



# Experiencias en el manejo integrado de recursos naturales en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador

## EDITORES:

Víctor Hugo Barrera • Jeffrey Alwang • Elena Cruz

Quito-Ecuador

Noviembre, 2010





GOBIERNO NACIONAL DE  
LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

**Econ. Rafael Correa Delgado**  
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL

**Dr. Ramón Espinel**  
MINISTRO DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA

**Dr. Julio César Delgado Arce**  
DIRECTOR GENERAL DEL INIAP



Es una institución ecuatoriana encargada de generar, validar y transferir tecnologías apropiadas, orientadas al incremento de la producción y la productividad de los sistemas de pequeños, medianos y grandes productores. Propicia el uso adecuado de los recursos naturales: suelos, agua y biodiversidad, así como la preservación del ambiente, a fin de contribuir al desarrollo sostenible del sector agropecuario.



Es un Programa de la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos, responsable de apoyar la investigación científica en el manejo integrado de los recursos naturales a nivel mundial, en zonas que están en serios procesos de degradación ambiental.

El SANREM CRSP en Ecuador -Associate (LWA) Cooperative Agreement Number EPP-A-00-04-00013-00- contribuye al manejo de los recursos naturales de la subcuenca del río Chimbo.



Es una institución responsable de fortalecer el sistema nacional de ciencia y tecnología del Ecuador, mediante la creación, conservación y manejo del conocimiento, técnicas y tecnologías para el desarrollo de capacidades y competencias humanas.

## **Revisión de Texto**

Comité de Publicaciones Estación Experimental Santa Catalina del INIAP

## **PRIMERA EDICION**

Documento Técnico No. 2

## **Fotografías**

Técnicos del INIAP

## **Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias**

### **Estación Experimental Santa Catalina**

Panamericana Sur km. 1

Casilla: 17-10-340

Quito-Ecuador

Telf: 593-2-300-6140

E-mail: vbarrera70@hotmail.com

Web: www.iniap-ecuador.gov.ec

## **SANREM CRSP**

### **Virginia Polytechnic Institute and State University**

Office of International Research and Education

526 Prices Fork Road (0378)

Blacksburg, VA 24061

Telf: 1-540-231-6338

Fax: 1-540-231-2439

E-mail: sanrem@vt.edu

## **Esta obra debe citarse así:**

Barrera, V.; Alwang, J. y Cruz, E. 2010 (Eds.). *Experiencias en el manejo integrado de recursos naturales en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador*. INIAP-SANREM CRSP-SENACYT. Editorial ABYA-YALA. Quito, Ecuador. 316 pp.

## **Diseño, diagramación e impresión**

Editorial Abya Yala, Telfs: 2 506-251/2 506-267

Noviembre, 2010

Quito-Ecuador

El contenido de este documento técnico es de responsabilidad exclusiva de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de las instituciones o personalidades que han colaborado en su formulación y edición.

## **© Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 2010**

Primera edición, noviembre 2010

Número de derecho de autor: 034676

ISBN: 978-9978-92-943-8

# Índice

|     |                                                                                                                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7   | Presentación                                                                                                                                                |
| 9   | Agradecimientos                                                                                                                                             |
| 11  | Introducción<br>(V. Barrera, J. Alwang, E. Cruz)                                                                                                            |
| 15  | Caracterización de la subcuenca del río Chimbo-Ecuador:<br>microcuencas de los ríos Alumbre e Illangama<br>(V. Barrera, M. González, L. Escudero, C. Monar) |
| 25  | Introducción<br>(V. Barrera, J. Alwang, E. Cruz)                                                                                                            |
| 39  | Caracterización de la subcuenca del río Chimbo-Ecuador:<br>microcuencas de los ríos Alumbre e Illangama<br>(V. Barrera, M. González, L. Escudero, C. Monar) |
| 69  | Enfoques y Modelo en la Gestión de la Subcuenca del río<br>Chimbo: microcuencas de los ríos Alumbre e Illangama<br>(V. Barrera, J. Alwang, E. Cruz)         |
| 89  | Estrategias de medios de vida que diferencian a los grupos<br>de hogares de la subcuenca del río Chimbo, Ecuador<br>(V. Barrera, J. Alwang, E. Núñez)       |
| 113 | Relaciones de género en las estrategias de vida y toma de<br>decisiones en la microcuenca del río Illangama<br>(E. Cruz, F.M. Cárdenas, M. González)        |
| 133 | Viabilidad socio-económica y ambiental del sistema papa-<br>leche en la microcuenca del río Illangama-Ecuador<br>(V. Barrera, J. Alwang, E. Cruz)           |

- 173 • Análisis de la cadena de valor de la leche y sus derivados en la microcuenca del río Illangama  
(E. Cruz, M. Céleri, V. Barrera)
- 203 • Cambios en políticas y su impacto en el nivel de bienestar de los hogares rurales de la subcuenca del río Chimbo  
(R. Andrade, J. Alwang, V. Barrera)
- 225 • Análisis de la institucionalidad para el uso y manejo del agua en la subcuenca del río Chimbo  
(V. Barrera, R. Anderson, E. Cruz, L. Escudero, J. del Pozo, H. Borja)
- 241 • Calidad del agua de los ríos Illangama y Alumbre establecida a través de bioindicadores acuáticos e indicadores físico-químicos  
(J. Calles, W. Flowers, E. Cruz, L. Escudero, C. Monar)
- 269 • Biodiversidad arbórea y arbustiva en la subcuenca del río Chimbo: microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre  
(E. Cruz, F. Chamorro, L. Escudero, C. Monar)
- 287 • Zonificación agroecológica de las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre: contexto sectores dispersos  
(A. Cárdenas, C. Montúfar)
- 303 • Evaluación de la pérdida productiva y económica por erosión hídrica en tres sistemas de producción en la microcuenca del río Alumbre, provincia Bolívar-Ecuador  
(F. Valverde, E. Cruz, Y. Cartagena, E. Chela, C. Monar)
- 309 • Experiencias de la implementación de las mejores prácticas de manejo de recursos naturales en la subcuenca del río Chimbo  
(V. Barrera, E. Cruz, J. Alwang, L. Escudero, C. Monar, H. Fierro, N. Monar)
- 317 • Lecciones aprendidas y recomendaciones  
(V. Barrera, J. Alwang, E. Cruz)



## Zonificación agroecológica de las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre: contexto sectores dispersos

### **RESUMEN**

La Zonificación Agroecológica en un contexto de sectores dispersos (ZAE), ha demostrado ser una herramienta que contribuye en el proceso de planificación y gestión del desarrollo sustentable en varios países en desarrollo. La ZAE se obtiene en base a un análisis integral de los elementos ambientales, físicos y socioeconómicos de un área de estudio, que determina zonas homogéneas para sugerir criterios de manejo sostenible para cada una de estas. El estudio se realizó para las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre en la subcuenca del río Chimbo, en donde los criterios se enfocaron hacia el manejo, prevención, producción, recuperación y/o conservación, principalmente. El método utilizado para este análisis se basó en estudios previos, que sirvieron de referencia para seleccionar algunos de los criterios especializados, e integrar otros idóneos para el área de estudio. Además del criterio de expertos, dicha selección se limitó a la existencia de información relevante para la construcción y análisis espacial de cada una de las variables. Los resultados de la zonificación muestran una categorización de cinco clases, algunas de ellas especiales para cada microcuenca, y que conjuga unidades tan diferentes entre sí, como para requerir acciones y un manejo especial en cada una de ellas, de acuerdo a su condición socioeconómica, ambiental y biofísica. En la microcuenca del río Illangama, las zonas de conservación y recuperación ocupan el 76,45% de la misma, con un 34,78% y 41,67% respectivamente, y en la microcuenca del río Alumbre, las zonas con la categoría de conservación ocupan el 11,99% de su territorio.

**Palabras clave:** región andina; zonificación; cuenca hidrográfica; agroecológico; análisis integral.

## I. INTRODUCCIÓN

Las condiciones geográficas de un país o región inciden sobre su desempeño económico a través de la productividad agrícola y la salud de la población (Galvis, 2001). En este sentido se recopila e interpreta información que ayuda a entender la dinámica geográfica en las zonas de estudio, añadiendo insumos que afinan dicha dinámica como son temas relacionados con la situación de la población que vive en estas zonas.

La Zonificación Agroecológica (ZAE) es una herramienta de planificación obtenida en base a un análisis integral de los elementos ambientales, físicos y socioeconómicos de un área de estudio, y determina zonas homogéneas para el manejo sostenible e integral del área en cuestión.

En las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre, la ZAE es sumamente relevante ya que esta puede ser un instrumento útil para enriquecer las discusiones orientadas a la toma de decisiones relacionadas con el manejo sustentable de los recursos naturales en el contexto de las unidades hídricas de estas microcuencas. Para el análisis se dispuso, entre los insumos físicos, de información oficial generada por instituciones nacionales como el Sistema de Información Geográfica Agropecuaria (SIGAGRO), insumos socioeconómicos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), y específicamente información generada a lo largo de los primeros años del proyecto INIAP-SANREM CRSP-SENACYT por las instituciones participantes. Entre estos últimos constan el estudio de Línea Base Socioeconómica del proyecto, los análisis de cambio de cobertura vegetal, las evaluaciones de biodiversidad, el monitoreo hidrobiológico del área, y estudios económicos específicos, entre otros.

Se parte de entender que al poseer una caracterización técnica de una unidad hídrica así como una acertada interpretación socioeconómica de la dinámica que en la misma se realiza, se pueden identificar zonas de propiedades similares en un territorio. Con ello, existen mayores posibilidades de canalizar un manejo positivo de los recursos naturales, así como alternativas para mejorar los ingresos por familia de los habitantes de las microcuencas en estudio.



En esta investigación se enfocan cuatro partes principales; en primer lugar, se presenta la propuesta metodológica basada en varios autores, la cual fue sometida a validación con el equipo técnico del proyecto. En segundo lugar, se hace un análisis específico con el interés de integrar variables económicas como costos de producción, analizando la representatividad de los datos obtenidos en la Línea Base socioeconómica para evaluar su pertinencia en la zonificación. Posteriormente, se presentan los resultados, en sí la propuesta de zonificación una vez integrados los criterios de valoración de las variables implicadas, y analizadas espacialmente de una en una. Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones como producto del proceso desarrollado.

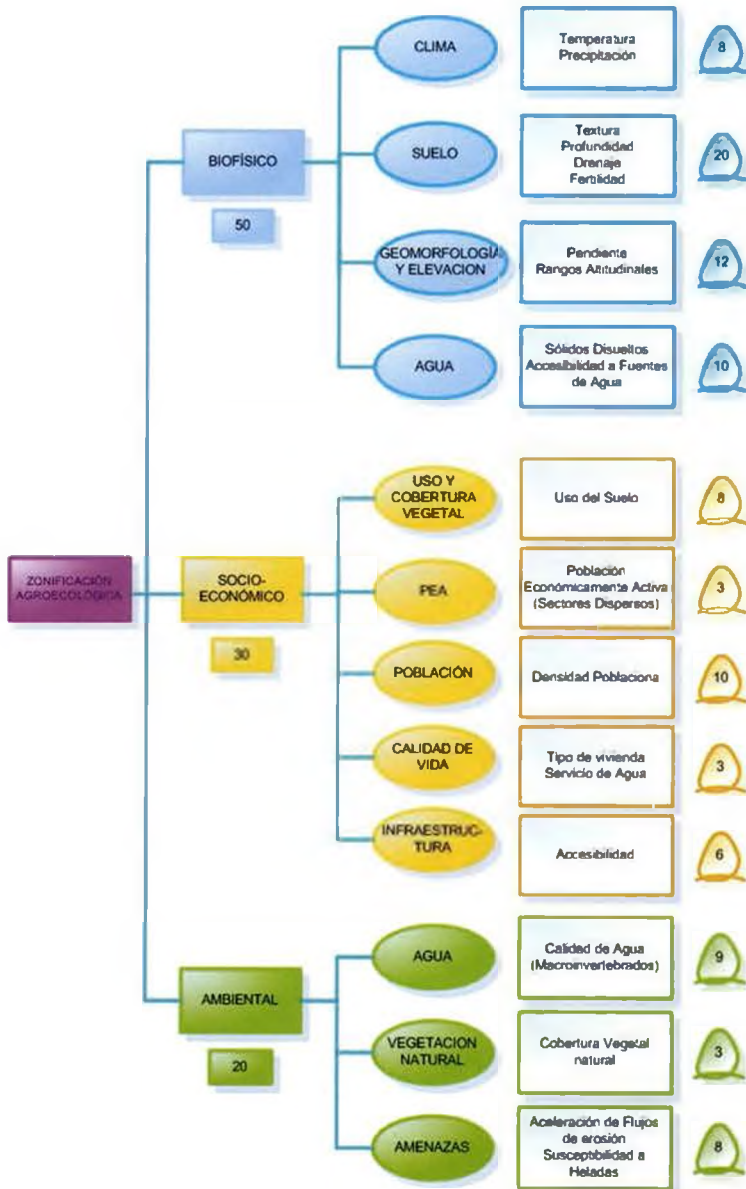
## **II. METODOLOGÍA**

### **2.1. MODELO CONCEPTUAL**

La zonificación agroecológica con contexto en zonas dispersas, es el resultado de la integración de variables biofísicas, socioeconómicas y ambientales, que representan la diversidad de factores que intervienen en la descripción de la aptitud de una zona de estudio.

Una vez seleccionadas las variables a ser integradas, en función de la bibliografía consultada, conocimiento y valoración de los especialistas técnicos, así como la disponibilidad de las mismas, se procedió a la construcción espacial de las variables y a su unificación.

El análisis de integración de las variables mencionadas requiere de un modelo conceptual (Figura 1) en función del cual se representa la dinámica de influencia de todos y cada uno de los factores establecidos para conseguir áreas homogéneas de manejo.



PEA: Población Económicamente Activa

Figura 1. Modelo conceptual – Zonificación Agroecológica.

## 2.2. CRITERIOS Y VALORACIÓN DE COMPONENTES

Cada componente, subcomponente, variable y subvariable han sido ponderadas en base al conocimiento de expertos de la temática y de las zonas andinas, referidos en trabajos preliminares, y de los técnicos participantes en la investigación.

La escala de ponderación de componentes, subcomponentes, variables y subvariables, tiene un gran rango que va entre 0 y 100 puntos, siendo los valores mínimo y máximo respectivamente. En este rango se han asignado los mayores puntajes a las zonas aptas para actividades agrícolas, y los menores a las zonas que carecen de estas aptitudes, o que podrían orientarse a actividades como la conservación. Esta repartición del territorio ha dado como resultado la espacialización de las zonas agroecológicas.

El gran rango se construye por la sumatoria de los puntajes obtenidos para cada pixel por los componentes, subcomponentes, variables y subvariables, como se puede observar en el Cuadro 1. Las zonas marcadas en lila en la tabla de métodos, resaltan la inexistencia de la condición en la zona específica.

Cada subcomponente y variable han sido ponderadas en función de criterios especialistas, así como las subvariables. Estas últimas ranqueadas y calificadas de acuerdo a las propiedades reales de cada microcuenca, y en función de bibliografía específica relacionada con cada tema.

Así, según la metodología consultada se ponderan las variables dándoles un valor entero a cada una de ellas, determinando para cada componente dicho valor de acuerdo a su grado de influencia dentro del estudio. Estos valores sumados llegan a 100 (Beltrán *et al.*, 2007).

De la misma manera fueron ponderadas las variables y subvariables, logrando que los valores máximos asignados sumen los valores correspondientes a cada subcomponente y variable, respectivamente.

En el Cuadro 1, se encuentran descritos de manera concisa los métodos y criterios utilizados para la zonificación. Además, se presentan los criterios de selección de cada variable considerada, mientras los criterios de valoración a detalle se explican en el informe técnico original, en la sección de la caracterización de variables.

**Cuadro 1.**  
Síntesis de componentes, variables y subvariables y ponderaciones de acuerdo a criterios especializados.

| COMPONENTE      | MAPA  | Ponderación Mapa | VARIABLE      | Ponderación Variable | SUBVARIABLE Illangama         | Ponderación Subvariable Illangama | SUBVARIABLE Alumbre           | Ponderación Subvariable Alumbre | CONCEPTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------|-------|------------------|---------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BIOFÍSICO<br>50 | CLIMA | 8                | Temperatura   | 3                    | 1.5 - 6 °C                    | 1                                 | 10.5 - 15 °C                  | 3                               | Las temperaturas afectan la tasa de crecimiento del cultivo (que es máxima entre 20 a 31 °C si no hay restricciones de otros recursos). Además las temperaturas altas aceleran todas las etapas de desarrollo, lo que puede imitar el crecimiento. (Castellani p., 2006). Además enfoca la diversidad de los cultivos en función de la temperatura. |
|                 |       |                  |               |                      | 6 - 10 °C                     | 1                                 | 15 - 19 °C                    | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                 |       |                  |               |                      | >10 °C                        | 3                                 | > 19 °C                       | 2                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                 |       |                  | Precipitación | 5                    | 750 - 850 mm                  | 3                                 | 800 - 900                     | 4                               | Se presenta como uno de los factores determinantes en la producción de cosechas.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                 |       |                  |               |                      | 850 - 900 mm                  | 4                                 | 900 - 1000                    | 5                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                 |       |                  |               |                      | 900 - 950 mm                  | 5                                 | 1000 - 1300                   | 5                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                 | SUELO | 20               | Textura       | 6                    | media                         | 6                                 | media                         | 4                               | La textura se refiere técnicamente a la clasificación de las partículas de acuerdo a su tamaño y la proporción en la que se encuentran. De acuerdo al tamaño de las partículas se clasifican en arenas (2.0 a 0.05 mm), limos (0.05 a 0.002 mm), y arcillas (menos de 0.002 mm), (SIGAGRO, 2006).                                                   |
|                 |       |                  |               |                      | gruesa - moderadamente gruesa | 4                                 | gruesa - moderadamente gruesa | 6                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                 |       |                  |               |                      |                               |                                   | fina - muy fina               | 2                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                 |       |                  | Profundidad   | 7                    | roca - nieve - sin suelo      | 0                                 | roca-nieve-sin suelo          | 0                               | Se define como profundidad efectiva del suelo al grosor de las capas del suelo y subsuelo en las raíces pueden penetrar sin dificultad, en busca de agua, nutrientes y sistén, (SIGAGRO, 2006).                                                                                                                                                     |
|                 |       |                  |               |                      | profundo                      | 7                                 | profundo                      | 7                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                 |       |                  |               |                      | moderadamente - profundo      | 6                                 | moderadamente - profundo      | 6                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                 |       |                  | Profundidad   | 7                    | superficial - poco profundo   | 3                                 | superficial - poco profundo   | 3                               | Se define como profundidad efectiva del suelo al grosor de las capas del suelo y subsuelo en las raíces pueden penetrar sin dificultad, en busca de agua, nutrientes y sistén, (SIGAGRO, 2006).                                                                                                                                                     |
|                 |       |                  |               |                      | roca - nieve - sin suelo      | 0                                 | roca - nieve - sin suelo      | 0                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                 |       |                  |               |                      |                               |                                   |                               |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| COMPONENTE      | MAPA                           | Ponderación Mapa | VARIABLE                                     | Ponderación Variable | SUBVARIABLE Ilangama        | Ponderación Subvariable Ilangama | SUBVARIABLE Alumbre         | Ponderación Subvariable Alumbre | CONCEPTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------|--------------------------------|------------------|----------------------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BIOFÍSICO<br>50 | SUELO                          | 20               | Drenaje                                      | 3                    | Excesivo                    | 1                                | Excesivo                    | 1                               | Es la rapidez con que el agua se des-<br>plaza, ya sea por escurrimiento super-<br>ficial o por su movimiento a través del<br>perfil hacia espacios subterráneos.                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                 |                                |                  |                                              |                      | Bueno                       | 3                                | Bueno                       | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | Moderado                    | 2                                | Moderado                    | 2                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  | Fertilidad                                   | 4                    | Mal drenado                 | 1                                | Mal drenado                 | 1                               | El valor de fertilidad obedece a la<br>integración de criterios como son pH,<br>materia orgánica, suma de bases,<br>capacidad de intercambio de cationes<br>y saturación con bases. (SIGAGRO,<br>2006)                                                                                                                                                                                                                         |
|                 |                                |                  |                                              |                      | muy alta - alta             | 4                                |                             |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | medio                       | 2                                | medio                       | 2                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 | GEOMORFOLO-<br>GÍA Y ELEVACIÓN | 12               | Pendiente                                    | 6                    | bajo - muy bajo             | 1                                | bajo - muy bajo             | 1                               | El grado de pendiente puede de-<br>terminar limitaciones ya sea de<br>macanización y riego o dificultades<br>para el cultivo debido a la inclinación<br>del terreno. A medida que el terreno<br>presenta más pendiente requiere<br>de más manejo, incrementando los<br>costos de mano de obra y equipo.<br>(SIGAGRO, 2006)                                                                                                     |
|                 |                                |                  |                                              |                      | roca - nieve -<br>sin suelo | 0                                | roca - nieve -<br>sin suelo | 0                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | 0 - 12%                     | 6                                | 0 - 12%                     | 6                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  | Rangos<br>Altitudinales<br>(msnm)            | 6                    | 12 - 25 %                   | 5                                | 12 - 25 %                   | 5                               | Determinar la diversidad de cultivos<br>en función de la altura potencial para<br>el crecimiento de los mismos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | 25 - 50%                    | 3                                | 25 - 50%                    | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | > 50%                       | 0                                | > 50%                       | 0                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 | AGUA                           | 10               | Calidad<br>de agua<br>(Sólidos<br>Disueltos) | 5                    | 2800 - 3200                 | 6                                | 1240 - 1700                 | 6                               | Sólidos que se encuentran disueltos<br>en el agua. Dependiendo del uso del<br>suelo la cantidad de sólidos varía.<br>En sitios agrícolas es mayor que en<br>bosques. En arenales es mayor en<br>pajonales. Un pastizal provoca menos<br>sólido que un campo arado. Esta<br>variable refleja los niveles de sedimen-<br>tación en los ríos. (Calles, J.). Todos<br>estos rangos son permisibles para<br>aplicaciones agrícolas. |
|                 |                                |                  |                                              |                      | 3200 - 3800                 | 4                                | 1700 - 2200                 | 4                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | 3800 - 4200                 | 2                                | 2200 - 2600                 | 2                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | 4200 - 5000                 | 0                                | 2600 - 3200                 | 0                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | 23.00 - 30.33               | 0                                | Alta                        | 0                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | 30.33 - 60.25               | 3                                | Media                       | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | 60.25 - 94.00               | 4                                | Regular                     | 4                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 |                                |                  |                                              |                      | 94.00 - 274.33              | 5                                | Baja                        | 5                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| COMPONENTE           | MAPA                                  | Ponderación Mapa | VARIABLE                                | Ponderación Variable | SUBVARIABLE Illangama          | Ponderación Subvariable Illangama | SUBVARIABLE Alumbra            | Ponderación Subvariable Alumbra | CONCEPTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------|---------------------------------------|------------------|-----------------------------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BIOFÍSICO<br>50      | AGUA                                  | 10               | Accesibilidad a Fuentes de Agua (horas) | 5                    | 0 - 0.025                      | 1                                 | 0 - 0.025                      | 1                               | Otra alternativa es garantizar la presencia de agua en la zona, para lo que es importante mantener las fuentes de agua, los bofedales, los manantes, los puquios, ya que el agua amortigua los cambios bruscos. Torres, 2003. Tomando en cuenta que las zonas inmediatamente adjuntas a los ríos deben ser consideradas zonas de protección. |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | 0.025- 0.20                    | 5                                 | 0.025- 0.20                    | 5                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | 0.20 - 0.5                     | 4                                 | 0.20 - 0.5                     | 4                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | 0.5 - 0.75                     | 3                                 | 0.5 - 0.75                     | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| SOCIOECONÓMICO<br>30 | USO Y COBERTURA VEGETAL               | 8                | Uso del Suelo                           | 8                    | > 0.75                         | 2                                 | > 0.75                         | 2                               | Se diferencian las clases de uso de suelo generalizadas en Cultivos - Pastos, Cultivos - Vegetación natural, Natural y Zonas Urbanas y Sin Cobertura Vegetal.                                                                                                                                                                                |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | Cultivos - pastos              | 8                                 | Cultivos - pastos              | 8                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | Cultivos - Vegetación Natural  | 6                                 | Cultivos - Vegetación Natural  | 6                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | Natural                        | 4                                 | Natural                        | 4                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                      | PEA - POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA | 3                | Peas                                    | 3                    | Urbano - Sin Cobertura Vegetal | 2                                 | Urbano - Sin Cobertura Vegetal | 2                               | La existencia de un mayor número de habitantes económicamente activos, deriva más alternativas de producción agrícola, y representa mayor demanda en la capacidad de consumo. La fuente es el INEC, del censo 2001.                                                                                                                          |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | 163 - 211 hab.                 | 4                                 | 550 - 809 hab.                 | 4                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | 115 - 162 hab.                 | 3                                 | 291 - 549 hab.                 | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                      | POBLACIÓN                             | 10               | Densidad Poblacional Hab / Ha           | 10                   | 68 - 114 hab.                  | 2                                 | 32 - 290 hab.                  | 2                               | La presencia de un mayor número de habitantes por unidad de terreno, supone mayor demanda de servicios básicos y a la vez, mayores posibilidades para el desarrollo de actividades productivas. A mayor densidad poblacional, mayor presión sobre el recurso suelo en un área determinada. La fuente es el INEC, del censo 2001              |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | > 15 hab/ha                    | 10                                | > 15 hab/ha                    | 10                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | 5 - 15 hab/ha                  | 8                                 | 5 - 15 hab/ha                  | 8                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                      |                                       |                  |                                         |                      | < 5 hab/ha                     | 4                                 | < 5 hab/ha                     | 4                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |



| COMPONENTE           | MAPA            | Ponderación Mapa | VARIABLE              | Ponderación Variable | SUBVARIABLE Illangama | Ponderación Subvariable Illangama | SUBVARIABLE Alumbre | Ponderación Subvariable Alumbre | CONCEPTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------|-----------------|------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SOCIOECONÓMICO<br>30 | CALIDAD DE VIDA | 3                | Tipo de Vivienda      | 1                    | 78- 100 %             | 1                                 | 88.71 - 100%        | 1                               | Representa el porcentaje de viviendas tipo casas que existe por sector disperso. Sus valores varían de 0 a 100 puntos y mientras más bajo es el valor peores condiciones sociales implica (es decir mayores necesidades), y viceversa. Si no tienen tipo de vivienda tipo casa entonces poseen madaguas, ranchos, covachas, o chozas. Esta información, disponible a nivel de sectores dispersos, fuente INEC y corresponde al censo 2001. |
|                      |                 |                  |                       |                      | 56 - 78%              | 1                                 | 77.43 - 88.71%      | 1                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                      |                 |                  |                       |                      | 34 - 56%              | 0.5                               | 66.15 - 77.43%      | 1                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                      |                 |                  | Servicio Agua         | 2                    | 62.31 - 93.47%        | 2                                 | 64.22 - 96.33%      | 2                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                      |                 |                  |                       |                      | 31.15 - 62.31%        | 1                                 | 32.1 - 64.22%       | 1                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                      |                 |                  |                       |                      | 0 - 31.15%            | 0.5                               | 0 - 32.11%          | 0.5                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                      | INFRAESTRUCTURA | 6                | Accesibilidad (horas) | 6                    | 0 - 0.5               | 6                                 | 0 - 0.5             | 6                               | Se puede definir como el tiempo que se requiere para llegar a un punto de interés desde cualquier sitio ubicado en la zona de interés, tomando en cuenta el medio de transporte utilizado. Según Deichmann, 1997, la accesibilidad puede definirse como la capacidad de interactuar o de hacer contacto con sitios en que hay oportunidades económicas o sociales.                                                                         |
|                      |                 |                  |                       |                      | 0.5 - 1.0             | 5                                 | 0.5 - 1.0           | 5                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                      |                 |                  |                       |                      | 1.0 - 1.5             | 4                                 | 1.0 - 1.5           | 4                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                      |                 |                  |                       |                      | 1.5 - 2.0             | 3                                 | 1.5 - 2.0           | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                      |                 |                  |                       |                      | 2.0 - 3.0             | 2                                 | 2.0 - 3.0           | 2                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                      |                 |                  |                       |                      | > 3.0                 | 1                                 | > 3.0               | 1                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| COMPONENTE      | MAPA               | Ponderación Mapa | VARIABLE                                              | Ponderación Variable | SUBVARIABLE Ilangama              | Ponderación Subvariable Ilangama | SUBVARIABLE Alumbre               | Ponderación Subvariable Alumbre | CONCEPTO                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|--------------------|------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AMBIENTAL<br>20 | AGUA               | 9                | Calidad de Agua Macroinvertibrados (Índice ABI)       | 9                    | > 68 (Muy bueno)                  | 9                                | > 68 (Muy bueno)                  | 9                               | Evalúa la calidad del agua en función del monitoreo de macroinvertebrados acuáticos, llevado a cabo con técnicas de colección de especies en campo, y para este caso con una frecuencia cuatrimestral.                                                                    |
|                 |                    |                  |                                                       |                      | 41 - 38 (Bueno)                   | 7                                | 41 - 38 (Bueno)                   | 7                               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                 |                    |                  |                                                       |                      | 24 -41 (Regular)                  | 5                                | 24 -41 (Regular)                  | 5                               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                 |                    |                  |                                                       |                      | 10 -24 (Malo)                     | 3                                | 10 -24 (Malo)                     | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                 |                    |                  |                                                       |                      | < 10 (Muy malo)                   | 1                                | < 10 (Muy malo)                   | 1                               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                 | VEGETACIÓN NATURAL | 3                | Vegetación Natural                                    | 3                    | 100% Vegetación Natural           | 1                                | 100% Vegetación Natural           | 1                               | Se diferencian los niveles de intervención. Representa la vegetación natural en comparación con las zonas semintervenidas o zonas sin suelo, en el caso de los eriales. Predomina la ponderación de las zonas semintervenidas para el manejo y presencia agrícola.        |
|                 |                    |                  |                                                       |                      | Intervención y Vegetación Natural | 3                                | Intervención y Vegetación Natural | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                 |                    |                  |                                                       |                      | Eriales                           | 0                                | Eriales                           | 0                               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                 | AMENAZAS           | 8                | Aceleración de flujos - Erosión (Curvature - Profile) | 5                    | -8.099 - -1.906                   | 5                                | -8.099 - -1.906                   | 5                               | El grado de amenaza de erosión se basa en el criterio de identificar zonas de alta probabilidad de erosión de acuerdo a su pendiente y al grado de aceleración por desprendimiento que se puede encontrar en esa pendiente en zonas descubiertas o sin cobertura vegetal. |
|                 |                    |                  |                                                       |                      | -1.906 - -0.539                   | 3                                | -1.906 - -0.539                   | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                 |                    |                  |                                                       |                      | -0.539 0                          | 2                                | -0.539 0                          | 2                               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                 |                    |                  | Suceptibilidad a heladas                              | 3                    | < 3°                              | 0                                | < 3°                              | 0                               | En un resultado de zonificación la incidencia de las heladas puede ser determinante para el cultivo. Ante ello se decidió integrar esta variable de temperaturas mínimas del mes más frío como una amenaza natural, representando a la suceptibilidad a heladas.          |
|                 |                    |                  |                                                       |                      | > 3°                              | 3                                | > 3°                              | 3                               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |

### **2.3. PREPARACIÓN Y GENERACIÓN ESPACIAL DE LAS VARIABLES SELECCIONADAS**

Previo a la espacialización de las variables consideradas dentro de cada componente de esta zonificación, se llevaron a cabo otros procesos, como recopilación de información. La información relacionada con cartografía base digital y suelos, se recopiló del organismo oficial competente, en este caso SIGAGRO. Estas variables están entre las clasificadas en el componente biofísico. Simultáneamente, otras variables como clima, elevación y agua fueron analizadas espacialmente para llevar a cabo el objetivo en cuestión, en la Unidad de Geografía de EcoCiencia con el apoyo del especialista ecólogo acuático en el caso de sólidos disueltos. Entre estas se analizaron las variables temperatura y precipitación para el subcomponente clima. Las variables pendientes (forma del terreno) y rangos altitudinales para el subcomponente elevación, y, sólidos disueltos y acceso al agua para el subcomponente biofísico agua.

Para el componente socioeconómico, se construyeron las variables de uso y cobertura vegetal; para Illangama, en base al análisis digital de la imagen ALOS 2007, con una resolución de 10 m, utilizando el método supervisado Feature Map. Mientras que para Alumbre se utilizó la cobertura vegetal disponible basada en fotografía aérea, construida por SIGAGRO, 2007. La validación de dichos mapas se realizó en función de la información de campo recopilada en las distintas visitas a las zonas de estudio.

Variables como población económicamente activa y número de habitantes se recopilaron directamente del INEC. Estos datos fueron adquiridos en dicha institución y están basados en el Censo del 2001, espacializados y georreferenciados por sectores dispersos para los cantones de Guaranda y Chillanes. Mientras que la variable calidad de vida, basada en el índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI), fue creada en función de los datos por sectores dispersos proporcionados por el INEC para la evaluación de dicha variable.

Finalmente, la infraestructura que se considera dentro del componente socioeconómico involucra el análisis de accesibilidad a mercados en función de vías, tipo de vegetación, pendientes y ubicación de los centros de

comercio principales según el estudio de Línea Base llevado a cabo por el INIAP-SANREM CRSP-SENACYT en el 2006.

El último componente comprende las variables ambientales, representadas por calidad de agua en función del monitoreo de macroinvertebrados, y cobertura vegetal natural, donde se diferencian las zonas naturales de los mosaicos de vegetación natural e intervenida y los terrenos sin cobertura. Además, la de amenazas naturales, siendo la primordial para la zona lo relacionado con la erosión, variable construida, en este caso, en base al criterio de aceleración de flujos de movimientos de tierra por desprendimiento, por análisis de la segunda derivada de la pendiente en zonas sin cobertura vegetal.

Una vez seleccionadas y generadas las variables se las integró en función de modelo conceptual diseñado, con el fin de determinar la coherencia de los cruces espaciales entre las diferentes coberturas cartográficas y entre los distintos componentes y subcomponentes.

Cabe recalcar que la ponderación de componentes, subcomponentes y variables, fueron hasta ahora consideradas de acuerdo a procesos de zonificación llevados a cabo en otras áreas andinas del Ecuador, ya evaluados por especialistas agrónomos de manera interdisciplinaria, para obtener la zonificación de acuerdo al enfoque agroecológico propuesto. En esta ocasión, especialistas ecólogos, antropólogos y geógrafos fueron consultados para mejorar los métodos de zonificación existentes, y aportar con nuevos criterios. Algunos de ellos desarrollados a lo largo del proyecto INIAP-SANREM CRSP-SENACYT, como es el monitoreo de calidad de agua con análisis físico químico y macroinvertebrados, accesibilidad al recurso agua, accesibilidad a mercados, y la aceleración potencial de desprendimiento del suelo en zonas sin cobertura vegetal, principalmente.

## 2.4. ENFOQUE COSTOS DE PRODUCCIÓN Y SECTORES DISPERSOS

Inicialmente, el enfoque del proceso de zonificación agroecológica, se basaba en costos de producción, con lo que se pretendía dar relevancia a la distribución espacial de zonas de producción rural, en función a la accesibilidad a puntos de venta de sus productos. Sin embargo, este enfoque debió ser descartado en el proceso de análisis de espacialización de costos, al obtener que los resultados de correlación entre la distribución espacial

de los puntos de encuesta de producción y la accesibilidad no presentaba ninguna relación consistente entre ellas, con lo cual se eliminó la posibilidad de espacializar los costos de producción en función de la información disponible en la Línea Base construida para la zona en el 2006.

Así se obtuvo la función del análisis de correlación (Cuadro 2 y Figura 2).

**Cuadro 2.**  
Análisis de correlación entre las variables accesibilidad e ingresos de producción. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2008.

| Variables                                | Media                                    | Desviación Estándar                      | Muestra       |
|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|---------------|
| Ingreso por cultivos por dólares por año | 1 019,66                                 | 1 555,81                                 | 167           |
| Accesibilidad                            | 0,778390                                 | 0,538000                                 | 167           |
| Correlación                              |                                          |                                          |               |
| Correlación de Pearson                   | Ingreso por cultivos por dólares por año | Ingreso por cultivos por dólares por año | Accesibilidad |
|                                          |                                          | 1                                        | -0.131        |
|                                          | Accesibilidad                            | -0.131                                   | 1             |

Fuente: Cárdenas, 2008.

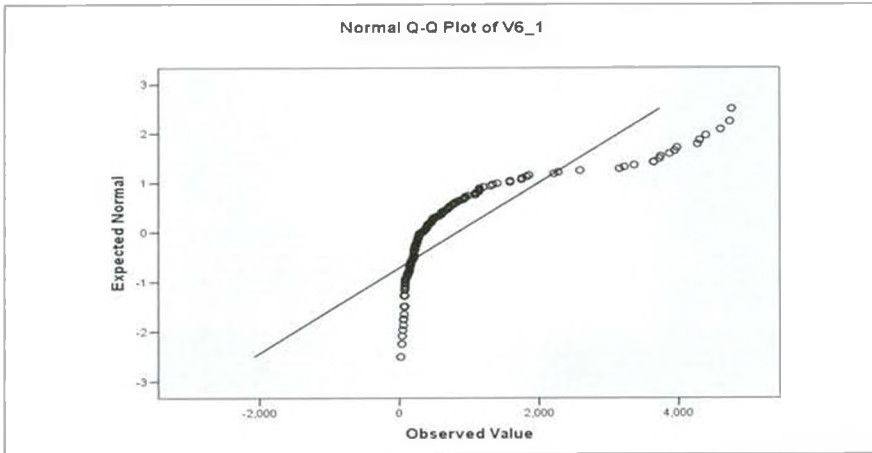


Figura 2. Comportamiento de los datos de ingresos con respecto a una curva lineal. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2008.

En la siguiente figura se pueden observar los datos espacializados de ingresos, sobre la cobertura de accesibilidad. En esta representación se puede apreciar que la distribución de datos referentes a ingresos no obedece a un comportamiento gradual relacionado con la variable espacial. Todo lo contrario, nos encontramos ante una distribución totalmente aleatoria.

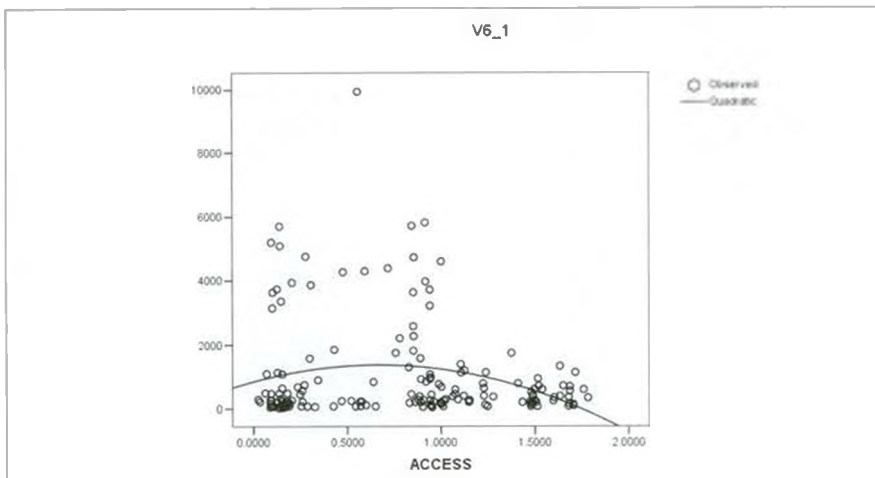


Figura 3. Representación de la relación de las variables ingreso y accesibilidad. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2008.



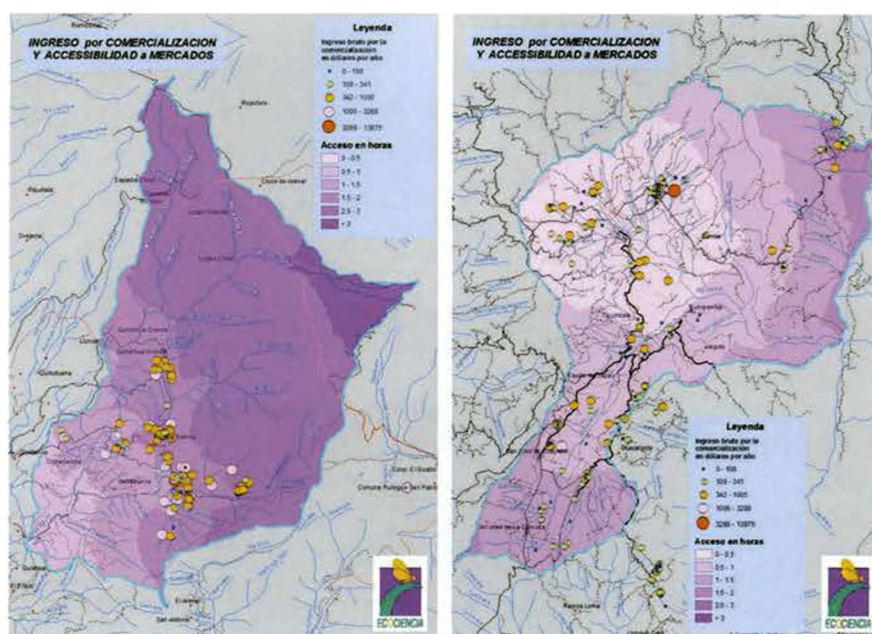


Figura 4. Representación de la relación entre ingreso por cultivos anuales y accesibilidad. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2008.

Ante ello, se optó por enfocar el proceso en función de la disponibilidad de información relacionada con sectores dispersos de fuente INEC, 2001 (Año del último censo nacional), orientadas a representar la realidad socioeconómica de la zona en función de datos censales oficiales.

Así, por sectores dispersos se encuentran espacializadas las variables Población (número de habitantes), Población Económicamente Activa, que representa la capacidad de trabajo y producción de la zona, y calidad de vida constituida por las variables de tipo de vivienda y tipo de acceso al agua, también disponible por sectores dispersos.

## 2.5. INTEGRACIÓN DE VARIABLES

La integración de las variables ya espacializadas y procesadas a formato grid, se llevó a cabo con la herramienta SIG en base a "álgebra de mapas", la cual permite realizar el análisis espacial a nivel de pixel, de una manera muy precisa, con una resolución de 15 m para el caso del presente estudio.

Así, se obtuvo una cobertura que contiene la sumatoria de las ponderaciones por variable, distribuidas por los componentes ya expuestos.

Según esta metodología, la zonificación se categoriza en función de las siguientes clases y escala de ponderación:

**Cuadro 3.**  
Rangos para las categorías de zonificación agroecológica  
propuestos. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2008.

| Categoría de zonificación           | Escala de ponderación |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Agrícola sin limitaciones           | 100 – 80              |
| Agrícola con limitaciones moderadas | 80 – 70               |
| Agrícola con limitaciones severas   | 70 – 60               |
| Recuperación                        | 60 – 40               |
| Conservación                        | Menores de 40         |

Fuente: Cárdenas, 2008.

En este punto se hizo una consideración final con el equipo técnico para validar el resultado, procediendo a integrar los criterios adicionales de zonas de recuperación y conservación para los intereses de las zonas en cuestión, caracterizando a las áreas de importancia ecológica de las microcuencas.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN DE LA CATEGORIZACIÓN PROPUESTA**

El proceso llevado a cabo para la zonificación, presenta un resultado de categorización de cinco clases, algunas de ellas especiales para cada microcuenca, y que conjuga unidades tan diferentes entre sí, como para requerir acciones y un manejo especial en cada una de ellas, de acuerdo a su condición socioeconómica, ambiental y biofísica.

##### **1.1.1. Zona agrícola sin limitaciones**

Corresponde a todas las tierras aptas para la agricultura (anuales y/o de ciclo corto), bien sean mecanizada o manual y con uso intensivo o exten-

sivo. Se entenderá que estas unidades de tierras quedan clasificadas como aptas si sus cualidades satisfacen por completo los requerimientos de utilización establecidos. La unidad queda clasificada de acuerdo a óptimas condiciones físicas: clima, suelo, pendiente y otros que pudieran ser localmente especificados así como las condiciones socioeconómicas de la zona; es decir, la presencia de un considerable desarrollo de los centros poblados, los servicios básicos, hasta una adecuada infraestructura vial que permita el acceso a estas áreas para el transporte de la producción agrícola para su distribución, comercialización y consumo fuera de los límites de la comunidad (Beltrán y Rodríguez, 2002).

#### 1.1.2. Zona agrícola con limitaciones moderadas

Corresponden a todas las tierras que a pesar de poseer ciertas características para realizar actividades agrícolas están restringidas medianamente por ciertos factores limitantes que presenta la zona, como son: fuertes pendientes, clima extremo y deficiencia del suelo, que no reúnen las características óptimas o adecuadas para dicha labor pero que sin embargo pueden ser mejoradas y en algunos casos hasta corregidas para su utilización satisfactoria con cierto tipo de prácticas especiales. Es importante tomar en cuenta que en esta categoría representa gran porcentaje de tierras aptas para agricultura en óptimas condiciones, sin embargo su vecindad con los canales naturales de agua les coloca como segunda opción, ya que en esta propuesta se promueve la protección y recuperación de las riveras de los ríos, lo cual se ha representado en la metodología.

En cuanto a su desarrollo socioeconómico, estas zonas poseen un moderado crecimiento poblacional, su infraestructura vial es precaria pero resulta suficiente para el traslado de los productos a los mercados vecinos.

#### 1.1.3. Zona agrícola con limitaciones severas

Corresponden a todas las tierras que aún sin ser consideradas como aptas para agricultura, dicha actividad se realiza en ella, mediante la adopción de prácticas especiales en los suelos para soportar limitaciones tan severas como la presencia de heladas, sumado algunas veces a condiciones adversas propias del terreno como pendientes fuertes o suelos pobres, por lo que requieren de técnicas apropiadas y de largos periodos de descanso de las

tierras para evitar la erosión. En esta categoría se representa también la vecindad con fuentes de agua. Las características socioeconómicas y la infraestructura vial que presenta la zona no son suficientes ni las más favorables para el desarrollo de las actividades agrícolas.

#### 1.1.4. Zona de recuperación

Se necesitan establecer zonas de recuperación y de protección de los cauces de los ríos. Además, las áreas con pendientes superiores al 70% deberán ser consideradas como zonas de recuperación para permitir que la vegetación natural ocupe estos espacios mediante la regeneración, y de esta manera estabilizar éstas zonas y así evitar el incremento de la erosión y por tanto de la sedimentación de los ríos. En algunas zonas es más apropiado hablar de garantizar que en éstas se lleve a cabo una regeneración natural de los ecosistemas nativos, especialmente en la zona alta de la microcuenca del Río Illangama.

#### 1.1.5. Zona de conservación

A esta zona pertenecen todos los remanentes de ecosistemas nativos de la zona. Se incluyen las zonas de quebradas con remanentes de bosque nativo y los bosques primarios poco alterados. Estos bosques y remanente se los incluye en una zona para conservación por ser los últimos espacios de vegetación natural y por su gran importancia como refugios de la biodiversidad del área. Además, en estas zonas se podrían efectuar a futuro programas de turismo comunitario y ecoturismo. Estas áreas también serán las principales fuentes de semillas y plántulas para futuros programas de forestación.

En el caso de la microcuenca del río Illangama, se debe tomar en cuenta que ya existe una zona de manejo especial oficial, referente a la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, por tanto se considera una zona con manejo especial basado en los reglamentos y normativas que rigen para esta Reserva manejada por el Ministerio del Ambiente, por ser parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.



3.2. ZONIFICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA

En la Figura 5 y cuadro adjunto se presenta la distribución espacial de la zonificación propuesta para la microcuenca del río Illangama.

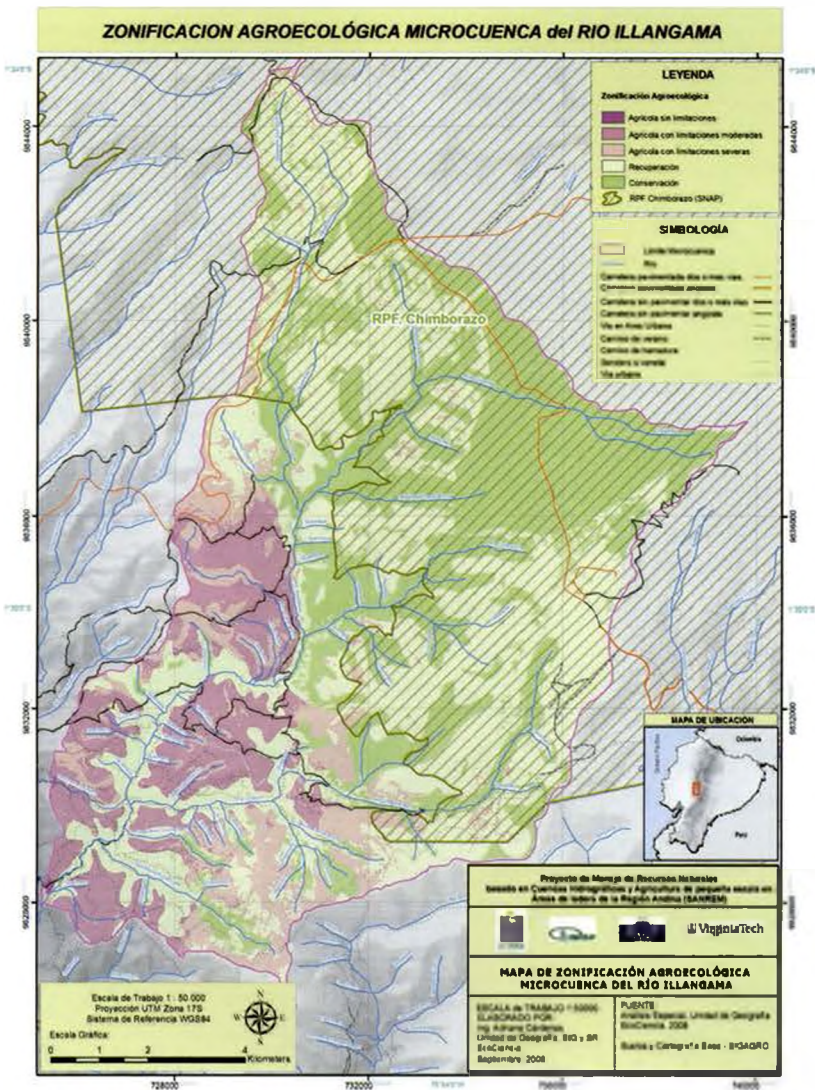


Figura 5. Zonificación agroecológica para la microcuenca del río Illangama. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2008.

| Clase                               | Superficie (ha) | Porcentaje |
|-------------------------------------|-----------------|------------|
| Agrícola sin limitaciones           | 11,00           | 0,09       |
| Agrícola con limitaciones moderadas | 1 652,76        | 12,57      |
| Agrícola con limitaciones severas   | 1 409,92        | 10,90      |
| Recuperación                        | 5 389,85        | 41,67      |
| Conservación                        | 4 499,06        | 34,78      |
| Total                               | 12 935,59       | 100,00     |

Fuente: Cárdenas, 2008.

En el caso de la microcuenca del río Illangama, zonas con las categorías de **conservación y recuperación** ocupan un gran territorio de la microcuenca, alrededor del 76,45% de la misma, con un 34,78% y 41,67% respectivamente. Esta zona traslapa casi en su totalidad los límites de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, que cubre el territorio sobre la cota 3200 m de la microcuenca, caracterizada principalmente por la presencia del ecosistema páramo tanto el pajonal como el páramo sobre arenales, y con alto potencial de erosión eólica.

Mientras que en la zona media y baja de la microcuenca se presenta en un 12,57% con respecto al territorio total, la clase **agricultura con limitaciones moderadas**, siendo esta zona la más representativa para la agricultura por su extensión y características socio-ambientales. También se encuentra la categoría **agricultura con limitaciones severas** en un 10,90% del territorio de la microcuenca. Esta se caracteriza principalmente por tratarse de áreas de baja fertilidad y fuerte pendientes, lo que disminuye al máximo la productividad en estas zonas.

A este nivel de la microcuenca, se encuentra también la categoría de **recuperación**, especialmente distribuida en las zonas de ribera e influencia para el cuidado y mantenimiento de fuentes de agua. Refiriéndose a zonas que en prácticas agropecuarias han sido perjudicadas por la presencia de ganado junto a las fuentes de agua, provocando la compactación del suelo y la pérdida de la capacidad de retención de agua en las riberas de los ríos.



### 3.3. ZONIFICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ALUMBRE

En la Figura 6 y cuadro adjunto se presenta la distribución espacial de la zonificación propuesta para la microcuenca del río Alumbre en la zona de Chillanes. En el caso de la microcuenca del río Alumbre, zonas con la categoría de **conservación** ocupan el 11,99% del territorio de la microcuenca. Si bien en la microcuenca no existe un área de manejo oficial para la protección de ecosistemas naturales, existen remanentes de bosque muy biodiversos y únicos en el área de estudio (Calles y Salvador, 2006). Al haber logrado identificar estas zonas de bosque con alta precisión, en base a fotografía aérea (SIGAGRO, 2007), se posee una herramienta muy importante para tomar medidas en torno a la conservación de estos bosques guardianes de las fuentes de agua de la zona. Es por ello que la implementación de esta categoría en el manejo de la zona, puede garantizar la permanencia del recurso agua, y la posibilidad del turismo ecológico organizado por la vistosa diversidad biológica de estos remanentes.

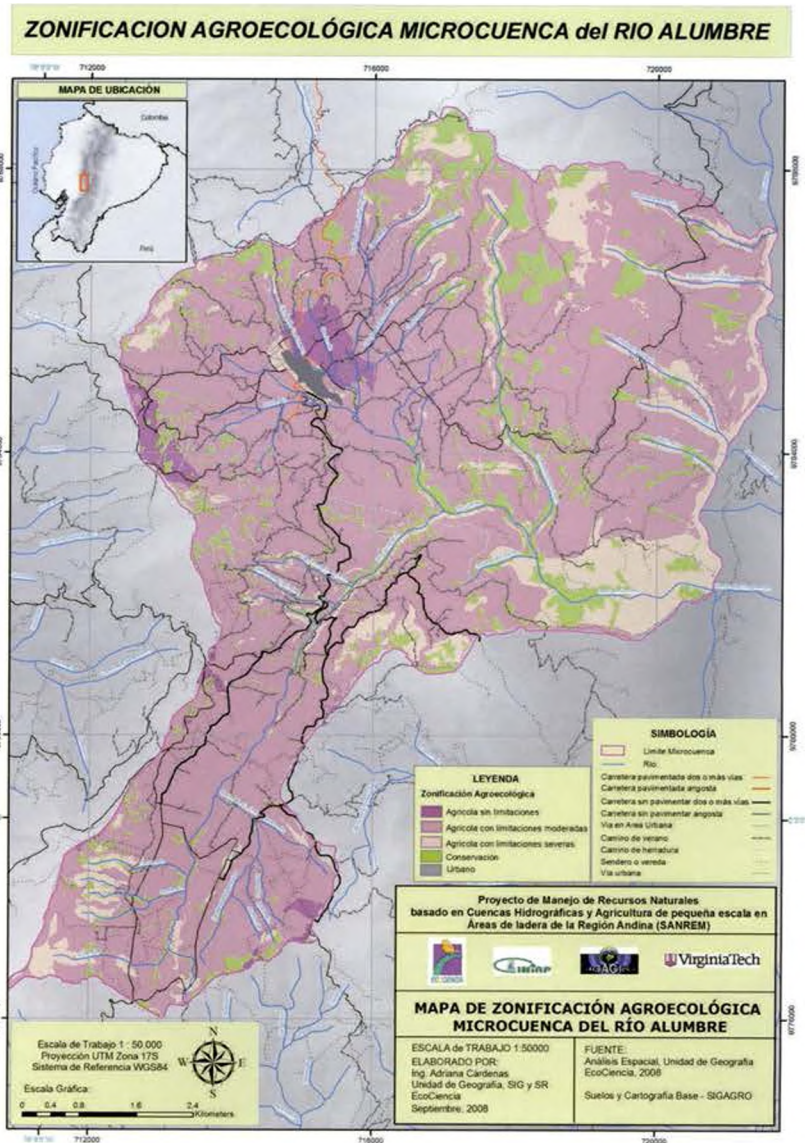


Figura 6. Zonificación agroecológica para la microcuenca del río Alumbre. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2008.

| Clase                               | Superficie (ha) | Porcentaje |
|-------------------------------------|-----------------|------------|
| Agrícola sin limitaciones           | 156,53          | 2,41       |
| Agrícola con limitaciones moderadas | 4 754,18        | 73,13      |
| Agrícola con limitaciones severas   | 753,14          | 11,53      |
| Conservación                        | 779,47          | 11,99      |
| Urbano                              | 57,76           | 0,89       |
| Total                               | 6 501,08        | 100,00     |

Fuente: Cárdenas, 2008.

La mayor parte del territorio de la microcuenca se encuentra cubierto por la categoría de **agrícola con limitaciones moderadas**, con un porcentaje del 73,13%. Si bien estos suelos se caracterizan por ser bien drenados y profundos, la textura y fertilidad media de los mismos, como la topografía del terreno afectan en algún nivel la productividad del suelo, clasificándose en esta categoría.

En lo referente a fuentes de agua, estas también inciden en la zonificación de esta categoría. Si bien gran parte de los remanentes de bosque se ubican junto a éstas, es importante priorizar la medida de manejo que se debe otorgar a las zonas de ribera a pesar de que algunas de ellas se clasifican como **agrícola con limitaciones moderadas**.

La categoría **agrícola sin limitaciones** también se presenta en esta microcuenca, ocupando una cobertura del 2,41% con respecto al territorio total. Finalmente, zonas con **limitaciones severas** para la agricultura se distribuyen en la zona de estudio en un 11,58%. Estas áreas de ser posible podrían ser propuestas para un manejo de recuperación del ecosistema natural ya que en su mayoría se caracteriza por la presencia de fuertes pendientes.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. EN LO RELACIONADO A LA DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

Se debe procurar realizar un análisis enfocado a la distribución real de los sitios de producción rural en fincas en la zona de estudio, tanto en zonas de fácil acceso como en las de difícil acceso, para con ello poder constatar la posible relación que puede existir entre los bajos ingresos familiares con respecto a la accesibilidad a mercados. También sería muy importante poder realizar un mapeo básico a nivel catastral que permita calcular los tamaños de las fincas o quintas de producción, para constatar la relación entre ingresos familiares y accesibilidad a mercados en función del tamaño de la producción.

### 4.2. EN LO RELACIONADO A LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA

En la parte alta de la microcuenca del río Illangama se encuentran las principales vertientes de agua de la zona. De estas vertientes se originan la mayoría de ríos y riachuelos de la microcuenca. Estas fuentes de agua se encuentran sobre los 4 000 msnm, en los alrededores de estas vertientes se efectúan actividades de pastoreo con ovejas principalmente, lo cual lleva a la contaminación con heces de estas fuentes. Por tanto, se debe llegar a un acuerdo con los propietarios de las ovejas para designar zonas de pastoreo que alejen a estos animales de las fuentes de agua y así reducir la contaminación del agua. Además, se debe considerar la construcción de abrevaderos para estos animales con el propósito de evitar su ingreso directo a los ríos de la zona. En casos extremos en los cuales además de fuentes de agua en la zona se encuentren formaciones de páramo de almohadillas, que son buenos almacenadores de agua, habrá que considerar el cercado físico de éstas áreas para garantizar la conservación del agua en buen estado tanto en cantidad como en calidad.

La agricultura y ganadería son las principales fuentes de ingresos económicos para los habitantes de ésta microcuenca. Estas actividades se deben seguir efectuando en las áreas actuales. Sin embargo, es necesario limitar el incremento de la frontera agrícola a zonas de mayor altitud, por lo que se

considera la cota de los 3 800 msnm como el límite superior para la agricultura y ganadería.

De las encuestas efectuadas en la microcuenca del río Ilangama se desprende que las comunidades indígenas utilizan en gran proporción las plantaciones de especies exóticas como el pino como fuente de leña para sus hogares. Por tanto, se sugiere que las zonas con plantaciones de pino se mantengan como tal, y que futuras plantaciones de pino se efectúen en estas mismas áreas tratando de no expandir la presencia de esta plantación exótica en la zona.

Se deben promover las zonas de recuperación en las riveras de los ríos para garantizar la calidad del agua y la cantidad del agua en los ríos y riachuelos. Se proponen zonas de recuperación en los márgenes de éstos cuerpos de agua bajo los siguientes criterios (Cárdenas y Calles, 2007): 1) para ríos de más de seis metros de ancho se debe contar con una área de amortiguamiento de alrededor de 30 metros. Ejemplo: Río Ilangama y Corazón; y 2) para ríos de hasta tres metros de ancho se debe contar con una área de amortiguamiento de alrededor de 10 metros. Ejemplo: Quebradas menores.

En las áreas de amortiguamiento con altitudes menores a 3 800 m se propone iniciar programas de regeneración de las riveras mediante la reforestación utilizando plantas nativas y características de los márgenes de los ríos.

Tanto el uso de cercas como de plantas en las áreas de amortiguamiento permiten reducir el ingreso excesivo de nutrientes y contaminantes al agua producto de las actividades agrícolas y también ayuda a reducir la contaminación generada por el ganado al tomar directamente el agua de los cuerpos de agua y dejar sus heces en los ríos.

#### **4.3. EN LO RELACIONADO A LA MICROCUENCA DEL RÍO ALUMBRE**

La agricultura y ganadería son las principales fuentes de ingresos económicos para los habitantes de ésta microcuenca. Estas actividades se deben seguir efectuando en las áreas actuales. Sin embargo, es necesario limitar el incremento de la frontera agrícola en la zona, y limitar su área de crecimiento.



Las áreas de amortiguamiento sugeridas a ser utilizadas están basadas y adaptadas de la norma para el manejo sustentable de los bosques andinos del Ministerio del Ambiente (MAE, 2003) y de literatura consultada (Wegner y Fowler, 2000). Todas las zonas sugeridas para la presente zonificación del área de estudio están sujetas a llegar a acuerdos con las comunidades y organizaciones locales para efectuar e implementar las sugerencias presentadas en este documento técnico.

Se necesita establecer zonas de recuperación y de protección de los cauces de los ríos, por lo que las áreas con pendientes superiores al 70% deberán ser consideradas como zonas de recuperación para permitir que la vegetación natural ocupe estos espacios mediante la regeneración y de esta manera estabilizar éstas zonas y así evitar el incremento de la erosión y por tanto de la sedimentación de los ríos.

Adicionalmente, para garantizar la calidad del agua y la cantidad del agua en los ríos y riachuelos se proponen zonas de recuperación en los márgenes de éstos cuerpos de agua bajo los siguientes criterios: 1) para ríos de más de 10 metros de ancho se debe contar con una área de amortiguamiento de alrededor de 50 metros. Ejemplo: Río Chimbo; 2) para ríos de más de seis metros de ancho se debe contar con una área de amortiguamiento de alrededor de 30 metros. Ejemplo: Río Alumbre; y 3) para ríos de hasta tres metros de ancho se debe contar con una área de amortiguamiento de alrededor de 10 metros. Ejemplo: Quebradas menores.

En estas áreas de amortiguamiento se deben evitar o reducir las actividades agrícolas y ganaderas. Además, en estas áreas de amortiguamiento dependiendo del caso se debe considerar la instalación de cercas de protección para impedir el acceso directo de los animales a los cuerpos de agua, y construir abrevaderos para los animales en zonas alejadas de los cuerpos de agua para reducir la contaminación del agua.

Adicionalmente, en las áreas de amortiguamiento propuestas en ésta microcuenca se propone iniciar programas de regeneración de las riberas mediante la reforestación utilizando plantas nativas y características de los márgenes de los ríos.

Tanto el uso de cercas como de plantas en las áreas de amortiguamiento permiten reducir el ingreso excesivo de nutrientes y contaminantes al agua

producto de las actividades agrícolas y también ayuda a reducir la contaminación generada por el ganado al tomar directamente el agua de los cuerpos de agua y dejar sus heces en los ríos.

## V. BIBLIOGRAFÍA

- Calles, J. y Salvador, D. 2006. *Diagnóstico preliminar de la biodiversidad en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre, afluentes del río Chimbo, provincia de Bolívar*. Ecociencia. Quito-Ecuador. 63 pp.
- Cárdenas, A. 2008. *Zonificación agroecológica: contexto sectores dispersos en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre en la Subcuenca del río Chimbo*. Ecociencia. Quito-Ecuador. 43 pp.
- Cárdenas, A. y Calles, J. 2007. *Propuesta Preliminar de zonificación para el manejo de las microcuencas de los ríos Alumbre e Illangama*. EcoCiencia. Proyecto Watershed-Based Natural Resource Management In Small-Scale Agriculture: Sloped Areas Of The Andean Region. Quito – Ecuador.
- Cárdenas, A. 2007. *Análisis de Paisaje: Cobertura Vegetal y Uso del Suelo e Indicadores Biofísicos: Tasas de cambio, representatividad y fragmentación en las Microcuencas Illangama y Alumbre*. EcoCiencia. Quito-Ecuador.
- Couto, W. 1996. *Adaptación de la metodología de zonificación agroecológica de la FAO para aplicaciones a diferentes niveles de zonificación en países de América Latina y el Caribe*. FAO, Taller Regional sobre Aplicaciones de la Metodología de Zonificación Agro-Ecológica y los Sistemas de Información de Recursos de Tierras en América Latina y El Caribe. Santiago, Chile.
- Beltrán, K.; Calles, J.; Narváez, R. y Rivera, B. 2007. *Diseño del Plan de Ordenamiento Territorial, Comunidad de Yanahurco – Provincia de Cotopaxi*. Ecuador.
- Beltrán, K. y Rodríguez, P. 2002. *Propuesta de Zonificación Agroecológica Económica del cantón Penipe*. Fundación Natura. Quito – Ecuador.
- Benza, M.; Cansen, H.; Nakasone, E. y Torero, M. 2007. *Análisis de la rentabilidad de inversiones públicas en infraestructura como un posible instrumento para la agenda complementaria*. IFPRI, RUTA; DFID, y otros. Tegucigalpa, Honduras.
- Chuvieco, E. 2006. *Teledetección Ambiental*. Ariel Ciencia. Barcelona – España.
- Earth Observation Research Center. 2008. *ALOS Handbook*. Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA. Sengen. Japan.
- ECORAE. 2001. *Zonificación Ecológica Económica de las provincias de Sucumbios, Napo, Orellana, Morona Santiago y Zamora Chinchipe*.
- FAO. 1996. *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Boletín de Tierras y Aguas de la FAO. Número 8.

- Galvis, L. 2001. *Qué determina la productividad agrícola en Colombia?*. Documentos de Trabajo sobre economía regional. Centro de Estudios Económicos Regionales, Banco de la República de Cartagena de Indias. Cartagena, Colombia.
- Hijmans, R.; Cmeron, S. y otros. 2004. *Very High resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas*. International Journal of Climatology. Museum of Vertebrate Zoology, University of California, U. of Queensland, Center for tropical Agriculture and International Plant Genetic Resources Institute.
- MAE. 2003. *Acuerdo ministerial No. 128. Normas para el manejo sustentable de los bosques andinos*. Ministerio del Ambiente. Quito-Ecuador.
- Peralta, E. 2008. *Manual Agrícola de Granos Andinos – Chocho, Quinua, Amaranto y Ataco*. Cultivos, Variedades, Costos de producción. INIAP. Quito – Ecuador.
- SIGAGRO. 2008. *Cartografía Base y Temática Física sobre la Subcuenca del Río Chimbo*.
- WORLCLIM. Última modificación: 19/enero/2006, Version 1.4, Museum of Vertebrate Zoology, Nature Serve, Rainforest CRC, CIAT. Acceso: 20/enero/08.
- Torres, J. y Felipe, L. 2003. *Las amenazas del clima para los cultivos nativos en microcuencas de la Sierra del Perú*. Revista Cultivos y Saberes Nro. 30. In – Situ. Lima, Perú.
- Valera, F. sf. *El tiempo y el clima como condicionantes de las actividades humanas*. Contra Clave.
- Wenger, S. y Fowler, L. 2000. *Protecting streams and river corridors. Creating effective local riparian buffer ordinances*. University of Georgia

**Paginas WEB consultadas:**

- WordClim. *Datos de clima referidos a la base de datos del sistema WorldClim*, disponible para bajar en [http: http://www.worldclim.org/](http://www.worldclim.org/)