecnología.

Se considera un desfase de 5 años que se establece entre la inversión y la obtención de los primeros resultados de estas inversiones, esto significa que los beneficios netos son negativos en los primeros años. Es decir, los beneficios se computan a partir de 2010, el período analizado comienza en 2006.

Los costos de la investigación, desarrollo y difusión están incluidos en el modelo y están estimados por año. Todos los factores descritos se incluyen en las fórmulas que se utilizan para calcular los beneficios de la investigación, año por año hasta los 18 años. Los costos de investigación y transferencia de tecnología se restan de los beneficios brutos y así se obtienen los beneficios netos.

El cambio en el excedente económico total debido al cambio tecnológico se estima como:

$$\Delta TS = PQK (1 + 0.5Zn)$$

Donde:

$\Delta TS$  = cambio en el excedente económico total.

$P$  = precio inicial de maíz-fréjol al productor.

$Q$  = producción inicial de maíz-fréjol.

$Z$  =  $Ke / (e+n)$  es la variación en el precio debido al cambio de la oferta resultante de la aplicación de la tecnología de AC.

$e$  = elasticidad precio de la oferta.

$n$  = elasticidad precio de la demanda.

$e$  y  $n$  = refleja la respuesta de la cantidad ofrecida y cantidad demandada con cambios en los precios de maíz-fréjol.

$K$  = cambio en la curva de oferta como una fracción del precio inicial.

Los beneficios atribuibles a la investigación y transferencia de tecnología, seguramente continúan en el futuro; sin embargo, estos beneficios tenderán a disminuir o reducirse con el transcurso del tiempo, por causa de las nuevas tecnologías, de acuerdo con esto, los beneficios se reducen en un número “x” de años, debiendo depreciarlos en forma lineal simple. En este modelo se incluye un factor llamado tasa de descuento el que considera una tasa de interés real de 6.5%.

Los beneficios económicos se calculan como el cambio en el excedente económico total para cada año y los costos son los gastos en los proyectos de investigación, además de los costos estimados después de los proyectos relacionados con la investigación y transferencia de tecnología de las prácticas de AC.

Se incluye además una estimación del cambio en la cantidad ofertada y demandada debido a un cambio en el precio del productor. Esto se conoce como elasticidad de oferta y demanda respectivamente, y su cálculo se realizó sobre la base de los principios teóricos, pero como en economía no solo es teoría sino teoría-realidad se utilizó un valor para la elasticidad de la curva de oferta de 0.63 lo que representa una elasticidad inelástica y significa que una disminución en el precio del productor lleva a un aumento en su demanda, que no alcanza a ser suficiente para compensar la rebaja del precio y por lo tanto el gasto total disminuye.

Es importante recalcar que una elasticidad de la oferta de 1 puede ser utilizada para cultivos anuales y aves de corral, y 0.5 para los cultivos perennes y otros animales, lo que significa que el valor encontrado de 0.57 es aceptable ya que el maíz y fréjol es un cultivo anual y tiene un

comportamiento alrededor del 0.5. El valor de 0.33 para la demanda que representa una elasticidad inelástica con pendiente positiva lo que significa que un aumento en el precio aumenta el gasto total, para el caso particular de las alternativas de AC.

Una elasticidad de la demanda de 0.5 (valor absoluto) se puede utilizar para la mayoría de los cultivos y 1 para la mayoría del ganado, lo que significa que el valor encontrado de 0.33 es aceptable ya que el maíz y fréjol es un cultivo anual y tiene un comportamiento menor a 0.5.

### 3.2.4 *Estimación de la rentabilidad*

Una vez determinados los flujos de costos y beneficios se actualizarán utilizando como tasa de descuento el 12%.

Para el cálculo de la rentabilidad de las inversiones realizadas se utilizarán los siguientes indicadores económicos: Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

El VAN se determina a partir del flujo de beneficios esperados menos los costos, durante el período que dura el proyecto, descontados al presente mediante una tasa de descuento. La fórmula de cálculo es la siguiente (Medina, 1991):

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}$$

Donde:

$B_t$ = Beneficio generado por el proyecto en el año  $t$ ;

$C_t$ = Costo en el año  $t$ ;

$r$ = Tasa de descuento (interés);

$t$ = 0, 1, 2, 3...,  $T$  (años del flujo);

$T$ = Último año del proyecto.

La TIR es la tasa de descuento que hace que los beneficios y los costos actualizados sean iguales, es decir, es aquella que hace el VAN igual a cero. La fórmula de cálculo es la siguiente (Medina, 1991).

$$O = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t}$$

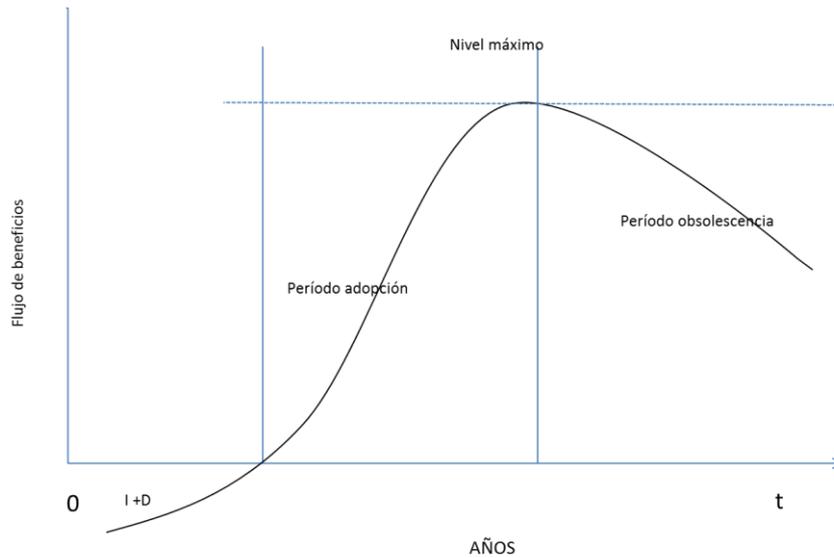
Donde:

- $B_t$ = Beneficio generado por el proyecto en el año t.
- $C$ = Costo en el año t;
- $r$ = Tasa de descuento (interés);
- $t$ = 0, 1, 2, 3..., T (años del flujo);
- $T$ = Ultimo año del proyecto.

La **TIR** del proyecto debe ser mayor que la tasa de descuento con la cual el proyecto se está evaluando. Esto se debe a que si la **TIR** es menor con la tasa de descuento se estaría ganando menos dinero que con el que se podría ganar con costo de capital, en otras palabras si un banco me ofrece por ejemplo una tasa de interés del 5% por un depósito a plazo de 3 años y la **TIR** de mi proyecto me da 4.5% en la misma cantidad de tiempo, mi proyecto no rentabiliza lo esperado por lo tanto se desecha la opción.

### 3.2.5 *Proceso de adopción de tecnología*

La curva de la adopción de la tecnología nueva (Gráfico 3-3) en el tiempo está caracterizada por tres elementos: el tiempo de la liberación de la tecnología hasta alcanzar el techo de adopción; el techo máximo de adopción (como la proporción máxima de la producción que utiliza la nueva tecnología.); y la forma de la curva de adopción (Alston J. G., 1995).



**Gráfico 3-3. Evolución del proceso de adopción.**

**Fuente:** Alwang,2015. Estudio económico de los impactos de naranjilla en Ecuador

Para que estos conceptos sean incorporados, se realiza una simulación temporal, desde un período inicial (período base), por un tiempo determinado (período de la simulación). La simulación pasa por cuatro fases:

*Período de Investigación y Desarrollo (I y D):* En esta etapa no hay beneficios, se inicia, en el tiempo de la inversión en investigación y desarrollo, y concluye con la liberación de una nueva tecnología.

*Período de adopción:* En esta etapa los beneficios son crecientes cada año, dependiendo de la región y del nivel de adopción que tengan. Puede darse la posibilidad de que todavía haya costos asociados con la adopción y difusión de la tecnología.

*Período del nivel máximo del uso de la tecnología:* Es el período en que los beneficios son los más altos que se pueden obtener y su permanencia en este nivel depende del ciclo de renovación tecnológico.

*Período de desadopción:* Este período es una consecuencia de la disponibilidad de tecnologías nuevas y mejores o, a veces, de la pérdida de la potencia de una tecnología. Sin embargo, existe controversia respecto al concepto de desadopción (Alston J. G., 1995).

Cada tecnología tiene su ciclo de vida hasta que finalmente sus usuarios la dejan de utilizar y a partir de ese momento, sus beneficios terminan. Los productores solamente cambian a una

nueva tecnología si ésta da mayor rentabilidad en relación con la anterior. En esta situación una interpretación de la tecnología “vieja” es que aún si reporta beneficios la tecnología “nueva” debe superar y mantenerse por encima de la rentabilidad de la “vieja”, sino se retornaría al uso de esta (Alston & Pardey, 1996).

### ***3.2.6 Aplicación del método del índice de nitrógeno para evaluar el impacto ambiental del uso del suelo con ac en el sistema maíz-fréjol***

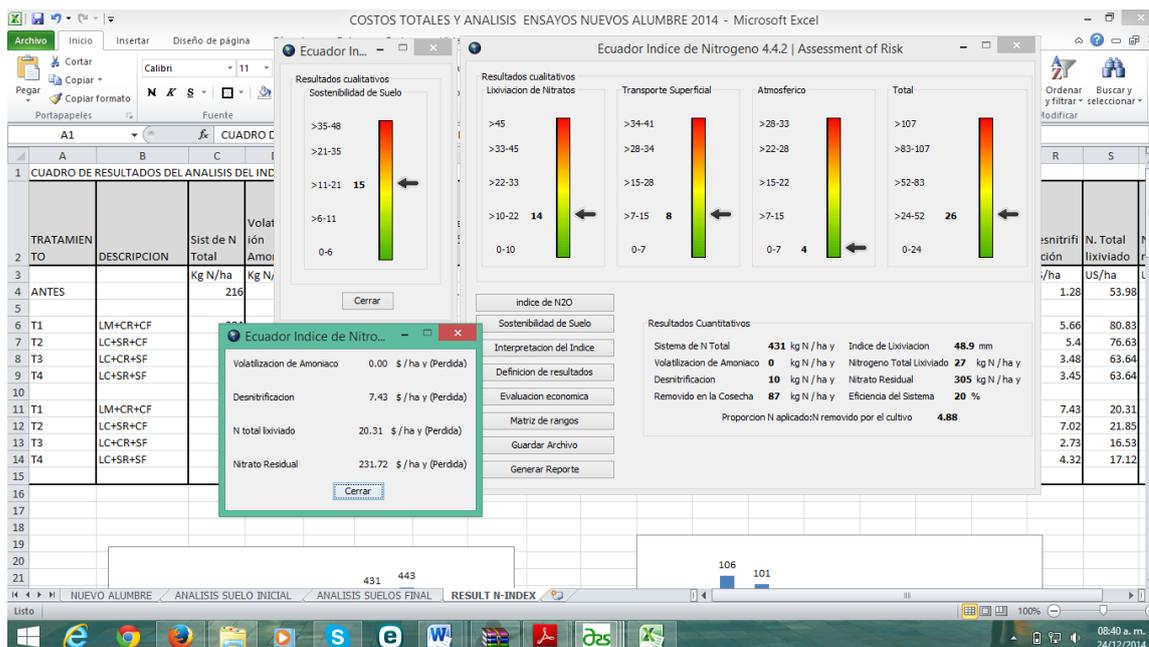
Los sistemas agrícolas son necesarios para producir alimentos, biocombustibles y otros productos para una población mundial en continuo crecimiento. La maximización de la producción agrícola ha sido siempre importante para satisfacer la demanda de alimentos y fibras.

Dado que la mayoría de los sistemas agrícolas son deficientes en nitrógeno, el manejo del nitrógeno es clave para maximizar los rendimientos, especialmente en los sistemas de riego y de alta producción de biomasa, como los sistemas de producción de forraje. Sin embargo cuando se aplica nitrógeno más de lo necesario, se incrementa las pérdidas de nitrógeno reactivo que impactan la calidad de agua subterránea, del agua superficial.

Altas aplicaciones de nitrógeno también pueden aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Cada vez hay más preocupación sobre la demanda de agua, la calidad del agua, el cambio climático y el impacto relativo de estas condiciones en la producción de alimentos y en la bioseguridad. El manejo del nitrógeno será importante a nivel local, regional y mundial, ya que ha sido ampliamente demostrado que juega un papel importante en la conservación de nuestra biosfera.

El Índice de Nitrógeno Ecuador (Gráfico 4-3) es una herramienta de modelación que nos ayuda a predecir escenarios sobre absorción de N por el cultivo, el uso eficiente del nitrógeno del sistema (NUE), y el riesgo de las pérdidas de N a través de diferentes vías. Una descripción de los algoritmos básicos del Índice de Nitrógeno se incluye en Delgado et al. (2008), De Paz et al. (2009), y Figueroa-Viramontes et al. (2011).

Esta herramienta está disponible en los idiomas Inglés y Español y en el sistema métrico y unidades inglesas. Esta herramienta inicialmente fue utilizada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para evaluar las pérdidas de nitrógeno en los Estados de California y Colorado.



**Gráfico 4-3. Índice de Nitrógeno para evaluar el impacto del nitrógeno al ambiente.**

**Realizado por:** Escudero Luis

Los responsables del manejo de fertilizantes y otros profesionales de la agricultura pueden evaluar de una manera rápida y fácil los impactos ambientales que pueden derivarse de las diferentes prácticas de agricultura basados en las pérdidas de nutrientes tales como el nitrógeno. Shaffer & Delgado en el 2002, presentan el concepto de “Enfoque de niveles” para evaluar el manejo del nitrógeno.

Un enfoque de nivel 1 utiliza herramientas simples de evaluación para separar rápidamente escenarios de riesgo de pérdidas de nitrógeno de muy bajo a muy alto. En este nivel los responsables del manejo de fertilizantes pueden evaluar de manera cualitativa y cuantitativa los efectos de “Buenas Prácticas de Manejo” y compararlas con prácticas convencionales o de línea base.

Al aumentar el enfoque de nivel 1 a nivel 2 y nivel 3, aumenta la complejidad de la herramienta y la necesidad de más datos de entrada. Una herramienta con enfoque de nivel 2, requiere del cálculo diario de la dinámica del nitrógeno, la integración de la información diaria del clima y el manejo del cultivo, para evaluar el manejo del nitrógeno. Una herramienta con enfoque de nivel 3 requiere de información muy detallada así como apoyo de estudios de campo (Delgado, y otros, 2008).

El Índice de Nitrógeno, que es una herramienta de nivel 1, que requiere tanto de insumos cuantitativos (por ejemplo, la cantidad de insumos de fertilizantes) e insumos cualitativos (por

ejemplo, la proximidad de la frontera de campo a un agua de superficie cuerpo), que se utilizan para evaluar el riesgo potencial de pérdidas de N por un sistema (Delgado *et al.*, 2006, 2008). Delgado *et al.* (2006, 2008) presentaron una descripción detallada de las entradas cualitativas que se utilizan en el Índice de Nitrógeno.

El Índice de Nitrógeno Ecuador (Figura 4-3) puede estimar el riesgo de la atmósfera, la superficie y las pérdidas de lixiviación por efectos del nitrógeno, así como la sostenibilidad general del sistema. De igual forma, el Índice de Nitrógeno también lleva a cabo un presupuesto rápido del nitrógeno y utiliza algoritmos diferentes para estimar las vías de pérdidas de nitrógeno. La combinación de las entradas cualitativas y cuantitativas se utiliza para clasificar el riesgo potencial de pérdidas de N a través de la superficie, las vías de la atmósfera, y/o lixiviación (Delgado, y otros, 2006).

La aplicación de esta herramienta se la hizo en tres etapas de la investigación: a) al inicio, cuando las prácticas de agricultura de conservación todavía no se implementaron en campo de productores; b) al intermedio, cuando las prácticas de agricultura de conservación estaban implementadas, mismas que permitieron medir los efectos de las prácticas en las diferentes variables en evaluación, particularmente las ambientales; y c) al final, una vez que se terminó con los diferentes ciclos de investigación planteados.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Evaluación biológica y económica de las prácticas de agricultura de conservación

##### 4.1.1 *Evaluación biológica de las prácticas de AC*

Los análisis de variancia para las variables rendimiento en t/ha Pasto-Avena-Vicia 2011, Pasto-Avena-Vicia 2012, Maíz Duro 2012, Pasto-Avena-Vicia 2013, Fréjol Arbustivo 2013, Pasto-Avena-Vicia-2013 y rendimiento en Mcal/ha de Energía Bruta del ciclo total de cultivos en rotación mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), y diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) para la variable rendimiento e fréjol arbustivo 2011.

Al comparar las diferencias de los promedios de los tratamientos en estudio (Cuadro 5-4); eso significa que los tratamientos de agricultura de conservación tuvieron diferente comportamiento en relación al tratamiento testigo y entre ellos mismos. Los coeficientes de variación de todas las variables en estudio señalan que ha existido un adecuado manejo de la investigación y que los tratamientos en estudio han mostrado su respuesta o efecto sin ningún tipo de alteración.

En el Cuadro 6-4 se muestra los promedios y la prueba de Tukey al 5% para las variables en estudio. La prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en t/ha de pasto-avena-vicia 2011, muestra dos rangos de significación, encontrándose en el rango *a* el tratamiento T4 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción), con un promedio de 28.40 t/ha.

Los tratamientos T1 (labranza mínima, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción) y T2 (labranza cero, maíz duro con fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción), se encuentran en el rango *b*, con los rendimientos de pasto-avena-vicia 2011 más bajos con 12.72 t/ha y 15.45 t/ha, respectivamente.

La prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en t/ha de fréjol arbustivo 2011 (Cuadro 4-4), muestra dos rangos de significación, encontrándose en el rango **a** el tratamiento T1 (labranza mínima, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción), con un promedio de 1.50 t/ha; en cambio, el tratamiento T3 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin fertilización y con remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y con remoción), se encuentran en el rango **b**, con un rendimiento de fréjol arbustivo 2011 más bajo con 0.90 t/ha.

La prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en t/ha de pasto-avena-vicia 2012 (Cuadro 6-4), muestra dos rangos de significación, encontrándose en el rango **a** el tratamiento T4 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción), con un promedio de 23.98 t/ha.

Los tratamientos T1 (labranza mínima, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción) y T2 (labranza cero, maíz duro con fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción), se encuentran en el rango **b**, con los rendimientos de pasto-avena-vicia 2012 más bajos con 7.25 t/ha y 7.47 t/ha, respectivamente.

**Cuadro 5-4. Análisis de varianza para las variables rendimiento en t/ha de los cultivos en estudio, y el total de los cultivos en rotación en Mcal/ha de Energía Bruta. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

Fuentes de variación	Grados de libertad	CUADRADOS MEDIOS							
		Pasto natural y avena-vicia 2011	Fréjol arbustivo 2011	Pasto natural y avena-vicia 2012	Maíz duro 2012	Pasto natural y avena-vicia 2013	Fréjol arbustivo 2013	Pasto natural y avena-vicia 2014	Total cultivos
Repeticiones	2	97.24 *	0.13 ns	92.17 *	0.03 ns	228.57 **	0.01 ns	1.05 ns	735445897 **
Tratamientos	3	147.23 **	0.22 *	190.22 **	0.48 **	88.59 **	0.47 **	292.89 **	1780284526 **
Error experimental	6	17.13	0.04	15.68	0.03	2.25	0.01	7.69	10908961
Total	11								
<b>CV (%)</b>		<b>21.10</b>	<b>15.81</b>	<b>29.09</b>	<b>3.75</b>	<b>5.70</b>	<b>4.83</b>	<b>6.32</b>	<b>3.05</b>

**Fuente:** Proyecto INIAP-SANREM CRSP, 2014.

\*\* Estadísticamente altamente significativo ( $P \leq 0.01$ )

\* Estadísticamente significativo ( $P \leq 0.05$ )

ns estadísticamente no significativo ( $P \geq 0.05$ )

**Realizado por:** Escudero Luis

**Cuadro 6-4.. Promedios y prueba de Tukey al 5% para las variables rendimiento en t/ha de los cultivos de pasto natural y avena-vicia 2011, 2012 y 2013; Frejol arbustivo 2011 y 2013; Maíz duro 2012 y el total de los cultivos en rotación en Mcal/ha de Energía Bruta. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar- Ecuador, 2014.**

Tratamientos en estudio	Pasto natural y avena-vicia 2011	Fréjol arbustivo 2011	Pasto natural y avena-vicia 2012	Maíz duro 2012	Pasto natural y avena-vicia 2013	Fréjol arbustivo 2013	Pasto natural y avena-vicia 2014	Total cultivos
T1= Labranza mínima, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción.	12.72 b	1.50 a	7.25 b	3.99 b	19.47 c	1.81 b	32.27 b	81820 d
T2= Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción.	15.45 b	1.43 ab	7.47 b	4.71 a	25.13 b	2.13 a	40.00 b	98417 c
T3= Labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin fertilización y con remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y con remoción.	21.91 ab	0.90 b	15.76 ab	4.04 b	28.13 ab	1.23 c	48.60 a	114445 b
T4= Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción.	28.40 a	1.23 ab	23.98 a	4.70 a	32.33 a	1.45 c	54.87 a	139020 a

**Fuente:** Proyecto INIAP-SANREM CRSP, 2014.

Con remoción = corta la planta del pasto-avena-vicia, maíz duro y fréjol arbustivo, y saca de la superficie del suelo.

Sin remoción = corta la planta del pasto-avena-vicia, maíz duro y fréjol arbustivo, y deja en la superficie del suelo.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ).

**Realizado por:** Escudero Luis

La prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en t/ha de maíz duro 2012 (Cuadro 6-4), muestra dos rangos de significación, encontrándose en el rango **a** los tratamientos T2 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción) y T4 (Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción), con promedios de 4.71 t/ha y 4.70 t/ha, respectivamente.

Los tratamientos T1 (labranza mínima, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción) y T3 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin fertilización y con remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y con remoción), se encuentran en el rango **b**, con rendimientos de maíz duro 2012 más bajos con 3.99 t/ha y 4.04 t/ha, respectivamente.

La prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en t/ha de pasto-avena-vicia 2013 (Cuadro 6-4), muestra tres rangos de significación, encontrándose en el rango **a** el tratamiento T4 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción), con un promedio de 32.33 t/ha; en cambio, el tratamiento T1 (labranza mínima, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción), se encuentran en el rango **c**, con un rendimiento de pasto-avena-vicia 2013 más bajo con 19.47 t/ha.

La prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en t/ha de fréjol arbustivo 2013 (Cuadro 6-4), muestra tres rangos de significación, encontrándose en el rango **a** el tratamiento T2 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción), con un promedio de 2.13 t/ha.

Los tratamientos T3 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin fertilización y con remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y con remoción) y T4 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción), se encuentran en el rango **c**, con rendimientos de fréjol arbustivo 2013 más bajos con 1.23 t/ha y 1.45 t/ha, respectivamente.

La prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en t/ha de pasto-avena-vicia 2014 (Cuadro 6-4), muestra dos rangos de significación, encontrándose en el rango **a** los tratamientos T3 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin fertilización y con remoción, fréjol

arbustivo sin fertilización y con remoción) y T4 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción), con promedios de 48.60 t/ha y 54.87 t/ha, respectivamente.

Los tratamientos T1 (labranza mínima, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción) y T2 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción), se encuentran en el rango **b**, con rendimientos de pasto-avena-vicia 2014 más bajos con 32.27 t/ha y 40.00 t/ha, respectivamente.

La prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en Mcal/ha de Energía Bruta de todos los cultivos en rotación (Cuadro 6-4), muestra cuatro rangos de significación, encontrándose en el rango **a**, el tratamiento T4 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción), con un promedio de 139020 Mcal/ha de Energía Bruta.

El tratamiento T1 (labranza mínima, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción), se encuentran en el rango **d**, con un rendimiento del total de los cultivos en rotación más bajo con 81820 Mcal/ha de Energía Bruta.

#### ***4.1.2 Evaluación económica de las prácticas de AC***

Los análisis de variancia para las variables Beneficios Brutos, Costos Totales y Beneficios Netos en USD/ha de los cultivos en rotación muestran diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), al comparar las diferencias de los promedios de los tratamientos en estudio (Cuadro 7-4), lo cual representa que los tratamientos de agricultura de conservación tuvieron diferente comportamiento en relación al tratamiento testigo y entre ellos mismos.

**Cuadro 7-4. Análisis de varianza utilizados para evaluar los Beneficios Brutos, Costos Totales y Beneficios Netos en USD/ha de los cultivos en rotación 2011-2014. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

Fuentes de variación	Grados de libertad	CUADRADOS MEDIOS		
		Beneficios Brutos	Costos Totales	Beneficios Netos
Repeticiones	2	482246 **	15836 ns	332841 **
Tratamientos	3	3064043 **	576831 **	2975470 **
Error experimental	6	30887	8039	24293
Total	11			
<b>CV (%)</b>		<b>2.57</b>	<b>2.94</b>	<b>4.10</b>

Fuente: Proyecto INIAP-SANREM CRSP, 2014.

\*\* Estadísticamente altamente significativo ( $P \leq 0.01$ )

\* Estadísticamente significativo ( $P \leq 0.05$ )

ns. estadísticamente no significativo ( $P \geq 0.05$ )

Realizado por: Escudero Luis

La prueba de Tukey al 5% para la variable Beneficios Brutos en USD/ha (Cuadro 8-4), muestra cuatro rangos de significación, encontrándose en el rango **a** el tratamiento T3 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin fertilización y con remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y con remoción), con un promedio de 8121 USD/ha; en cambio, el tratamiento T4 (Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción), se encuentran en el rango **d**, con los Beneficios Brutos más bajos con 575 USD/ha.

La prueba de Tukey al 5% para la variable Costos Totales en USD/ha (Cuadro 8-4), muestra cuatro rangos de significación, encontrándose en el rango **a** el tratamiento T3 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin fertilización y con remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y con remoción), con un promedio de 3535 USD/ha; en cambio, el tratamiento T2 (labranza cero, maíz duro con fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción), se encuentran en el rango **d**, con los Costos Totales más bajos con 2525 USD/ha.

La prueba de Tukey al 5% para la variable Beneficios Netos en USD/ha (Cuadro 8-4), muestra tres rangos de significación, encontrándose en el rango **a** los tratamientos T2 (labranza cero, maíz duro con fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción) y T3 (labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin

fertilización y con remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y con remoción), con promedios de 4578 USD/ha y 4585 USD/ha, respectivamente.

El tratamiento T4 (Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción), se encuentran en el rango *c*, con los Beneficios Netos más bajos con 2501 USD/ha.

**Cuadro 8-4. Promedios y prueba de Tukey al 5% para las variables Beneficios Brutos, Costos Totales y Beneficio Netos en USD/ha de los cultivos en rotación 2011-2014. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

Tratamientos en estudio	Beneficios Brutos (USD/ha)	Costos Totales (USD/ha)	Beneficios Netos (USD/ha)
T1= Labranza mínima, maíz duro con fertilización y con remoción, pasto natural con remoción, fréjol arbustivo con fertilización y con remoción.	6430 c	2890 c	3540 b
T2= Labranza cero, maíz duro con fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción.	7102 b	2525 d	4578 a
T3= Labranza cero, maíz duro sin fertilización y con remoción, avena-vicia sin fertilización y con remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y con remoción.	8121 a	3535 a	4585 a
T4= Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena vicia sin fertilización y sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción.	5751 d	3249 b	2501 c

Fuente: Proyecto INIAP-SANREM CRSP, 2014.

Con remoción = corta la planta del pasto-avena-vicia, maíz duro y fréjol arbustivo, y saca de la superficie del suelo.

Sin remoción = corta la planta del pasto-avena-vicia, maíz duro y fréjol arbustivo, y deja en la superficie del suelo.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ).

Realizado por: Escudero Luis

## 4.2 Aplicación del excedente económico

### 4.2.1 Resultados de la aplicación del modelo de excedente económico

El rendimiento promedio de las alternativas de AC que incluye la variedad de maíz duro INIAP-176 evaluadas en campo es de 2.95 t/ha en el período comprendido entre el 2006 y 2014 (Cuadro 9-4), es decir, que se ha incrementado 0.85 t/ha en relación al promedio inicial presentado por las alternativas con prácticas convencionales que incluyen la misma variedad que es de 2.1 t/ha. Debemos destacar

que estos datos fueron reportados en investigaciones en campo de agricultores y no el promedio regional o nacional.

**Cuadro 9-4. Superficie y rendimiento de maíz duro variedad INIAP-176 sembrada con tecnologías de AC. Microcueca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006-2014.**

<b>Año</b>	<b>Área sembrada (ha)</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>	<b>Producción (t)</b>
2006	1	2.1	2.1
2007	2	2.5	5
2008	3	2.3	6.9
2009	5	2.3	11.5
2010	6	2.4	14.4
2011	24	2.8	67.2
2012	45	4.1	184.5
2013	75	4.2	315
2014	87	3.9	339.3

**Fuente:** Proyecciones basadas en datos de los informes técnicos del proyecto INIAP-SANREM CRSP.

**Realizado por:** Escudero Luis

De igual manera para el caso del cultivo de fréjol arbustivo variedad INIAP-Portilla, el rendimiento promedio es de 1.98 toneladas por hectárea en el período comprendido entre el 2006 y 2014 (Cuadro 10-4), es decir, que se ha incrementado 0.23 t/ha en relación al promedio inicial presentado por las alternativas con prácticas convencionales que incluyen la misma variedad que es de 1.75 t/ha. Debemos destacar que estos datos fueron reportados en investigaciones en campo de agricultores y no el promedio regional o nacional.

**Cuadro 10-4. Superficie y rendimiento de fréjol arbustivo variedad INIAP-Portilla sembrada con tecnologías de AC. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006-2014.**

<b>Año</b>	<b>Área sembrada (ha)</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>	<b>Producción (t)</b>
2006	1	1.75	1.75
2007	2	1.78	3.56
2008	2	1.8	3.6
2009	4	1.9	7.6
2010	5	2	10
2011	24	2.1	50.4
2012	44	2.1	92.4
2013	76	2.2	167.2
2014	81	2.2	178.2

**Fuente:** Proyecciones basadas en datos de los informes técnicos del proyecto INIAP-SANREM CRSP.

**Realizado por:** Escudero Luis

No todo el incremento en rendimiento se debe a los logros de la investigación agropecuaria y transferencia de tecnología realizada por el INIAP. Hay otros factores que influyen en el aumento de rendimiento pero que no son atribuibles a la investigación tales como condiciones climáticas, etc.

Los costos de generación y transferencia de las alternativas de agricultura de conservación (Cuadro 11-4) se refiere a los costos presupuestados por las instituciones como: INIAP, SANREM CRSP, ONGs, al igual que programas nacionales que tienen su área de acción en las áreas productoras de maíz duro de la microcuenca del río Alumbre, en el período analizado 2006-2014, en el cual se determinó que los costos totales de investigación y de transferencia se mantuvieron aproximadamente en USD 649837 dólares, que estuvieron disponibles durante el período mencionado.

**Cuadro 11-4. Costos totales de la investigación y transferencia de las tecnologías de AC.  
Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006 y 2014.**

<b>Años</b>	<b>Investigación (dólares)</b>	<b>Extensión (dólares)</b>
2006*	68297.9	0
2007	78426.7	0
2008	56417.1	8000
2009	39398.8	10000
2010	43907.8	36500
2011	27999.8	40000
2012	35799.7	38700
2013	35379.3	32670
2014	52660	45680

\* En el primer año se considera costos en infraestructura, administrativos, etc.

**Realizado por:** Escudero Luis

El Cuadro 12-4 muestra los resultados de la estimación de los beneficios generados debido a la generación y transferencia de las alternativas de AC, utilizando un aumento en rendimiento causado por el uso de esas alternativas en las variedades de maíz duro INIAP-176 y fréjol arbustivo INIAP-Portilla.

Respecto de los costos y beneficios de la investigación se considera un desfase de 5 años que se establece entre la inversión y la obtención de los primeros resultados de estas inversiones, esto significa que los beneficios netos son negativos en los primeros años; es decir, los beneficios se computan a partir de 2013, aunque el período analizado comienza en 2006.

En lo relacionado con el beneficio económico se puede observar (Cuadro 12-4) que durante los 6 primeros años no se obtienen beneficios por cuanto en este período sólo se realizó inversión en investigación. A partir del séptimo año, existe un saldo positivo que supera los costos que se efectuaron en transferencia de tecnología.

Desde 2012 se comienzan a obtener beneficios los mismos que van desde USD 14493.97 dólares y se elevan gradualmente en el tiempo hasta USD 1'695,951.63 dólares en el año 2025, originados por el

incremento en rendimiento de las alternativas de AC y la reducción de costos de producción en el sistema maíz duro-frejol arbustivo.

**Cuadro 12-4. Estimación del Excedente Económico Total Neto de la investigación y transferencia de tecnología de las alternativas de AC. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006-2025.**

<b>Año</b>	<b>Excedente Económico Total (USD)</b>	<b>Costos (USD)</b>	<b>Excedente Económico Total Neto (USD)</b>
2,006	0.00	68297.90	-68297.90
2,007	0.00	78426.70	-78426.70
2,008	0.00	56417.10	-56417.10
2,009	0.00	39398.80	-39398.80
2,010	0.00	43907.80	-43907.80
2,011	25127.01	27999.80	-2872.79
2,012	50293.67	35799.70	14493.97
2,013	97136.92	35379.30	61757.62
2,014	115189.97	52660.00	62529.97
2,015	140498.21	0.00	140498.21
2,016	278577.57	0.00	278577.57
2,017	414145.84	0.00	414145.84
2,018	550821.72	0.00	550821.72
2,019	692344.47	0.00	692344.47
2,020	831265.51	0.00	831265.51
2,021	971294.16	0.00	971294.16
2,022	1499421.90	0.00	1499421.90
2,023	1577791.07	0.00	1577791.07
2,024	1695951.63	0.00	1695951.63
2,025	1695951.63	0.00	1695951.63
<b>VAN = USD 3'469.546,64</b>			
<b>TIR = 32%</b>			

**Fuente:** Proyecto INIAP-SANREM CRSP, 2014.

**Realizado por:** Escudero Luis

Para el cálculo de la rentabilidad, una vez determinados los flujos de costos y beneficios, éstos se debieron actualizar. Con esta actualización se estimó que el retorno a la inversión (TIR) de recursos en las alternativas de AC en el sistema de cultivo maíz duro-frejol arbustivo es de 32%, siendo este retorno al capital invertido rentable.

Si se considera que los Organismos Internacionales acuerdan una TIR del 12% como aceptable, con un Valor Actual Neto de USD 3'469,546, considerando a la inversión como atractiva puesto que esta genera mayores beneficios que los que produciría a la tasa mínima que es la que se está utilizando para realizar el descuento.

Pese a que los supuestos utilizados en la estimación de los costos fueron conservadores (al no incluir en estos aspectos como desgastes de los vehículos, reparaciones de equipos, papelería, etc.), así como muchos de los beneficios debido a la investigación, son de naturaleza indirecta y no se refleja explícitamente en el retorno económico, los valores son altos comparados con la rentabilidad de otra alternativa de inversión como el Proyecto de Fomento Ganadero en donde la tasa de retorno sobre el capital propio en la finca es del 16%.

El excedente económico total puede desdoblarse, como se explicó anteriormente, entre excedente a consumidores y productores. De acuerdo a los supuestos utilizados (elasticidades) con respecto a las curvas de oferta y demanda, la distribución de estos excedentes está en el ámbito del 30% cada uno respectivamente; es decir, que debido al aumento de producción atribuible al cambio de las alternativas de AC, en apariencia los consumidores de maíz duro y fréjol podrían beneficiarse con los precios bajos de este producto. Pero eso es sólo para el caso de aquellos que disponen de dinero y un poder adquisitivo del que mucha gente carece en los países en desarrollo como el nuestro.

En el caso particular de los productores no solo se benefician por el incremento de rendimiento por hectárea, sino que la utilización de las alternativas de AC representa una reducción de los gastos en comparación con la tecnología tradicional; también se beneficia en los costos de producción por hectárea al reducir el número de labores agrícolas, es decir el costo para el productor se reduce.

Estos resultados resaltan y demuestran la conclusión, ampliamente reconocida, de que las inversiones en investigación y transferencia de tecnología agrícola, son un buen negocio desde el punto de vista económico y social, siempre y cuando se utilicen los frutos de la investigación.

El Cuadro 13-4 muestra el efecto del incremento de los costos de producción y el beneficio que se obtiene por hectárea por el cambio de las prácticas convencionales a las alternativas de agricultura de conservación en el cultivo de maíz duro. Los costos que varían por hectárea se reducen desde USD 829 dólares con las prácticas convencionales a USD 521 dólares con las alternativas de AC.

El cambio en rendimiento como consecuencia de cambio de prácticas es de 3984 kg/ha a 4715 kg/ha, y el Beneficio Neto comparativo entre estas prácticas se estableció en USD 601 dólares por hectárea en

beneficios de las alternativas de AC. Es lógico pensar que estos beneficios tendrán variaciones entre las diferentes localidades, de acuerdo al tiempo en que se establezca el cultivo de maíz duro. Cabe mencionar que es difícil predecir el grado en el cual las alternativas de AC en maíz duro, reemplazaría a las prácticas convencionales, la cual es dominante en las áreas productoras de maíz duro de la microcuenca del río Alumbre.

**Cuadro 13-4. Estimación de los beneficios y costos de una hectárea, por el cambio de la práctica convencional a una de AC en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006-2014.**

<b>Rubro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Alternativa de AC</b>	<b>Convencional</b>
Maíz comercial	kg/ha	4715	3984
Precio ponderado	USD/kg	0.4	0.4
<b>Beneficio Bruto</b>	<b>USD/ha</b>	<b>1886</b>	<b>1593.6</b>
Preparación del terreno	USD/ha	80	96
Siembra	USD/ha	84.5	80
Fertilizantes	USD/ha	0	89
Labores culturales	USD/ha	45	237
Cosecha	USD/ha	311	327
<b>Costos que varían</b>	<b>USD/ha</b>	<b>520.5</b>	<b>829</b>
<b>Beneficio Neto</b>	<b>USD/ha</b>	<b>1365.5</b>	<b>764.6</b>
<b>Beneficio por la sustitución</b>	<b>USD/ha</b>		<b>601</b>

Fuente: Proyecto INIAP SANREM- CRSP, 2014.

Realizado por: Escudero Luis

El Cuadro 14-4 muestra el efecto del incremento de los costos de producción y el beneficio que se obtiene por hectárea por el cambio de las prácticas convencionales a las alternativas de agricultura de conservación en el cultivo de fréjol. Los costos que varían por hectárea se reducen desde USD 746.36 dólares con las prácticas convencionales a USD 620.7 dólares con las alternativas de AC.

El cambio en rendimiento como consecuencia de cambio de prácticas es de 1,808.15 kg/ha a 2,126.67 kg/ha, y el Beneficio Neto comparativo entre estas prácticas se estableció en USD 572 dólares por hectárea en beneficios de las alternativas de AC. Es lógico pensar que estos beneficios tendrán variaciones entre las diferentes localidades, de acuerdo al tiempo en que se establezca el cultivo de fréjol arbustivo. Cabe mencionar que es difícil predecir el grado en el cual las alternativas de AC en

fréjol arbustivo, reemplazaría a las prácticas convencionales, la cual es dominante en las áreas productoras de fréjol arbustivo de la microcuenca del río Alumbre.

**Cuadro 14-4. Estimación de los beneficios y costos de una hectárea, por el cambio de la práctica convencional a una de AC en el cultivo de fréjol arbustivo INIAP-Portilla. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2006-2014.**

Rubro	Unidad	Alternativa de	
		AC	Convencional
Fréjol comercial	kg/ha	2,126.67	1,808.15
Precio ponderado	USD/kg	1.40	1.40
<b>Beneficio Bruto</b>	<b>USD/ha</b>	<b>2,977.33</b>	<b>2,531.41</b>
Preparación del terreno	USD/ha	102.67	84.37
Siembra	USD/ha	92.5	217.78
Fertilizantes	USD/ha	0	96.00
Labores culturales	USD/ha	52.59	79.11
Cosecha	USD/ha	372.94	269.10
<b>Costos que varían</b>	<b>USD/ha</b>	<b>620.7</b>	<b>746.36</b>
<b>Beneficio Neto</b>	<b>USD/ha</b>	<b>2,356.63</b>	<b>1,785.05</b>
<b>Beneficio por la sustitución</b>	<b>USD/ha</b>		<b>572</b>

Fuente: Proyecto INIAP SANREM- CRSP, 2014.

Realizado por: Escudero Luis

En lo referente a la adopción inicial de las alternativas de AC tanto en maíz duro como en fréjol arbustivo ha sido relativamente baja, la misma que no sobrepasa el 1% de la superficie sembrada de estos dos cultivos; este hecho se explica, porque durante los cuatro primeros años estas alternativas estuvieron solo a disposición de los productores que participaban en el proyecto INIAP-SANREM-CRSP. En términos de involucramiento productores que utilizaran las prácticas se tiene una proyección al 2025 es de 4095.9 hectáreas para el cultivo de maíz duro y de 3017.2 ha en el cultivo de fréjol arbustivo basándonos en una adopción del 45 %.

### 4.3 Evaluación ambiental con el Índice de Nitrógeno

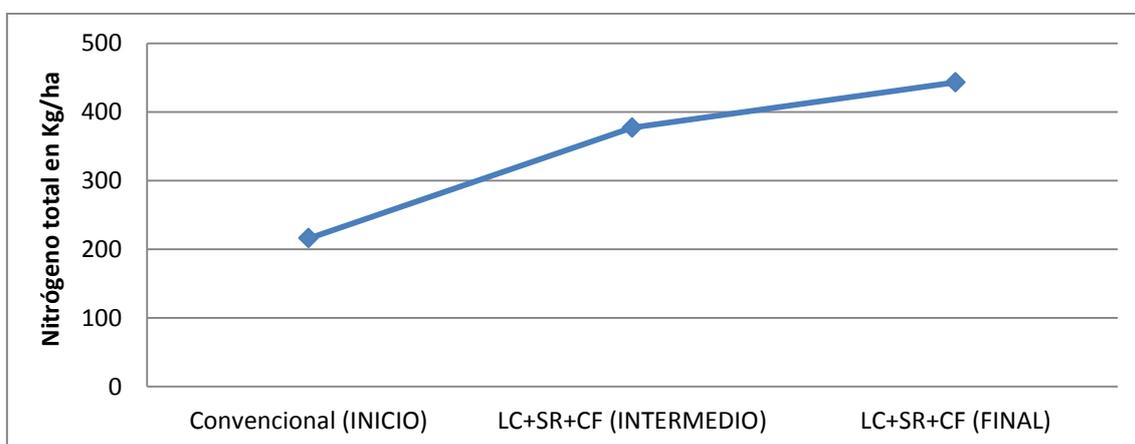
La evaluación del impacto de las prácticas de agricultura de conservación sobre el uso del nitrógeno en las diferentes etapas. Debemos indicar que el tratamiento 1 (Labranza mínima con remoción de

residuos, pasto natural sin fertilización, las rotaciones de maíz y fréjol con fertilización), que es el tratamiento testigo del productor, fue el que se analizó al inicio del experimento, mientras que el tratamiento 2 (Labranza cero sin remoción de residuos, pasto natural sin fertilización, las rotaciones de maíz y fréjol con fertilización), fue el que se analizó en la etapa intermedia y final del experimento debido a que presentan los mejores rendimientos y beneficios netos para los productores. Los resultados de este análisis son los siguientes:

#### **4.3.1 Evaluación de las pérdidas de nitrógeno al ambiente en kg/ha del mejor tratamiento, utilizando el índice de nitrógeno**

##### **4.3.1.1 Nitrógeno total del sistema**

Como se muestra en el Gráfico 5-4, existe un incremento del valor total del nitrógeno en las etapas intermedia y final de la evaluación respecto a la evaluación inicial, posiblemente se deba a la aplicación de fertilizante nitrogenado inorgánico a base de urea que se aplicó a los cultivos de maíz duro y fréjol durante el ciclo. Este incremento progresivo también podemos atribuir a la mineralización de los residuos de cosecha y de los residuos de pasto natural que creció en la etapa de descanso del terreno para la próxima siembra.



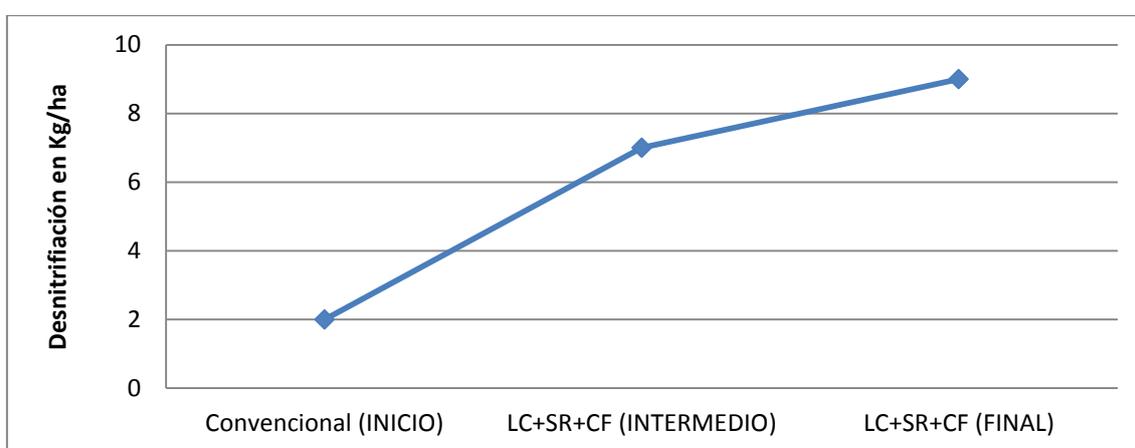
**Gráfico 5-4. Total de nitrógeno en el sistema en tres etapas de la investigación en kg/ha. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

Realizado por: Escudero Luis

##### **4.3.1.2 Desnitrificación**

Como se observa en el Gráfico 6-4. La desnitrificación por la acción microbiológica antes de la siembra es muy baja. Mientras que en la etapa intermedia y final de la investigación los valores se incrementan. Aunque los valores son bajos es importante considerar la actividad de los microorganismos del suelo cuando se aplica el fertilizante nitrogenado inorgánico a base de urea que se aplicó a los cultivos de maíz duro y fréjol durante el ciclo de cultivo el cual hizo que tengan materia prima necesaria para este proceso.

Por otro lado debemos considerar que los residuos vegetales no removidos son de lenta disponibilidad para los microorganismos.



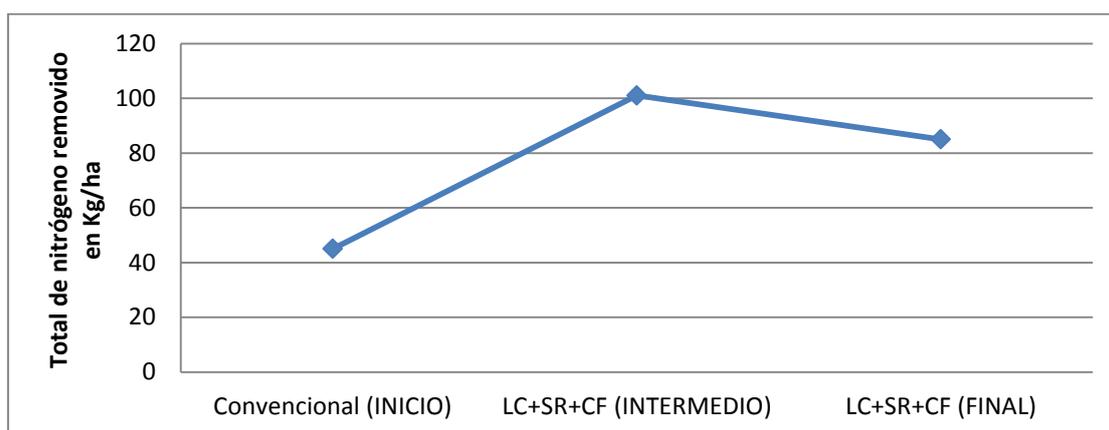
**Gráfico 6-4. Desnitrificación del sistema en tres etapas de la investigación en kg/ha. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

Realizado por: Escudero Luis

#### 4.3.1.3 Nitrógeno total removido hasta la cosecha

En el gráfico 7-4 se puede observar que el nitrógeno removido al inicio es bajo, esto es explicable debido a que generalmente los agricultores no utilizan fertilizante y sus rendimientos son bajos, mientras que en la etapa intermedia y final los valores se incrementan, posiblemente se deba a que cuando se aplicó el fertilizante al cultivo de maíz y fréjol los cultivos extraen mayor cantidad y se incrementó sus rendimientos.

La extracción en la evaluación final, en especial en el cultivo de fréjol arbustivo muestra una menor extracción de nitrógeno en todos los tratamientos posiblemente se deba a que las leguminosas extraen menor nitrógeno a diferencia de las gramíneas y las bajas precipitaciones que se registró en ese ciclo de cultivo.



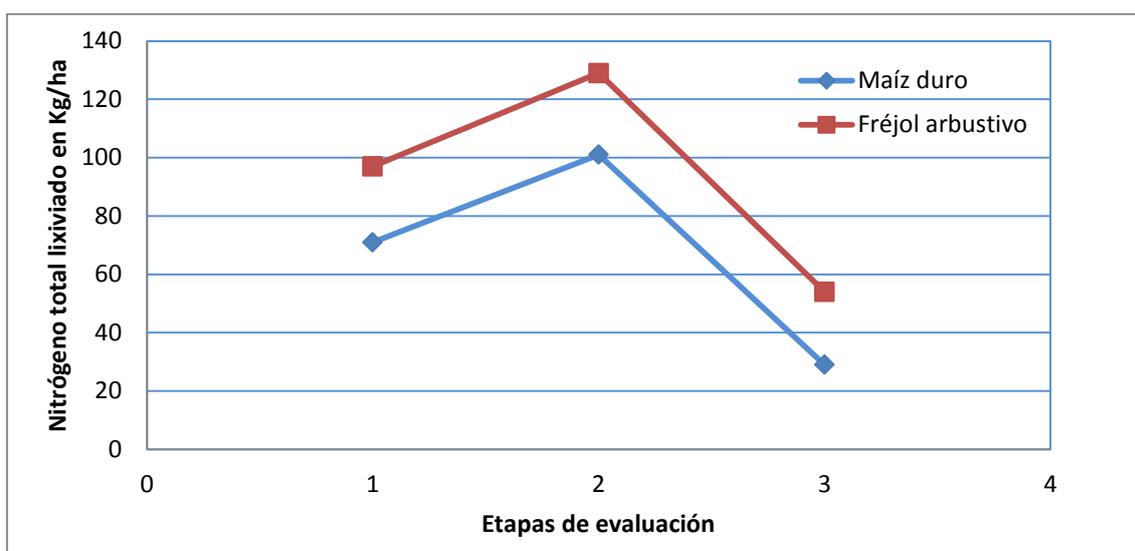
**Gráfico 7-4. Total de nitrógeno removido por el sistema en tres etapas de la investigación en kg/ha. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

**Realizado por:** Escudero Luis

#### 4.3.1.4 Nitrógeno total lixiviado

El nitrógeno que se lixivía tanto en el fréjol arbustivo como en el maíz duro tiene un comportamiento parecido en las tres etapas de evaluación (Gráfico 8-4). En la etapa inicial los valores de lixiviación son altos debido principalmente a la labranza que aplican el agricultor en la zona donde las pendientes son muy pronunciadas. Sin embargo, en la etapa intermedia los valores superan a las demás evaluaciones pese a que se utilizó el sistema recomendado (labranza cero y sin remoción de residuos), esto se explica puesto que en esa época hubo gran presencia de lluvias que superaron los 1400 mm en seis meses, por lo tanto los nutrientes aplicados se lixiviaron fácilmente.

Por lo contrario, en la evaluación final podemos ver que los valores de lixiviación son más bajos que el testigo mismo debido a que las precipitaciones fueron alrededor de los 700 mm que está en el rango normal para esa zona, y donde ahí se pudo mostrar los beneficios del tratamiento recomendado tanto en maíz duro como en fréjol arbustivo.

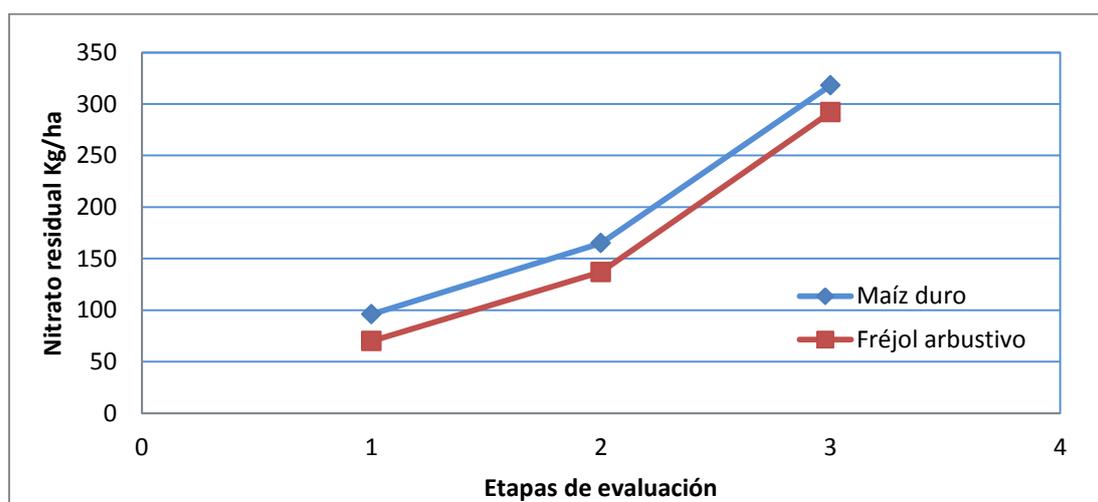


**Gráfico 8-4. Total de nitrógeno lixiviado en el sistema en tres etapas de la investigación en Kg/ha. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

Realizado por: Escudero Luis

#### 4.3.1.5 Nitratos residuales

En el caso de los nitratos residuales, en el gráfico 9-4 podemos ver que tiene un comportamiento progresivo y similar tanto en el cultivo de maíz duro y fréjol arbustivo. Estos incrementos se debe posiblemente a que en los diferentes períodos se fueron acumulando el material vegetal, tanto de la cosecha como de los residuos de pasto natural que no se removieron y que por el proceso de mineralización lenta se fueron poco a poco poniendo a disponibilidad que bien pudieron ser aprovechados por los siguientes cultivos en el sistema de producción. Esto nos da la pauta que podríamos aprovechar estos nutrientes y bajar el uso de fertilizantes inorgánicos.



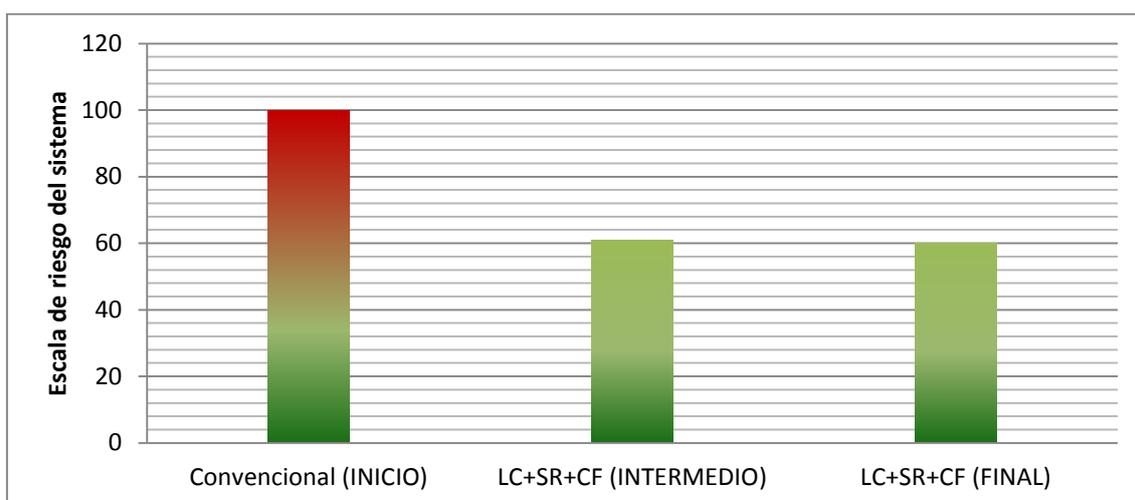
**Gráfico 9-4. Total de nitratos residuales en el sistema en tres etapas de la investigación en kg/ha. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

Realizado por: Escudero Luis

#### 4.3.1.6 Sostenibilidad del sistema

Podemos ver en el gráfico 10-4, que en el 2007 el sistema se encuentra en riesgo alto ya que las pérdidas de nitrógeno se pueden estar dando por varias vías como lixiviación de nitratos, escurrimiento superficial, volatilización del amoníaco y desnitrificación por lo que es necesario intervenir esos suelos. En la etapa intermedia y final podemos ver que el riesgo es bajo donde las pérdidas de nitrógeno al ambiente son menores, esto se debe principalmente por la utilización de las diferentes prácticas de agricultura de conservación utilizadas.

Los tomadores de decisiones sobre la utilización del nitrógeno deben evaluar las carencias de este elemento. La evaluación del índice de nitrógeno sugiere que estos sistemas son capaces de recibir más cantidades de nitrógeno con un uso adecuado, mejorando el rendimiento de los cultivos.



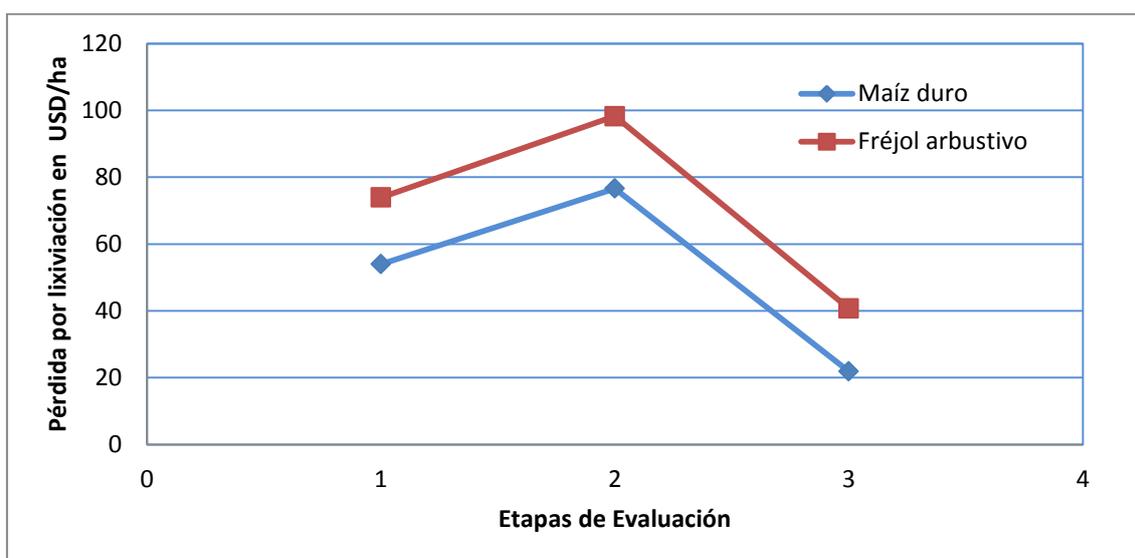
**Gráfico 10-4. Sostenibilidad del sistema en tres etapas de la investigación. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

Realizado por: Escudero Luis

#### **4.3.2 Evaluación de las pérdidas de nitrógeno al ambiente en USD/ha del mejor tratamiento, utilizando el índice de nitrógeno**

##### *4.3.2.1 Nitrógeno total lixiviado*

En el gráfico 11-4, se puede observar que existen pérdidas económicas por la lixiviación del nitrógeno que son de importancia para los productores en la forma que venían cultivando tradicionalmente. Sin embargo, podemos ver que en la evaluación final las pérdidas son menores y se ahorran el 55 % en el caso del frejol arbustivo y 40 % en el caso de maíz duro de lo que comúnmente gastaban. Por lo tanto, la utilización de prácticas de MIP y AC son de importancia económica para los productores ya que les permite ahorrar recursos, que bien podrían ser utilizados para otras actividades o reinvertidas en sus suelos para mejorar la productividad.

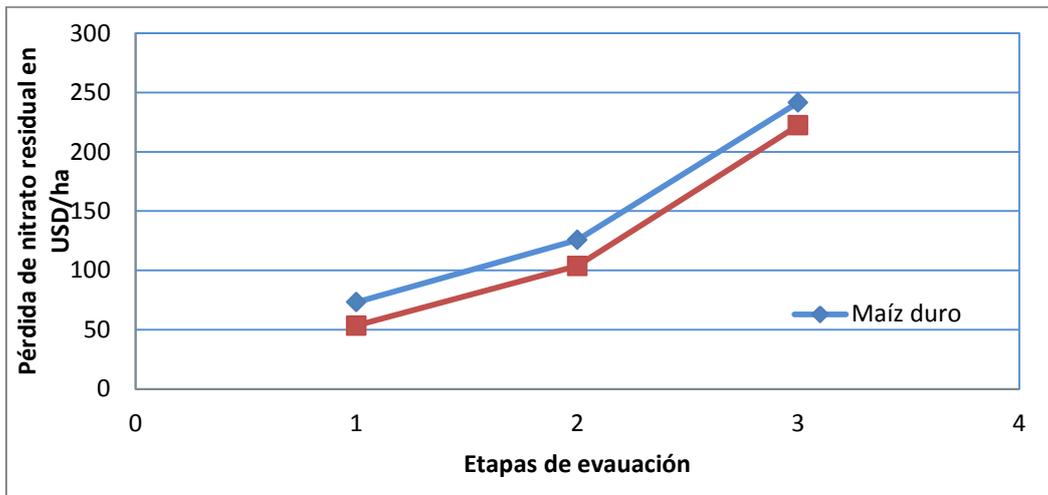


**Gráfico 11-4. Total de nitrógeno lixiviado en USD/ha en tres etapas de la investigación. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

Realizado por: Escudero Luis

#### 4.3.2.2 Nitratos residuales

En el gráfico 12-4, se puede observar que los nitratos residuales alcanzan su valor mayor en la etapa de evaluación final, tanto en maíz duro como en frejol arbustivo. Este comportamiento está en concordancia con los valores de la cantidad de nitratos residuales disponibles en kg/ha, que convertidos en dinero es un alto valor que como se dijo anteriormente bien podrían ser reinvertidos en el mejoramiento de la fertilidad del suelo y mejorar la productividad de los cultivos. Es importante destacar que las prácticas de agricultura de conservación ayudan a que estos nitratos no se pierdan tanto por lixiviación como por volatilización.



**Gráfico 12-4. Nitratos residuales en USD/ha en tres etapas de la investigación. Microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar-Ecuador, 2014.**

**Realizado por:** Escudero Luis

Finalmente podemos indicar que las prácticas de agricultura de conservación en los sistemas de cultivo predominantes en la subcuenca del río Chimbo si tienen un impacto en términos socio-económicos y ambientales que han mejorado los sistemas de producción de las familias productoras, en comparación con las que realiza la agricultura convencional.

## CONCLUSIONES

- El tratamiento que mejores resultados muestra en términos biológicos es el tratamiento de Labranza cero, maíz duro sin fertilización y sin remoción, avena-vicia sin remoción, fréjol arbustivo sin fertilización y sin remoción.
- El tratamiento que mejores resultados muestra en términos económicos es el tratamiento de Labranza cero, maíz duro con fertilización y sin remoción, pasto natural sin remoción, fréjol arbustivo con fertilización y sin remoción.
- Las prácticas de agricultura de conservación en los sistemas de producción, son rentables, mostrando ganancias por hectárea de 1365.5 USD en caso de maíz duro y 2,356.63 USD en el cultivo de fréjol arbustivo.
- El retorno de la inversión fue de 32% y un valor actual neto de USD 3´469,546.64.
- Los beneficios tanto de productores como de consumidores va desde USD 14,493.97 hasta USD 1´695,951.63 en el período analizado.
- Los beneficios para los productores por la sustitución de tecnologías es de aproximadamente 601 dólares por hectárea para maíz duro y 571.59 dólares por hectárea para fréjol arbustivo, pese a que el precio de venta USD/kg del producto es igual en las dos prácticas.
- La cobertura de las prácticas de agricultura de conservación en las zonas productoras de maíz y fréjol arbustivo cubrirá el 45% de la superficie sembrada, lo que en términos de superficie representa 3632 ha para el cultivo de maíz duro y 937 ha para fréjol arbustivo en el 2025.
- Con el uso de las prácticas de MIP y AC se ha logrado ahorrar 240 dólares por hectárea en nitratos residuales en el cultivo de maíz duro y 230 dólares por hectárea de nitratos residuales en el caso de fréjol arbustivo.

## RECOMENDACIONES

- Es necesario que se transfiera de manera urgente las alternativas de MIP y AC disponibles en el manejo del sistema de producción maíz -fréjol, evitando así los problemas existentes y ayudando a mejorar las condiciones de vida de los agricultores.
- La estrategia para el desarrollo del sector agropecuario debe concebirse como un conjunto de políticas diferenciadas, un programa de inversiones y un sistema institucional coherente con una óptica de participación de los diversos actores.
- Se debe establecer una política macro económica estable y conducente para un desarrollo agropecuario y rural de amplia base social; políticas de redistribución de la tierra y de desarrollo rural; políticas de apoyo a la investigación y transferencia de tecnología, políticas dirigidas a establecer un nuevo sistema institucional y políticas para fortalecer los mercados para la agricultura ecuatoriana.
- Se deben considerar políticas crediticias que permitan el cambio tecnológico y la aplicación de prácticas que producen beneficios, por la adopción de la nueva tecnología en el mediano y largo plazo y ayudan a conservar los recursos naturales.
- Dado lo escaso de recursos humanos y financieros asignados por el gobierno para la investigación, se recomienda la realización periódica de estudios que determinen las líneas de investigación y distribución de los recursos en forma prioritaria.
- Dado que los resultados obtenidos en la investigación son económica, social y ambientalmente rentables y amigables con el ambiente, se recomienda seguir realizando investigaciones utilizando las prácticas de MIP y AC profundizando el análisis social para otros estudios específicos en los diferentes sistemas de producción.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALSTON, J. G., (1995), *Science Under Scarcity: Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting*. Ithaca: Cornell University Press (reprinted in soft cover by CAB International 1998).
2. ALSTON, J., & PARDEY, P., 1996, *Making Science Pay: The Economics of Agricultural R&D Policy*. Washington D.C.: American Enterprise Institute Press.
3. ARTEAGA, E., 2002, *Prácticas de conservación de suelos y aguas validadas por el proyecto JALDA*. Chiquisaca, Bolivia: Proyecto JALDA.
4. BARRERA, V., 2004, *Manejo del Sistema de Producción "Papa-Leche en la Sierra Ecuatoriana; Alternativas Tecnológicas*. Quito, Ecuador: Abya Yala Boletín Técnico No. 112 INIAP-CIP-PROMSA.
5. BARRERA, V., 2005, *Diagnóstico Participativo con enfoque de Genero para la subcuenca hidrográfica de la Subcuenca del Río Chimbo*. Quito, Ecuador: INIAP-SANREM-CRSP.
6. BARRERA, V., 2008, *Diseño de un modelo de evaluación de los proyectos de investigación para el desarrollo: Aplicación a zonas de montaña de extrema pobreza*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
7. BARRERA, V., & ALWANG, J., 2010, *Experiencias en el manejo integrado de los recursos naturales en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador*. Quito, Ecuador: Abya Yala.
8. BARRERA, V., ESCUDERO, L., ALWANG, J., & ANDRADE, R., 2012, Integrated management of natural resources in the Ecuador Highlands. . *Agricultural Sciences Vol. 3, No. 5*, 768-779.
9. BM, 2008, EE UU, Informe económico para Latinoamérica

10. CHELA, E., 2008, *Tesis" Evaluación de la érdida del suelo por erosión hídrica en tres sistemas de producción en la microcuenca de la quebrada chilcapamba cantón Chillanes, provincia de Bolívar"*. Guaranda: INIAP-SANREM-CRSP.
11. DE MARCO, J., & MONTEIRO COELHO, F., 2004, *Sevices performed by the ecosystem: Forest remnants influence agricultural cultures pollination and production*. EE UU: Biodiversity and Conservation 13.
12. DE PAZ, M., DELGADO, J., RAMOS, M., SHAFFER, C., & BARBARICK, K., 2009, Use a New GIS Nitrogen Index assessments tool for evaluation of nitrate leaching across a Mediterranean region. *Journal Hidrology*, 183-194.
13. DELGADO, J., SHAFFER, C., HU, R., LAVADO, J., CUETO-WONG, P., JOOSSE, D., Y OTROS., 2008, An Index approach to assess nitrogen losses to the enviorment. *Ecology Eng* 32, 108-120.
14. DELGADO, J., SHAFFER, C., HU, R., LAVADO, J., CUETO-WONG, P., JOOSSE, X., Y OTROS, 2006, A decade of change in nutrient management: A new nitrogen index. *Journal Soil Water Conservation*, 66A-75A.
15. DÍAZ, J., 2007, *La evaluación en planes y programas de desarrollo: Estado actual y principales tendencias a nivel internacional*. Madrid: Rasgón, S.L.
16. DOUROJEANNI, A., & JOURAVLEV, A., 2001, *Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua: Desafíos que enfrenta la implementación de las recomendaciones contenidas en el capítulo 18 del Programa 21*. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
17. ESCUDERO, L., 2014, New Nitrogen Index for Assessment of Nitrogen Management of Andean Mountain Cropping Systems of Ecuador. *Journal Soil Science*.
18. ESTRADA, R., 1995, *Incidencia de las políticas económicas en la conservación de los recursos naturales de la zona andina*. Quito, Ecuador: Centro Internacional de Investigación para el desarrollo CIDD-Canadá.

19. FIGUEROA-VIRAMONTES, U., DELGADO, J., CUETO-WONG, G., NUÑEZ-HERNANDEZ, D., RETA-SANCHEZ, & BARBARICK, A., 2011, A new nitrogen index to evaluate nitrogen losses in intensive forage systems in México. *Agricultural Ecosyst environment*. 142, 352-364.
20. GALLARDO, G., 2000, *Informe Final Memoria Técnica Programa de Manejo Integrado de Recursos Naturales en Cuencas Hidrográficas y un Plan de Inversiones en el Sector Agropecuario*. Quito, Ecuador: MAG-BID-IICA.
21. GONZÁLEZ, M., 2008, *Tesis "Caracterización socioeconómica y ambiental de los sistemas de producción en la subcuenca del río Chimbo provincia de Bolívar, Ecuador*. Guaranda: INIAP-SANREM-CRSP.
22. GPB, 2004, *Plan Estratégico de Desarrollo Provincial*. Guaranda, Ecuador: Gobierno Provincial de Bolívar.
23. IFPRI, 2007, *"Focus on the World's Poorest and Hungry People" (Atención prioritaria a las personas más pobres del mundo y a quienes padecen de hambre)*.
24. INEC, 2013, *Censo de población y Vivienda*. Quito, Ecuador: CPV 2010.
25. LACKI, P., 2003, *Desarrollo Agropecuario: De la dependencia al protagonismo del agricultor* (Cuarta ed.). Quito: Serie Desarrollo Rural No. 9.
26. MARTINEZ, A., GONZÁLEZ, E., & HOLGADO, A., 2001, *Situación Actual de la Agricultura de Conservación*. Madrid: Revista Agropecuaria. Madrid-España. Ed. Agrícola Española. N° 831: 660.
27. MONAR, C., SAAVEDRA, A., ESCUDERO, L., DELGADO, J., ALWANG, J., BARRERA, V., Y OTROS, 2013, Positive impacts in soil and water conservation in an Andean region of South America: Case scenarios from a US Agency for International Development Multidisciplinary Cooperative Project. *Journal Soil Water Conservation*.
28. ONU., 2006, *The Millennium Development Goals Report*. EE UU: Naciones Unidas.

29. PATTON, M., 1999, *Utilization-Focused Evaluation in Africa. Training sessions delivered to the inaugural conference on the African Evaluation Association*. Nairobi: Edited by Prudence Nkinda Chaiban and Mhesh Patel.
30. RAVAILLON, M., 2007, *New Evidence on the Urbanisation of Global poverty ( Nuevas pruebas sobre la urbanización de la pobreza mundial)*. Washington, D.C: Banco Mundial.
31. SAMUELSON, D., 2001, *Macroeconomía con aplicaciones a México*. Mexico: Mc Graw Hill Mexico.
32. SCHERR, S., & MCNEELY, J., 2004, "*Reconciling Agriculture and Wild Biodiversity Conservation: Policy and Research Challenges*". In: *Conservation and Sustainable Use of Agricultural Biodiversity*. EE UU: Sourcebook, Ed. C.
33. SHAFFER, M., & DELGADO, J., 2002, Essentials of a national nitrate leaching index assessments tool. *Journal Soil Water Conservation*, 327-335.
34. SIERRA, R., 2001, *Integración social y equidad en la perspectiva del desarrollo humano sostenible*. Tegigalpa, Honduras: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
35. WALKER, T., & CRISSMAN, C., 1996, *Estudio de casos del impacto económico de la tecnología relacionada con el CIP*. Lima, Perú: CIP.

## ANEXOS

### ANEXO A: AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN EL SISTEMA MAÍZ DURO- FREJOL ARBUSTIVO MICROCUENCA DEL RIO ALUMBRE, ECUADOR 2006 2025.

1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00			17.00	18.00	19.00	20.00	21.00		
			Cambio de Rendimiento por Hectaria	Cambio de Rendimiento por Hectaria	Cambio de costo por Hectaria	Cambio de costo por Hectaria	Cambio Neto	Prob. de Exito	Tasa de Adop.	K	Z	MAÍZ DURO	FREJOL	CEE	Costo de Investi.	Beneficios Netos	VPN	TIR		
Año	e	n	Hectaria	Tonelada	Hectaria	Tonelada	Neto	Exito	Adop.			Precio	Cantidad	Precio	Cantidad	Investi.	Netos	VPN	TIR	
2006.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.00	0.00	0.00	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	0.00	68297.90	-68297.90	3469456.64	0.32
2007.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.00	0.00	0.00	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	0.00	78426.70	-78426.70		
2008.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.00	0.00	0.00	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	0.00	56417.10	-56417.10		
2009.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.00	0.00	0.00	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	0.00	39398.80	-39398.80		
2010.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.00	0.00	0.00	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	0.00	43907.80	-43907.80		
2011.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.01	0.00	0.00	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	25127.01	27999.80	-2872.79		
2012.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.01	0.00	0.00	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	50293.67	35799.70	14493.97		
2013.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.03	0.01	0.01	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	97136.92	35379.30	61757.62		
2014.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.03	0.01	0.01	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	115189.97	52660.00	62529.97		
2015.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.04	0.01	0.01	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	140498.21	0.00	140498.21		
2016.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.08	0.03	0.02	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	278577.57	0.00	278577.57		
2017.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.11	0.04	0.02	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	414145.84	0.00	414145.84		
2018.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.15	0.05	0.03	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	550821.72	0.00	550821.72		
2019.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.19	0.06	0.04	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	692344.47	0.00	692344.47		
2020.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.23	0.08	0.05	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	831265.51	0.00	831265.51		
2021.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.26	0.09	0.05	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	971294.16	0.00	971294.16		
2022.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.40	0.14	0.08	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	1499421.90	0.00	1499421.90		
2023.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.42	0.14	0.09	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	1577791.07	0.00	1577791.07		
2024.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.45	0.15	0.09	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	1695951.63	0.00	1695951.63		
2025.00	0.66	0.45	0.40	0.61	0.37	0.26	0.34	1.00	0.45	0.15	0.09	1886.00	4695.00	2126.70	771.00	1695951.63	0.00	1695951.63		



## ANEXO C: ANÁLISIS DE SUELO INICIAL DE LAS INVESTIGACIONES DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y MANEJO INTEGRADO DE PLANGAS EN LA MICROCUENCA DEL RIO ALUMBRE, ECUADOR 2014

T1= LABRANZA MINIMA, CON REMOCIÓN; Pasto natural SF, fréjol arbustivo con fertilización; pasto natural SF, maíz duro con fertilización; pasto natural SF, fréjol arbustivo con fertilización  
T2= LABRANZA CERO SIN REMOCIÓN; Pasto natural SF, fréjol arbustivo con fertilización; pasto natural SF, maíz duro con fertilización; pasto natural SF, fréjol arbustivo con fertilización  
T3= LABRANZA CERO CON REMOCIÓN; Avena vicia con fertilización, fréjol arbutivo sin fertilización, avena vicia sin fertilización; maíz duro sin fertilización, avena vicia sin fertilización, fréjol arbustivo sin fertilización  
T4= LABRANZA CERO SIN REMOCIÓN; Avena vicia con fertilización, fréjol arbutivo sin fertilización, avena vicia sin fertilización; maíz duro sin fertilización, avena vicia sin fertilización, fréjol arbustivo sin fertilización

**ANÁLISIS INICIAL**

Repeticiones	Tratamientos	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub> *	NPM	NH <sub>4</sub> *	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B	pH	MO	Humedad %	Textura	Densidad aparente	% de humedad		
		ppm			ppm			meq/100ml					ppm								Hg	Hv	
1	1	10.7	13.0	51.3	55.0	11.0	3.2	1.00	11.5	2.6	1.0	16.2	176.0	10.0	0.30	5.87	9.5	31.4	Franco-limoso	0.81	56.1	45.6	
1	2	11.9	10.9	73.0	67.0	12.0	4.3	0.82	13.8	2.8	1.8	13.0	216.0	12.7	0.20	5.98	9.3	31.0		0.92	58.8	54.1	
1	3	18.0	10.9	41.5	55.0	11.0	3.0	1.00	10.1	2.3	0.9	15.1	151.0	8.5	0.20	5.89	8.7	31.2		0.88	54.4	47.7	
1	4	17.1	16.5	117.3	62.0	14.0	7.1	1.30	12.6	2.7	1.4	12.7	159.0	9.9	0.20	6.10	9.1	32.9		0.86	58.6	50.6	
2	1	17.2	13.2	95.3	63.0	11.0	3.5	0.83	10.3	2.0	1.4	10.6	211.0	7.8	0.20	5.89	11.5	35.0	Franco-limoso	0.72	68.2	49.1	
2	2	11.1	15.7	113.9	48.0	8.4	3.8	0.55	9.7	1.8	0.9	10.7	114.0	4.8	0.20	5.87	11.7	36.2		0.66	75.8	50.2	
2	3	17.8	12.8	48.2	63.0	9.8	3.9	0.60	9.3	1.8	1.2	12.1	180.0	5.1	0.20	5.92	11.9	35.6		0.74	72.1	53.1	
2	4	14.8	12.3	68.2	51.0	9.0	4.1	0.56	9.9	2.2	1.2	11.0	114.0	3.3	0.30	5.96	11.3	36.3		0.58	88.5	51.0	
3	1	27.3	14.1	86.1	67.0	11.0	4.3	0.26	12.3	1.5	0.8	7.1	205.0	5.3	0.30	5.87	12.4	34.2	Franco-limoso	0.86	54.0	46.3	
3	2	27.6	14.2	49.3	55.0	16.0	6.2	0.33	13.1	1.6	4.0	4.9	196.0	3.9	0.20	5.91	12.4	37.1		0.71	50.8	36.1	
3	3	81.3	16.8	90.1	56.0	12.0	6.3	0.36	14.7	1.6	2.8	5.8	154.0	3.9	0.40	5.82	13.4	36.3		0.82	61.4	50.6	
3	4	67.0	15.7	40.6	57.0	10.0	5.6	0.31	13.3	1.5	1.2	7.0	160.0	5.4	0.20	5.94	13.6	36.3		0.87	53.7	46.6	
PROMEDIO		T1	18.39	13.44	77.53	61.67	11.00	3.67	0.70	11.37	2.03	1.07	11.30	197.33	7.70	0.27	5.88	11.13	33.53	FRANCO LIMOSO	0.80	59.46	47.03
TRATAMIENTO		T2	16.86	13.58	78.70	56.67	12.13	4.77	0.57	12.20	2.07	2.23	9.53	175.33	7.13	0.20	5.92	11.13	34.76		0.76	61.81	46.78
PARA N-INDE		T3	39.02	13.50	59.95	58.00	10.93	4.40	0.65	11.37	1.90	1.63	11.00	161.67	5.83	0.27	5.88	11.33	34.39		0.81	62.65	50.45
		T4	32.94	14.84	75.37	56.67	11.00	5.60	0.72	11.93	2.13	1.27	10.23	144.33	6.20	0.23	6.00	11.33	35.16		0.77	66.95	49.42

\*Extracción KCl 2M      \*Extracción Olsen

NT= nitrógeno total  
COT= carbono orgánico total  
N-NO<sub>3</sub> = nitrógeno nítrico  
N-NH<sub>4</sub> = nitrógeno amoniacal  
NPM= nitrógeno potencialmente mineralizable (Incubación aeróbica)  
NPM<sub>SN</sub>= nitrógeno potencialmente mineralizable (Illinois soil nitrogen test)  
MOP= materia orgánica particulada  
CIC= capacidad de intercambio catiónico  
MO= materia orgánica

**ANEXO D: ANÁLISIS DE SUELO INICIAL DE LAS INVESTIGACIONES DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y MANEJO  
INTEGRADO DE PLANGAS EN LA MICROCUENCA DEL RIO ALUMBRE, ECUADOR 2014**

ANÁLISIS DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES DE SUELOS																		
T1= LABRANZA MINIMA, CON REMOCIÓN; Pasto natural SF, fréjol arbustivo con fertilización; pasto natural SF, maíz duro con fertilización; pasto natural SF; fréjol arbustivo con fertilización																		
T2= LABRANZA CERO SIN REMOCIÓN; Pasto natural SF, fréjol arbustivo con fertilización; pasto natural SF, maíz duro con fertilización; pasto natural SF; fréjol arbustivo con fertilización																		
T3= LABRANZA CERO CON REMOCIÓN; Avena vicia con fertilización, fréjol arbutivo sin fertilización, avena vicia sin fertilización; maíz duro sin fertilización, avena vicia sin fertilización, fréjol arbustivo sin fertilización																		
T4= LABRANZA CERO SIN REMOCIÓN; Avena vicia con fertilización, fréjol arbutivo sin fertilización, avena vicia sin fertilización; maíz duro sin fertilización, avena vicia sin fertilización, fréjol arbustivo sin fertilización																		
Repeticiones	Tratamientos	oct-12			pH	NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B	MO	DA
		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NPM														
		ppm																
1	1	21.5	19.9	19.8	5.92	34.00	8.50	3.00	1.07	9.70	2.20	1.80	18.50	284.00	6.90	0.40	9.00	0.80
1	2	25.2	31.4	12.9	6.08	40.00	12.00	6.40	0.87	12.70	2.60	3.10	16.30	323.00	7.70	0.40	9.50	0.76
1	3	24.8	28.5	6.9	5.79	29.00	10.00	2.40	1.10	8.60	1.90	1.30	19.20	286.00	6.60	0.40	8.10	0.81
1	4	31.8	43.6	5.0	5.94	35.00	9.50	3.70	0.93	10.00	1.80	1.80	14.90	267.00	4.40	0.40	9.40	0.77
2	1	27.1	50.8	0.5	5.95	36.00	7.50	3.60	0.74	9.20	1.50	2.60	13.70	322.00	5.20	0.40	10.00	
2	2	22.7	27.2	3.5	5.91	33.00	1.30	2.40	0.58	9.30	1.80	1.60	14.90	190.00	3.20	0.20	10.90	
2	3	26.8	26.7	6.5	5.94	31.00	7.30	4.80	0.57	9.00	1.70	2.10	13.90	253.00	4.60	0.40	10.50	
2	4	27.3	45.1	3.2	5.89	20.00	5.30	3.30	0.46	8.00	1.50	1.50	13.60	168.00	2.70	0.60	11.30	
3	1	26.2	32.9	12.2	5.84	33.00	10.00	4.60	0.19	9.50	1.00	1.30	8.60	295.00	6.80	0.30	11.50	
3	2	27.2	38.5	1.0	5.94	26.00	9.80	5.00	0.19	12.30	1.10	5.50	5.60	260.00	3.80	0.30	13.20	
3	3	27.9	18.6	7.3	6.16	21.00	10.00	7.30	0.15	12.70	1.20	3.70	5.50	228.00	3.10	0.50	13.90	
3	4	31.3	34.1	37.2	6.07	21.00	11.00	5.10	0.19	12.10	1.20	1.50	6.80	261.00	5.20	0.40	12.30	
PROMEDIO	T1	24.92	34.55	10.81	5.90	34.33	8.67	3.73	0.67	9.47	1.57	1.90	13.60	300.33	6.30	0.37	10.17	
TRATAMIENTOS PARA INDICE	T2	25.03	32.37	5.78	5.98	33.00	7.70	4.60	0.55	11.43	1.83	3.40	12.27	257.67	4.90	0.30	11.20	
	T3	26.49	24.59	6.91	5.96	27.00	9.10	4.83	0.61	10.10	1.60	2.37	12.87	255.67	4.77	0.43	10.83	
NITROGENO	T4	30.14	40.90	15.15	5.97	25.33	8.60	4.03	0.53	10.03	1.50	1.60	11.77	232.00	4.10	0.47	11.00	

**ANEXO E: REPORTE DE EVALUACIÓN AMBIENTAL UTILIZANDO EL  
ÍNDICE DE NITRÓGENO EN LA MICROCUENCA DEL RIO ALUMBRE,  
ECUADOR 2014.**



**SOIL PLANT  
NUTRIENT RESEARCH**  
8700 Course Ave, Box 8, Suite 100, Fort Collins, CO 80506



## **Ecuador Nitrogen Index 4.4.2**

### **Reporte de calculo detallado**

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos  
Investigacion, Educacion y Economia  
Servicio de Investigacion Agricola

---

#### **Informacion Basica**

LUIS ESCUDERO

12/23/2014

BOLA DE ORO - TESTIGO ANTES PROJECT

---

#### **Evaluacion del Riesgo**

Sistema de N Total (kg N / ha y): 216

Volatilizacion de Amoniac (kg N / ha y): 0

Desnitrificacion (kg N / ha y): 2

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 45

Indice de Lixiviacion (milímetros): 199.1

Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 71

Nitrato Residual (kg N / ha y): 96

Eficiencia del Sistema (%): 21

Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 4.7

---

#### **Evaluacion economica**

Volatilizacion de Amoniac(\$ / ha y (Pérdida)): 0

Desnitrificacion(\$ / ha y (Pérdida)): 1.28

Nitrogeno Total Lixiviado(\$ / ha y (Pérdida)): 53.98

Nitrato Residual(\$ / ha y (Pérdida)): 73.14

---

#### **Clases o Categorías**

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		14			
Transporte Superficial		8			
Calidad Atmosferico	4				
Sostenibilidad	48				
<b>Total</b>		<b>26</b>			

Dr. Jorge A. Delgado  
Telefono: 970-492-7260  
Email:  
Jorge.Delgado@ars.usda.gov

Para preguntas:  
Carlos Monar  
Universidad Estatal de  
Bolivar  
Email: cmonar20@yahoo.es

Luis Escudero  
INIAP  
Email:  
escuderoLuis2005@yahoo.com