

# Gestión integrada de recursos naturales en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador

V.H. Barrera, E.DP. Cruz & L.O. Escudero

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Quito, Pichincha, Ecuador

J.R. Alwang

Universidad de Virginia Tech, Blacksburg, Virginia, Estados Unidos

C.M. Monar

Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Bolívar, Ecuador

## Resumen

Como ocurre en varias zonas rurales en los países en desarrollo, las poblaciones de la zona Andina del Ecuador 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. Para hacer más grave la situación, los altos índices de pobreza van aparejados con la degradación de los recursos naturales frágiles, la desnutrición infantil, la inequidad social y de género, lo que conduce a una espiral de subdesarrollo. Las comunidades localizadas en estas áreas producen variados alimentos; sin embargo, las actividades productivas generan fuertes impactos en el ambiente como la degradación del recurso suelo, afectación de la calidad y reducción de la cantidad de agua, deforestación y pérdida de la biodiversidad. Este artículo resume y describe un proceso de manejo adaptativo aplicado a la gestión integrada de cuencas que contribuye al desarrollo sostenible de las poblaciones asentadas en la subcuenca del río Chimbo. El proceso inicia desde la generación de estudios técnico-científicos sobre el estado de los recursos suelo, agua y biodiversidad en la subcuenca, para luego diseñar un plan de modificaciones de los sistemas productivos mediante la incorporación de prácticas de manejo amigables con el ambiente. Además, se analizan los desafíos del enfoque de cuencas, se discute sobre el marco conceptual, la estrategia empírica y al final se presentan los resultados que muestran cómo las implementaciones de las mejores prácticas para el manejo de los recursos naturales y las alternativas de sustento, contribuyen a reducir la vulnerabilidad física y ambiental y al mejoramiento del bienestar de las familias productoras localizadas en la subcuenca.

**Palabras claves:** *capital natural, microcuenca, sistemas, medios de vida, aprendizaje social, gestión integrada de cuencas.*

## Abstract

As is typical of many rural areas in developing countries, the Andean region of Ecuador is characterized by extreme poverty, owing to the low productivity of agriculture systems, limited human skills in business management and implementation of production technologies as well as lack of access to product, input, and capital markets. Worsening the situation, high poverty indices occur in conjunction with the degradation of natural resources, infant malnutrition, social inequity, and a downward development spiral. Local communities in these areas produce various food crops, however, these production activities degrade soil and water resources and contribute to deforestation and loss of biodiversity. This article summarizes and describes a process of adaptive management applied to integrated watershed management which contributes to sustainable development of the population located in the subwatershed of the Chimbo River. The process begins with technical studies of the state of soil resources, water, and biodiversity in the subwatershed with the intent of designing a plan to modify production systems by incorporating more environmentally friendly practices. Challenges for watershed management are described. The conceptual framework, empirical strategy, and final results are presented which show how implementation of better practices for natural resource management and food production contribute to reducing environmental vulnerability and improvement in the welfare of local farm families in the watershed.

**Key words:** *natural capital, microwatershed, systems, means of production, social learning, integrated watershed management*

## 1 INTRODUCCIÓN

Como ocurre en muchas otras zonas rurales en los países en desarrollo, las poblaciones de la zona Andina del Ecuador (489,520 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 *et al.* 2004). 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, la inequidad social y de género, lo que conduce a una espiral de subdesarrollo. Las comunidades localizadas en estas áreas producen variados alimentos; sin embargo, las actividades productivas generan fuertes impactos sobre el ambiente, traducidos en la degradación del recurso suelo, la afectación de la calidad del agua y la reducción de caudales, deforestación y pérdida de la biodiversidad, entre otras (Gallardo 2000).

La subcuenca del río Chimbo, localizada en el occidente de los Andes no escapa a esta realidad y presenta condiciones socio-económicas y ambientales que ponen en serio riesgo los recursos naturales existentes y las condiciones de vida de las personas que la habitan (Barrera *et al.* 2008). Basta decir que el 77% de la población es pobre por necesidades básicas insatisfechas, uno de los porcentajes más altos en Ecuador (INEC 2002). En términos de recursos naturales, esta subcuenca aporta entre un 30 y 40% del total de caudal del río Guayas (36,572 m<sup>3</sup> / año), principal sistema hidrográfico de la costa ecuatoriana, el mismo que en los últimos años se ha visto afectado en términos de cantidad y calidad, debido al alto flujo erosivo que origina un alto nivel de sedimentación -8,000,000 de toneladas métricas anuales- y turbidez del agua (GPB 2004). La reducción del caudal hídrico del río Guayas se debe a los grandes procesos de deforestación y ampliación de la frontera agropecuaria que se produce en las zonas frágiles y generadoras de agua como los páramos y las cejas de montaña, además de la mala administración y uso inadecuado de los recursos naturales (Gallardo 2000, Barrera *et al.* 2008).

La *Gestión Integrada de Cuencas*, enfoque que promueve el uso apropiado de los recursos naturales buscando un equilibrio entre crecimiento económico, equidad, sostenibilidad integral y el mejoramiento de la calidad de vida de la población, es un tema de trascendental importancia, considerando que el agua es un recurso estratégico para todos los países del mundo. Por esta razón, las Naciones Unidas declaró al año 2002 como el Año Internacional de las Montañas y al 2003 como el Año Internacional del Agua Dulce, en reconocimiento a la importancia de ese recurso vital para la humanidad. El enfoque de gestión de cuencas en los años 70, ha evolucionado a otros niveles que prioriza la protección de recursos naturales, la mitigación del efecto de fenómenos naturales extremos, el control de la erosión, el control de la contaminación, la conservación de suelos, la rehabilitación y recuperación de zonas degradadas, entre otros (Dourojeanni & Jouravlev 2001). La evolución de este enfoque es producto de las buenas y malas experiencias en la aplicación de los modelos de gestión de cuencas, documentadas en extensa bibliografía.

Cuatro argumentos positivos de la Gestión Integrada de Cuencas orientaron el programa para la gestión de la subcuenca del río Chimbo, entre ellos están: 1) que bajo ciertas condiciones de intensificación de la agricultura con la aplicación de actividades de manejo y conservación de los recursos naturales la producción puede ser un proceso sostenible (Scherr & McNeely 2004); 2) las prácticas agrícolas sustentables y otras formas de manejo de recursos naturales contribuye a la preservación de la biodiversidad (Scherr & Downward 2000); 3) que 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); y 4) que existen evidencias científicas y técnicas que demuestran que los productores agrícolas pobres están interesados en adoptar tecnologías amigables con el ambiente porque han entendido que el bienestar de sus familias depende del buen estado de sus recursos naturales (Scherr & Downward 2000).

Estos argumentos, sumados a las experiencias generadas y reportadas por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) durante 15 años de gestión en la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i) en campo de agricultores (Barrera *et al.* 2004), conjuntamente con alianzas estratégicas nacionales e internacionales, han impulsado la gestión de la subcuenca del río Chimbo, orientada al manejo y conservación de los recursos naturales para agricultura de pequeña escala, con equidad ambiental, social y de género, utilizando como base metodológica y conceptual la *Gestión Integrada de Cuencas*, consolidada a través de los Enfoques de *Medios de Vida*, *Investigación en Sistemas*, *Aprendizaje Social* y *Manejo Adaptativo*, con el propósito de aportar soluciones integrales a diferentes problemas dentro de la subcuenca y contribuir a su mejoramiento en términos sociales, económicos y ambientales.

Para ello, se estableció una alianza estratégica internacional entre las Universidades de Virginia Tech, Penn State y Denver de Estados Unidos y actores e instituciones del Ecuador como el INIAP, la Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos (ECOCIENCIA), el Sistema de Información Geográfica Agropecuaria (SIGAGRO), la Universidad Estatal de Bolívar (UEB), el Gobierno Provincial de Bolívar (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 del gobierno nacional del Ecuador, a través de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), para ejecutar el programa “Manejo integrado de los recursos naturales para agricultura de pequeña escala con base en el enfoque de Gestión de Cuencas: El caso de la subcuenca del río Chimbo”.

La hipótesis en este programa de I+D+i se basa en que las alternativas de manejo de los recursos naturales amigables con el ambiente, generadas en el contexto de la gestión integrada del capital natural para agricultura de pequeña escala, con equidad ambiental, social y de género, contribuyen al mejoramiento de las condiciones socio-económicas de las familias campesinas y las condiciones ambientales de la subcuenca del río Chimbo.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Descripción del área en estudio

La subcuenca del río Chimbo tiene una extensión aproximada de 3.635 km<sup>2</sup> (Fig. 1) y comprende parte de los territorios de dos provincias de la región alto-andina de Ecuador (Bolívar y Chimborazo). Dentro de esta subcuenca, las actividades del programa se desarrollan en dos microcuencas: Illangama y Alumbre. La microcuenca del río Illangama tiene una superficie de 130.66 km<sup>2</sup> y se extiende desde la latitud 1°23'55.30"S hasta 1°34'4.80"S y desde la longitud 78°50'39.38"W hasta 78°58'29.52"W; en cambio, la microcuenca del río Alumbre tiene una superficie de 65.40 km<sup>2</sup> y se extiende desde la latitud 1°54'29.14"S hasta 2°1'36.90"S y desde la longitud 79°0'22.20"W hasta 79°6'4.41"W (SIGAGRO 2008).

De acuerdo al sistema de Holdridge (Cañadas, 1985), en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre se distinguen cuatro zonas de vida: Pre montano, Montano bajo, Montano y Subalpino. La microcuenca del río Illangama se sitúa entre las altitudes 2800 y 4500 m; la mayor actividad agrícola de esta microcuenca se encuentra entre las altitudes 2800 y 3600 m. En la microcuenca del río Alumbre las altitudes oscilan entre los 2000 y 2800 m y la actividad agropecuaria se desarrolla a lo largo de esta franja altitudinal (INIAP 2008).

La población de la subcuenca es altamente dependiente de los beneficios que genera la agricultura, con poca tenencia de la tierra, baja productividad y degradación ambiental asociadas con la prevalencia más alta de pobreza en Ecuador. Dada la importancia del río Chimbo y de la interconexión de actividades económicas, el Gobierno de la Provincia de Bolívar expresó su interés en un enfoque de gestión de cuencas para la planificación del uso de la tierra.

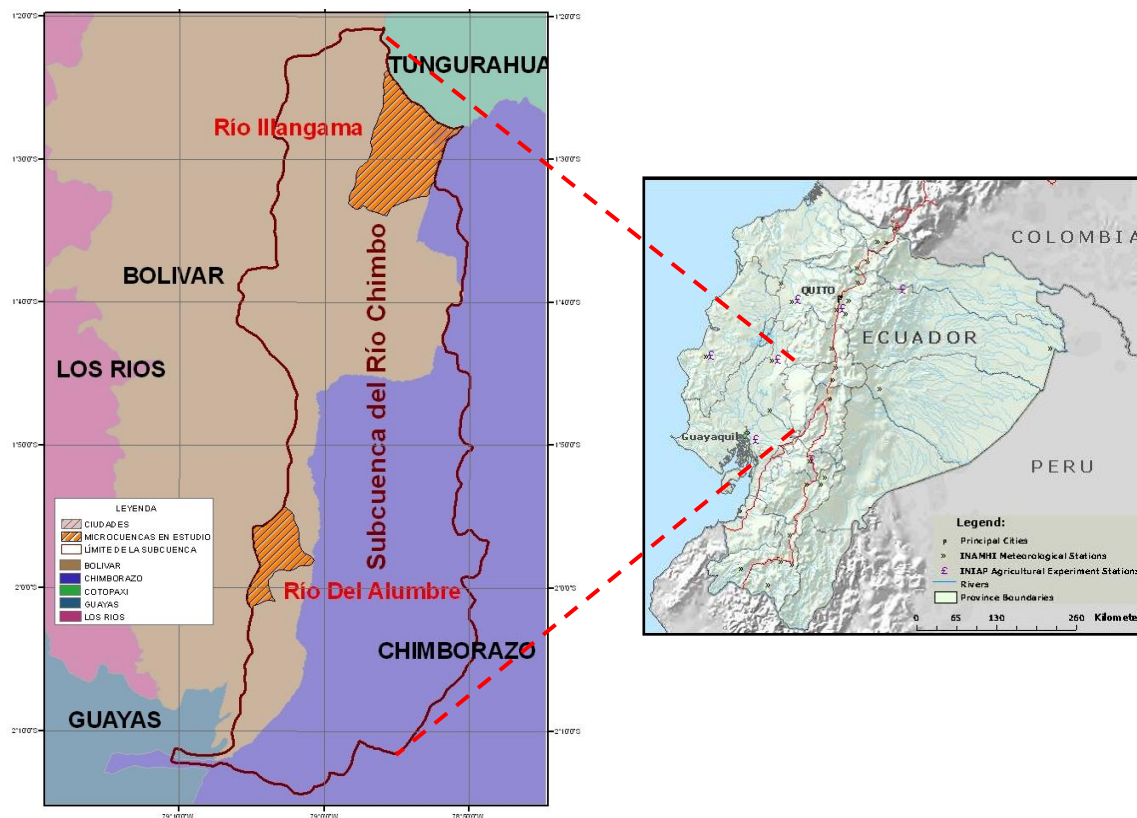


Figura 1. Localización de las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2009.

En el siguiente Tabla se presentan las condiciones agroecológicas y las principales actividades productivas que se desarrollan en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre.

Tabla 1. Descripción de algunas características de las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre. Subcuenca del río Chimbo, Ecuador-2009.

Condiciones agro-ecológicas	Principales actividades productivas
<p><i>Microcuenca del río Illangama</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Región: Páramo y meseta andina.</li> <li>• Zona de vida: Subalpino o Boreal, Montano, Montano Bajo y Zona Templada Fría.</li> <li>• Temperatura promedio °C.: 7 – 13.</li> <li>• Altitud m: 2800 – 5000.</li> <li>• Nubosidad: Baja – Media.</li> <li>• Precipitación anual: 500 – 1300 mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultura -papa, pasto, quinua, haba, trigo, cebada.</li> <li>• Producción agropecuaria -bovinos, cerdos, cuyes, ovejas.</li> <li>• Turismo, producción artesanal y comercio en pequeña escala -mercado de quesos- y elaboración de artesanías.</li> </ul>
<p><i>Microcuenca del río Alumbre</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Región: Meseta andina y subtrópico.</li> <li>• Zona de vida: Montano Bajo y Pre Montano.</li> <li>• Temperatura promedio °C.: 15 – 19.</li> <li>• Altitud m: 2000 – 2800.</li> <li>• Nubosidad: Baja – Media.</li> <li>• Precipitación anual: 750 – 1400 mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultura -maíz, fréjol, arveja, lenteja, mora, tomate de árbol, tomate riñón.</li> <li>• Producción ganadera -bovinos, aves, caballos, cerdos.</li> <li>• Actividades agroindustriales -incluye plantas medicinales, producción de cacao y café orgánico.</li> <li>• Turismo, comercio en pequeña escala y elaboración de artesanías.</li> </ul>

Fuente: Programa INIAP-SANREM CRSP-SENACYT, 2009.

## 2.2 Los enfoques del programa

Para la implementación del modelo de *Gestión Integrada de la Subcuenca* (Fig. 2), se tomaron en consideración enfoques que han demostrado contribuir en la reducción de la pobreza, garantizar la seguridad alimentaria y promover el manejo de los recursos naturales, estos enfoques son: *Medios de Vida*, *Investigación en Sistemas* y *Aprendizaje Social* y *Manejo Adaptativo*, los cuales sustentan el enfoque de *Gestión Integrada de Cuencas*.

El enfoque de *Medios de Vida* reconoce cinco grupos de capitales utilizados para diseñar estrategias de vida: humano, social, natural, físico y financiero, los cuales pueden ser usados para focalizar el proceso de desarrollo e influenciar en las estrategias del sustento familiar (Chambers & Conway 1992, DFID 1998). Se debe reconocer que ninguno de esos capitales actuando independientemente, pueden contribuir en él o los procesos de desarrollo. Es necesario, entonces, que todos ellos actúen en una forma coordinada, a través de las diferentes interacciones que entre ellos se presentan, condiciones fundamentadas en el enfoque de *Investigación en Sistemas*. No existe un sistema donde sus componentes estén en desorden u ocupen lugares inadecuados; si ellos no interactúan o no se interrelacionan entre sí o con otros niveles jerárquicos, será difícil entender su integralidad (Hart 1980, León-Velarde & Barrera 2003).

Por otro lado, la identificación de problemas, basado en el análisis humano, social, natural, físico y financiero permite interactuar con las familias desde un inicio y planificar y obtener con ellos las posibles soluciones a sus problemas. Esta estrategia se enmarca en el enfoque de *Aprendizaje Social*, a través de la participación directa de las personas, de manera que les incentive a desarrollarse por sí mismas (Friedmann 1993). La participación activa de la población en la gestión del programa tiene como objetivo internalizar el concepto de *Aprendizaje Social*. El diseñar, implementar, monitorear, evaluar y modificar sobre la marcha, son principios que forman parte del *Manejo Adaptativo* para la generación de conocimiento útil y aplicable en el desarrollo sostenible (Salafsky *et al.* 2001).

## 2.3 Las acciones implementadas

Desde la perspectiva de los enfoques utilizados se han diseñado las acciones para promover la *Gestión Integrada de la Subcuenca*. Este programa se inició con un sondeo, mediante el cual se logró seleccionar a las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre, como áreas de ingerencia, además que se generó información que facilitó el proceso de caracterización de los sistemas de producción prevalentes en las dos microcuencas. Con los datos del sondeo, sumados a información secundaria, se aplicó una encuesta formal a 169 familias de la microcuenca del río Alumbre y 117 del río Illangama. Adicionalmente, se implementó un diagnóstico participativo en cada una de las microcuencas para recopilar información que no fue evidente en el sondeo y la encuesta formal. Las tres técnicas de recopilación de información, permitieron establecer el Estudio de Línea Base (Barrera *et al.* 2006), cuyo objetivo principal era generar información alrededor de las comunidades localizadas en la subcuenca del río Chimbo, que conlleve a identificar claramente las condiciones biofísicas, socio-económicas y ambientales, que potencializan y limitan el desarrollo de las poblaciones de la subcuenca y que fundamenten las acciones relevantes a implementarse.

Dos grandes componentes fueron definidos para propiciar el Plan de Manejo de la Subcuenca, el primero relacionado con la Planificación Participativa de la Subcuenca y el segundo con la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i). En la implementación de las actividades de planificación participativa de la subcuenca, cuatro acciones fueron relevantes: comunicación, coordinación, concertación y cooperación, logradas a través del estableciendo de reuniones de motivación y talleres para informar, definir e implementar acciones. Desde la perspectiva de la I+D+i se puso énfasis en la generación de opciones para el manejo más eficiente y uso sustentable de los recursos naturales, fundamentados en estudios técnicos-científicos como el análisis de la vulnerabilidad física y ambiental a nivel de las microcuencas y dentro de los sistemas de producción piloto del programa y el análisis de la biodiversidad arbórea y arbustiva

en la subcuenca, como un mecanismo para diseñar planes de manejo de las áreas vulnerables. Se puso en marcha el Plan de Manejo de la Subcuenca, iniciándose en sistemas de producción piloto donde se diseñó e implementó planes de modificación de los sistemas productivos con incorporación de alternativas amigables con el ambiente.

### *2.3.1 Estrategias de vida que diferencian a los grupos de hogares*

Para definir los grupos de hogares y las estrategias de vida que los diferencian, se utilizó la información recopilada y sistematizada por el INIAP como parte del programa SANREM CRSP. Esta información es parte de una encuesta estática realizada a 286 hogares durante septiembre y noviembre de 2006 en las microcuencas. La información del estudio fue combinada en los análisis con la opinión de expertos conocedores de las condiciones socioeconómicas y ambientales de las zonas en estudio. Para la identificación de grupos de familias productoras en función de los medios de vida disponibles, se emplearon métodos estadísticos de análisis multivariados. Se inició con la aplicación del Análisis de Conglomerados o Grupos, que a través de análisis de similitud y diferenciación entre individuos se construyen grupos (Aldenderfer & Blashfield 1984). Para este análisis se utilizó el método de Ward (Ward 1963), medido con el intervalo de la Distancia Euclidiana Ajustada (Everitt 1993).

### *2.3.2 Análisis de la vulnerabilidad física y ambiental*

Para cuantificar las áreas vulnerables a procesos de degradación física y ambiental en las dos microcuencas, se utilizó la información generada por SIGAGRO. Se emplearon las coberturas temáticas del uso potencial del suelo, uso actual y el mapa agrológico.

Para realizar el análisis de vulnerabilidad de las áreas productivas dentro de los sistemas de producción piloto se desarrolló un índice de vulnerabilidad física, considerando principalmente seis parámetros: pendiente del terreno, cobertura vegetal, frecuencia de lluvias y precipitación/presencia e intensidad de vientos, época (lluviosa y seca) y la textura del suelo. Estos indicadores seleccionados se establecieron a través del trabajo en grupos focales con técnicos y productores de la zona. El índice adquiere valores entre 0 y 1, el valor 0 señala no vulnerabilidad física evidente y 1 alta vulnerabilidad física. De esta forma, se hizo evidente para los productores el entendimiento de la vulnerabilidad de las áreas productivas de sus fincas. Se realizó un recorrido por todo el sistema de producción con el productor y se le pidió en función de su percepción y considerando los criterios señalados, evaluar el grado de vulnerabilidad de cada parcela. Posteriormente, se georeferenciaron los sistemas, se caracterizó el uso actual del suelo y se elaboraron los mapas de uso actual, que sirvieron como instrumentos para el análisis compartido del estado del capital Natural.

### *2.3.3 Análisis de calidad de agua*

Debido al impacto de las actividades productivas sobre el recurso agua, elemento integrador dentro del enfoque de Gestión Integrada de Cuencas, se desarrolló un estudio sobre la evaluación de la calidad de agua en la subcuenca, a través de la presencia de bioindicadores (macroinvertebrados), parámetros físico-químicos y microbiológicos (Calles 2007). La identificación de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores se realizó mediante visitas de campo en cada microcuenca de estudio entre noviembre de 2006 y julio de 2007 (Calles 2007). La caracterización físico-química se realizó a través de un proceso de muestreo permanente que se viene ejecutando desde el año 2006 hasta la fecha. Los parámetros analizados son, presencia de macroinvertebrados en las fuentes de agua en los sitios de muestreo, concentración de nitratos, fosfatos, sólidos totales, temperatura, pH, conductividad eléctrica, coliformes fecales (unidades formadoras de colonias UFC) y coliformes totales (UFC). Se seleccionaron siete sitios donde se tienen instalados sensores para evaluar el caudal. El muestreo se realizó cada 15 días tomándose un galón de la parte media del cuerpo de agua. Los parámetros pH, conductividad eléctrica y temperatura son evaluados en campo y el resto de indicadores se evaluaron en el laboratorio de aguas y microbiología del Departamento de Ciencias Nucleares de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

### 2.3.4 Análisis de la biodiversidad arbórea y arbustiva

Con el propósito de promover el manejo y conservación de las áreas de alta vulnerabilidad física y ambiental dentro de las microcuencas, se desarrolló una investigación para evaluar la riqueza, densidad y abundancia de especies arbóreas y arbustivas nativas y endémicas en remanentes de bosque y en zonas de recarga hídrica. Se trata de un estudio participativo que se fundamentó además en la percepción local para definir el valor de uso de las especies dentro de las estrategias de sustento de las familias productoras. Con la ayuda de los productores se recorrieron las dos microcuencas, se fotodocumentaron las especies, se colectó material para enviarlo al Herbario Nacional y se procedió a su clasificación taxonómica. También se implementaron transectos de observación permanentes en sitios estratégicos (500 m<sup>2</sup>) para caracterizar a las especies arbóreas y arbustivas en remanentes de bosques y parches de bosque (Cruz 2009).

### 2.3.5 Diseño e implementación de alternativas amigables con el ambiente

El programa seleccionó 13 sistemas de producción considerando se representen cada una de las estrategias de vida caracterizadas. Los sistemas de producción en la microcuenca del río Illangama centran sus actividades en el sistema productivo papa-leche, mientras que en la microcuenca del río Alumbre, el sistema productivo predominante es el sistema maíz-fréjol (Tabla 2, Anexo 1).

Tabla 2. Alternativas amigables con el ambiente implementadas en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2009.

Microcuenca del río Illangama	Microcuenca del río Alumbre
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zanjas de desviación y plantación de pasto milín (<i>Phalaris tuberosa</i>) y especies nativas</li> <li>• Rotación de cultivos: pastura naturalizada - papa (variedades Fripapa y Natividad)- cebada (líneas Shyri 89, Grit 8, Jazmin/ Cardo) - haba (INIAP-440 Quitumbe y INIAP - 441 Serrana), quinua (INIAP pata de venado y Tuncahuán)</li> <li>• Formación de cercas vivas con árboles nativos (yagual, tilo, romerillo, piquil, chachacoma, aliso, higuerón, tilo)</li> <li>• Cultivo de chocho asociado con pasto (INIAP - 450 Andino)</li> <li>• Planificación de siembras de acuerdo a época (seca y lluviosa)</li> <li>• Cultivos en fajas (trigo, cebada) con el uso de variedades mejoradas de INIAP</li> <li>• Formación de pasturas mejoradas con el uso de mezclas forrajeras con rye grass anual (variedades Magnum y Geyser), pasto azul (variedades: Amba y Cara), trébol blanco (variedad: Haifa), rojo (variedad: Amagua), rye grass bianual (variedad Tetralite), rye gras perenne (variedad: Amazon y Kinstong)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivo en fajas (trigo, maíz y fréjol voluble)</li> <li>• Formación de cercas vivas con árboles nativos (nogal, alisos, siete cueros y guarango)</li> <li>• Formación de terrazas y cultivo de hortalizas</li> <li>• Plantación de árboles frutales en curvas de nivel para la formación de barreras vivas (chirimoya, limón, naranja, aguacate y mora)</li> <li>• Desarrollo de cultivos de fréjol y arveja en áreas preparadas a través de labranza reducida</li> <li>• Formación de pasturas mejoradas con el uso de mezclas forrajeras con rye grass anual (variedades Magnum y Geyser), pasto azul (variedades: Amba y Cara), trébol blanco (variedad: Haifa), rojo (variedad: Amagua), rye grass bianual (variedad Tetralite), rye gras perenne (variedad: Amazon y Kinstong)</li> <li>• Rotación de cultivos: maíz duro (INIAP 176) - fréjol voluble (INIAP- 412 Toa, INIAP- 421 Bolívar, INIAP - 426 Canario siete colinas; fréjol arbustivo (INIAP - 427 Libertador rojo moteado, INIAP - 428 Canario guarandeño). Evaluación de germoplasma promisorio de cargamentos volubles y de maíz INIAP- 111 (maíz choclero).</li> <li>• Formación de curvas de nivel y plantación de maralfalfa (<i>Pennisetum sp.</i>)</li> </ul>

Fuente: Programa INIAP-SANREM CRSP-SENACYT, 2009.

A través del proceso de identificación participativa de las áreas de mayor vulnerabilidad -en cuanto a los recursos suelo y agua- se seleccionaron también de manera participativa las mejores



prácticas de manejo (*Best Management Practices* BMP), para el mejoramiento y conservación de esos recursos naturales (Tabla 2).

Se generó un plan de mejoramiento e implementación consensuado para las áreas productivas definidas en cada sistema de producción piloto y el cronograma de implementación; además, se definieron los aportes por parte del productor y el programa. Luego de la negociación e implementación de las actividades planificadas el siguiente paso en el proceso fue evaluar el comportamiento y el tipo de externalidades sobre los sistemas productivos (medios de vida) y su aporte al mejoramiento y conservación del capital Natural.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Estrategias de vida que diferencian a los grupos de hogares

Los resultados de este estudio señalan la presencia de siete estrategias de vida de las familias productoras en la subcuenca del río Chimbo (Andrade 2008, Barrera *et al.* 2008); identificándose cuatro en la microcuenca del río Illangama y tres en la microcuenca del río Alumbre (Tabla 3).

Tabla 3. Estrategias de vida en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2009.

Microcuenca del río Illangama	Microcuenca del río Alumbre
E1. Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca.	E1. Dependiente de la agricultura, ganadería, ingresos por negocios propios e ingresos por trabajo fuera de la finca con salario.
E2. Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por trabajo fuera de la finca con salario.	E2. Dependiente de la agricultura, ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca e ingresos por ayuda social.
E3. Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por negocios propios.	E3. Dependiente de la agricultura, ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca e ingresos por migración.
E4. Dependiente de la agricultura, ingresos por ayuda social e ingresos por migración.	

Fuente: Programa INIAP-SANREM CRSP-SENACYT, 2009.

En el Illangama, la mayoría de hogares basan su sustento en las actividades agrícolas y pecuarias dentro de la finca y en el trabajo agrícola y con salario fuera de ella; en cambio, en el Alumbre el sustento se basa en las actividades agrícolas y en ingresos por actividades diversificadas. Los hogares que manejan como principales actividades a la agricultura y la ganadería poseen una mayor cantidad de recursos naturales y físicos, mientras que los hogares dedicados a actividades no agrícolas tienen, en promedio, más capital humano con habilidades especiales como carpintería, albañilería, etc. Además, necesitan cantidades grandes de capital financiero como inversión inicial; sin embargo, no hay muchas fuentes de financiamiento que otorguen este tipo de crédito en el sector rural. Los hogares con una mayor cantidad de activos naturales y físicos son los que están insertos en los mercados agrícolas y participan muy poco en actividades no agrícolas; sin embargo, los supeditados a actividades no agrícolas alcanzan un bienestar más alto.

#### 3.2 Análisis de la vulnerabilidad física y ambiental

Utilizando las coberturas temáticas de uso potencial del suelo, uso actual y el mapa agrológico de cada microcuenca, se generó un mapa donde se identifican y cuantifican las áreas vulnerables a procesos de degradación física y ambiental en distinto grado. Se estima que alrededor de 3852 ha en la microcuenca del río Illangama y 2275 ha en la microcuenca del río Alumbre son altamente vulnerables y por lo tanto de alta prioridad para iniciar planes de manejo y conservación.

Un aspecto importante que debe considerarse es el conflicto de uso del recurso suelo, debido a que las áreas de alta vulnerabilidad están destinadas a la producción agropecuaria aunque el mapa agrológico las señala como aptas para conservación o con vocación forestal. De esta manera el programa propone el diseño e implementación de sistemas agroforestales y silvopastoriles en combinación con los sistemas productivos locales y para ello emplear especies arbóreas y arbustivas nativas o endémicas con valor de uso para las poblaciones, además de favorecer la protección de las áreas vulnerables y de recarga hídrica.

La información que tiene relación con aspectos de clima y agua se obtuvo a través de un sistema de monitoreo hídrico y meteorológico participativo. Para el monitoreo climático, se seleccionaron siete lugares representativos de los microclimas de cada microcuenca. Es así que se cuenta con una red de siete estaciones automáticas que registran valores de los principales parámetros atmosféricos requeridos para el modelamiento de escenarios a través del sistema Soil and Water Assessment Tools (SWAT). El monitoreo hídrico de las microcuencas se realiza mediante la utilización de sensores de presión, los mismos que requieren de calibración, la cual se realiza con los datos de aforos realizados en los drenajes donde se encuentran los sensores. Los aforos se realizan utilizando tres métodos: velocidad y sección transversal, flotador y sección transversal y dilución de sal. Los agricultores de las microcuencas participan en el proceso investigativo con la observación diaria del nivel del agua en los ríos y mediante la lectura de la altura de agua a través de las regletas instaladas en los sitios seleccionados. Estos datos constituyen un requisito fundamental en el proceso de planificación de la subcuenca como unidad territorial.

### *3.3 Análisis de calidad de agua*

Los resultados del estudio de agua confirman el estado de vulnerabilidad de la subcuenca en cuanto a la calidad del agua para consumo humano y para las actividades productivas pecuarias.

En la microcuenca del río Illangama, al analizar los parámetros físico-químicos entre épocas se observa que no existen diferencias estadísticas, es decir, los niveles de contaminación son similares en las dos épocas. De igual forma a lo que acontece con relación a la concentración de sólidos totales, los niveles de sedimentación son similares en las dos épocas, lo que significa que el proceso de erosión es permanente tanto en la época seca (erosión eólica) como en la época lluviosa (erosión hídrica).

Los resultados de las muestras colectadas en los diferentes sitios de la microcuenca permiten señalar que la presencia de coliformes fecales es un problema para la calidad del agua de los ríos de la zona (Tabla 4). En el 100% de las muestras se detectó presencia de coliformes fecales (*E. coli*) y otro tipo de coliformes. El valor más alto de coliformes fecales se detectó en Paltabamba (1244 UFC) y Quindigua (1075 UFC) y está relacionado con la presencia de piscinas de truchas algunos metros arriba del sitio de colección de la muestra y las aguas servidas de las poblaciones de la zona que se vierten en esta quebrada. Los pobladores de la zona manifestaron que en algunas ocasiones utilizan el agua de esta quebrada para cocinar o la beben directamente. La presencia de coliformes en sitios como Culebrillas se debe a que en los alrededores hay un alto número de ovejas. Estos animales beben el agua directamente de los riachuelos de la zona y contaminan el agua con sus heces.

Considerando los límites máximos permisibles por la legislación ecuatoriana sobre calidad del agua, los resultados por sitios evidencian que en dos lugares (Culebrillas y Quindigua a 2886 m) el nivel de calidad del agua es apto para uso pecuario. En ninguno de los sitios el agua es apta para consumo humano aún con procesos de potabilización (Tabla 4). La presencia de coliformes fecales en los ríos de la zona es una señal de contaminación de los cuerpos hídricos por malas prácticas agropecuarias y de sistemas de saneamiento de aguas servidas.

Tabla 4. Análisis de varianza de indicadores microbiológicos de calidad de agua en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2009.

Microcuenca del río Illangama*			Microcuenca del río Alumbre*		
Sitios de muestreo	UFC <i>E. coli</i> / 100cc	UFC coliformes totales / 100cc	Sitios de muestreo	UFC <i>E. coli</i> / 100cc	UFC coliformes totales / 100cc
Culebrillas (3495m)	550 c	4243 b	Chillanes (2274m)	2240 a	14926 a
Quindigua (2930m)	1075 ab	6793 a	Pacay (2240m)	840 ab	5746 b
Quindigua (2886m)	600 bc	4462 b	Guayabal (2193m)	487 b	4346 b
Paltabamba (2723m)	1244 a	6512 a			
Promedio <sub>g</sub>	867	5503	Promedio <sub>g</sub>	1189	8340
P	0.0136	0.0025	P	0.0155	0.0001

Fuente: Programa INIAP-SANREM CRSP-SENACYT, 2009.

\* De acuerdo a la Ley Secundaria de Ambiente, Ministerio de Ambiente de la República del Ecuador:

Para potabilización: coliformes fecales máximo permisible 600; coliformes totales máximo permisible 3000

Para uso pecuario: coliformes fecales máximo permisible 1000; coliformes totales máximo permisible promedio < 5000

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

En el caso de la microcuenca del río Alumbre los parámetros físico químicos medidos en el campo mantienen valores normales y se encuentran en los límites permisibles de acuerdo a la legislación ecuatoriana. De igual manera, la cantidad de sólidos totales evidencian que el proceso de arrastre de suelo es permanente y mayor en la época invernal si se considera el caudal de los ríos evaluados.

De las muestras colectadas en los diferentes sitios de la microcuenca se encontró que la presencia de coliformes fecales es un problema para la calidad del agua de los ríos de la zona (Tabla 4). En el 100% de las muestras se detectó presencia de coliformes fecales (*E. coli*) y coliformes de otro tipo. El valor más alto de coliformes fecales se detectó en Chillanes (2240 UFC / 100 cc), el cual se debe fundamentalmente a que el sitio de muestreo corresponde a un punto de confluencia de las aguas servidas de la ciudad con el agua procedente de cuerpos de agua. En segundo lugar se encuentra Pacay con alta presencia de *E. coli* debido a la existencia de ganado vacuno y cerdos en las orillas de este río, y a las aguas servidas de los pobladores de la zona que se vierten en esta quebrada que atraviesa este valle donde existen algunos poblados.

Como sucede en la microcuenca del río Illangama, en todos los sitios evaluados en la microcuenca del río Alumbre se superan los máximos permisibles tanto para uso pecuario como para potabilización en el caso de los coliformes totales, y en el caso de los coliformes fecales solo en San José de Guayabal el nivel es inferior a la normativa ecuatoriana (Tabla 4). La presencia de la ciudad de Chillanes, en el centro de esta microcuenca, es un problema de contaminación del río Alumbre en la zona baja, pues las aguas servidas de esta ciudad se vierten sin ningún tratamiento, y de observaciones realizadas en esta zona se determinó la presencia de ganado vacuno en las orillas del río que recibe las aguas servidas de esta población. Los pobladores que viven en las orillas de este río manifiestan que sus animales se enferman, pues en ocasiones consumen el agua de este río con gran carga de aguas servidas.

### 3.4 Análisis de la biodiversidad arbórea y arbustiva

Existen diferencias entre las microcuencas en cuanto a la presencia de familias arbóreas y arbustivas. A nivel de la subcuenca del río Chimbo, en las zonas de recarga hídrica, se han identificado alrededor de 162 especies arbóreas y arbustivas con distintos valores de uso para las poblaciones. En la microcuenca del río Alumbre se localizaron 32 familias que no son comunes a la microcuenca del río Illangama, debido a la diferencia entre las zonas de vida de esta microcuenca. En la microcuenca del río Illangama se identificaron especies de 13 familias que se localizaron solo en esta microcuenca. Especies de 17 familias son comunes a las dos microcuencas. Se identificó mayor riqueza de familias en la microcuenca del río Alumbre.

Las familias arbóreas y arbustivas más representativas en la microcuenca del río Alumbre corresponden a las familias *Solanaceae*, *Asteraceae*, *Lauraceae*, *Piperaceae*, *Euphorbiaceae*, *Melastomataceae* y *Urticaceae*. En cambio, en la microcuenca del río Illangama las familias más representativas corresponden a *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Buddlejaceae* y *Solanaceae* (Tabla 5).

Un aspecto importante de resaltar en cuanto a la riqueza de las especies dentro de los sistemas de producción es que la presencia depende de los distintos valores de uso o aplicaciones dentro de las estrategias de sustento de las familias productoras. Varios son los valores de uso señalados por las familias, pero son diferentes a nivel de las microcuencas. Por ejemplo, en la microcuenca del río Illangama las familias tienen mayor interés por especies que puedan utilizarse para el abastecimiento de forraje para el ganado, abastecimiento de leña, combustible, carbón, abastecimiento de medicina humana y animal, formación de barreras vivas, cercas vivas y muertas, materia prima para abonos, extracción de colorantes y fibras, jaboncillo, provisión de madera, protección de fuentes de agua y protección del suelo, entre otros. En esta microcuenca las personas conocen más sobre la aplicación de las especies arbóreas y arbustivas; en cambio, los pobladores de la microcuenca del río Alumbre, desconocen las aplicaciones de muchas especies, no identifican nombres vulgares y muestran mayor interés y conocimiento por especies para la extracción de madera.

Tabla 5. Familias y especies representativas de árboles y arbustos con valor de uso para las poblaciones en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2009.

<i>Microcuenca del río Illangama</i>		<i>Microcuenca del río Alumbre</i>	
<i>Familias</i>	<i>Especies</i>	<i>Familias</i>	<i>Especies</i>
Asteraceae	<i>Diplostegium floribundum</i> , <i>D. glandulosum</i> , <i>Gynoxis sodiroi</i> , <i>Aristeguietia glutinosa</i> , <i>Barnadesia spinosa</i> , <i>Chuquiragua</i> , <i>Pappobolus imbaburensis</i> , <i>Tagetes caracasana</i>	Solanaceae	<i>S. asperolanatum</i> , <i>S. oblongifolium</i> , <i>S. aphyodendron</i> , <i>Cestrum megalophyllum</i> , <i>C. tomentosum</i> , <i>Cuatresia sp.</i> , <i>S. altissimum</i> , <i>S. umbellatum</i> , <i>S. abitaguense</i> , <i>S. aff. Leptopodium</i>
Lamiaceae	<i>Salvia corrugata</i> , <i>S. fluculosa</i> , <i>Lepechinia bullata</i>	Asteraceae	<i>Critoniopsis sodiroi</i> , <i>Piptocomoa discolor</i> , <i>Vernonanthura patens</i> , <i>Erato sodiroi</i> , <i>Erato polymnioides</i> , <i>Smallanthus fruticosus</i> , <i>Dendrophorbium llórense</i>
Buddlejaceae	<i>Buddleja aff. tucumanensis</i> , <i>B. incanas</i>	Lauraceae	<i>Nectandra</i> , <i>Ocotea floribunda</i> , <i>O. sodiroana</i> , <i>Nectandra acutifolia</i> , <i>Nectandra laurel</i>
Solanaceae	<i>Saracha quitensis</i> , <i>Datura sanguínea</i> , <i>Cestrum peruvianum</i>	Piperaceae	<i>Piper longispicum</i> , <i>P. bogotense</i> , <i>P. barbatum</i> , <i>P. obtusilimum</i>
		Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherima</i> , <i>Alchornea glandulosa</i>
		Melastomataceae	<i>Miconia rivetii</i> , <i>M. theizans</i> , <i>Monochaetum lineatum</i> , <i>M. hatwegianum</i>
		Urticaceae	<i>Myriocarpa sp.</i>
		Solanaceae	<i>S. asperolanatum</i> , <i>S. oblongifolium</i> , <i>S. aphyodendron</i> , <i>Cestrum megalophyllum</i> , <i>C. tomentosum</i> , <i>Cuatresia sp.</i> , <i>S. altissimum</i> , <i>S. umbellatum</i> , <i>S. abitaguense</i> , <i>S. aff. Leptopodium</i>

Fuente: Programa INIAP-SANREM CRSP-SENACYT, 2009.

### 3.5 Diseño e implementación de alternativas amigables con el ambiente

Como se señaló anteriormente, en la actualidad se encuentran incorporadas alternativas amigables con el ambiente en 13 sistemas de producción a nivel de la subcuenca del río Chimbo (Anexo 1), en donde se muestra los beneficios del enfoque de *Gestión Integrada de Cuencas*, tanto en los aspectos socio-económicos como en los ambientales. La pretensión de este artículo es mostrar lo que hasta la fecha se ha conseguido, esperando en el futuro mediático mostrar los resultados definidos conseguidos a nivel del manejo de los recursos naturales como el suelo, agua y biodiversidad. Con el propósito de socializar la experiencia de trabajo de este programa se presentan a continuación algunos de los resultados alcanzados en los sistemas de producción piloto de la microcuenca del río Illangama.

Las propiedades están situadas en un rango altitud entre 3252 y 3781 m y el área promedio de las unidades corresponde a 7.47 ha. En el año 2006, las familias dependían económicamente de la agricultura y ganadería, a través de las cuales alcanzaban beneficios netos de \$ 1021 por año. Los sistemas de producción estaban ocupados con bosque de pino de las especies *Pinus radiata* y *Pinus patula*, pastura natural, pastura mejorada y a la producción de papa (*Solanum tuberosum*) y mashua (*Tropaeolum tuberosum*), principalmente, como en el caso del sistema de producción del Sr. Matías Paguay (Fig. 2).

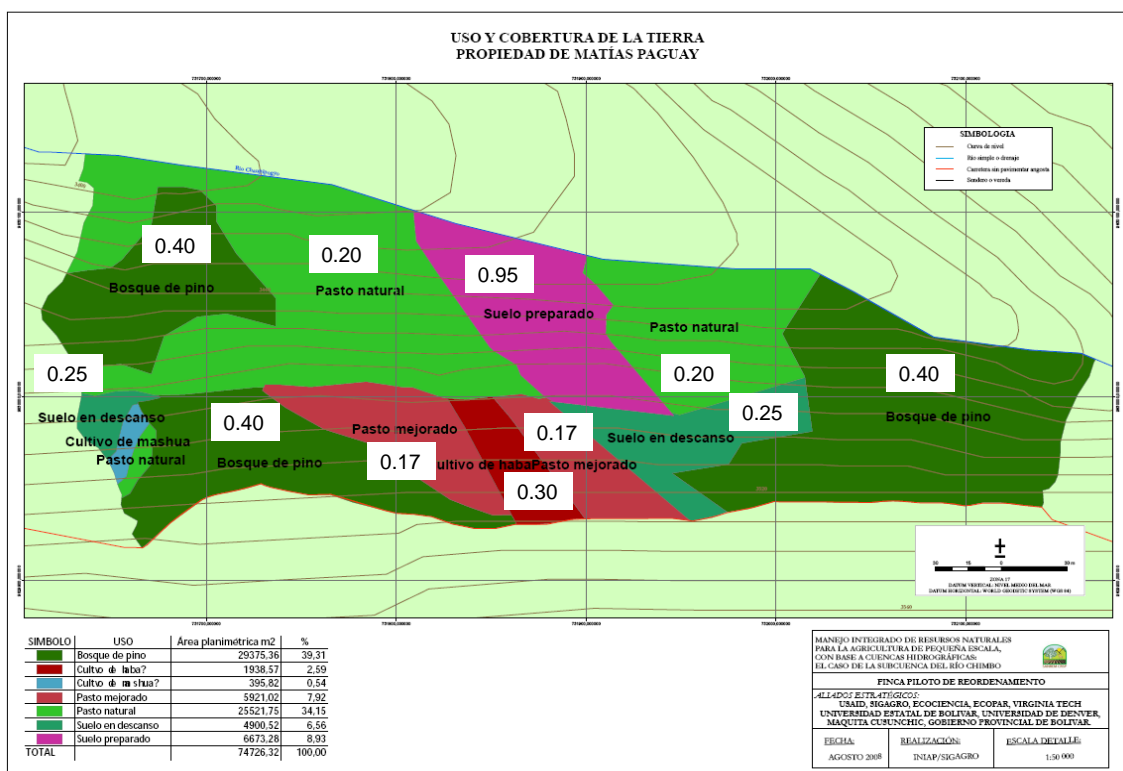


Figura 2. Mapa del uso del suelo en un sistema de producción de la microcuenca del río Illangama. Subcuenca de río Chimbo-Ecuador, 2006.

Las áreas más vulnerables identificadas dentro de las propiedades correspondían a las que se destinaban a la producción agrícola, registrándose índices de vulnerabilidad hasta de 0.95 debido a que la preparación del suelo se realizaba en favor de la pendiente. Se diseñó y aplicó el plan de implementaciones para la producción agrícola y de pasturas tomando en consideración la época de siembra habitual de los productores, es decir la temporada lluviosa, así como también para la implementación de especies arbóreas y arbustivas nativas en las áreas más vulnerables dentro del sistema de producción.

Se utilizaron especies mejoradas de papa (*Solanum tuberosum*), haba (*Vicia faba* L), cebada (*Hordeum vulgare*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y chocho (*Lupinus motabilis*), y la conservación *In Situ* de tubérculos andinos como papas nativas (*Solanum spp*), oca (*Oxalis tuberosa*), melloco (*Ullucus tuberosus*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y zanahoria (*Daucus carota*). Las mezclas forrajeras estaban conformadas por rye grass anual y bianual (*Lolium multiflorum*), rye grass perenne (*Lolium perenne*), pasto azul (*Dactylis glomerata*) y tréboles (blanco - *Trifolium repens* - y rojo - *Trifolium pratense*).

Las principales actividades implementadas para la conservación de los recursos naturales suelo y agua fueron: rotación de cultivos, cultivos en fajas, zanjas de desviación, curvas de nivel, protección de zanjas de desviación, labranzas de conservación, manejo de agua de riego (proceso de implementación del sistema de riego por aspersión en papa y pasturas mejoradas) y protección de fuentes de recarga hídrica. En las zanjas de desviación (cada 10 metros en pendientes sobre el 60%) se utilizaron el pasto milín (*Phalaris tuberosa*) y especies nativas como Quishuar (*Buddleja incana*), Yagual (*Polylepis racemosa*), Chachacoma (*Senecio eriofiton*), Romerillo (*Podocarpus sp.*), Piquil (*Gynoxys sodiroi*), Aliso (*Alnus jorulensis*), Pumamaqui (*Oreopanax ecudoriensis*), Retama aliso (*Spartium junceum*), plantas medicinales como la Chuquirahua (*Chuquirahua lancifolia*) y el Matico (*Aristeguetia glutinosa*) (Fig. 3).

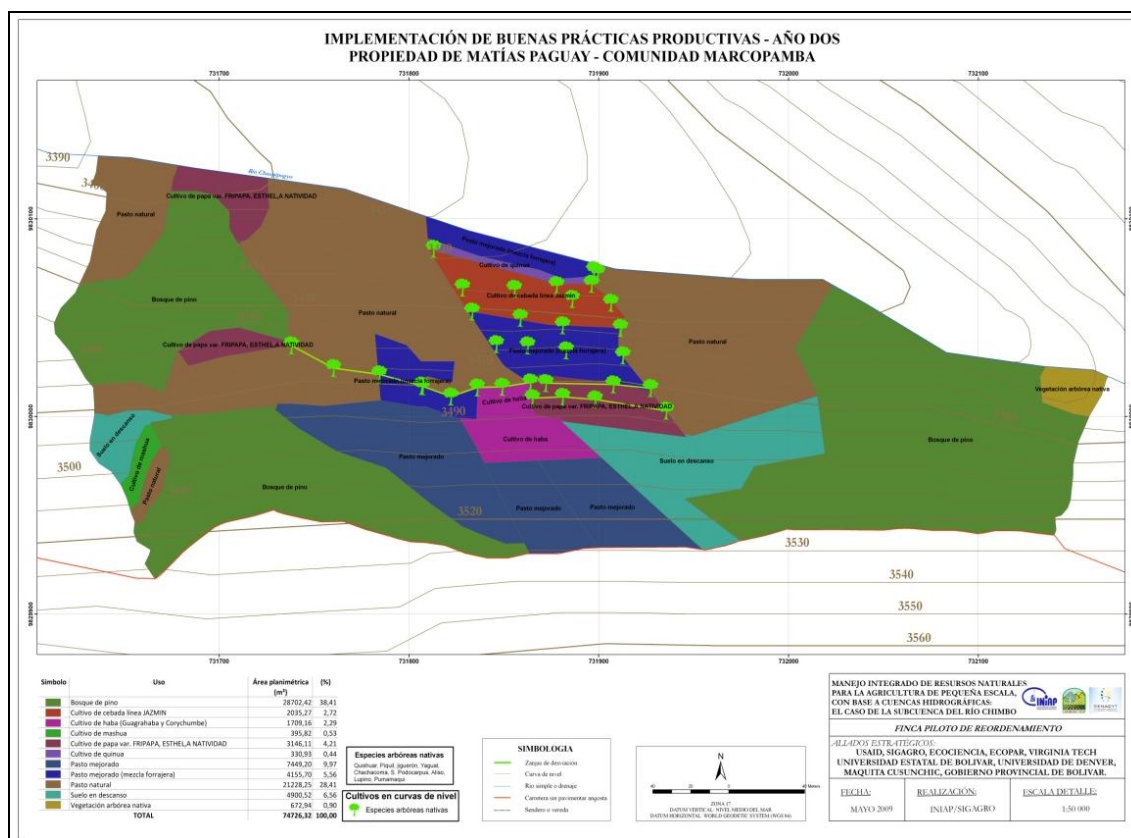


Figura 3. Mejores prácticas de manejo (BMP) en un sistema de producción de la microcuenca del río Illangama. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2009.

En el Tabla 6 se resumen algunos de los resultados preliminares que se han alcanzado dentro de los sistemas de producción de las unidades piloto, donde se implementaron las BMP.

Tabla 6. Resultados preliminares del proceso de implementación de las mejores prácticas de manejo en los sistemas de producción de la microcuenca del río Illangama. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2009.

Denominación	Año 2006	Año 2009
Superficie en cultivos (ha)	0.90	0.90
Superficie en papas (ha)	0.25	0.31
Superficie en pasto natural (ha)	3.04	2.28
Superficie en pasto mejorado (ha)	0.59	1.35
Producción de leche por sistema (l / día)	33	51
Rendimiento de papa (t / ha)	10.80	16.20
Uso de pesticidas en papa (\$ / ha)	396	296
Beneficios netos del sistema (\$ / año)	1021	1378
<b>Seguridad alimentaria:</b>		
Quinua	No existía	INIAP Tunkahuan y Pata de Venado
Cebada	No existía	Shyri y Jazmin
Chocho	No existía	450 Andino
Haba	Erosión genética	Guagrahaba e INIAP 440 y 441
<b>Manejo de recursos naturales:</b>		
Rotación de cultivos	No existía	Cultivos-pastos
Cultivos en fajas	No existía	Pastos y cultivos
Zanjas de desviación	No existía	1372 m lineales
Curvas de nivel	No existía	En cultivos
Protección de zanjas de desviación	No existía	Con pasto milín y plantas nativas como Quishuar, Yagual, Chachacoma, Romerillo, Aliso, Pumamaqui, Lupinus, Piquil
Labranzas de conservación	No existía	En cultivos
Manejo de agua de riego	No existía	Riego por aspersión
Protección de fuentes de recarga hídrica	No existía	Plantas nativas como Quishuar, Yagual, Chachacoma, Romerillo, Aliso, Pumamaqui, Lupinus, Piquil

Fuente: Programa INIAP-SANREM CRSP-SENACYT, 2009.

En términos económicos se puede señalar que hoy en día las familias perciben ingresos netos que ascienden a \$ 1378 al año, que representan un incremento del 35% en comparación a los ingresos netos del año 2006. Este se ha conseguido gracias a los incrementos en superficie y rendimientos que se han producido en los cultivos de papa y pasturas mejoradas. En el caso del cultivo de papa se han conseguido incrementos en el rendimiento de hasta el 50% (en kg / ha), principalmente por el manejo integrado del cultivo, la reducción en el uso de pesticidas que representa una reducción de costos en un 25% (en \$ / ha), el uso de variedades resistentes a lancha (*Phytophthora infestans*), la rotación de cultivos, el uso de semilla de calidad, etc. En el caso de la producción de leche los incrementos se sitúan en el nivel del 55% en l / familia / día, debido al mejoramiento de la cantidad y calidad de las mezclas forrajeras, el tratamiento sanitario y nutricional del hato ganadero.

En términos de la seguridad alimentaria de la población, luego de validar cultivos como la cebada, la quinua, el chocho y el haba, hoy en día las familias utilizan estas especies como parte de su alimentación diaria, en diferentes tipos de preparación que han aprendido a través de los procesos de capacitación que el programa ha impulsado dentro de esta microcuenca.

Entendiendo que el bienestar de las familias productoras en la zona, se sustentan en los servicios ecosistémicos que ofrecen los recursos naturales, agua, suelo y biodiversidad, la identificación de las áreas de alta vulnerabilidad física, tanto en las microcuencas como en las unidades piloto, permitirá orientar las acciones que promuevan el manejo y conservación del capital Natural, a través de las implementaciones tecnológicas dentro de los sistemas de producción. Por otra parte, como respuesta a cómo promover la preservación de los recursos

naturales, el estudio de biodiversidad ha permitido identificar las especies arbóreas y arbustivas nativas y endémicas que tienen valor de uso para las poblaciones rurales y que además se constituyen en una alternativa para proteger las áreas de recarga hídrica y zonas de alta vulnerabilidad.

### 3.6 Planificación participativa de la subcuenca

Con los actores locales, institucionales y las comunidades que trabajan en programas y proyectos de desarrollo en la subcuenca, se conformó un grupo de actores que promueven la Planificación Participativa en la subcuenca, a través de la participación permanente en procesos de aprendizaje continuo y experiencial. Este proceso se ha desarrollado a través de reuniones, talleres e intercambio de experiencias relacionadas con los recursos hídricos y su interrelación con las actividades socioeconómicas y ambientales. De allí surgió como necesidad la organización en grupos de trabajo orientados hacia el manejo de los recursos naturales y la valoración de los recursos hídricos. En las reuniones permanentes que el equipo gestor mantiene con las comunidades, se fue impulsando la idea central de adoptar la Gestión Integrada como el marco de acción dentro de la subcuenca, además que se ha socializado a nivel de comunidades y del Gobierno Provincial de Bolívar que el trabajo conjunto hará posible que se promueva el desarrollo integral sostenible. De esta forma se consiguió que el Gobierno Provincial cree la Unidad de Gestión Ambiental y el programa ha ido fortaleciéndola a través de la capacitación del equipo técnico que la conforma. La alianza estratégica con el Gobierno Provincial es de suma importancia, debido a que se trata del ente que promueve las políticas públicas a nivel provincial y de esta forma se espera que oriente, lidere y propicie la toma de decisiones que contribuyan al mejoramiento y protección del capital natural dentro de esta subcuenca.

En la generación de opciones para el manejo más eficiente y uso sustentable de los recursos naturales se priorizaron investigaciones enfocadas a diseñar estrategias de manejo de los recursos naturales, en especial de los recursos suelo, agua y biodiversidad, que fueron consensuadas con las comunidades de las microcuencas de los ríos Alumbre e Illangama. Lo más relevante en esta línea de investigación es el rescate del conocimiento local relacionado con el valor de uso de las especies arbóreas y arbustivas nativas y endémicas presentes en las microcuencas. Este conocimiento ha contribuido en el manejo del recurso suelo con el uso de especies que se encuentran en proceso de erosión genética. Se ha analizado con las familias productoras que el principal problema ambiental es la expansión de la frontera agrícola y con ello la deforestación, el sobrepastoreo, el pastoreo desordenado y por lo tanto se han generado acuerdos para implementar modificaciones tecnológicas y de manejo productivo con el propósito de compatibilizar en el tiempo y en el espacio las actividades humanas con la conservación de los ecosistemas y procesos ecológicos de la zona.

En referencia a la construcción del capital social, el reforzamiento de la gobernabilidad local y la contribución a la estabilidad económica y social, en una primera etapa, se puso especial énfasis en la construcción de un programa de capacitación en la *Gestión Integrada de Cuencas*, desde el enfoque socio-económico y ambiental para los actores participantes, que responda a sus necesidades. Se realizaron estudios para analizar el estado de las organizaciones e instituciones desde la institucionalidad y el tejido social alrededor de la preservación del capital natural. La planificación participativa de la subcuenca es una de las principales acciones que promueve el fortalecimiento del capital social y el desarrollo de las capacidades locales para el proceso de gestión integrada de la subcuenca, debido a que se han generado espacios para la participación activa, generación de una agenda compartida, el aprendizaje y el fortalecimiento de las acciones que el programa ejecuta.

## 4 LECCIONES APRENDIDAS

Se está construyendo un proceso de planificación participativa para el reordenamiento territorial productivo en áreas de alta vulnerabilidad física y ambiental, basados en el manejo adaptativo dentro de la *Gestión Integrada de Cuencas*, diseñando mecanismos para hacer disponible las



innovaciones tecnológicas y adaptarlas a las necesidades locales, invirtiendo los activos disponibles para mejorar el bienestar de las familias productoras y manejar y conservar el capital natural, sustento de sus estrategias de vida.

Las acciones impulsadas para la *Planificación Participativa de la Subcuenca* y para implementar la I+D+i, están permitiendo diseñar el *Plan de Manejo de la Subcuenca*. Se ha incentivado la participación e interacción institucional de organismos y gobiernos locales para impulsar la implementación del plan de manejo de la subcuenca, aunque todavía se tienen dificultades en la participación activa y en el cumplimiento de compromisos por parte del Gobierno Provincial de Bolívar. Esta institución más que un aliado estratégico, el programa lo considera como un actor dentro de la *Gestión Integrada de la Subcuenca*, debido a que es el ente que dirige las políticas públicas de la provincia y es por ello que se insiste en el proceso de empoderamiento de manera que a corto o mediano plazo asuma el liderazgo en la implementación del Plan de Gestión de la Subcuenca, actividad que por ley y competencias le corresponde.

La *Gestión Integrada de Cuencas* es un proceso altamente social, es decir promueve y requiere de un capital social fortalecido alrededor del capital natural. En la zona se cuenta con este capital pero una de las principales dificultades que se ha enfrentado, es la poca interacción institucional a nivel local. Existe celo entre organizaciones y a nivel de las instituciones públicas hay conflicto de competencias, esto hace que en muchos casos las instituciones que disponen de recursos financieros para invertir no quieran participar activamente por que señalan son competencias de otra institución.

Otra dificultad encontrada es que las organizaciones públicas que tienen definidas sus competencias y que se relacionan con el manejo y conservación del capital natural, no cuentan con un equipo técnico con conocimientos en la *Gestión Integrada de Cuencas*, pese a que el nuevo marco jurídico del Ecuador menciona que este enfoque es primordial para el manejo de los recursos naturales y el desarrollo sostenible; es decir, se han definido competencias pero todavía no se ha invertido en mejorar y fortalecer el capital humano de las instituciones públicas.

Para el programa este proceso ha sido gratificante, debido al gran interés y preocupación por parte de las comunidades y las organizaciones comunitarias, quienes apoyan la gestión del programa, participan activamente y están aplicando las alternativas en sus sistemas de producción en la medida de sus capitales disponibles. En la actualidad, las comunidades de la subcuenca del río Chimbo están empeñadas en continuar con este proceso y en respaldar al programa en la búsqueda de financiamiento para la masificación de las alternativas impulsadas.

Desde las lecciones aprendidas en la subcuenca del río Chimbo, se evidencia que para seguir trabajando participativamente con el enfoque de *Gestión Integrada de Cuencas*, desde la equidad social, de género y ambiental, es necesario seguir consolidando y fortaleciendo las alianzas estratégicas; promover el desarrollo de capacidades locales y el reconocimiento de los activos disponibles; rescatar, evaluar y masificar tecnologías locales que apunten al mejoramiento del capital natural e internalizar el concepto de articulación de acciones y políticas para el desarrollo local sostenible. Esto último a nivel de los gobiernos seccionales y nacionales.

## 5 RECOMENDACIONES

Debido a la disponibilidad de los estudios científico-técnicos sobre vulnerabilidad física y ambiental, tanto a nivel de las microcuencas y a nivel de los sistemas de producción alternativos, así como de la identificación de especies arbóreas y arbustivas nativas y endémicas, que pueden utilizarse para plantación y reforestación de áreas frágiles, se recomienda que los gobiernos locales, el gobierno nacional, o proyectos como SOCIO BOSQUE inviertan para la protección y conservación del capital natural en la subcuenca del río Chimbo.

Sería conveniente introducir dentro de los sistemas productivos de sustento especies arbóreas y arbustivas bajo sistemas agroforestales o silvopastoriles, debido a que 3852 ha han sido determinadas con vocación forestal en la microcuenca del río Illangama y 2275 ha en la microcuenca del río Alumbre. Esto será importante, ya que es difícil que los hogares dediquen estas superficies solo a la plantación forestal.

El programa viene desarrollando un proceso de Planificación Participativa para el reordenamiento territorial productivo y ha generado una metodología de trabajo que es útil y ha sido aceptada por los productores de los sistemas de producción alternativos en las dos microcuencas; por ello, se recomienda que las instituciones que disponen de recursos financieros para realizar inversiones orientadas a la conservación del capital natural se vinculen a través de alianzas estratégicas, se capaciten y se genere una agenda compartida para la ejecución de acciones en la *Gestión Integrada de Cuencas* desde la perspectiva de la I+D+i para el desarrollo.

## 6 REFERENCIAS

- [1] Barrera, V.H.; León-Velarde, C.; Grijalva, J. & Chamorro, F. 2004. *Manejo del Sistema de Producción "Papa-Leche" en la Sierra ecuatoriana: Alternativas Tecnológicas*. 196 pp. Quito: ABYA-YALA.
- [2] 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*. 220 pp. Quito: MAG-BID-IICA.
- [3] Barrera, V.H.; Alwang, J. & Cruz, E. 2008. *Manejo integrado de los recursos naturales para agricultura de pequeña escala en la subcuenca del río Chimbo – Ecuador: aprendizajes y enseñanzas*. 87 pp. Quito: ABYA-YALA.
- [4] INEC. 2002. *III Censo Nacional Agropecuario: Resultados Nacionales, Provinciales y Cantonales*. Volumen 1. Quito: INEC.
- [5] GPB. 2004. *Plan Estratégico de Desarrollo Provincial 2004-2024*. 224 pp. Guaranda: AH/editorial.
- [6] 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*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura N°35. Santiago: CEPAL.
- [7] Scherr, S. & McNeely, J. 2004. *Reconciling Agriculture and Wild Biodiversity Conservation: Policy and Research Challenges*. In: *Conservation and Sustainable Use of Agricultural Biodiversity: A Sourcebook*. 46-55. Lima: CIP-UPWARD.
- [8] Scherr, S. & Downward, A. 2000. *Spiral? Recent Evidence on the Relationship between Poverty and Natural Resource Degradation*. v. 5(4): 479-98. Washington: Food Policy.
- [9] De Marco, J. & Monteiro Coelho, F. 2004. *Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production*. Biodiversity and Conservation 13: 1245-1255.
- [10] SIGAGRO. 2008. *Cartografía Base y Temática Física sobre la Subcuenca del Río Chimbo*. Quito-SIGAGRO.
- [11] Cañadas, L. 1985. *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Quito: PRONAREG.
- [12] INIAP. 2008. *Sistema de Información Geográfica de la Subcuenca del río Chimbo, Bolívar-Ecuador*. Guaranda: INIAP.

- [13] Chambers, R. & Conway, G. 1992. *“Sustainable rural livelihoods: Practical Concepts for the 21st century”*. IDS Discussion Paper 296. Brighton, UK: Institute for Development Studies.
- [14] DFID. 1998. *Sustainable rural livelihoods: what contribution can we make?*. 20-32. UK: Department for International Development.
- [15] Hart, R. 1980. *Agroecosistemas: conceptos básicos*. 211 pp. San José: CATIE.
- [16] León-Velarde, C. & Barrera, V. 2003. *Métodos bio-matemáticos para el análisis de sistemas agropecuarios en el Ecuador*. 187 pp. Quito: Tecnigrava.
- [17] Friedmann, J. 1993. *Toward and Non-Euclidean Mode of Planning*. In: Journal of American Planning Association. 482. Chicago.
- [18] Salafsky, N.; Margoluis, R. & Redford, K. 2001. *Adaptive management: a tool for conservation practitioners*. Washington, DC: Biodiversity Support Program.
- [19] Barrera, V.H.; Cárdenas F.; Escudero, L. & Alwang, J. 2006. *Estudio de Línea Base del proyecto “Manejo de recursos naturales basado en cuencas hidrográficas en agricultura de pequeña escala: El caso de la subcuenca del río Chimbo”*. 146 pp. Quito: INIAP.
- [20] Aldenderfer, M. & Blashfield, R. 1984. *Cluster Analysis; Series: Quantitative Applications in the Social Science*. Beverly Hills: SAGE University Paper.
- [21] Ward, H. 1963. *Hierarchical Grouping to Optimize and Objective Function*. Journal of the American Statistical Association 58, 301, 236-244.
- [22] Everitt, B. 1993. *Cluster Analysis*. New York: Edward Arnold A Division of Hodder & Stoughton, Third Edition.
- [23] Calles, J. 2007. *Bioindicadores terrestres y acuáticos para las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre, provincia Bolívar*. 30 pp. Quito: EcoCiencia.
- [24] Cruz, E. 2009. *Estudio sobre la biodiversidad arbórea y arbustiva en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre – Provincia Bolívar, Ecuador*. 26 pp. Quito: INIAP.
- [25] Andrade, R. 2008. *Household Assets, Livelihood Decisions and Well-being in Chimbo Ecuador*. MSc. Thesis, Department of Agriculture and Applied Economics, Virginia Tech.

Anexo 1. Breve descripción de las unidades piloto en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre. Subcuenca del río Chimbo, Ecuador-2009.

Microcuenca/Comunidad	Altitud m	Principales rubros productivos	Estrategia de vida	
Illangama	Marcopamba	3533	Pasturas naturalizadas, papa y cebada	E1. Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca.
	Culebrillas	3650	Pasturas mejoradas y naturalizadas y cebada	
	Culebrillas	3781	Pasturas naturalizadas y papa	E2. Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por trabajo fuera de la finca con salario.
	Marcopamba	3364	Pasturas mejoradas y papa	
	Mulanga	3616	Pasturas mejoradas y naturalizadas, papa y cebada	
	Marcopamba	3533	Pasturas mejoradas, bosque de pino y papa	E3. Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por negocios propios.
	Illangama	3252	Pasturas mejoradas y naturalizadas, papa y quinua	E4. Dependiente de la agricultura, ingresos por ayuda social e ingresos por migración.
Alumbre	Bola de Oro	2000	Fréjol voluble y maíz duro local	E1. Dependiente de la agricultura, ganadería, ingresos por negocios propios e ingresos por trabajo fuera de la finca con salario.
	Bola de Oro	1900	Fréjol voluble, tomate riñón y maíz duro	
	Bola de Oro	1955	Maíz duro y fréjol voluble	E2. Dependiente de la agricultura, ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca e ingresos por ayuda social.
	San Pedro del Guayabal	2407	Maíz suave, trigo y cebada	
	Bola de Oro	1820	Maíz duro, fréjol voluble y Hortalizas	E3. Dependiente de la agricultura, ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca e ingresos por migración.
	San José del Guayabal	2315	Maíz suave	

Fuente: Programa INIAP-SANREM CRSP-SENACYT, 2009.