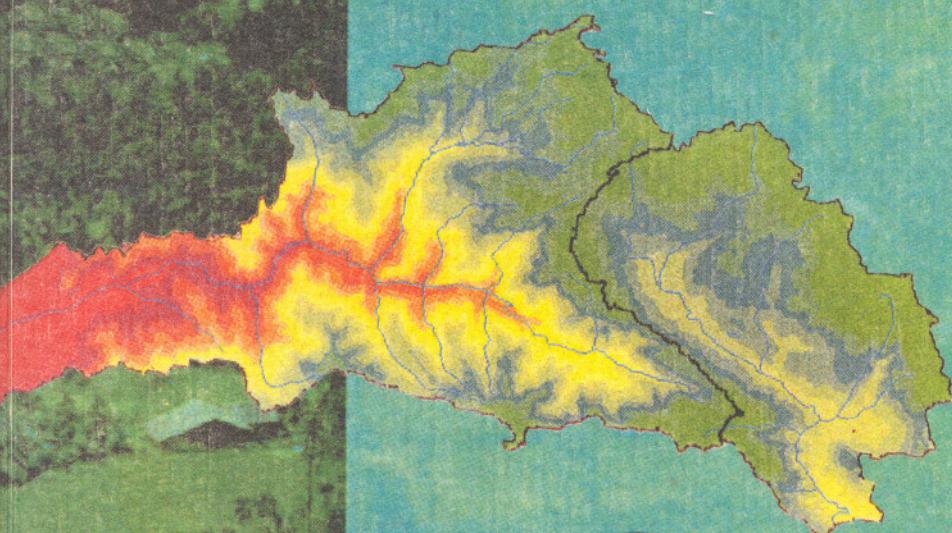


CURSO - TALLER

**MANEJO INTEGRAL  
DE MICROCUENCAS**  
**JEQUETEPEQUE - CAJAMARCA**  
**21-30 de octubre de 1996**



**CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA**

**ADEFOR**

asociación civil para la investigación  
y desarrollo forestal - cajamarca





**ADEFOR**

asociación civil para la investigación  
y desarrollo forestal - cajamarca

**CURSO - TALLER**  
**MANEJO INTEGRAL**  
**DE**  
**MICROCUENCAS**

**I. Teoría y Experiencias**

**Departamento de Capacitación**

**1997**

Citación correcta

**Centro Internacional de la Papa (CIP). 1997.** Manejo Integral de Microcuencas.  
Mario Tapia (ed). Curso - Taller. Lima, Perú.

Este documento comprende el conocimiento actual en temas específicos para el uso por profesionales involucrados en el manejo integral de microcuencas, cuyas funciones incluyen la generación y difusión de los conocimientos a través de actividades de capacitación. Esta constituido por una serie de temas sujetos a revisiones y actualización periódica.

**Manejo Integral de Microcuencas**

I. Teoría y Experiencias

Curso - Taller.

Lima, Perú. 1997.

Editor Técnico: Mario Tapia  
CONDESAN

Procesado por el Departamento de Capacitación

Coordinación: Patricio Malagamba  
Edición: Américo Valdez  
Margarita López



**CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP)**

Apartado 1558, Lima 12, Perú  
Teléfono: (51-1) 349-6017  
Fax: (51-1) 349-5638  
E-mail: [cip-communications@cgnet.com](mailto:cip-communications@cgnet.com)

**Proyecto: Evaluación de los Recursos Agrícolas de las  
Tierras Altas de los Andes.  
GTZ - CONDESAN**

## **PRESENTACION**

El manejo de cuencas es uno de los temas que más se ha abordado para lograr un uso razonable de los recursos naturales, sobre todo en países de montañas como los países andinos.

El Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), la Asociación para el Desarrollo Forestal (ADEFOR), la Asociación para el Desarrollo Rural de Cajamarca (ASPADERUC), la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) y el Centro Internacional de la Papa (CIP), organizaron el Primer Curso-Taller: "Manejo Integral de Microcuencas", en Lambayeque y Cajamarca, del 21 al 30 de octubre de 1996.

La idea de organizar este curso-taller, nació con base en las experiencias que se tienen en Cajamarca, sobre todo las iniciadas por la Universidad Nacional de Cajamarca y las ONG's, quienes continuaron el trabajo pionero que incluía una propuesta de manejo agrosilvopastoril de las cuencas al que se le dio el nombre de Proyecto: "**Poncho Verde**" en referencia a la cobertura vegetal que se debe tender en las montañas andinas. Su promotor el Ing. Pablo Sánchez y los numerosos colegas que colaboraron en la Universidad de Cajamarca, han marcado un importante hito en las ciencias agrícolas y el manejo de los recursos naturales en el caso del Perú.

Para el desarrollo del curso-taller, se contó con la colaboración del Ing. Godofredo Rojas, director del proyecto especial del Río Jequetepeque / Zaña, en el que se ejecuta el manejo hídrico en la parte baja de la cuenca, con la construcción de la Represa Gallito Ciego, la de mayor altura en el país.

En una segunda etapa del curso-taller fueron visitadas la microcuenca de La Encañada, en el distrito del mismo nombre, con la participación del equipo de la Municipalidad, liderada por su alcalde el Sr. Manuel Vásquez, y la Cooperativa Atahualpa, donde se ejecuta el proyecto Porcón, que apoya la Asociación para el Desarrollo Forestal, ADEFOR.

Se solicitó la colaboración de colegas especialistas que aportaron sus experiencias en las teorías, metodologías y herramientas útiles para abordar el tema del manejo de cuencas. El documento inicial ha sido revisado, editado y presentado con el fin de que sirva como información básica a experimentadores y agentes de desarrollo en el medio rural andino.

Con este fin el documento se ha dividido en cuatro temas: el primero trata sobre el marco teórico, donde se desarrollan los conceptos de sostenibilidad y cuencas hidrográficas.

GEI segundo incluye la metodología y algunas de las herramientas utilizadas en el diagnóstico y evaluación de los recursos naturales en el ambiente de una microcuenca como: el enfoque de la investigación en sistemas, una propuesta de zonificación agroecológica, así como el uso de indicadores biológicos de las condiciones de suelo y clima.

El tercer tema trata sobre el manejo de la información, desde cómo organizar una base de datos con el programa ALES para la evaluación bioeconómica de la tierra, el uso de programas de los sistemas de información geográfica, la información sobre los recursos naturales disponibles en Internet a través de la propuesta de Infoandina y el uso de modelos de simulación.

Finalmente como cuarto tema se presentan experiencias e información de los países andinos, a nivel nacional, y experiencias locales en el manejo de cuencas.

Esta no es una publicación exhaustiva sobre el tema, sino que su propósito es resaltar el hecho que las microcuencas son realidades geográficas más cercanas al nivel de las unidades políticas de decisión como distritos, provincias, etc., y que permiten tomar decisiones que se ajustan a la realidad de los productores, relevando la diversidad tanto de ambientes ecológicos como de recursos y posibilidades tecnológicas para lograr un desarrollo armónico y sostenible.

Cajamarca, junio 1997.

Mario E. Tapia/CONDESAN  
Martha Huanes/CIP  
Nelson Espinoza/CIP  
Charles Carton/ADEFOR

Coordinadores del Curso

## INDICE

Pág.

### 1.0 MARCO TEORICO

1.1 Conceptos y Desarrollo Agropecuario Sostenible en la Ecorregión Andina.....1  
*Pablo Sánchez y Mario Tapia*

1.2 Conceptos sobre Cuencas Hidrográficas.....23  
*Mario Tapia*

### 2.0 METODOLOGIA Y HERRAMIENTAS

#### Manejo de Recursos Naturales:

2.1 Enfoque de la Investigación en Sistemas.....29  
*Carlos León-Velarde / Roberto Quiroz*

2.2 Zonificación Agroecológica.....53  
*Mario E. Tapia*

2.3 Indicadores Biológicos  
*Bárbara Becker*

    2.3.1 Marco conceptual.....67

    2.3.2 Primeros resultados.....77

### 3.0 MANEJO DE INFORMACION

3.1 Manejo y uso del sistema automatizado para la evaluación de tierras-ALES....89  
*Jorge Reinoso*

3.2 El Sistema de Información Geográfica.....95  
*Néstor Montalvo*

3.3 El Rol de INFOANDINA.....103  
*Ana María Ponce*

3.4 Uso de Modelos de Simulación.....109  
*Roberto Quiroz y Carlos León-Velarde*

## **4.0 EXPERIENCIAS DE MANEJO DE CUENCAS**

### **4.1 En los Países Andinos**

- 4.1.1 Problemática, experiencias y enfoque sobre la erosión, manejo y conservación de suelos de ladera en Ecuador.....123**  
*Juan Córdova*
- 4.1.2 Diagnóstico nacional de la degradación, de los RR.NN., Bolivia.....135**  
*Juan Ramiro Zenteno*
- 4.1.3 Problemática nacional, acciones y propuestas de manejo y conservación de suelos de ladera en el Perú.....147**  
*Carlos Torres*
- 4.1.4 Avances y propuestas de investigación en conservación del suelo en la Sierra del Perú.....151**  
*Carmen Felipe Morales*

### **4.2 Experiencias Nacionales:**

- 4.2.1 El PRONAMACHS, Una Propuesta desde la Experiencia Campesina....153**  
*Antenor Florindez*

### **4.3 Experiencias Locales:**

- 4.3.1 Manejo y Aprovechamiento del Agua en la Cuenca.....159**  
del Río Jequetepeque  
*Godofredo Rojas*
- 4.3.2 El Caso de la Microcuenca de La Encañada.....171**  
ASPADERUC  
*Mario Tapia y Pablo Sánchez*
- 4.3.3 El Proyecto PORCON.....185**  
ADEFOR  
*Charles Carton*
- 4.3.4 Gestión integral de la microcuenca de Quesermayo.....197**  
CEDEP-AYLLU

## **1.0 MARCO TEORICO**

### **1.1**

# **Conceptos sobre desarrollo agropecuario sostenible en la Ecorregión Andina**

***Pablo Sánchez Zevallos \* y Mario Tapia\*\****

La sostenibilidad de los sistemas agropecuarios, desde que afecta directamente al medio ambiente, es un problema que nos concierne a todos. En las condiciones de montaña se ha convertido en un tema de especial interés mundial, sobre todo considerando la relación de estas tierras con las partes bajas y llanuras, generalmente más productivas. El actual crecimiento de la población y la presión que dicha población ejerce sobre el uso de la tierra y sus recursos y la influencia que tiene esta región con el suministro de agua, energía, minerales, ecoturismo, las convierte en zonas de alto riesgo a la erosión y contaminación.

El deterioro de las condiciones ambientales en las montañas se ha acelerado por problemas tales como la creciente erosión de los suelos para el uso agrícola inapropiado de tierras marginales, contaminación de las aguas por la explotación minera, pérdida de la biodiversidad por la introducción de variedades nuevas y presión del mercado y en general el deterioro del paisaje.

Son estas razones que han hecho que los países andinos promuevan diferentes programas para combatir estas enfermedades ambientales. En el caso del Perú, la creación del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas (PRONAMACHS), como la acción de diferentes organismos estatales y no gubernamentales, hace visualizar que una acción concertada podría revertir esta situación.

En este contexto, el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), creado en 1992, está enfatizando el tema de la sostenibilidad en las montañas andinas, a través del estudio de los principales componentes de los ecosistemas (Suelo, Agua, Sistemas productivos, Biodiversidad y Políticas) y su estrategia de trabajo incluye concentrar estos

---

\* Presidente de ASPADERUC / Cajamarca

\*\*CONDESAN / SITIO PILOTO Cajamarca

esfuerzos en los sitios piloto, espacios distribuidos en los Andes de manera de tener áreas representativas de la diversidad de la ecorregión.

Uno de estos sitios piloto se ubica en los Andes Norte del Perú, en la zona de Cajamarca, específicamente en la cuenca del Río Cajamarquino, en donde con el importante aporte y experiencia de las ONG's, Aspaderuc, ADEFOR, el Consorcio CIPDER, la participación de la Universidad de Cajamarca y el apoyo de la GTZ, se viene trabajando en el desarrollo de una metodología para la evaluación de los recursos naturales de las tierras altas y la validación de alternativas de desarrollo.

El tema de la sostenibilidad ha sido ampliamente discutido y para el caso de las condiciones de montañas se refiere para mayor detalle los trabajos en los aspectos **tecnológicos**, Blanco (1988); Concytec (1986); Lechtman y Soldi (1981); Franco (1987); **ecológicos**, Torres (1994); Tapia (1988); Ellemberg (1981); **regional**, CAF-BID-PNUD (1996); IIUN-UNSAAC-NUFFIC (1990); Sánchez (1988).

## CONCEPTOS FUNDAMENTALES

La palabra **Sostenible** se deriva del verbo sostener, que significa soportar, mantener o sostener. Evitar que una estructura se caiga, o una mejor definición es permitir que una estructura pueda funcionar en forma equilibrada y pueda mantenerse en el tiempo sin deteriorarse y al contrario mejorarse.

Al término "**desarrollo**", se le asigna una acepción socio económica que se refiere al mejoramiento permanente de las condiciones de vida de un grupo social o de una sociedad que vive en un espacio geográfico o ecológico definido.

El concepto de desarrollo es, por lo tanto, más amplio que el de sólo crecimiento, pues en todo caso, desde el punto de vista biológico el crecimiento es parte del proceso de desarrollo. Veamos ejemplos de este concepto:

El desarrollo en biología es el proceso de vida de un ser desde su crecimiento hasta su muerte y dentro del cual se realiza como ser vivo y se reproduce a través de sus hijos o semillas.

Un ejemplo que podríamos dar, es el desarrollo de un cultivo, que se inicia con la germinación de la semilla en un suelo pródigo, la aparición de la plántula y el crecimiento de la misma, formándose el tallo, las ramas y las flores; para que complete su desarrollo los frutos tendrían que dar semillas viables que depositadas en buen suelo y bajo condiciones favorables de

clima, generen muchas otras plantas semejantes que sean capaces de crecer bajo las mismas condiciones.

Un ejemplo similar lo podríamos tener, cuando en un lugar determinado, una cuenca hidrográfica en donde se va a construir una infraestructura física productiva, como una represa, se acumula gran cantidad de suelo, arena, piedras, cemento y otros materiales y se hace sin un ordenamiento generaría un proceso de crecimiento pero sin diferenciación, por lo tanto, necesitaríamos que estos materiales se vayan convirtiendo en estructuras como muros y a su vez éstos convertirse en paredes, compuertas, el cemento, el agua y el fierro transformarse en columnas y vigas; de esta forma se va generando un adecuado y armonioso conjunto que hará de esta represa una infraestructura que regule la distribución del agua, la que luego de construida y bajo una buena administración, podrá servir adecuadamente a los diferentes usuarios, una estructura funcional rentable, que permitirá en el futuro la potenciación de la agricultura de la región bajo riego, el manejo apropiado y la conservación de los recursos naturales en las áreas en donde se capta el agua.

Habría que diferenciar bien el concepto de **desarrollo económico** del de **crecimiento económico**, aún el concepto de desarrollo económico se vuelve limitado cuando se refiere solamente al aspecto de la economía crematística, sin relacionarla con el bienestar permanente de la sociedad y menos al cuidado del medio ambiente y sus recursos naturales.

Estos conceptos, se trataron de aplicar a fines de la década de los años 80 en los proyectos de desarrollo rural y se habló de un crecimiento económico con justicia social y sostenibilidad, pero que no lograron legitimizarse, porque sólo el crecimiento económico no consiguió generar abundancia permanente de bienes para la sociedad y más aún eliminar la pobreza que se incrementa en el mundo entero y sobre todo en los países denominados en desarrollo.

El término **equidad** se refiere a la aplicación de la justicia, en su máxima expresión de distribución innata que inclusive puede estar sobre el derecho civil, cuyas leyes son dadas por los Estados, muchas veces obedeciendo intereses personales o de grupos, en todo caso, mediante la equidad se modera el exceso o la rigidez de las leyes, convirtiéndose en el derecho común que, es más fácil de entender cuando nos referimos al uso racional de los recursos naturales con un criterio de permanencia de los mismos y más que nada una justa distribución de los excedentes, pues los recursos existentes no son únicamente patrimonio de la actual generación sino de las futuras generaciones.

El desarrollo rural sostenible es una tarea que incluye múltiples aspectos, dimensiones biológicas, sociales, económicas y aún filosóficas. Realizar esta tarea por tanto, implica contar con marcos conceptuales y con herramientas metodológicas en cada uno de estos aspectos, Sánchez y Quinteros (1995).

El desarrollo sostenible con equidad es, con seguridad, la expresión más apropiada que define las mejores condiciones de vida de una sociedad con su medio ambiente, manteniendo las adecuadas relaciones de equilibrio que aseguren la permanencia de los principales recursos naturales en el tiempo.

La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en el Informe sobre nuestro futuro común, más conocido como el informe de la comisión Brundtland, define el desarrollo sostenible como "un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias".

Otro concepto de la misma Comisión, que fue discutido en la Conferencia de la Tierra (junio 1992), plantea que "el desarrollo sostenible con equidad consiste en mejorar las condiciones de vida sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan".

Es conveniente por lo tanto, que entendamos que el desarrollo sostenible con equidad es una posibilidad real de los pueblos, lejos de subjetivismos y falsas posiciones que dan a los países del Tercer Mundo sólo la posibilidad de una economía de supervivencia y que hacen inviable su desarrollo.

Cuando podamos asegurar que si se hace una adecuada gestión de los recursos naturales y se respeta permanentemente el equilibrio entre la sociedad y la naturaleza, es recién entonces que se podrá alcanzar las mejores condiciones de vida que una familia o un grupo social demandan, en cualquier lugar de nuestro planeta.

Sin embargo, debemos enfatizar que, para hacer aplicable el desarrollo sostenible con equidad, se tiene que visualizar con claridad los objetivos de vida de cada grupo o de cada sociedad en íntima interdependencia con su medio ambiente o la naturaleza que lo rodea; inclusive las normas éticas y morales de esa sociedad no sólo se deben referir al hombre mismo sino también a los animales, plantas, aire, agua y a la tierra que son partes del mismo ecosistema.

De otro lado, la preocupación de la sociedad deberá estar orientada principalmente a la generación de recursos naturales renovables y sobre los excedentes producidos planificar su desarrollo sostenible, en vez de

agotar los recursos existentes y más bien generar reservas para las próximas generaciones. Insistimos que la sociedad actual sólo tiene prestado este espacio terrestre a las generaciones futuras y que por lo tanto, en la adecuación de este espacio su función deberá ser, tal como lo menciona el profesor F. Ellemberg (1981), “desarrollar sin destruir” o en todo caso construir los ecosistemas más que destruirlos.

Recordemos además, que todos los pueblos especialmente aquellos que se les indica como menos desarrollados han aportado y aún aportan valiosos instrumentos y experiencias de desarrollo que deben ser valorados, rescatados e integrados a la estrategia planteada.

En este tema son resaltables los valiosos aportes en técnicas y diversas prácticas agrarias de la cultura andina, además de su filosofía de respeto a la naturaleza, que alude a este concepto, a tal punto que podríamos asegurar que el desarrollo sostenible con equidad ya fue concebido y aplicado por los antiguos pueblos de los Andes, y que iguales aportes existen en las culturas mesoamericanas, especialmente Mayas y Aztecas, así como en los pueblos Asiáticos de montañas como los Himalayas y en África, como Etiopía.

## LOS CONFLICTOS

La interpretación que se asume de los conflictos no es solamente la de un combate o de una situación sin salida, sino más bien la presencia de una confrontación que nos facilitará el conocimiento de los diversos elementos del conflicto, a fin de eliminar o disminuir sus causas y sus defectos sacándole el máximo provecho a estas confrontaciones permanentes, aprovechando inclusive las potenciales energías de los elementos en pugna y obtener la mayor fuerza para construir las mejores condiciones de vida para la sociedad humana y alcanzar el ansiado desarrollo sostenible con equidad o el ecodesarrollo.

En la naturaleza el equilibrio mantiene el desarrollo sostenible de un conjunto vivo. Cada vez que se incrementa la oferta de recursos es posible el aumento de nuevas demandas por parte de los seres y viceversa. El proceso se deteriora cuando hay un incremento desmesurado de una especie, inmediatamente aparecen los predadores naturales que restituyen el equilibrio.

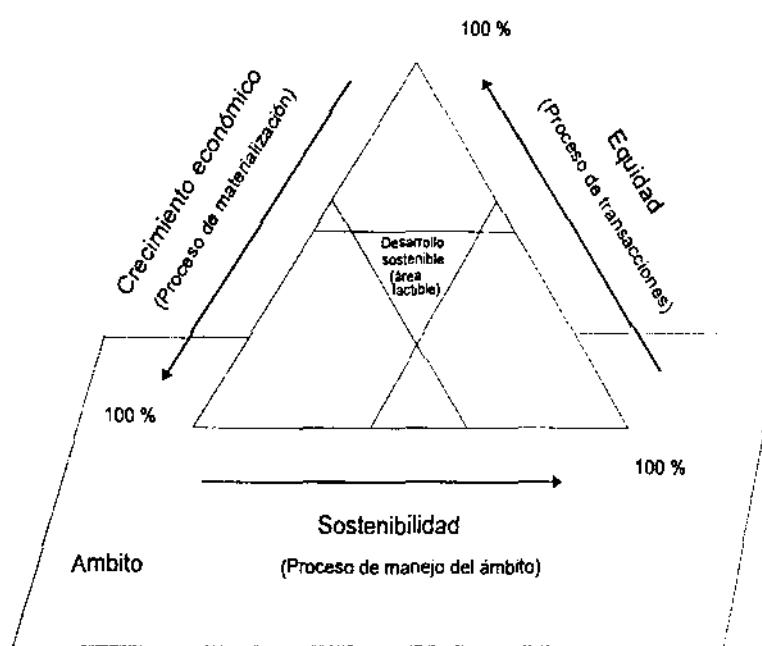
Por sus características propias, el ser humano no respeta los equilibrios naturales y se justifica con razones técnicas y sociales que no son muy significativas, hace prevalecer la propuesta unilateral humana sobre los equilibrios medio ambientales, generándose siempre conflictos, algunos muy graves, los que si no son convenientemente abordados, suscitan el

enfrentamiento, en donde siempre hay un vencedor y un perdedor. En este caso, el perdedor inicial es la naturaleza pero a la larga será la sociedad en su conjunto, porque la naturaleza terminará negándole al hombre, el agua, el aire adecuado, la tierra y todo cuanto hace posible su vida.

Para graficar lo expuesto, se muestra esta situación mediante el llamado TRIANGULO DEL CONFLICTO DEL DESARROLLO, elaborado inicialmente por Nijkamp (1990) y divulgado por Dourojeanni (1994), en el los tres objetivos: crecimiento económico, equidad y sostenibilidad son conflictivas.

**Fig. 1**

**Representación gráfica de los objetivos conflictivos entre crecimiento económico, equidad y sostenibilidad**



Fuente: Adoptado de Peter Nijkamp, *Regional sustainable development and natural resource use*, World Bank Annual Conference on Development Economics, 26 y 27 de abril, 1990, Washington D.C.

Si vemos la relación entre crecimiento económico y el uso de los recursos naturales, se aprecia que hay un efecto negativo sobre el medio ambiente (los recursos naturales que son transformados) con su secuela de desechos y

contaminación que se producen sobre todo en recursos tan valiosos como el agua, suelo y aire. Además, muchos recursos que se emplean en la industria son agotables.

En la línea A-B que relaciona crecimiento económico con recursos naturales se tiene, que a medida que se incrementa el desarrollo económico se reducen o afectan los recursos naturales; lo justo sería que el crecimiento económico se basara más en una mayor eficiencia de transformación de los recursos y en un uso racional de los mismos, manteniendo siempre el equilibrio entre la generación de recursos renovables y el aprovechamiento de los mismos.

En cuanto a la relación entre la equidad y el uso racional de los recursos, debemos establecer que no habrá equidad en la distribución de los mismos si los recursos naturales fundamentales son muy escasos, y en este caso la disponibilidad de los mismos no cubrirá las necesidades de la sociedad especialmente lo que se refiere al agua, a la energía y a los alimentos, por lo que debe de existir un permanente equilibrio entre las necesidades de la población y los recursos naturales. No es posible una sobre carga poblacional sobre un espacio que no la pueda sustentar porque ésto generará depredación -primero- y luego destrucción del espacio y emigración automática de la población como ocurre en muchos lugares de la sierra.

Es conveniente indicar, que estos recursos se hacen aún más escasos o se deterioran por la irracional explotación de la actividad industrial, especialmente la explotación minera y la transformación metalúrgica; se debe tener mucho cuidado en que este tipo de empresas empleen las tecnologías más avanzadas que minimicen el impacto ecológico, que ya se dispone debido al elevado desarrollo tecnológico pero que no se emplea porque a muchos empresarios les interesa tener grandes ganancias económicas no importándoles el deterioro ambiental. De otro lado, falta un marco legal que exija adecuar la explotación industrial a un mínimo impacto ecológico o en todo caso se haga cumplir las exigencias que se establecen en los Códigos, Leyes y Reglamentos respectivos.

El punto de equilibrio estaría dado por un racional crecimiento económico, un eficiente uso de los recursos naturales que no se vean afectados por una sobre explotación industrial y un uso equitativo de recursos naturales disponibles que la sociedad deberá encargarse de generarlos o regenerarlos antes que degradarlos o destruirlos.

## **EL ECOSISTEMA DE LA CUENCA HIDROGRAFICA COMO UNIDAD DEL DESARROLLO SOSTENIBLE**

La Cuenca Hidrográfica es el espacio geográfico que concentra el agua de las precipitaciones pluviales en un colector común, el río. La energía radiante que impacta sobre su superficie transforma el agua y los nutrientes del suelo en los más complejos y variados recursos naturales que finalmente están al servicio de la sociedad humana para su uso racional permanente o su destrucción.

### **Geomorfología de una Cuenca Hidrográfica**

Las Cuencas Hidrográficas están en constante modificación, su grado de alteración depende de la intensidad del uso de la tierra, de la erosión de los suelos, debido a las lluvias, a los procesos de deglaciación, etc., de los cambios en la cobertura vegetal, de su geología y especialmente de la acción de la sociedad humana que en su afán de un "mejor acondicionamiento" no repara en modificar el ordenamiento natural que es el estado más armónico y permanente dentro de un ecosistema.

En la aplicación de la estrategia del desarrollo sustentable, la **Cuenca Hidrográfica** es considerada como la unidad de acción y dentro de la cual es posible aplicar plenamente la estrategia mencionada.

La Cuenca Hidrográfica debe ser considerada como una gran casa dentro de la cual todos los elementos tienen su "**sitio**", pues hay elementos que están en el espacio que serían equivalentes a cada uno de los ambientes que conforman una casa, pero todo esto está armoniosamente ubicado e intercomunicado. Así, en la Cuenca Hidrográfica existe un ordenamiento natural el cual, si ha desaparecido o alterado, es conveniente readecuarlo o regenerarlo tratando siempre que este ordenamiento debe estar en función de las necesidades de la sociedad humana sin afectar la armonía de la naturaleza. En este acondicionamiento es lícito desarrollar un adecuado sistema vial que facilite el intercambio; así mismo, un apropiado sistema de captación, almacenamiento y distribución del agua, que es el elemento vital y ordenador por excelencia.

También, debe ser seriamente tomado en cuenta el elemento suelo o "**pachamama**", que debe ser no sólo conservado y desarrollado cuidando de atender permanentemente la salud del mismo.

## **EL ESPACIO DE LA CUENCA**

Toda Cuenca Hidrográfica tiene distintos espacios que deben ser evaluados convenientemente (Fig. 2).

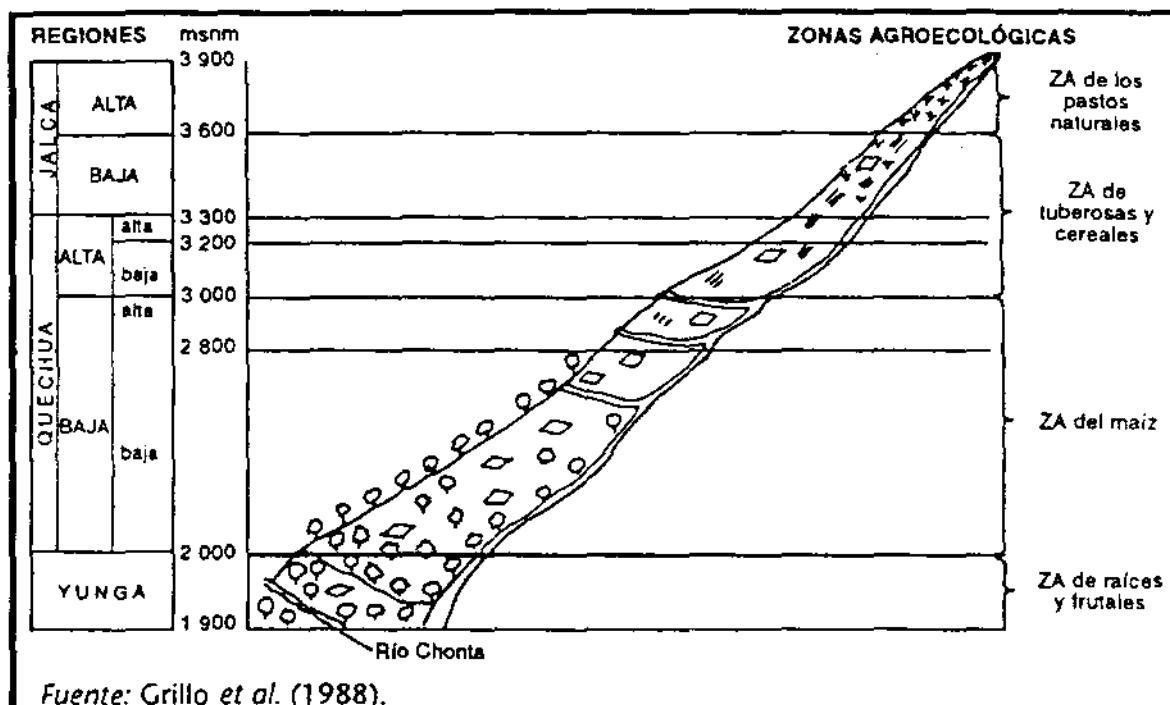


Fig. 2. Zonas agroecológicas en una cuenca altoandina, Cajamarca.

## EL ESPACIO PRODUCTIVO AGRARIO

Generalmente es el más amplio y donde los excedentes de las estructuras productivas permiten la acumulación sostenida de la energía, del agua y de los nutrientes del suelo, constituyendo los recursos renovables de la biosfera tales como: bosques de producción, praderas productivas y áreas agrícolas de significativa productividad.

Existe un espacio no agrario, aunque no menos importante que puede incluir:

### Espacio Hídrico

Es el que está formado por las masas de agua de los lagos, lagunas, ríos, nevados y las diferentes obras de almacenamiento de agua construidas por el hombre.

En una cuenca productiva, el espacio cubierto de agua no debe ser menor del 1% del área total, de lo contrario estaríamos en una zona de desbalance.

En algunas cuencas hidrográficas existen áreas cubiertas de nieve llamados nevados permanentes, las que tampoco deben ser considerados como zonas

agrarias, aunque estos nevados son siempre fuentes de almacenamiento y drenaje de agua para las zonas bajas En la sierra norte del país, por ejemplo no existen nevados a diferencia del centro y sur.

Estas áreas, por lo tanto, no corresponden al espacio agrario productivo, pero sí pueden ser susceptibles de integrarlas o aprovecharlas en forma racional, como puede ser: depósitos para regar el desierto o hacer andenería en el roquedal y aprovechar racionalmente el salar que en muchos casos puede ser rico en nitrógeno.

### **Espacio o Área de Reserva Natural**

Está constituido por los santuarios históricos, parques y reservas nacionales. Estos espacios que deben ser ubicados en todas las cuencas hidrográficas son los depositarios de la biodiversidad natural y constituyen verdaderos tesoros naturales e históricos que hay que mantener con el mayor cuidado.

Tienen condiciones ecológicas especiales para el desarrollo de valiosas especies en posible extinción y permiten que exista una gran variabilidad genética en ellas que hacen de estas zonas verdaderas reservas de gran valor genético. También se encuentran restos o testimonios valiosos de antiguas culturas, de importantes episodios como batallas, encuentros, etc.

Todas estas áreas no deben ser alteradas y por lo tanto no deben ser dedicadas a la agricultura o a las plantaciones de bosques como irracional e irreverentemente ocurre.

### **Espacio Eriazo**

En el ecosistema de una Cuenca Hidrográfica, existen áreas que por su fisiografía, condiciones climáticas y escasa fertilidad de los suelos no permiten el desarrollo de las especies vegetales, y por lo tanto, no soportarían el pastoreo ni menos la extracción de madera; salvo el recojo limitado de leña y un pastoreo muy controlado, siendo preferible sólo dejar estos espacios para la flora y los animales silvestres. Estas áreas por lo tanto, deben ser protegidas por la sociedad humana porque de lo contrario en ellas se originarían los más graves procesos erosivos que pueden terminar alterando gravemente el ecosistema.

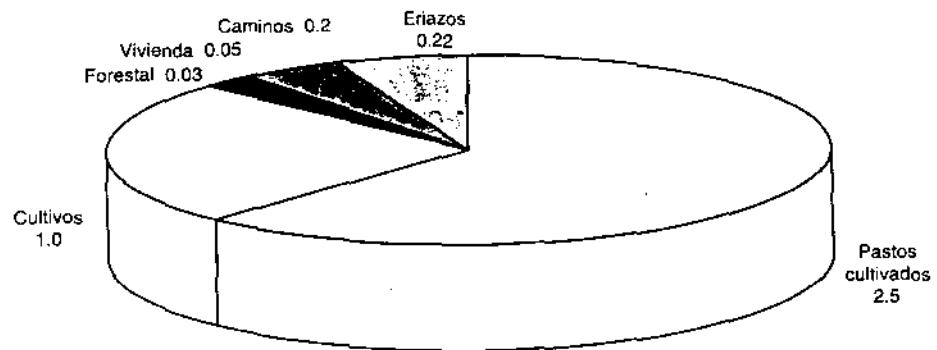
En todas las cuencas (especialmente en la costa) existen extensas áreas con condiciones desérticas o cubiertas de rocas o salares que deben ser adecuadamente diagnosticados y que en muchos casos son el producto del mal uso del suelo y que pueden ser rescatados por acción del hombre.

## **EVOLUCION DEL ESPACIO AGRARIO**

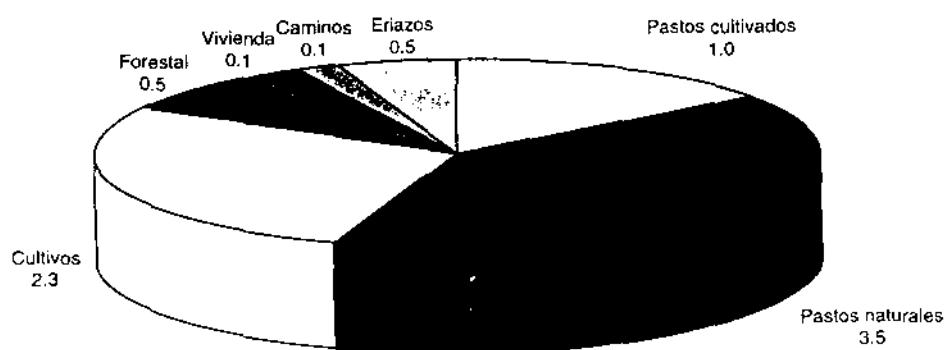
Originalmente, la superficie de la tierra en su proceso evolutivo estuvo cubierta de bosques o de praderas naturales, de acuerdo a las condiciones ecológicas de cada área, debido a la intensidad y distribución de las precipitaciones pluviales, la temperatura y fisiografía del terreno. Recordemos, que es el hombre quien luego de solucionar la falta de alimentos y de otros recursos biológicos (que inicialmente eran recolectados), inicia la actividad agrícola en base a la alteración de los bosques y de las praderas, utilizando los suelos orgánicos formados a través de miles de años por estas estructuras biológicas.

Se entendería que en el espacio agrario estas tres áreas deberían de estar en permanente equilibrio dinámico, debiendo de respetar teóricamente una relación de un tercio para cada una. Se entiende que esta proporción varía con las características agroecológicas del sitio.

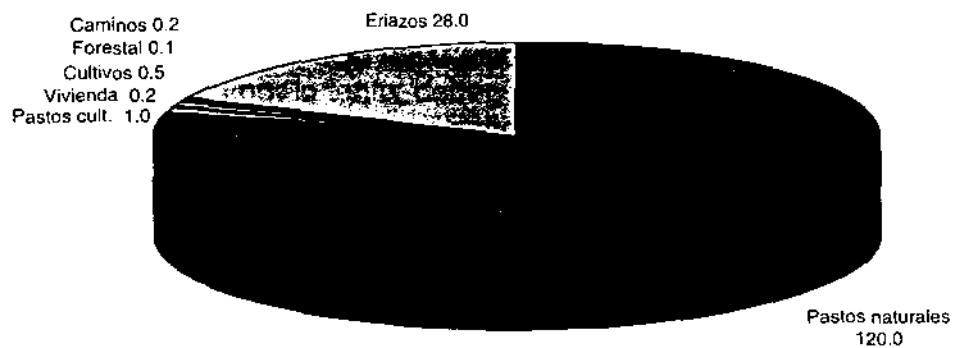
En la estrategia del Ecodesarrollo, se plantea la rotación permanente de estos tres subespacios para mantener la estructura y fertilidad del suelo (Fig. 3).



a. Valle (zona quechua), 3000 msnm  
4 ha, con riego



b. Ladera andina, 3400 msnm  
8 ha, secano



c. Puna, 4000 msnm  
150 ha, secano

Fig. 3. EL ESPACIO AGRARIO EN TRES AGROECOSISTEMAS ANDINOS

Este planteamiento se comprenderá más fácilmente si analizamos la estructura y función de cada uno de los tres sistemas productivos.

## EL BOSQUE

Dentro del ecosistema no existe mejor estructura productiva que la de un bosque, porque no sólo es la que más acumula energía: en forma de madera, hojas, flores, frutos y masa biológica en general sino que además va a generar o construir suelos agrícolas, porque son el árbol y el suelo orgánico los eslabones más importante del ciclo del agua.

Por lo que podemos manifestar que el bosque es la estructura constructora del complejo suelo, ejecutando esta tarea en períodos medios y largos.

Un suelo agrícola es construido por un bosque en 20 y 50 años en condiciones ecológicas favorables, ésto es en áreas con altas precipitaciones sobre 800 mm anuales y temperaturas medias alrededor de 20°C. En condiciones de temperatura y precipitaciones menores, el efecto formador de suelos puede superar los 50 años comprobándose que en las zonas semidesérticas con precipitaciones entre los 200 a 400 mm la formación de suelos se realiza en 60 a 80 años. En las zonas frías donde la materia orgánica no se descompone fácilmente y se acumula en forma de turba, demorando 100 años su formación.

Existe diferencia entre los bosques de distintas especies, así en el caso de las coníferas como los pinos, podocarpus, etc., la materia orgánica generada por la descomposición de las agujas y diferentes partes vegetales, facilita la formación de los suelos con mayor rapidez, sobre todo si existe una buena población de microfauna y microflora que descomponen la materia orgánica y la integran al suelo, y si esto no ocurre naturalmente hay que removerla para facilitar esta integración y en algunos casos será necesario inocular este tipo de microorganismos, debiendo inclusive, si el suelo es muy ácido, aplicar enmiendas calcáreas.

En los bosques de eucaliptos, la formación del suelo es sumamente lenta sobre todo si la precipitación pluvial anual es menor de 800 mm, en este caso el efecto del eucaliptol de las hojas e infrutescencias actúa como sustancia desinfectante y también inhibidora de la germinación de semillas de otras especies, impidiendo el desarrollo de la microflora y la microfauna que son los responsables de la formación del suelo, sin embargo, debemos indicar que si la precipitación es mayor de 800 mm al año o si las áreas forestadas disponen de agua, el eucaliptol se disuelve en la misma, desapareciendo su efecto y haciendo posible el desarrollo de las especies antes mencionadas.

En experiencias realizadas en los parques de Aylambo y Cumbemayo, en Cajamarca, Sánchez (1986) encontró que el efecto del eucaliptol es muy grande en la superficie del suelo, pero debajo de los 10 cm de suelo se observa una buena población de microflora y microfauna que desintegran las raíces del eucalipto encontrándose así, en estos horizontes, diversos tipos de lombrices, miriápodos, larvas de coleópteros y lepidópteros así como abundantes colonias de hongos y bacterias, variando todo esto en los diferentes tipos de suelo sobre todo de acuerdo a la fertilidad de los mismos.

Otras especies forestales como el caso de cipreses, forman un tipo de suelo muy especial con abundancia de musgos, hongos, ascomicetos, etc. eficientes formadores de suelo.

Nuestras plantas nativas como "alisos" (*Alnus acuminata*), "quishuares" (*Polylepis* sp.), "quinuales", (*Buddleia* sp.) "capulíes" (*Prunus capuli*), etc. que son especies que crecen bien a las orillas de los arroyos y en zonas húmedas, no prosperan fácilmente en las laderas eriazas y por lo tanto, no se ha podido evaluar su efecto formador de los suelos. En los montes naturales se ha podido comprobar que hay un buen sistema formador de suelo, existiendo una gran variabilidad de microfauna y microflora que debe ser cuidadosamente estudiada para ser incorporada a los bosques productivos de "pinos" (*Pinus radiata*), "eucaliptos" (*Eucalyptus* sp.) y otras especies que se están cultivando en la zona de Cajamarca.

En los estudios realizados sobre la producción económica de los bosques en los diferentes pisos ecológicos de Cajamarca (van den Abeele, 1995) se ha encontrado que los pinos pueden ser aprovechados a partir de 15 a 20 años, tiempo mínimo que puede durar una rotación, aún cuando para la mejor producción de madera son mejores las plantaciones de 40, 50 a 60 años, tiempo que deberá ser considerado para las rotaciones de largo plazo; consideramos que las plantaciones de coníferas que no retoñan serán las mejores especies para efectuar rotaciones silvoagropecuarias, en cambio las plantaciones de eucaliptos no son recomendables para hacer rotaciones silvoagropecuarios porque los tocones de eucaliptos se ha registrado que retoñan más de 12 veces y por lo tanto, es sumamente difícil su destrucción, salvo que se pudiera encontrar adecuadas prácticas para su desintegración, habiendo sido probado con relativo éxito el uso de Nitrato de Potasio puesto en las hendiduras de los tocones o mediante su quemado. Pudiendo concluir que las rotaciones silvoagropecuarias son exitosas si se hacen con coníferas: "pinos", "cipreses" o especies nativas como "alisos", "quinuales", "quishuares", "shitas" (*Ciphomandra* sp.), "capulíes", etc. por períodos que duren de 20 a 60 años.

## PRADERAS PRODUCTIVAS DEDICADAS AL PASTOREO

Otra importante área del espacio agrario es el subsistema praderas o pasturas que proporcionan forraje al ganado de las diferentes especies como: vacunos, caballares, asnales, ovinos, caprinos, suinos, etc.

En el sistema agrario, si las condiciones ecológicas no son las mejores para la formación de bosques naturales, de árboles o arbustos, crecen abundantes especies herbáceas cuyos tamaños generalmente alcanzan de 30 a 60 cm pudiendo haber, sin embargo, pastizales de gramíneas y leguminosas que alcancen 1.50 m y pasen algunas veces los dos metros, sobre todo en los climas semicálidos y con escasa precipitación.

Conforme vamos ascendiendo la cordillera, en la Jalca las especies son de menor tamaño pudiendo reducirse a escasos centímetros distinguiéndose, por lo tanto, dos tipos de praderas; las praderas matojosas, con la predominancia de especies del género *Stipa*, *Calamagrostis*, *Festuca* que son las de mayor altura y las cespitosas con especies como la *Azorella*, *Alchemilla*, *Liabum* entre otras y que crecen al ras del suelo.

También habrá que indicar, que en el ecosistema andino por su origen existen dos tipos de praderas; las naturales que son abundantes en las regiones de la Jalca, en la sierra norte y en la Suni y Puna en la sierra central y sur. Las praderas cultivadas con especies forrajeras de alto rendimiento como son las de la zona agroecológica del valle de Cajamarca, una asociación de gramíneas como el "rye grass", "kikuyo" (*Pennisetum inadestinum*), "pasto-ovillo" o "dactylis", "festucas" etc. con "tréboles" como el blanco (*Trifolium repens*) y rojo (*Trifolium pratense*), y parcelas de alfalfa, que se han establecido en donde hubo antes praderas naturales, bosques o terrenos de cultivo y que en la actualidad más bien compiten con el área agrícola, por ser la ganadería una actividad relativamente más segura y rentable (Canales y Tapia, 1987).

La rotación de estas praderas cultivadas, debería hacerse cada 3, 6 ó 9 años de acuerdo al tipo de cultivo forrajero y el tipo de crianza que se efectúe; pues recordemos, que la mayor parte de parásitos y de enfermedades del ganado transmitidas por la pastura pueden ser controladas si se rompe el ciclo biológico de estos parásitos roturando al suelo por tiempo suficiente en que desaparezcan sus estadios larvarios, pudiendo ser por espacios similares al de la duración de la pradera.

En el caso del sistema silvoagropecuario, una vez talado el bosque, si las condiciones ecológicas son adecuadas surge de inmediato una abundante pradera que puede ser aprovechada con ventaja por la ganadería por tiempos que pueden durar de tres a seis años, para luego ser convertidas en áreas de cultivo o nuevamente en bosques, de acuerdo a las condiciones fisiográficas del terreno.

## **AGRICULTURA O AREA DEDICADA AL ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS PARA USO ALIMENTICIO O INDUSTRIAL**

La agricultura es en sí una modificación del medio natural y es una de las actividades generadas por el hombre mediante la cual, luego de talar los bosques y roturar las praderas, explota al suelo sembrando sementeras, frutales y con especies que le proporcionan alimentos para cubrir sus necesidades, y si consigue excedentes intercambiarlos por otros bienes.

La actividad agrícola, dedicada a la producción de cultivos, por sí sola, es extractora de los nutrientes del suelo y con el transcurso del tiempo si no se ha atendido a la apropiada rotación y suministro de nutrientes, para la producción, puede agotar las reservas de materia orgánica y sustancias nutritivas que fueron acumuladas por bosques y praderas. Con la labranza lo que se hace es modificar la estructura del suelo que en su estado natural permite el maravilloso sistema de vivienda para la microflora y microfauna del suelo, que son los organismos responsables de la fertilidad de los suelos, ya que desintegran no solamente a las sustancias orgánicas sino también a los minerales como son: los macronutrientes Azufre (S), Calcio (Ca), Fósforo (P), Magnesio (Mg), Nitrógeno (N) y Potasio (K) y micronutrientes como: Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Fierro (Fe), Manganese (Mn), Molibdeno (Mo) y Zinc (Zn).

El complejo suelo no sólo sirve de soporte a la planta sino que proporciona, además de los elementos minerales arriba mencionados, el agua y el aire que debe circular a través de todo el conjunto facilitando el desarrollo de las raíces y el intercambio catiónico.

Los microorganismos del suelo, incluyen desde las formas más simples de vida animal como los protozoos hasta las hormigas, arañas, etc. Se calcula que en un suelo húmedo y de pradera o de bosque recién roturado, se puede alcanzar más de cien mil protozoos por gramo de suelo.

Entre los microorganismos vegetales podríamos citar las bacterias, los hongos, los actinomicetos y las algas; los actinomicetos son por ejemplo, los organismos que dan el olor al suelo.

Los roedores como los ratones, liebres, conejos, topos y armadillos se pueden considerar como la mesofauna. La fauna se puede clasificar en seis tipos de animales:

A.- *Ingestores de materia orgánica y minerales*, como las lombrices, termitas, milípedos, larvas de dipteros, coleópteros y lepidópteros.

- B.- *Ingestores de materia orgánica*, como lombrices, milípedos, enchytraeid, termites, caracoles de tierra, babosas, hongos, hormigas, centípedos, etc.
- C.- *Transportadores de material*, como lombrices, milípedos, enchytraeid, hormigas, termites y larvas.
- D.- *Mejoradores de la aereación y estructuras del suelo*, como lombrices, milípedos, hormigas, termites y larvas.
- E.- *Predadores*, como nematodos, centípedos, caracoles de tierra, babosas, etc.
- F.- *Parásitos*, como nematodos, artrópodos y larvas de insectos.

## MANEJO RACIONAL DEL SISTEMA AGRARIO

Hemos visto que el espacio agrario tiene tres subsistemas principales: el bosque, la pradera y el área dedicada al establecimiento de cultivos para uso alimenticio o industrial. El bosque puede considerarse como la estructura constructora del suelo, la pradera tendría una actividad conservadora y la agricultura no ecológica puede ser la extractora y por lo tanto, consumir los nutrientes del suelo. De esta afirmación se puede deducir que es la integración de los tres subsistemas lo que permitirá, el manejo y gestión racional y sostenible del espacio agrario, asegurando finalmente los recursos necesarios para la sociedad humana.

En cuanto al manejo, es aceptable que la ocupación del espacio agrario se deba dividir en partes proporcionales entre los bosques, la pradera y la agricultura intensiva. Lógicamente esta distribución y sus proporciones depende de las zonas agroecológicas y los ambientes o zonas homogéneas de producción a que tenga acceso el territorio de una cuenca (Tapia, 1996). En el espacio andino donde las condiciones de laderas predominan, los niveles de fertilidad de los suelos son muy variables y generalmente muy precarias, se considera que la mayor parte del espacio andino debería estar dedicado a bosques o praderas, siendo una menor área dedicada a la agricultura. En tanto que la agricultura de tipo comercial requiere espacios mas bien de baja pendiente y con un reducido riesgo climático, acceso a recursos hídricos, con buen sistema de transporte y comunicación, porque de lo contrario la actividad agrícola se vuelve muy eventual y cumple eminentemente un rol de autoconsumo.

Son estas razones que llevaron a las culturas prehispánicas a dar tanto impulso a la construcción de terrazas y sistemas de riego de diferentes tipos y adaptaciones.

También, dentro de estas áreas se consideran las zonas con altos niveles de minerales dedicadas a la explotación minera y que pueden constituir un grave

peligro al ecosistema, por lo que, se deben tener reglas muy claras de uso o aprovechamiento, sobre todo evitando la contaminación de las aguas con el manejo adecuado de los relaves y el control en la eliminación de los gases tóxicos.

Este espacio, debe ser integrado dentro del manejo y ordenamiento del Ecosistema Cuenca, siendo finalmente la sociedad humana o el grupo poblacional que la habita el principal responsable y beneficiario del manejo sustentable de dicho espacio.

## UNA PROPUESTA DE DESARROLLO SOSTENIBLE CON EQUIDAD

Resumiendo, debemos manifestar que un planteamiento de desarrollo se tiene que basar en las siguientes consideraciones fundamentales:

1.- El grupo social o la sociedad que decida esta vía de desarrollo, asumirá una **nueva actitud** basada en la práctica de auténticos valores éticos y morales que superen la "sociedad del vivo", del arribista o del inmoral que hemos construído y que prevalece en la mayor parte de nuestras organizaciones, recogiendo en todo caso los valores de la cultura andina de solidaridad y reciprocidad así como los de honradez, veracidad y trabajo.

Recordemos, que el desarrollo sostenible y equitativo deberá estar primero en la mente de la sociedad, por lo que la auténtica educación deberá jugar papel fundamental en esta creación de conciencia y prácticas de vida.

2.- Deberá superarse el conflicto no solamente entre los hombres de una sociedad sino especialmente entre **éstos** y la **naturaleza**, por lo que no es posible separar tan irracionalmente a los componentes del ser humano como son: el agua, la energía, el suelo, los animales y las plantas que en cierta forma son partes de su ser mismo. En el mundo andino no sólo los humanos son miembros de la familia, pues se considera como personas también los animales, las plantas, el río, las montañas, el aire que los rodea, etc. Por lo tanto, es fundamental **incorporar a nuestra cultura el respeto al binomio SOCIEDAD-NATURALEZA**.

3.- **Integrar a nuestra concepción de vida el criterio de casa**, con su ordenamiento y adecuación para un mejor uso y que no sólo se refiere a nuestra casa familiar, separada muchas veces con criterios egoístas, sino también a nuestra gran casa comunal del pueblo o de la ciudad y mas bien a nuestra cuenca hidrográfica que planteamos debe ser la unidad de desarrollo sustentable y equitativo.

4.- La estrategia de desarrollo planteada, debe basarse en la **regeneración o la creación de recursos por el hombre o la sociedad en su conjunto** y no en

la explotación irracional de los recursos existentes en los que siempre se basó la planificación convencional.

El avance de la ciencia y de la tecnología dentro de un marco de adecuados valores éticos y morales, nos pueden proporcionar todos los instrumentos necesarios para la creación o regeneración de los recursos que necesita nuestra sociedad.

Planteamos que el desarrollo sostenible con equidad en la ecorregión andina se deberá basar en el reacondicionamiento de nuestras cuencas hidrográficas mediante la captación y aprovechamiento del agua, la formación y concentración del suelo y el aprovechamiento de la energía hasta transformarla en alimentos y bienes de desarrollo.

5.- Adecuado ordenamiento de la cuenca hidrográfica en función de la sociedad humana, priorizando todo lo que sea acondicionamiento de vida en favor de todos los seres integrantes de la cuenca, es decir, **CONSTRUIR SIN DESTRUIR**.

6.- Es indispensable disponer de un **adecuado marco legal**, de leyes y de reglamentos que no sean copias de normas de otros ecosistemas diferentes que no tienen relación con los nuestros, pues las leyes para ser aplicables y funcionales deberán potencializar fundamentalmente el ordenamiento natural sin alterarlas o mal interpretarlas como normalmente ocurre, no es la mejor ley la que funciona bien en el país más desarrollado sino la que soluciona los problemas de vida de una cuenca o una región, tomando en cuenta las cambiantes condiciones ecológicas o ambientales y la cultura de un pueblo.

Deben ser además, disposiciones muy simples que sean comprendidas por el ciudadano corriente y no sólo por los abogados, y más que coercitivas, premien a quienes las cumplen, porque el cumplimiento de una adecuada ley será en beneficio de toda la sociedad y no de quien la invoca o usa en su beneficio personal.

7.- Necesidad de una **Educación para el Desarrollo Sostenible**.- La formación del ciudadano con una orientación ecológica, deberá iniciarse desde los primeros momentos de su vida hasta sus últimos instantes, pues en todo este lapso el hombre deberá dar un testimonio de sostenibilidad y equidad, dando el sistema de educación testimonios de vida y mensajes formadores que faciliten la construcción solidaria de nuestra gran casa que puede ser el país entero; más que una suma de conocimientos que sobrecargados son generalmente inútiles teniendo en cuenta que en la actualidad con una computadora conectada a las redes de información, podemos obtener toda la información deseada para la solución de nuestros problemas, para lo que debemos estar

capacitados para determinarlos y definirlos claramente, que es lo que casi siempre no sabemos hacer.

En este sentido y siguiendo las palabras de Sachs, 1982, el ecodesarrollo en las condiciones andinas se entendería como "Un conjunto de cambios en la administración y manejo de los ecosistemas agrícolas de alta montaña, de manera que se puedan alcanzar metas **socialmente deseables; económicoametamente viables y ecológicamente prudentes**, orientadas a una mejora en las actuales condiciones de vida de la población campesina, población que actualmente tiene uno de los índices de vida más bajos en nuestro continente sudamericano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BECKER, BARBARA; F. TERRONES Y M. TAPIA. 1989. Los pastizales y producción forrajera en la Sierra de Cajamarca. Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos. Cordecaj-Pnuma.
- BLANCO, O. 1988. Tecnología Andina. Un caso en Tecnología y desarrollo en el Perú. Cuadernos de debate y reflexión N° 2, CCTA, Lima, Perú.
- BRACK, ANTONIO. 1989. Ecología , recursos naturales y desarrollo en la sierra del Perú. En: Ecología, agricultura y autonomía campesina en los Andes. Feldafing. DSE/INP.
- CAF-BID-PNUD. 1996. Amanecer en los Andes, Washington D.C.
- CANALES, CESAR y M. TAPIA. 1987. Producción y manejo de forrajes en los Andes del Perú.
- CONCYTEC. 1986. Andenes y Camellones en el Perú Andino. Historia Presente y Futuro, Lima, Perú.
- DOUROJEANI, AXEL. 1994. Políticas Públicas para el Desarrollo Sustentable : La Gestión Integrada de Cuencas. Min. de Agricultura. INRENA, Lima, Perú.
- ELLEMBERG, H. 1981. Desarrollar sin destruir, La Paz, Bolivia.
- FRANCO, EFRAIN. 1987. El cambio tecnológico en la Sierra del Perú. En: Agricultura Andina y Tecnología, Serie: Cuadernos de Debate y Reflexión N° 1, CCTA, Lima, Perú.
- GRILLO, E.; J. VALLADOLID; V.A. RODRIGUEZ; A. DE LA TORRE y S. CUZCO.1988. Chetilla, paradigma cultural andino. Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos. Cajamarca: PNUMA / CORDECAJ.

- IIUN-UNSAAC-NUFFIC. 1990. Desarrollo Autosostenido Andino, Cusco, Perú.
- LECHTMAN, H. Y. 1981. La tecnología en el Mundo Andino, Universidad Nacional Autónoma de México.
- NIJKAMP, PETER. 1990. Regional sustainable development and natural resource use. World Bank Annual Conference on Development Economics. 26-27 April. Washington. D.C.
- SACHS, IGNACIO. 1982. Ecodesarrollo, desarrollo sin destrucción. Editorial Colegio, México.
- SANCHEZ, PABLO. 1986. Construcción de terrazas y otras prácticas de conservación de agua y suelos. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino. Concytec, Lima, Perú.
- SANCHEZ, PABLO. 1988. La Ecología de la Sierra del Perú. En La Sierra Peruana: Realidad Poblacional. Ediciones AMIDEP, Lima, Perú.
- SANCHEZ, EDGAR Y ZULEMA QUINTEROS. 1995. Una contribución al desarrollo del marco conceptual y operativo para el desarrollo rural sustentable en el Perú desde la Teoría Ecológica. SEPIA VII, Cajamarca.
- TAPIA, MARIO. 1988. Producción y productividad agropecuaria en la sierra y sus componentes para el desarrollo. Serie: cuadernos de Debate y Reflexión # 2. Lima, CCTA.
- TAPIA, MARIO. 1988. Potencial productivo agropecuario en la sierra y sus componentes para el desarrollo, Lima, Perú.
- TAPIA, MARIO. 1996 Ecodesarrollo en los Andes Altos. Fundación Frederich Ebert. Lima, Perú.
- TORRES, JUAN. 1992. Perfil sobre la ecología y producción en el Perú. Informe a Catholic Relief Service. Lima.
- TORRES, JUAN Y D. VELASQUEZ. 1994. Conservación y uso de los recursos naturales renovables en la Sierra del Perú.
- VAN DER ABEELE, VAN. 1995. Refuerzo Institucional a la Asociación para la investigación y Desarrollo Forestal, ADEFOR. Cajamarca, Perú.
- ZAVALET, AMARO. 1992. Edafología. El suelo en relación con la producción. Concytec, Lima, Perú.

## **1.0 MARCO TEORICO**

### **1.2**

## **CONCEPTOS SOBRE CUENCAS HIDROGRAFICAS**

*Mario Tapia\**

### **ANTECEDENTES**

Uno de los orígenes más antiguos en planificar el desarrollo de cuencas hidrográficas se inicia con la creación, de la Autoridad Autónoma del Valle del Tennessee en Estados Unidos en 1933.

En el Perú el primer programa de Manejo de Cuencas, fue organizado por el Ministerio de Agricultura en 1974, pero es en 1980 cuando se inician las acciones con el Programa Nacional de Conservación de Suelos y Agua en Cuencas Hidrográficas financiado por el AID, programa que dio origen a lo que ahora se conoce como PRONAMACHS (Ministerio de Agricultura, 1988).

Las acciones de conservación de suelos en Cajamarca, tienen su origen en nuestra época, tan temprano como en los años 50, en que se postula el "Manejo Agrosilvo pastoril" que no es sino el manejo de los recursos naturales, con un concepto de utilización diferencial del espacio de las cuencas. En este sentido la alternativa del "Poncho Verde" propuesta por el Ing. Pablo Sánchez, no viene a ser sino la expresión precisa de la captación de humedad, por una cobertura boscosa en las partes altas, para una mejor gestión en las cuencas.

En los Andes del Perú, como componente de la ecorregión andina, lo más notable y resaltante es la presencia del sistema de montañas que presentan una infinidad de cuencas hidrográficas y que divide al país en tres grandes cuencas (Figura 1):

- Vertiente del Pacífico
- Vertiente Oriental
- Hoya del Lago Titicaca

---

\* CONDESAN (En base al trabajo de Axel Dourojeanni, 1994).

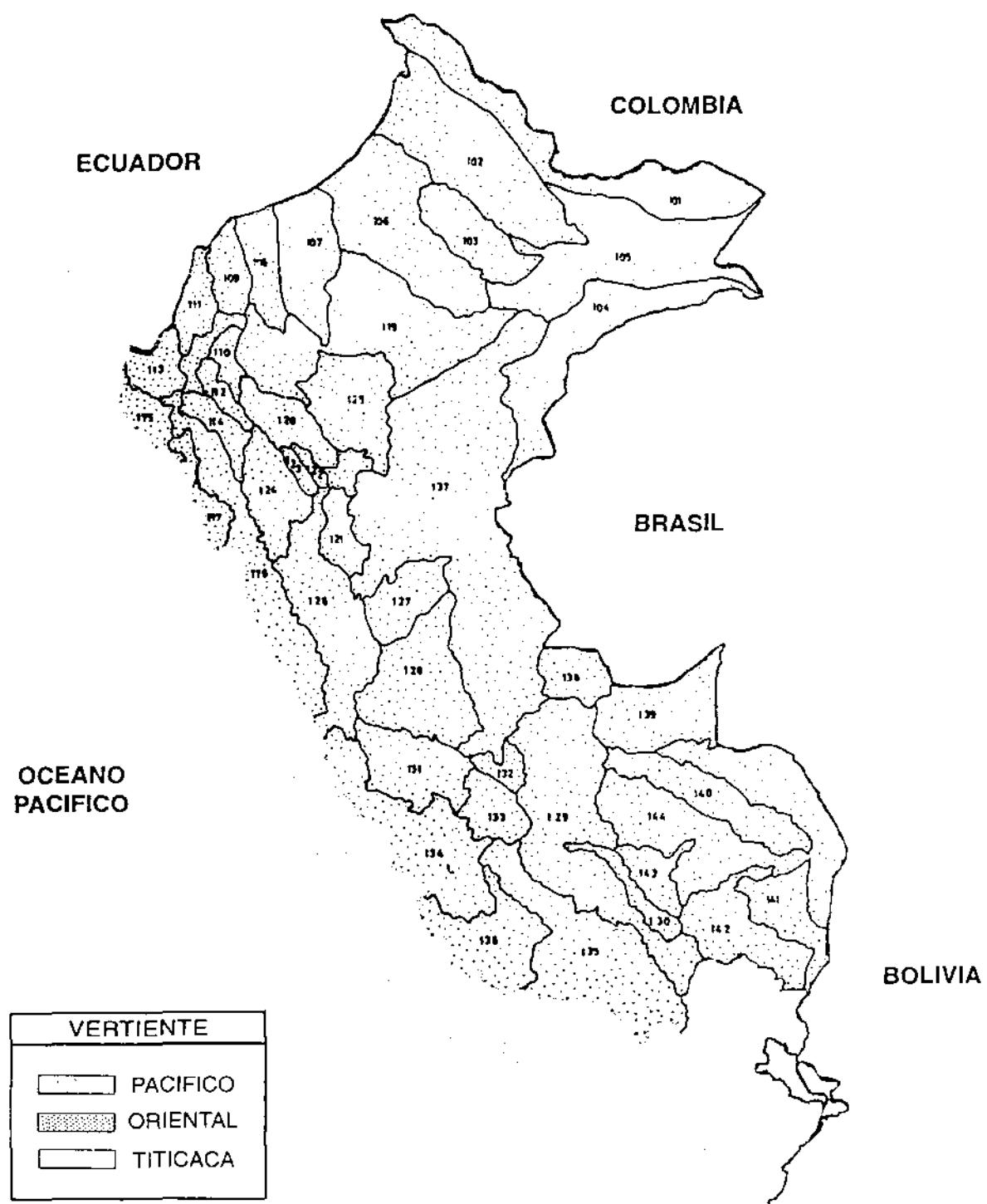


Fig. 1. UBICACION DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

## **LA CUENCA HIDROGRAFICA**

La cuenca hidrográfica está constituida por el territorio que delimita el curso de un río y el espacio donde se colecta el agua que converge hacia un mismo cauce.

La Cuenca Hidrográfica, sus recursos naturales y habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características particulares a cada una, importantes para considerarlas como unidades de planificación.

En zonas de altas montañas y cordilleras los ejes longitudinales de las cuencas se constituyen en vías naturales de comunicación y de integración comercial, sea a lo largo de sus ríos, de las cumbres que las separan una de otras. Se fomentan estrechos mecanismos de interacción entre sus habitantes que le confieren condiciones socioeconómicas particulares.

En grandes cuencas con descargas de agua importantes y con amplios valles relativamente planos, el eje de los ríos se constituye también en una zona de articulación entre sus habitantes, sobre todo por el uso del cauce del río para navegación, transporte y comunicación. Sin embargo, en muchos casos las divisiones de las cuencas no coinciden con las divisiones políticas y así la planificación de un área no se desarrolla armoniosamente.

"Dios estableció las líneas del divorcio de las aguas como límites naturales de las cuencas hídricas. Los hombres, para sus menesteres políticos y administrativos han trazado otras, que generalmente se entrecruzan y no coinciden con aquellas" (Guillermo Cano y Joaquín López, citado por A. Dourojeanni, 1994).

El territorio de las cuencas facilita la relación entre sus habitantes, independientemente de que si éstos se agrupan dentro de dicho territorio en comunas delimitadas por razones político-administrativas, debido a su dependencia común a un sistema hídrico compartido, a los caminos y vías de acceso y al hecho que deben enfrentar peligros comunes. Debido a esta interdependencia, si no existen sistemas de conciliación de intereses entre los diferentes actores que dependen de una misma cuenca y del agua se producen conflictos entre ellos.

Esto está ciertamente marcado en cuencas habitadas en cordilleras con altas montañas ("watersheds"), pero también se da en amplias cuencas fluviales ("river basin") donde los habitantes dependen de un sistema hídrico común.

Las cuencas hidrográficas facilitan la percepción del efecto negativo de las acciones que el hombre realiza sobre su entorno sobre todo porque se refleja en la contaminación del agua. Se encuentra claramente indicado en las bases de la

creación de Agencias de Cuencas en Francia, que sostienen que “el medio acuático es una entidad que alberga y sostiene todo un mundo animal y vegetal, sus aguas y sus riberas conforman un edificio biológico particular. La intervención no pensada del hombre sobre uno solo de estos elementos rompe este equilibrio precario y determina un empobrecimiento general del medio natural”. Por lo anterior sostienen que la gestión armónica de los recursos hídricos requiere:

- Admitir, antes que todo, que una cuenca hidrológica o hidrogeológica constituye una unidad.
- Reconocer que considerar y preservar esta unidad es una condición esencial para la satisfacción óptima de la demanda de agua con diferentes usuarios.
- Reconocer la necesidad de definir objetivos específicos y apropiados a cada ámbito o territorio y de ejecutar las obras y acciones necesarias para alcanzar tales objetivos.
- Aceptar que todos los usuarios tienen un legítimo derecho al agua y en consecuencia admitir también que cada uno de ellos tiene, en forma equivalente, limitaciones para su uso propio.

### **Objetivos de gestión de cuencas hidrográficas**

Las acciones coordinadas que el hombre realiza considerando su efecto en sistema natural formado por una cuenca, y la dinámica de dicho sistema, tiene diferentes connotaciones. En general dicha coordinación de acciones ha sido catalogada por el autor del presente trabajo como acciones de gestión a nivel de cuencas o simplemente de gestión de cuencas. Estas actividades de gestión tienen diferentes objetivos por lo cual reciben diferentes nombres. Los objetivos más conocidos son:

- Desarrollo de cuencas, desarrollo integrado de cuencas.
- Manejo de cuencas, ordenamiento de cuencas.
- Desarrollo de recursos hídricos, administración del agua.
- Protección de cuencas, recuperación de cuencas.

Esta lista puede seguir y ampliarse combinando los nombres con calificativos como “integral”, “sostenible”, “estratégico” y cualquier otra denominación que el autor crea necesario. Esta variedad de términos y combinaciones de los mismos, ha traído una vasta gama de interpretaciones sobre su significado que no son compartidas por igual entre los profesionales.

Como consecuencia de esta falta de consenso conceptual, en la terminología referida a las acciones de gestión de cuencas en el idioma español, han ocurrido problemas interinstitucionales, deficiencias en la formulación de leyes, dificultades en planteamientos de cursos y programas académicos y más recientemente errores en la presentación de propuestas de creación de entidades de cuencas y de aguas, problemas que no dejan de tener importancia por lo que deben ser evitados.

Esta variedad de conceptos sobre un mismo tema se debe en gran parte a que la terminología utilizada en el idioma español está saturada de anglicismos. Por ejemplo, las denominaciones de "water resources development", "watershed management", "river basin development" se han traducido libremente como desarrollo de recursos hídricos (el término "recursos hídricos" ni siquiera figuraba en el diccionario de la Academia de la Lengua Española cuando ya se utilizaba en América Latina), manejo de cuencas y desarrollo de cuencas. "river basin" y "watershed" se traducen simplemente como cuenca a pesar que en el idioma inglés no equivalen a lo mismo, "management" se traduce como manejo, lo cual tampoco es lo más acertado, ni la única acepción puesto que también equivale a administración, gestión y ordenamiento.

A ello hay que agregar que las acciones que involucra cada uno de estos enfoques difiere según sea el profesional, la entidad o el programa universitario que lo utilice. Por último habría que agregar que no existe aún un consenso, ni un documento oficial que precise los conceptos sobre las acciones de gestión a nivel de cuencas, para poner fin al debate.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

CANO, G. y LOPEZ, J. citado por A. Dourojeanni en 1994.

DOUROJEANNI, AXEL. 1994. "Políticas públicas para el desarrollo sustentable: La gestión integrada de cuencas".

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1988. Reglamento de Organización y funciones del Programa Nacional del Manejo de Cuencas y Conservación de Suelos. Lima, Perú.

## **2.0 METODOLOGIA Y HERRAMIENTAS**

### **2.1**

## **ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS; CONCEPTOS, METODOLOGÍA, CASOS**

*Carlos U. León-Velarde y Roberto Quiroz\**

### **RESUMEN**

El documento plantea conceptos de la utilización de la metodología de investigación de sistemas a diferentes niveles jerárquicos. Resultados de experiencia a nivel de agroecosistema y de región es presentada en un enfoque holístico orientado al desarrollo agropecuario sostenido, en especial de la ecorregión Andina.

### **INTRODUCCION**

Los sistemas agropecuarios, en especial el Andino, son un complejo biológico, económico y social. Desde cada una de estas áreas se evidencia un potencial, así como una serie de factores limitantes, y diferentes problemas que afrontar en la búsqueda de un desarrollo sostenido. La solución de ellos no es totalmente disciplinaria y requiere de un análisis y entendimiento global del entorno andino.

Diversos experimentos y estudios disciplinarios han sido realizados con resultados satisfactorios; sin embargo, en la mayoría de los casos, su uso no ha sido adecuado a la realidad agropecuaria. Un enfoque de acción integradora lo constituye el estudio de sistemas en un contexto holístico (Speeding, 1988).

Dentro de este enfoque de sistemas, la investigación y el análisis de sistemas agropecuarios orientados al desarrollo rural sostenido se basa en el uso adecuado de los recursos naturales.

### **PLANTEAMIENTO METODOLOGICO**

En general, el enfoque metodológico está orientado a la explicación de fenómenos biológicos, económicos y sociales conducentes al planeamiento de alternativas de producción que incluyan prácticas tecnológicas adecuadas a un medio específico.

---

\*Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, CONDESAN

El estudio y definición de ellas involucra una observación sistemática, una investigación interdisciplinaria y una capacitación a nivel local, regional y nacional. El estudio de los tres niveles mencionados conduce a la definición de niveles jerárquicos de acción. Dentro de ellos es necesario definir zonas de trabajo, en las cuales bajo un concepto holístico y complementario con disciplinas se trabaja a nivel regional y a un nivel local con la metodología de "investigación en sistemas agropecuarios".

En cada nivel se realiza un análisis vertical y horizontal por rubro de producción ("commodity systems"). En ambos casos, los pasos metodológicos incluyen: la selección de área; el diagnóstico, con uso de información secundaria y primaria, mediante encuestas estáticas, dinámicas o sondeo o "rapid rural appraisal"; el análisis de la información, mediante diferentes técnicas que incluyen la relación causa-efecto; el diseño de alternativas; la experimentación o la validación del conocimiento a nivel de productor y la transferencia.

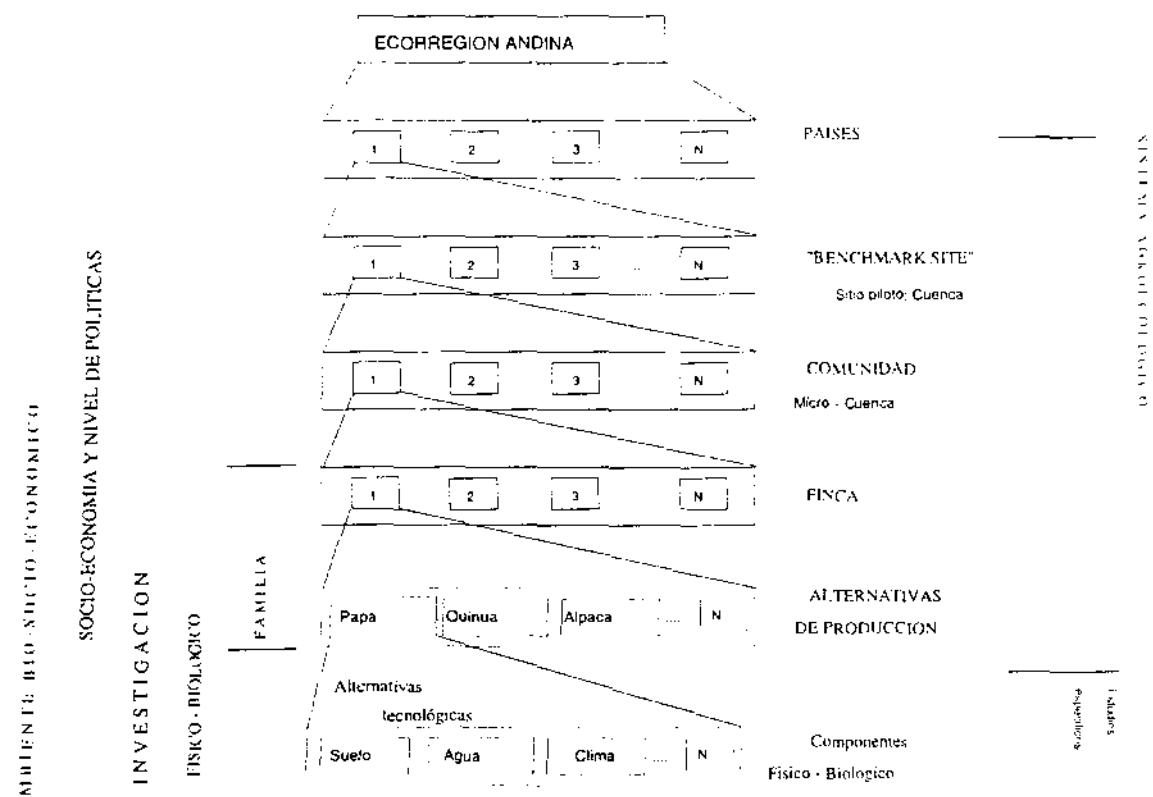


Figura 1. Niveles jerárquicos de acción físico-biológica en el contexto socio-económico político del uso de recursos naturales orientado al desarrollo agropecuario sostenido.

La Figura 1 describe los niveles de acción en una relación macro-micro compuesta de dos niveles. El primero involucra actividades de investigación físico-biológica; que tiene como objetivo central la economía familiar dentro de la finca. El segundo nivel incluye las acciones políticas y socioeconómicas orientadas al objetivo central de finca dentro de comunidad o región. Ambas acciones, no deben ser consideradas como polarizables, sino como complementarias. Por otro lado, es necesario considerar que la división geo-política conduce a plantear acciones a nivel de zonas de trabajo dentro de países. En ellos se define la cuenca o microcuencas que incluyen comunidades y dentro de ellas las fincas. En las fincas, el sujeto de acción es el productor; este es el que toma las decisiones sobre las diversas alternativas de producción que incluyen componentes físico-biológicos en un entorno climático; aspectos que explican el comportamiento de los sistemas de producción en particular y de los sistemas agroecológicos en general.

El considerar el desarrollo rural de una zona agroecológica implica el estudio y análisis del potencial agroecológico para producir con diferentes rubros que presenten ventajas comparativas; con demanda presente y futura. En este contexto, las acciones a realizar deben ser orientadas al fortalecimiento institucional en áreas estratégicas de desarrollo tecnológico, las que incluyen no sólo mecanismos de financiamiento sino metodologías de trabajo para la generación, transferencia, adopción de tecnología y evaluación de impacto sobre la sostenibilidad de los recursos naturales considerando indicadores de eficiencia, equidad y sostenibilidad.

La Figura 2 describe, en forma conceptual, la relación jerárquica del estudio de los sistemas agropecuarios con los niveles de acción política-económica sobre los procesos de transformación y comercialización, estos últimos juegan un rol importante en el desarrollo rural de una zona.

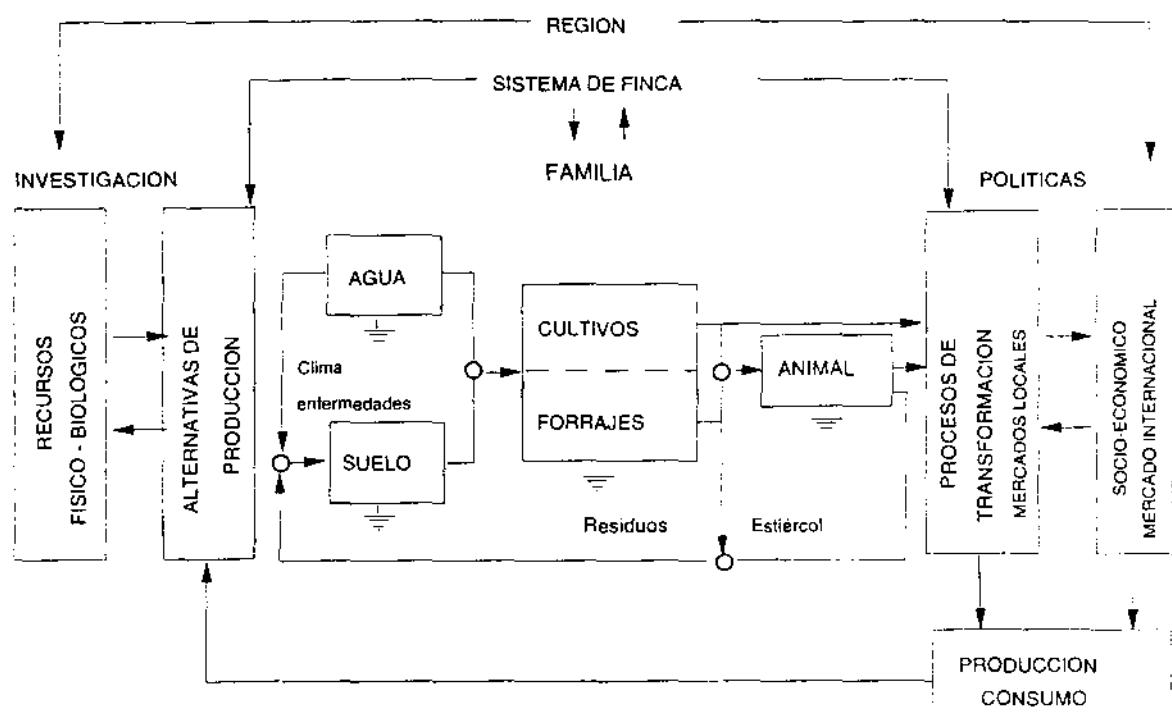


Figura 2. Representación gráfica del sistema de finca en relación a niveles jerárquicos y de acción de investigación y decisiones política-económica necesarias para el desarrollo agropecuario de una región.

### Metodología de análisis

El análisis de Sistemas, aplicado en un lugar geográfico específico, se debe definir, mediante el análisis de la información existente, el o los "Sistema(s) Real" propio y único en esa zona. El mismo presenta la influencia de factores endógenos y exógenos, los que afectan en menor o mayor grado la eficiencia de producción. Los factores endógenos son generalmente controlados por el productor. Los factores exógenos escapan a su control, pero su análisis es necesario para la decisión final del productor en el arreglo de los componentes de su sistema y obtener un nivel rentable de producción. Los niveles de producción, obtenidos en un sistema agropecuario, pueden ser comparados con otros que presenten características similares y que estén dentro de la misma zona agroecológica. Niveles de producción obtenidos en zonas diferentes son utilizados para comparación referencial.

En el análisis hace uso de modelos o diseños experimentales, los que contribuyen a determinar el uso y aplicación de una alternativa de producción propuesta la cual

normalmente es diseñada a partir del análisis de los componentes y factores relacionados al sistema real que presenta un nivel productivo ( $Q_a$ ) frente a un arreglo de componentes (alternativa tecnológica) con un nivel productivo ( $Q_b$ ). El análisis estadístico es realizado bajo la hipótesis nula ( $H_0: Q_b = Q_a$ ) y alterna ( $H_a: Q_b \neq Q_a$ ).

Para obtener el correcto planeamiento de la hipótesis es necesario seguir varios pasos metodológicos. La Figura 3 esquematiza la metodología de la investigación de sistemas orientada al desarrollo rural sostenido. Esta orientación es importante y necesaria ya que presenta en forma explícita el rol de la investigación en el desarrollo. De ser sólo un esquema de desarrollo, con la investigación implícita, se corre el riesgo de que la función de investigación se pierda o se diluya en el tiempo, a sólo desarrollo "per se".

Al considerar el marco descrito en la Figura 3, se identifica a la finca o Sistema Agropecuario Forestal (SAF) como unidad de trabajo. No obstante, en todo análisis de sistema es necesario identificar el nivel jerárquico y los límites del sistema (Hart, 1983). Estos son analizados bajo los siguientes aspectos:

- Clasificación de los Sistemas Agropecuarios por su dedicación, comportamiento, adopción y uso de tecnología.
- Análisis de la eficiencia en el uso de los recursos productivos.
- Determinación de los factores que contribuyen y afectan al Sistema Agropecuario en relación al medio rural.
- Realizar la caracterización y diagnóstico tecnológico de los Sistemas Agropecuarios.
- Análisis de las alternativas posibles que deriven a un incremento productivo del Sistema Agropecuario Real.
- Determinar el diferencial del potencial de producción posible entre el Sistema Agropecuario Real (SAR) y el posible (SAP). (Hipótesis: SAP-SAR>0).
- Escoger la o las alternativas de producción viables de incremento productivo en la región o área de trabajo.
- Realizar la fase experimental y de validación con la participación de productores y agentes de desarrollo. La fase experimental incluye menos productores pero más rigurosidad científica. La fase de validación incluye más productores con control técnico-científico.

- Propiciar el uso de las alternativas tecnológicas viables, probadas y validadas, mediante los mecanismos propios de los esquemas de desarrollo rural.
- Considerar un mecanismo de retroalimentación entre los pasos de análisis y diseño de las alternativas tecnológicas para realizar los cambios necesarios en el planeamiento de una alternativa técnica y viable de ser adoptada por el productor.

Durante todo el proceso de investigación en sistemas, orientado al desarrollo rural se considera la participación de los productores. Durante el desarrollo de acciones existen una serie de pasos que deben ser considerados para el logro del objetivo.

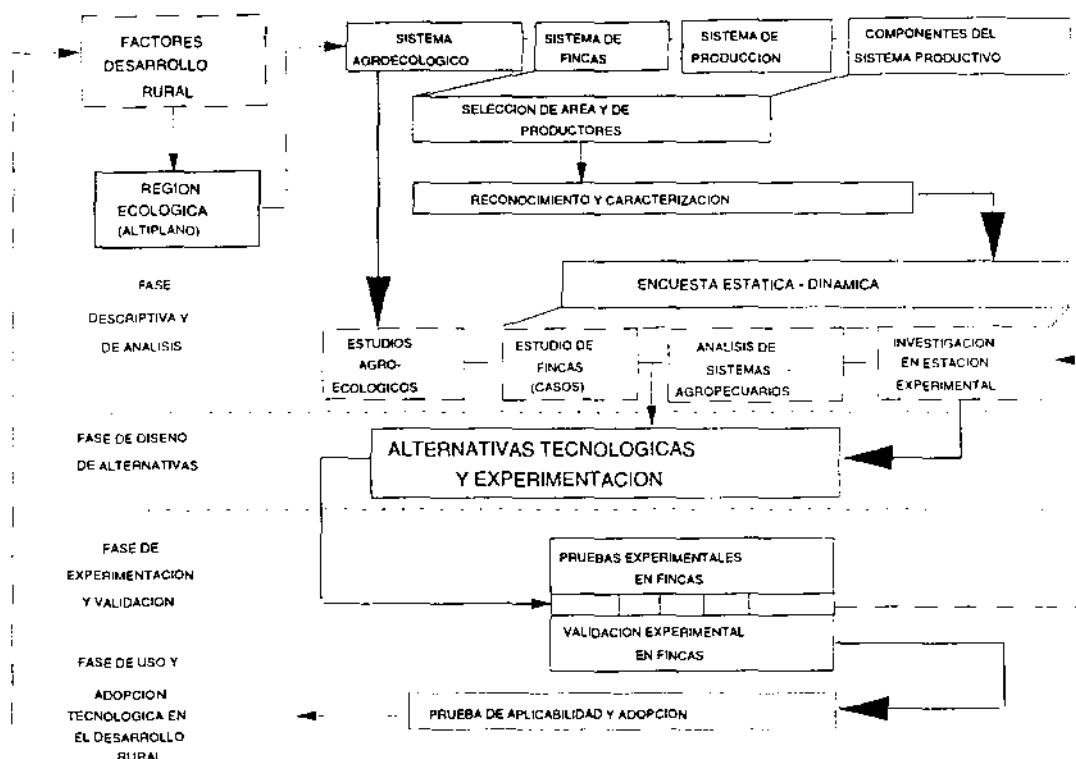


Figura 3. Esquema metodológico de la investigación de sistemas orientada al desarrollo agropecuario.

A continuación se describe en forma esquemática los pasos a considerar en el análisis de una situación particular, la generación o presentación de una alternativa tecnológica para su posible adopción por parte de los productores.

- **Pasos metodológicos a nivel de sistema agropecuario**
- **Selección del área**

El primer paso metodológico lo constituye la selección del área de trabajo. En forma general, la selección del sitio de trabajo esta relacionada con aquellas áreas que demandan una acción para su integración al mercado, local regional y nacional. Este paso involucra la definición de objetivos de programa y el tipo de productor a considerar; ambos implican la búsqueda de información secundaria sobre los posibles sitios de trabajo. La información a recopilar se basa principalmente en determinar las variables que definen las características físico-biológicas y agrometeorológicas (suelo-agua-planta-clima), población, aspectos socio-económicos y producción agropecuaria-forestal.

El análisis de las variables puede conducir al uso de modelos bio-económicos a fin de determinar el potencial del sitio de trabajo a escoger; esta orientación se basa en la rentabilidad potencial, pero exige el conocimiento de coeficientes técnicos, los cuales en la mayoría de las zonas es inexistente.

La ponderación de las variables se realiza en relación a los objetivos; este procedimiento permite encontrar un puntaje que indique la definición de un sitio de trabajo en forma específica. Cabe mencionar que en este proceso se puede aplicar las técnicas multivariadas de componentes principales y conglomerados; que permiten agrupar los sitios por variables que explican la mayor variabilidad.

La ponderación de variables conduce a dar peso positivo o negativo a aquellas variables de importancia en la selección de sitios. Por ejemplo, en el aspecto de transferencia de tecnología, el analfabetismo podrá ser negativo o positivo; es negativo en el caso de tender a escoger una zona con problemas educacionales; es positivo en aquellas zonas que no habrá necesidad de alfabetizar para efectuar la trasferencia de tecnología.

- **Diagnóstico y caracterización**

Todo programa o proyecto de investigación de sistemas es definido a un nivel de estudio de acuerdo a niveles jerárquicos de los agroecosistemas existentes en un área. Generalmente se establece la región como nivel jerárquico mayor y los productores como nivel de estudio. Los niveles jerárquicos menores corresponde a los agroecosistemas (agrícola, pecuario y forestal). Esta estructura permite identificar, conocer y entender los subsistemas, así como las relaciones entre productores y el mercado. El estudio de la dinámica de la unidad de estudio a través de los años permite definir los factores limitantes, así como las estrategias de los productores para la minimización del riesgo y las posibilidades biológicas, sociales y

económicas viables dentro de su sistema de producción. El estudio de la información secundaria evidencia posibilidades de desarrollo o de mayores problemas. Por ejemplo, el estudio simple de las tasas de crecimiento anual de producción de leche en el Altiplano (Puno, Perú), desde el año 70 a 80 y del 80 al 88, permiten graficar dos líneas de regresión lineal simple, Figura 4. La intercepción de curva ocurre en el año de menor producción; a partir de este se presenta un aumento, que de seguir en la misma tasa de crecimiento, la producción obtenida en el año de 1970 será lograda en el año 2,006, es decir, existe un intervalo de 36 años desde que se tomó decisiones exógenas a los sistemas de producción.

En la Figura 4 se observa una diferencia de 36 años con respecto a la producción en el año de 1970 y la proyección estimada (línea B) para alcanzar el mismo nivel de producción. Esta forma de análisis permite visualizar el impacto que decisiones no calculadas pueden tener una seria repercusión en un área o zona específica. En el análisis se puede considerar el pasado, presente y futuro. Estos aspectos pueden ser relacionados a datos físico-biológicos, económicos, sociales y políticos. Una pregunta clave por formular es en relación al futuro y los recursos naturales productivos: ¿existen los recursos naturales productivos similares al año original de análisis?. Si no existen, ¿cuál será el nivel posible de producción sin deteriorar los recursos existentes?, la respuesta no es fácil, sin embargo, técnicas de programación lineal como programación multiperíodo y programación por metas son útiles para la optimización de recursos sea a nivel de región o de sistema agropecuario.

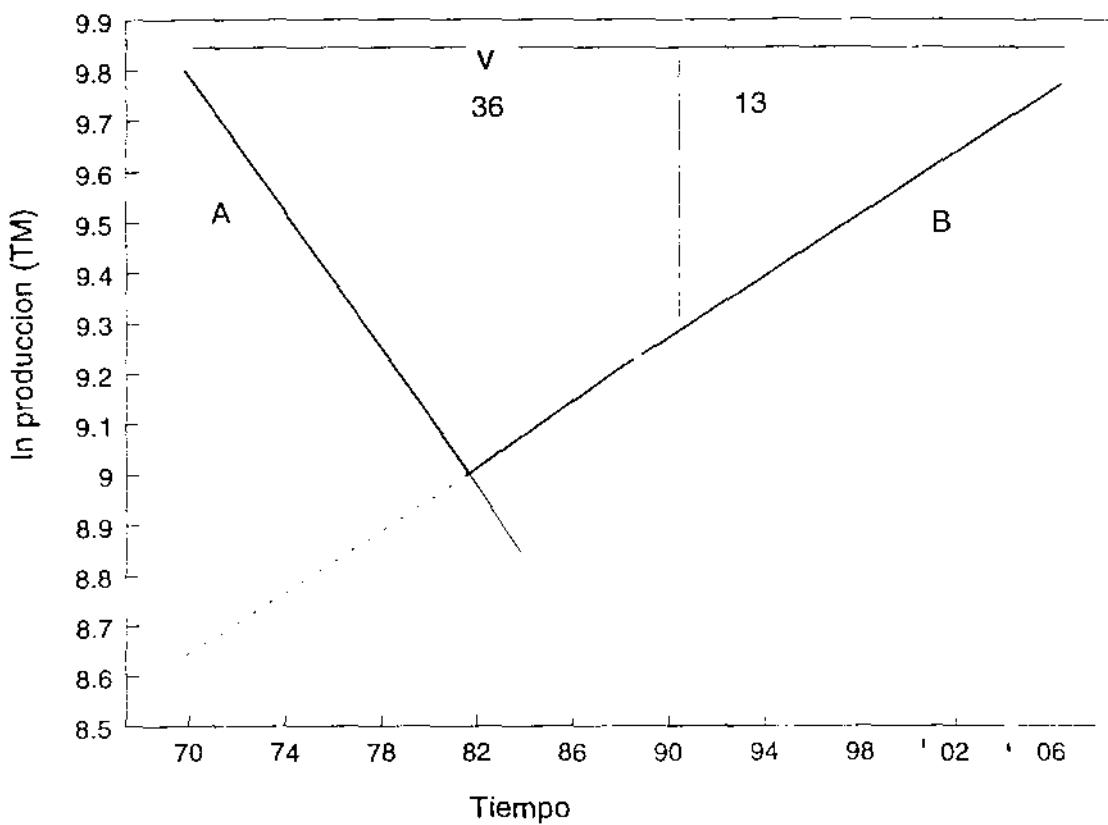


Figura 4. Representación gráfica del efecto de decisiones exógenas sobre los sistemas de producción de leche en el altiplano de Puno, Perú. La línea A describe el periodo de disminución y la línea B el de recuperación a tasa constante sin incorporación de tecnología.

A nivel de finca, la caracterización permite clasificar la función que cumple cada componente de los sistemas en relación al todo y permite la generación y difusión de alternativas tecnológicas. Es también considerada como un proceso que permite el desarrollo de la propia metodología de sistemas, es decir, que conforme se avanza en el entendimiento del sistema y se plantean alternativas tecnológicas, es necesario conocer lo que está ocurriendo en el sistema cuando se actúa sobre él. En los programas de investigación y desarrollo rural se debe plantear la caracterización del sistema de finca objetivo. El objetivo debe incluir la selección del área y la obtención de información básica, relevante y necesaria para diseñar y evaluar en el tiempo el sistema de producción existente en un área determinada. Así mismo, es necesario reconocer la existencia de las tecnologías utilizadas por los productores, la cual en su mayoría está adaptada a las condiciones propias del lugar. Esta, cuantificada y analizada sirve de base para medir las nuevas alternativas o modificaciones al sistema.

El conocimiento y entendimiento de los sistemas agropecuarios de una región, vía caracterización, presenta dos dimensiones distintas pero al mismo tiempo estrechamente vinculadas entre sí:

- La caracterización como proceso de recolección u obtención de información (parte mecánica operativa), y
- La caracterización en su dimensión de análisis de la información o como insumo en la generación de alternativas bio-económicas y socialmente viables.

Ambos conceptos tienen repercusión en el producto que se planea obtener. Así, los objetivos de la recolección de información están relacionados al objetivo del análisis. Para el proceso de recolección de la información se debe tener en cuenta al usuario de la información (investigadores) con el objeto de reducir la información que no será usada en su integridad. También es posible considerar que la mecánica constante de obtención de información hace que los técnicos puedan "intuir" con relativo éxito las necesidades de tecnología.

Previo a la planificación sobre la forma de recolectar la información es conveniente que un equipo interdisciplinario, decida el requerimiento de información, la forma de obtenerla y el uso que tendrá.

De esta manera es posible decidir la estructura de la información a recolectar por medio de sondeos, encuestas estáticas o dinámicas. La estructura de la información a recopilar debe estar relacionada a una base de datos, cuya estructura debe ser definida previamente.

El caracterizar un sistema agropecuario en zonas marginales no es sencillo; la obtención de la información requerida presenta una serie de dificultades que hace necesario usar diferentes estrategias para cumplir los objetivos propuestos. Cada estrategia a seguir puede tener su propia metodología. Esta debe estar sujeta a los diferentes factores relacionados con el grado de facilidad o dificultad de acceso a los productores. Así mismo, se debe considerar el cambio de profesionales y técnicos durante la vida del proyecto. Cada método a usar debe explicar la integración de los componentes del sistema región-productor-agroecosistema considerando la variabilidad ecológica, social y económica de la región.

La fase de caracterización realizada por medio de sondeos y encuestas estáticas proporcionan la información cuantitativa sobre cada una de las fincas muestreadas. La información obtenida permite la aplicación de técnicas multivariadas que permiten clasificar y tipificar a los productores en un área en particular. Esta técnica permite obtener grupos de productores en función de la importancia de variables dentro de productores.

Una de las técnicas de análisis es la de componentes principales, que utiliza la descomposición de valores simples a través del fraccionamiento de la matriz de información en sus correspondientes raíces y vectores propios. Con esta técnica se producen nuevas variables que son ortogonales entre sí, de tal modo que el primer componente principal explica la mayor cantidad posible de la dispersión total de los datos, el segundo componente principal explica la mayor cantidad posible de la dispersión restante y así sucesivamente. Esta técnica es utilizada para eliminar el problema de colinealidad. El análisis de los datos se hace sobre los componentes principales que expliquen la mayor parte de la variabilidad o sobre las variables originales que estén relacionadas con los componentes principales.

El agrupamiento de los datos se puede lograr mediante el análisis de conglomerados o "clusters". Si el agrupamiento de los productores ha sido basado en la experiencia, se puede verificar usando el análisis discriminante. Por el contrario, si se utiliza el método de conglomerados, el análisis discriminante se usa para asignar a qué grupo pertenece cada observación. Los grupos formados por este análisis son los mismos que se obtienen con el cluster.

Un ejemplo de este análisis fue utilizado en el proyecto PISA (1992). En este caso se utilizó el padrón comunal de la comunidad campesina de Apopata en Puno, Perú. En el análisis se incluyeron 15 variables de respuesta relacionadas con cada productor. En el análisis de las variables del padrón comunal, la matriz de correlación mostró la existencia de varios pares correlacionados. La reducción de la dimensión existente se realizó mediante el método de componentes principales. De las nuevas variables o componentes principales solo cuatro explicaron el 99% de la varianza total. Estas variables están asociadas con las variables originales: superficie, número de alpacas, llamas y ovinos. Con estas cuatro variables se realizó el análisis de conglomerados ("clusters") el cual dio origen a cuatro grupos. Se observó que los productores del grupo uno posee menos tierra y ganado, comparado con los otros tres grupos; los grupos dos, tres y cuatro tienen similar número de ovinos y alpacas; los productores del grupo cuatro tienen más llamas que los de los otros grupos. La tenencia de tierra, en orden descendente de grupos, fue: cuatro, tres, dos y uno. Esta información permite la comparación entre los productores y es posible separar tres grupos de productores, los que se llamaron estrato alto, medio y bajo en función de tierra y animales.

#### • Análisis y diseño de alternativas a nivel de finca.

La caracterización y el estudio del sistema agropecuario familiar define, generalmente, cuatro sub-sistemas: familiar, producción agrícola, producción animal y el de transformación (Figura 4). El sub-sistema agrícola involucra los cultivos incluyendo en ellos los componentes de suelo, agua y planta; el de producción animal contempla, básicamente dos componentes: el animal y el pasto (nativo e introducido, sea perenne o temporal; en ellos se incluye la relación suelo, agua, planta); el de

transformación contempla el proceso de poscosecha, aspecto que deriva al estudio y análisis de la conservación de productos dentro de un esquema de agricultura de subsistencia (papa: tunta, moraya, chuno; carne: chalona, charqui; fibra: tejidos, sogas, hilos).

La Figura 5 describe en forma gráfica la relación de los subsistemas en relación al subsistema familiar. El diagrama planteado cualitativamente permite el análisis global de los Sistemas Agropecuarios Altoandinos.

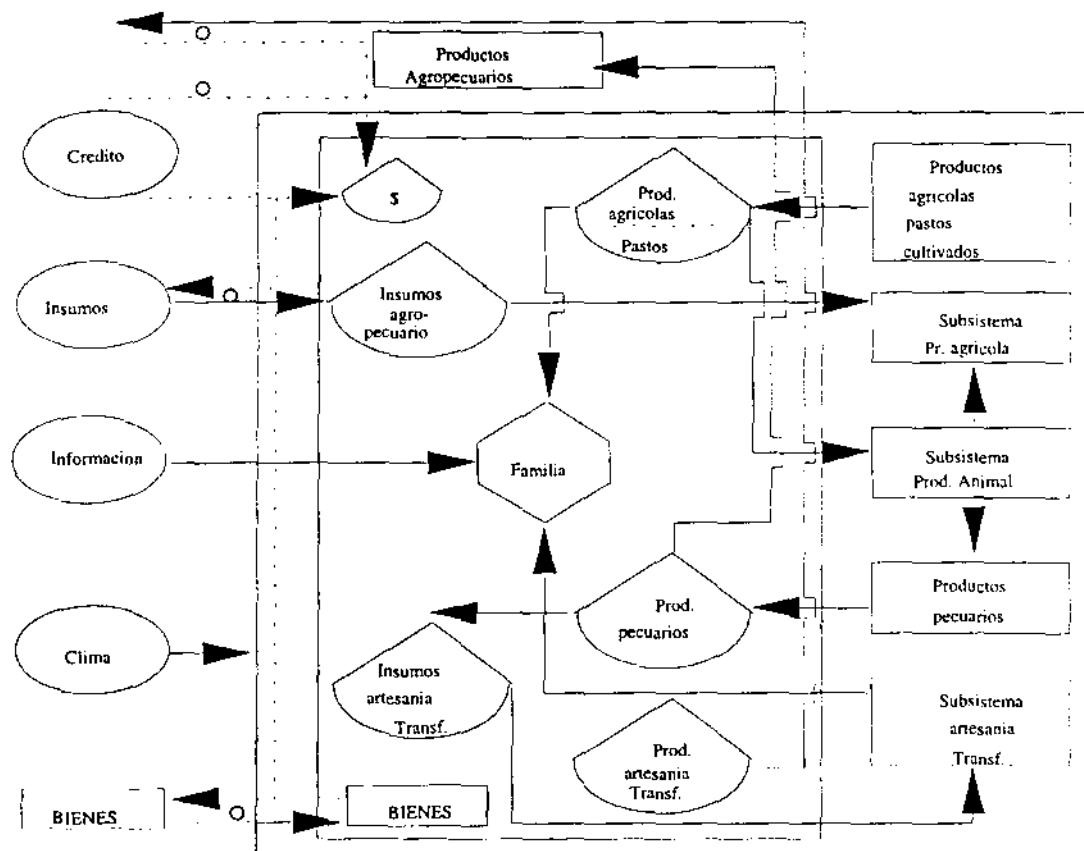


Figura 5. Representación esquemática del sistema familiar de producción agropecuaria en las comunidades campesinas.

En el proceso de diseño de alternativas se define las posibilidades de actuar sobre cada uno de los subsistemas o del sistema en conjunto en tres formas:

- Dejar el sistema tal como está, es decir el "statuo quo".
- La modificación parcial; es decir, introducir cambios tecnológicos en una alternativa de producción dentro de un subsistema; tales como la introducción de una variedad, el uso de fertilizante.
- La modificación total del sistema; es decir, la introducción o eliminación de una alternativa de producción. Esta acción requiere la generación de una forma diferente con base a los conocimientos existentes del lugar. Esta opción conduce generalmente al diseño de modelos físicos.

En cada caso, la metodología planteada tiende a analizar cualitativamente y cuantitativamente cada subsistema, lo cual hace posible definir las alternativas de producción o las tecnologías apropiadas que incremente la productividad de cada uno de ellos. Esta diferenciación permite definir el proceso de transferencia, considerando su relación disciplinaria (por productos o programas) a nivel de comunidad y ayuda a integrar las alternativas tecnológicas en relación a las alternativas de producción que presenten ventajas comparativas e incrementen la productividad de los subsistemas del sistema agropecuario familiar.

El proceso de diseño de alternativas tecnológicas incluye la evaluación "ex-ante" la cual es realizada por medio de estudios bioeconómicos, presupuesto parcial, costo-beneficio, así como la utilización de modelos biomatemáticos y de expertos. El análisis de costo-beneficio contribuye a evaluar la diferencia entre lo obtenido por el productor y la posibilidad de obtener beneficio por el uso de una tecnología o alternativa tecnológica a incorporar en la alternativa de producción.

El uso de modelos de expertos y en particular los biomatemáticos contribuyen a presentar diferentes escenarios, los que permiten definir una alternativa. Para el uso de los modelos se requiere conocimientos de los coeficientes técnicos de relación causa-efecto característicos en el sitio de trabajo; ellos permiten elaborar funciones matemáticas que son estructuradas en forma lógica mediante un lenguaje de programación. En algunos casos los coeficientes técnicos son inexistentes; por lo tanto, la elaboración de modelos biomatemáticos computarizados requiere, en algunos casos, la obtención de ellos mediante experimentación. En otros casos, la información disciplinaria existente permite elaborar simples pero efectivos modelos. Así en el caso del Altiplano, la evaluación de la pérdida de calor por clima frío y de pastoreo en las orillas del lago acompañado de una evaluación de la biomasa forrajera acuática para disminuir el contenido de humedad (pre-secado) permitió diseñar una forma de alimentación y engorde bajo cobertizo con totora y llachu presecada. Esta alternativa produjo ganancias de 900 g por día frente a lo tradicional (350 g por día).

En la evaluación de las alternativas de producción pueden existir diferentes formas pero en todo caso se debe considerar aquellas relevantes y con ventaja comparativa para propiciar el interés y la combinación óptima de ellas. En algunos casos dada las limitaciones físico-biológicas y condiciones socio-económicas de los pequeños productores se considera la alternativa de autoconsumo, la cual, en algunos casos, puede no permitir un ingreso que permita potenciar al sistema familiar pero si cumplir con la seguridad alimentaria.

La Figura 6 resume el uso de diferentes técnicas y procedimientos en el análisis a nivel de sistema agropecuario en relación a región. En el desarrollo de los métodos se propicia una investigación participativa.

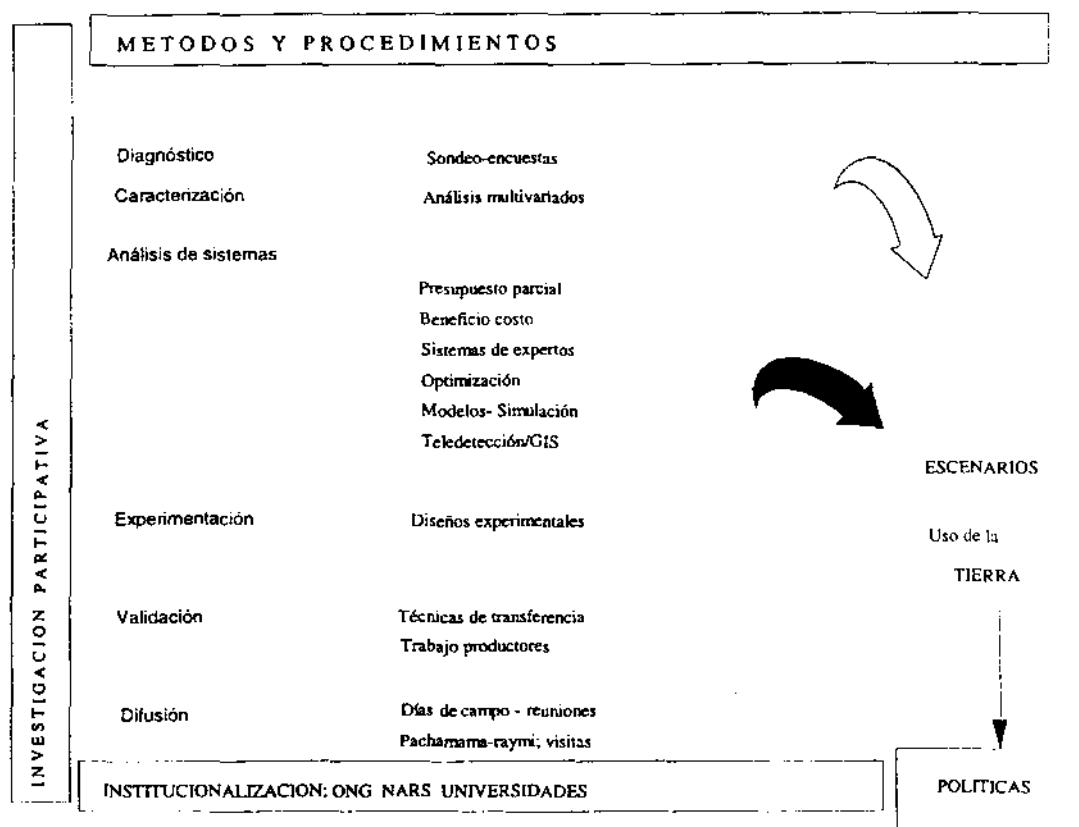


Figura 6. Métodos y procedimientos utilizados en el análisis y diseño de alternativas orientadas al manejo sostenible de los recursos naturales en la zona Andina.

En términos generales, el diseño de alternativas enfatiza las fases de descripción y análisis dentro de región y comunidad. Estas fases son necesarias para plantear la fase de diseño de alternativas de producción; en ellas se considera las alternativas

tecnológicas específicas (prácticas agrícolas o ganaderas), las cuales se ejecutan a nivel de estación experimental (experimentación; modelación y simulación) y a nivel de productores (experimentación o validación), el cual constituye un elemento clave para la toma de decisiones agropecuarias. El proceso de diseño, experimentación, validación y transferencia debido a la acción continua y presencia de los actores del desarrollo Investigador-Extensionista-Productor puede ser considerada en conjunto.

#### • Experimentación y validación

En esta fase del proceso se reconoce y se diferencia las actividades propias de experimentación y de validación para una tecnología específica dentro de una alternativa de producción. La etapa de experimentación incluye los ensayos experimentales que requieren mayor rigurosidad y supervisión técnica; estos, generalmente se ubican en estaciones experimentales. Sin embargo, dependiendo del tipo de experimento son posibles de ubicarlos en la finca del productor, en forma conjunta con él. Los ensayos de validación son aquellos en que se conoce a tendencia de los resultados y son realizados con el productor (generalmente un tratamiento y testigo); la información cuantitativa obtenida contribuye a definir a alternativa y los resultados obtenidos favorecen una mayor adopción por parte del productor. Durante el desarrollo de las alternativas, la información positiva en campo son integradas a fin de determinar el potencial o límite del sistema familiar agropecuario a nivel de finca dentro de comunidad.

#### • Difusión y adopción de tecnología

La transferencia de tecnología es considerada como un mecanismo de doble vía. Así, por un lado permite conocer si una o varias alternativas, prácticas o métodos agropecuarios han sido puestos en ejecución y/o adoptados por los productores. Por otro lado, las respuestas obtenidas son parte de la retroalimentación del proceso seguido; aspecto básico para replantear, modificar y mejorar las alternativas propuestas. De esta manera, en el esquema de los pasos metodológicos del proceso de la investigación de sistemas se representa la transferencia de tecnología como una de sus etapas denominada difusión o creación de programas de producción; sin embargo, en algunos casos esta etapa no se completa. Consecuentemente, no permite evaluar la retroalimentación y volver a la etapa de análisis y experimentación. No obstante, en la mayoría de los casos se plantea evaluar y/o medir los efectos de los resultados.

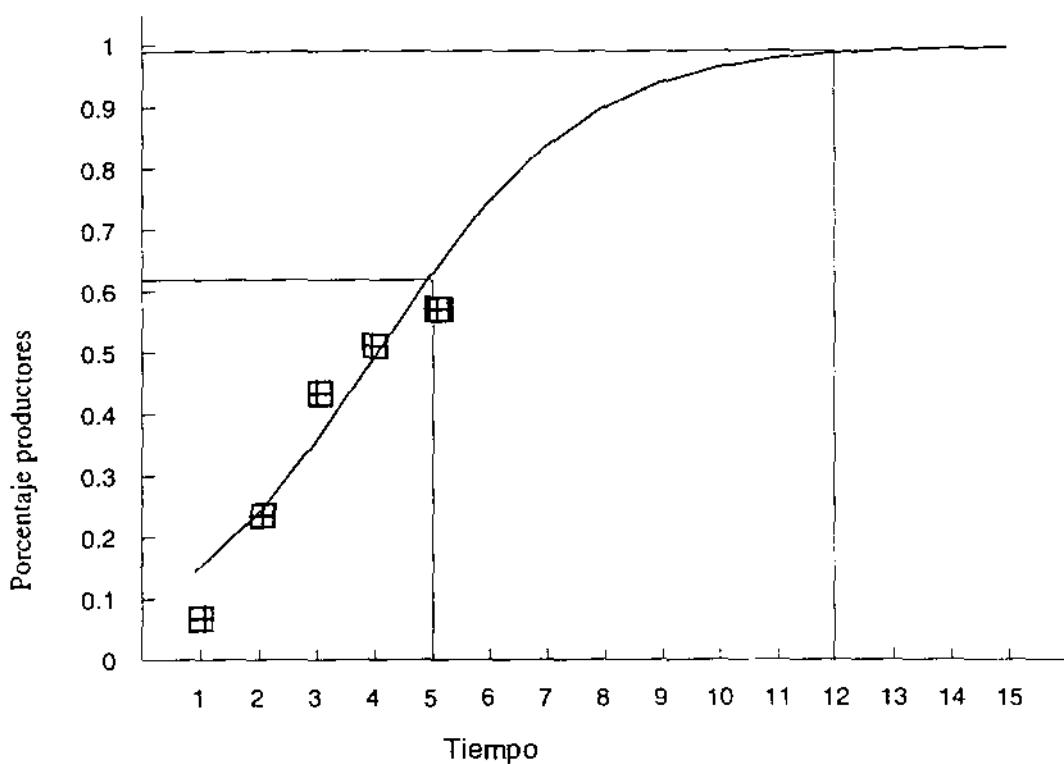


Figura 7. Representación del número de productores incorporados a una alternativa tecnológica mediante la curva de aprendizaje.

Al respecto, la evaluación y medición del impacto no es fácil, pero tampoco imposible de realizar. Medir la difusión y aceptación de las alternativas propuestas, así como la medida del impacto es una de las mayores dificultades de los proyectos de desarrollo agropecuario, este último, en la mayoría de los casos, es parte de la evaluación final. Sin embargo, el planeamiento de información sobre la incorporación de tecnología por parte de productores y el seguimiento de las actividades complementada con encuestas e información secundaria permite medir el impacto y relacionarla con los términos predefinidos con anterioridad. La Figura 7 describe la información de la adopción del uso de trébol blanco mediante el inicio de un núcleo reducido de productores en la fase de experimentación-validación, fue analizada en Puno (León-Velarde y Quiroz, 1994); se observó que a los cinco años solamente el 50 por ciento de los productores hacen uso de la alternativa. El lograr la participación de la población objetivo total, al ritmo de intercambio de información, implica un tiempo de 12 años. Esta acción es posible reducirla con acciones explícitas de un programa de extensión en concordancia con la investigación.

### - Integración de resultados a nivel micro-macro.

El estudio y análisis de las relaciones causa-efecto a nivel de agroecosistema-finca-región permite la integración de diferentes técnicas así como de modelos biomatemáticos. Al relacionar el trabajo a nivel jerárquico de finca y de región se debe analizar la posibilidad de que el productor logre sus objetivos. Uno de ellos, además de la seguridad alimentaria es el aumento de sus ingresos. La programación lineal es una de las técnicas que permite al productor optimizar sus recursos a nivel de finca y mercado. Es posible el uso de esta técnica a nivel de relación micro-macro. Así por ejemplo, en la comunidad de Jiscuani, Puno se analizó el incremento del mejoramiento de los animales sobre el ingreso total de la comunidad. El proceso se plantea con la compra de animales mejorados, y se hace en forma separada para ovinos y vacunos. En cada análisis se incluyó sucesivamente animales mejorados, con incrementos del 10% pero no incrementa sustancialmente el ingreso total. La sola sustitución del 50% de ovinos criollos por mejorados significaría un incremento en el ingreso total de solamente 0.8% a 2.2%; ambos casos acompañados de un ligero incremento en el uso de jornales. Comparado con las posibilidades analizadas anteriormente, mejoramiento pecuario, en forma simultánea, esta alternativa no es muy atractiva, excepto si ocurre cambio tecnológico en cultivos y mejoramiento pecuario, en forma simultánea.

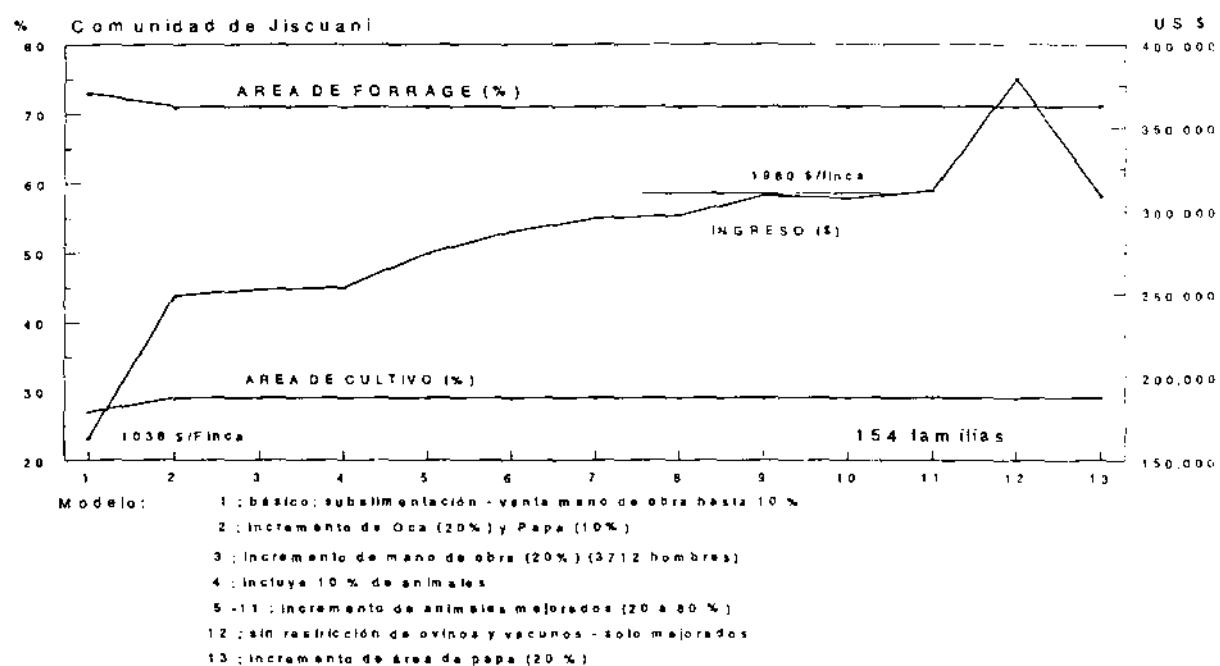


Figura 8. Incremento del margen bruto en una comunidad del Altiplano por utilización de animales mejorados en la producción de leche y carne.

En el caso de vacunos, el mejoramiento del capital pecuario resulta atractivo. Con la inclusión de cada 10% de animales mejorados, el ingreso total se incrementa en 3.9%, estos ingresos provienen de la venta de carne y leche. Comparado con las alternativas analizadas anteriormente, ésta es la mejor. El análisis de cada una de las posibilidades de incremento en el ingreso total, se realizó por separado, fundamentalmente con el propósito de averiguar la magnitud del impacto que podrían tener sobre el ingreso total; siendo posible un plan de producción con la combinación de las alternativas analizadas. En forma general, de obtenerse un 80 % de animales mejorados se podría lograr un aumento del 90% en el ingreso. Sin embargo, este ingreso relativo y posible de obtener es limitado dado el número de familias en las comunidades y tiene una limitante de tiempo e inversión, que en la mayoría de los casos es difícil de obtener. La evidencia de estos escenarios permiten la toma de decisiones a nivel de país. Por lo tanto, no obstante que es importante el trabajar a nivel de finca es necesario visualizar el efecto de las alternativas tecnológicas en un contexto de nivel jerárquico superior.

#### **- Integración y uso de modelos de simulación**

El uso de las relaciones físico-biológicas planteadas como causa-efecto, en modelos biomatemáticos, e integrados en programas de simulación permiten la visualización de escenarios, que pueden ser evaluados y considerados para la toma de decisiones a nivel jerárquico superior. La Figura 9 describe el uso y combinación de diversos modelos de simulación. Resultados de modelos a nivel de agroecosistema o finca pueden ser incluídos en modelos regionales. En la Figura 10 se describe la información resultante de varias alternativas (Quiroz y col.); (A) planteadas en un modelo de alpacas (Arce y col.) y de los resultados de EPIC integrados en un modelo regional (CONDESAN, 1993).

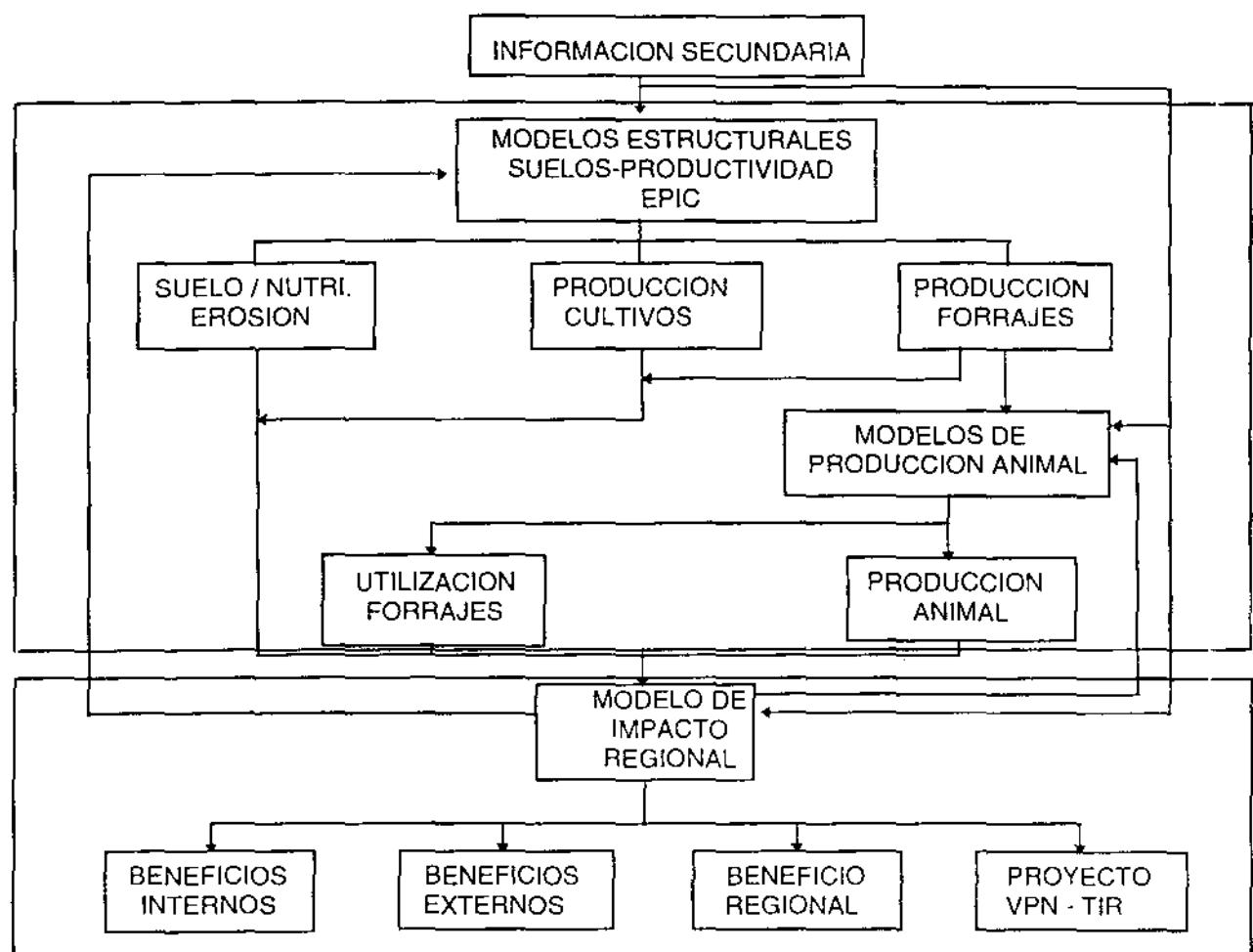


Figura 9. Representación esquemática de la integración de modelos a diferentes niveles jerárquicos en el proceso de análisis en la investigación en sistemas agropecuarios.

El escenario de la alternativa 2 presenta los mejores resultados proyectados a 30 años considerando la incorporación de la alternativa (B), el incremento de producción (C) y productividad con el ahorro en nutrientes (D). Cabe resaltar que los resultados esperados no son visualizados durante los primeros años; aspecto muy importante a ser considerado en el desarrollo de una región. En general, la integración de los modelos de simulación que describen sistemas a diferentes niveles jerárquicos es posible y útil para el entendimiento de las interrelaciones entre los micro-macro niveles. En este proceso se debe considerar que las tecnologías que han demostrado ser adecuadas a nivel de finca pueden ser planteadas en un proceso de difusión y adopción, que en la mayoría de los casos requieren un mayor tiempo de lo programado en los proyectos de desarrollo.

Fig. 10  
ALTERNATIVAS EVALUADAS

Escenarios de alpaca evaluados con modelos de simulación (100 ha)					
Escenario	Pastizal seco (ha)	Bofedal (ha)	Carga animal (UA / ha)	Prod. max. MS en pastizal Kg / ha)	Prod. max. MS en bofedal Kg / ha)
Tradicional	90	10	.07	1000	1600
Alternativa 1	90	10	.07	1000	1500
Alternativa 2	90	10	.14	2000	1500

UA = Unidad animal (400 Kg peso corporal)

Fig. 11  
PROCESO DE ADOPCION DE LA ALTERNATIVA 2

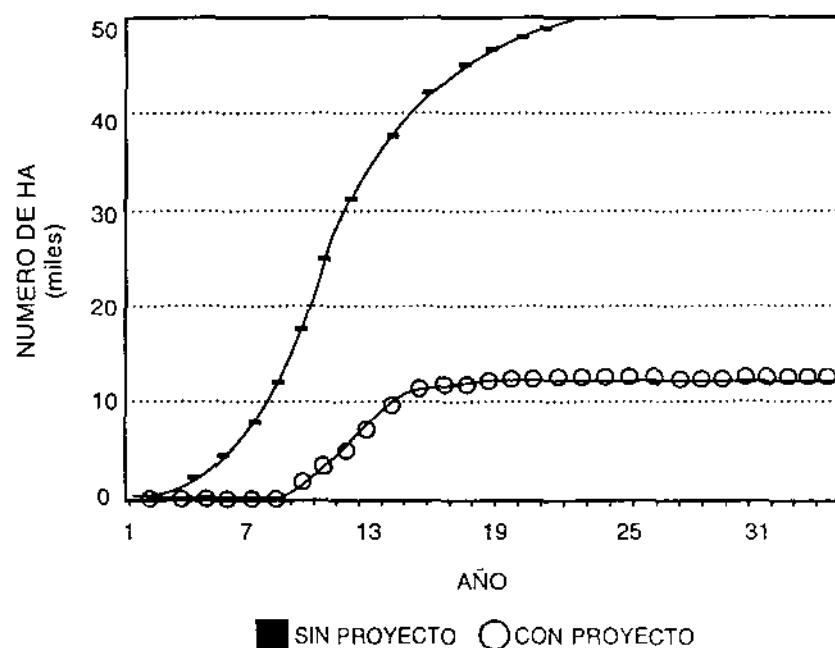


Fig. 12  
PRODUCCION DE CARNE Y FIBRA DE ALPACA

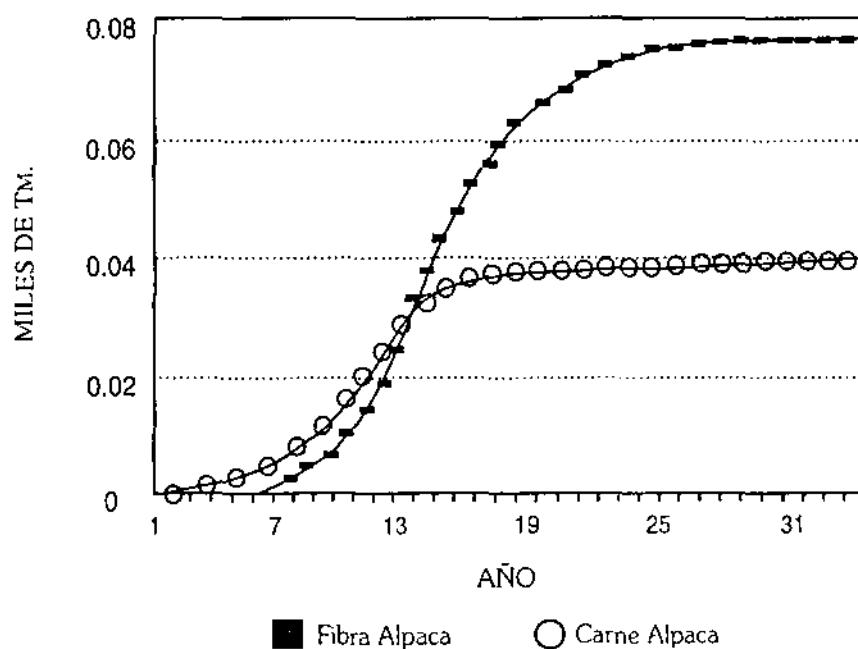
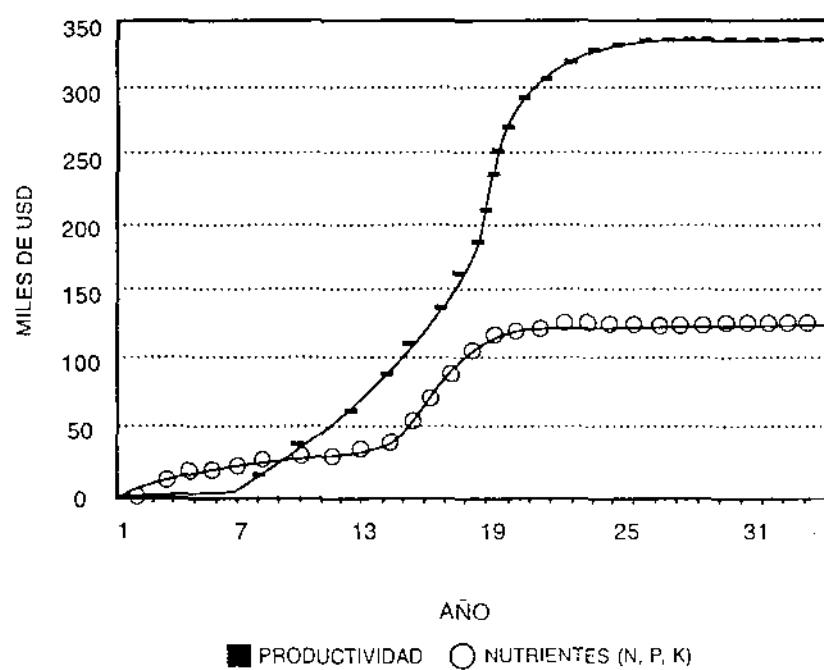


Fig. 13  
PRODUCTIVIDAD Y AHORRO DE NUTRIENTES (N,P, K)



### **- Resultados y retos en la investigación en Sistemas**

El trabajo metodológico de la investigación en sistemas conduce a la utilización adecuada de los recursos naturales en relación con la producción bioeconómica sostenible de los sistemas agropecuarios. En ellos se orienta la obtención de:

- Conocimiento de los requerimientos y necesidades de la población rural en relación a la calidad de vida.
- Desarrollo de estrategias que permitan el uso de los recursos naturales (agua, suelo, animal y cultivos) en relación al clima (temperatura, precipitación).
- Propiciar el uso de los cultivos y animales que conducen a producir alimentos que presentan ventajas comparativas.
- Desarrollar bases de datos de clima, suelo y agua en relación al uso de la tierra.
- Difundir información técnica relacionada a la metodología y resultados encontrados entre el personal de los centros de investigación y educación de la ecorregión andina.
- Establecer núcleos de investigadores en los centros de investigación y educación de la ecorregión andina.
- Diseñar lineamientos y estrategias socio-políticas que permitan el desarrollo sostenible de la ecorregión andina.
- Desarrollar modelos de simulación que permitan visualizar diferentes escenarios para la toma de decisión a nivel de finca como dentro de un contexto macroeconómico-político.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

ARCE, B. A.; AGUILAR, C.; CAÑAS, R. y QUIROZ, R. A. 1994. A simulation of Alpaca system in the dry of the Andes. Agricultural systems 46: 205-225.

HART, R. D. 1980. Agroecosistemas; conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

LEON-VELARDE, C. U. y QUIROZ, R. A. 1994. Análisis de Sistemas Agropecuarios: uso de Métodos Biomatemáticos. CIRNMA-CONDESAN, La Paz, Bolivia. 238 p.

Proyecto de Investigación de Sistemas Agropecuarios (PISA). 1991. Perspectivas de la investigación agropecuaria para el Altiplano. Lima, Convenio ACDI-CIID.

QUIROZ, R. A.; ESTRADA, R.; LEON-VELARDE, C. y ZANDSTRA, H. 1994. Uso de modelos de simulación en el manejo sostenible de los recursos naturales de la zona andina. En CIP-Circular, vol. 21. pp. 10-18.

SPEEDING, C. W. R. 1988. An introduction to agricultural system. 2nd. Edition. London, Elsevier Applied Science Publisher.

## **2.0 METODOLOGIA Y HERRAMIENTAS**

### **2.2**

# **ZONIFICACION AGROECOLOGICA BASADA EN EL USO DE LA TIERRA, EL CONOCIMIENTO LOCAL Y LAS ALTERNATIVAS DE PRODUCCION**

*Mario E. Tapia \**

La investigación y extensión agrícolas se han caracterizado en nuestro país, por su deficiente cobertura, el sesgo se ha orientado hacia los cultivos y técnicas más compatibles con las condiciones de los medianos y grandes productores.

En el caso de la región andina en donde predominan los pequeños agricultores, la organización comunal y las condiciones muy diversas de medios ecológicos, así como el alto riesgo en la producción agropecuaria, la aproximación de una investigación para el desarrollo debe considerar en su diseño y análisis estas características.

En este sentido este es un documento guía en la caracterización de la Ecorregión Andina del Perú basado en diferentes experiencias en la investigación agrícola y de los proyectos de desarrollo en los Andes como proceso metodológico, con énfasis en el espacio de las microcuencas. Como tal es una relación de conceptos, experiencias y propuestas para encontrar el camino que permita fortalecer la investigación para orientarse hacia un desarrollo rural sostenible.

De ninguna manera son recetas o sugerencias definitivas, lo que se intenta es analizar conceptos, métodos y herramientas de apoyo a la propuesta de una investigación agrícola apropiada a esas condiciones y que en algunos casos son vistos aisladamente e incluso considerados contradictorios u opuestos.

Me refiero a los conceptos utilizados en los planes de desarrollo rural y que se utilizan indistintamente como:

Aproximación sistemática, manejo y gestión de cuencas y zonificación agroecológica.

---

\* CONDESAN

## **Qué es un sistema agrícola o agrosistema?**

Es un conjunto de componentes, bióticos y abióticos, relacionados entre sí en un espacio definido. Llamados también agroecosistemas, porque incluyen más de un organismo vivo, existiendo interacción entre sus componentes (clima, suelo, plantas, animales y seres humanos) y con el exterior mediante el intercambio de productos e información.

El hombre modifica su medio y con ello las interacciones de los diferentes componentes, agua, suelo, plantas, animales, efectúa acomodos espaciales y en el tiempo de éstos. Como ejemplo diremos que cuando una comunidad hace un canal de riego, está modificando el ciclo hidrológico, cuando se construye una terraza o andén se está cambiando la arquitectura del medio, la capacidad de retención de agua, la microclimatología. En el caso de la adaptación de cultivos en mayor o menor grado hace empleo de la biodiversidad y está utilizando la información genética para diferentes propósitos.

## **Sistematización**

Es el proceso que permite presentar en una forma ordenada las propuestas de modificación o alteración de un agroecosistema, las metodologías seguidas y restricciones que no han permitido lograr los objetivos planteados.

En ese sentido debe permitir observar y definir las necesidades de información y experimentación para la solución de los problemas.

## **Zonificación Agroecológica**

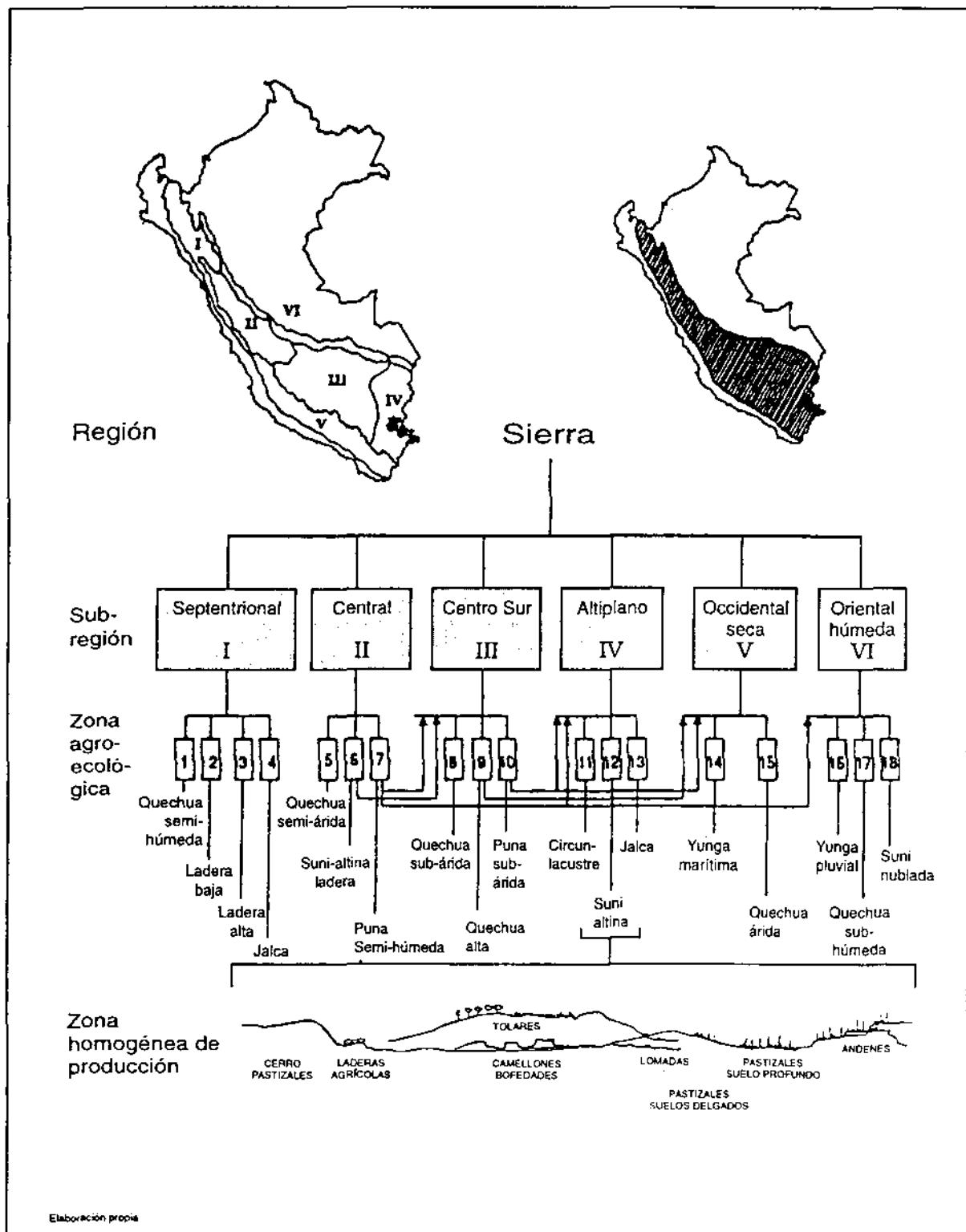
Se considera a la diferenciación de los espacios encontrados en un ecosistema de acuerdo a las variables que afectan directamente al uso de la tierra (Fig. 1).

La zonificación permite así planificar no sólo los sistemas de producción más apropiados, sino las prioridades de investigación así como facilitar la extensión de los resultados.

Existen diversas propuestas de zonificación con diferentes prioridades, sin embargo en ellas prevalecen las condiciones ecológicas, tales como clima, suelo, topografía, etc., que permiten definir las unidades con una mayor uniformidad.

Fig. 1.

## NIVELES JERARQUICOS DE ZONIFICACION AGROECOLOGICA DE LA SIERRA



## **Manejo de Cuencas**

Se considera que una de las mayores necesidades dentro del desarrollo rural lo constituye el mejor empleo del recurso hídrico, cuya cantidad y calidad cada día se ve más amenazada de constituirse en el elemento crítico para el apropiado desenvolvimiento de la vida humana. En ese sentido las cuencas que tienen un origen en términos y definiciones geográficos e hídricos, constituyen la base para el desarrollo y la investigación apropiada, con carácter de equidad y sostenibilidad.

El manejo de cuencas, que está muy relacionado a la gestión de los recursos naturales, incluye un especial énfasis en:

- Gestión del agua
- Conservación y fertilidad de los suelos
- Manejo de bosques nativos
- Manejo de la flora y fauna (biodiversidad)

Sin embargo, un factor que no se ha explotado suficientemente es considerar a la cuenca como unidad ideal de investigación (se debe diferenciar espacialmente a la microcuenca, subcuenca y cuenca). Tema que se desarrolla en base a las experiencias desarrolladas en la década del 80 en el sur del Perú, Cusco, Puno, Arequipa, Ayacucho y posteriormente en el norte en Cajamarca con la ONG, ASPADERUC y sus múltiples interacciones con otras instituciones, en el área de investigación para el desarrollo rural.

En un plan de desarrollo agropecuario es requisito indispensable diferenciar las condiciones ambientales actuales y sus potenciales de producción. En el caso de la región Altoandina, con condiciones de montañas, presenta una alta heterogeneidad de ambientes en espacios reducidos, por lo cual se enfatiza la necesidad de una zonificación que relacione los factores ecológicos y la producción agropecuaria que refleje esa realidad.

Utilizando los estudios agroclimáticos, ecológicos y descriptivos de la producción agropecuaria efectuados en la sierra peruana y la diferenciación microzonal que presenta la realidad andina, se ha elaborado una propuesta de zonificación que ayuda a estimar el potencial productivo de la tierra, considerándose como factores determinantes la artificialización del medio y la tecnología aplicable.

Como proceso metodológico útil a este fin, se propone una *zonificación agroecológica* que se basa en la diferenciación de las regiones naturales reconocidas por los agricultores, desarrollada por Pulgar Vidal (1987), a la cual se añaden otros parámetros determinantes como la latitud, la orientación del sistema de montañas y el balance hídrico, que son variables que modifican los factores de producción.

Se ha utilizado, además, como base de información el "Mapa de Uso Mayor del Suelo" (ONERN, 1982) con el fin de poder estimar el potencial productivo agropecuario de la sierra y de esta manera determinar las unidades apropiadas para la planificación.

Las unidades propuestas de clasificación se ordenan jerárquicamente en tres niveles diferentes y son dependientes de factores geográficos al nivel macro, climáticos al nivel meso, edáficos y tecnológicos al nivel micro. En su definición no se consideran determinantes sociales como la organización de los productores o la tenencia de la tierra, ni determinantes económicos como el mercado y las vías de acceso que están más relacionados a la definición de zonas agroeconómicas (Chaquilla y colaboradores, 1983). Sin embargo, se hace mención de ellas cuando previsiblemente puedan afectar la producción a través de la tecnología empleada.

Esta propuesta de zonificación agroecológica se sustenta en la revisión y comparación de numerosos trabajos realizados en diversas localidades a lo largo de la sierra y que tienen en común la característica de tomar en cuenta el uso de la tierra y su relación con los conocimientos ecológicos locales. Se ha utilizado información sobre **comunidades campesinas** (Brush, 1974; Gade, 1975; Mayer, 1981; Yamamoto, 1981; Rengifo, 1982; Blasco y colaboradores, 1984; PISCA, 1984; Fernández y colaboradores, 1986; Huguet, 1988; Kohler y Tillmann, 1988; PISA, 1989) sobre **empresas asociativas** (Baráybar, 1972; Aliaga, 1979; Ruiz, 1983; ONERN, 1984) sobre **estaciones experimentales** (Febres, 1974; Condorena, 1985; Cuéllar, 1986). También se han tomado en cuenta evaluaciones de la **producción agrícola** (INIPA, 1983, 1984, 1985; PISA, 1987, 1988; Tapia, 1988; Figueroa, 1988) y de la capacidad de carga animal de los **pastizales** (Tapia y Flores, 1984; Ruiz y Tapia 1987; Flórez y Malpartida, 1987). La ubicación geográfica de estos trabajos de investigación se presentan en la figura 2.

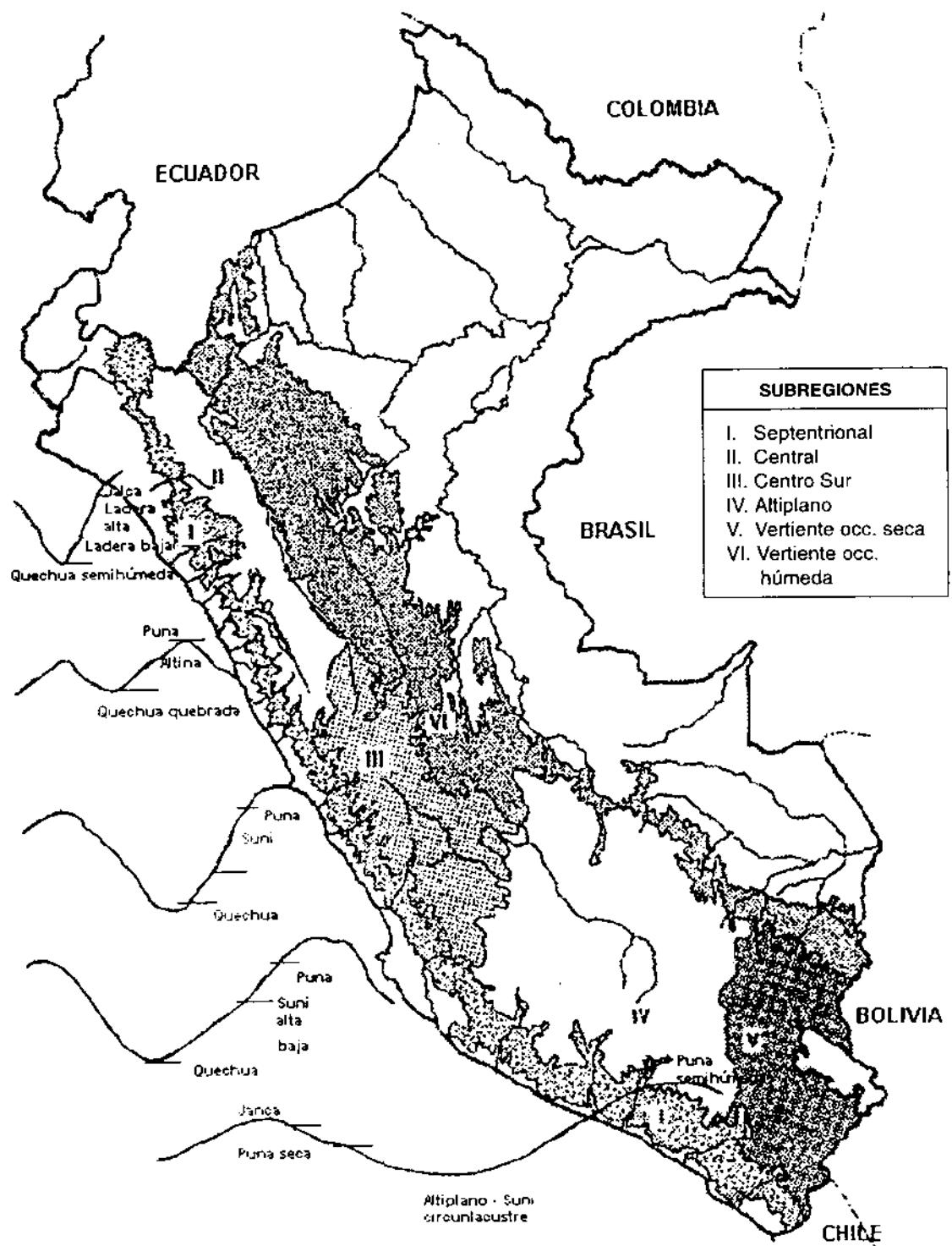


Fig. 2. SUBREGIONES Y ZONAS AGROECOLOGICAS EN LA SIERRA DEL PERU

## A) Definición de Unidades para la Zonificación Agroecológica

De los diversos factores que afectan el uso de la tierra, se considera que no todos tienen el mismo peso, razón por la cual la zonificación propuesta incluye diferentes niveles jerárquicos de clasificación (Cuadro 1). Como unidades de diferente nivel jerárquico, se sugieren: la Subregión (SR), la Zona Agroecológica (ZA) y la Zona o Ambiente Homogénea de Producción (ZHP). Cada uno de estos niveles se define utilizando una terminología local descriptiva que permite reconocer fácilmente no sólo las condiciones climáticas, sino también el potencial de uso agropecuario.

Cuadro 1.

### DETERMINANTES UTILIZADOS PARA LA ZONIFICACION

Unidades de Zonificación		
Subregión	Zona Agroecológica	Zona Homogénea de Producción
Latitud Orientación - occidental - oriental - interandina	Climáticos - temperatura, altitud - humedad - evapotranspiración - Geomorfología - Fisiografía	Edáficos - drenaje - fertilidad - acidez - hidromorfismo - Pendiente

#### a. Subregión (SR)

Es un primer nivel macro de clasificación de la sierra. Cada subregión se diferencia por la ubicación geográfica (latitud y longitud) y por características orográficas (delimitadas por las cordilleras que forman las cuencas mayores y que pueden estar orientadas hacia la vertiente oriental, interandina u occidental). Al incluir cadenas de montañas, las subregiones propuestas comprenden cumbres, laderas, valles y quebradas con diferenciaciones altitudinales y microclimáticas.

Cuadro 2.

### SUBREGIONES DE LA SIERRA DEL PERU

CARACTERISTICAS					
Subregión	Latitud	Altitud msnm	Precipitación mm/año	Fisiografía	Orientación
Septentrional	4° 30'-8'30"	1900-4300	600-1300	Ondulada: laderas, cerros, sin nevados	Interandina
Central	8 30'12'30"	1850-5000	380- 960	Quebrada c. valles, laderas, cerros	Interandina
Centro-Sur	12 30'-14'	2000-4500	550-1000	Accidentada: profundos valles, laderas, cerros	
Vertiente Oriental húmeda	9 - 14'	1500-3900	600-1500	Muy accidentada	Amazonía
Altiplano del Titicaca	14 - 17	3800-4400	400- 780	Cerros y planicies	Hoya del Titicaca

#### b. Zona Agroecológica (ZA)

Es la unidad que sigue, en nivel jerárquico, a la subregión. Para su denominación se ha utilizado, en la mayoría de los casos, la nomenclatura empleada por Pulgar Vidal (1946) que prioriza el conocimiento campesino y la estrecha relación existente entre los cultivos, variedades empleadas, vegetación natural y las características del clima de una zona específica.

Las zonas agroecológicas están definidas por condiciones climáticas como temperatura (relacionada a la altitud), humedad disponible (determinada por la precipitación y evapotranspiración) y la geomorfología (fondo de valle, laderas, cumbres). Son factores que condicionan los cultivos y crianzas que se puedan producir y sus niveles de producción. A este nivel, algunos factores limitantes pueden ser modificados, aunque a elevados costos energéticos.

En cada ZA se reconocen cultivos indicadores de las condiciones climáticas como:

- Los frutales (chirimoya, lúcuma) para las zonas bajas y cálidas de la zona yunga.
- El maíz para las zonas intermedias en altura como la zona Quechua.

- La papa y cereales para las zonas altas, frías, Suni o Jalca.
- La maca en la zona de Puna en la subregión central; la papa amarga y la kañiwa en las zonas Suni y Puna de las subregiones centro-sur y sur y en general la presencia de pastos naturales.

Los límites altitudinales de cada una de las ZA varían según la subrregión. Lo característico de la sierra es que el límite entre una ZA y la siguiente puede darse en espacios muy reducidos, lo cual permite que una unidad de producción (chacra o comunidad) pueda tener acceso a diferentes ZA.

Cuadro 3.

ZONAS AGROECOLOGICAS DIFERENCIADAS  
EN CADA UNA DE LAS SUBREGIONES

SUBREGION / ZA	USO AGROPECUARIO * (Principales Productos)
<b>Septentrional</b>	
1 Quechua semihúmeda	Frutales, maíz, lechería
2 Ladera baja (suni)	Maíz, vacunos
3 Ladera alta (suni)	Papa, cereales, ovinos
4 Jalca	Pastizales, ovinos
<b>Central</b>	
5 Quechua semiárida	Frutales, papa, maíz, lechería
6 Suni o andina altino	Papa, cereales, ovinos, tubérculos andinos
7 Puna semihúmeda	Pastizales, ovinos
<b>Centro Sur</b>	
8 Quechua subárida	Frutales, maíz, vacunos
9 Quechua alta	Maíz, papa, cereales
6 Suni, ladera	Papa, cereales, ovinos
7 Puna semiárida	Camélidos, ovinos
10 Puna semiárida	Camélidos, ovinos
<b>Altiplano</b>	
11 Circunlacustre	Papa, cereales, quinua, vacunos, tubérculos andinos
12 Suni, altiplano	Pastizales, ovinos, vacunos
10 Puna semiárida	Pastizales, camélidos
7 Puna semihúmeda	Pastizales, vacunos, ovinos, camélidos
13 Janca	Pastizales, camélidos
<b>Vertiente occidental seca</b>	
14 Yunga marítima árida	Frutales, raíces, lechería
15 Quechua árida	Maíz, cereales, lechería
9 Quechua alta	Papa, cereales
10 Puna semihúmeda	Pastizales, ovinos
<b>Vertiente oriental húmeda</b>	
16 Yunga fluvial	Frutales, caña de azúcar, raíces
17 Quechua subhúmeda	Maíz, vacunos
18 Suni (nublada)	Papa, tubérculos andinos
7 Puna semihúmeda	Pastizales, camélidos

\* Con excepción de la Janca, todas las otras ZA se complementan con uso forestal bajo diferentes modalidades.

Esta diferenciación y caracterización de las zonas agroecológicas en cada subregión permite una primera evaluación de la realidad agropecuaria de la sierra. Sin embargo, las diferencias edáficas existentes en cada ZA requieren una clasificación a nivel micro con mayores detalles que permitan evaluar el real potencial productivo. Para ello se propone la Unidad de Zona o Ambiente Homogéneo de Producción.

### c. Zona o Ambiente Homogéneo de Producción (ZHP)

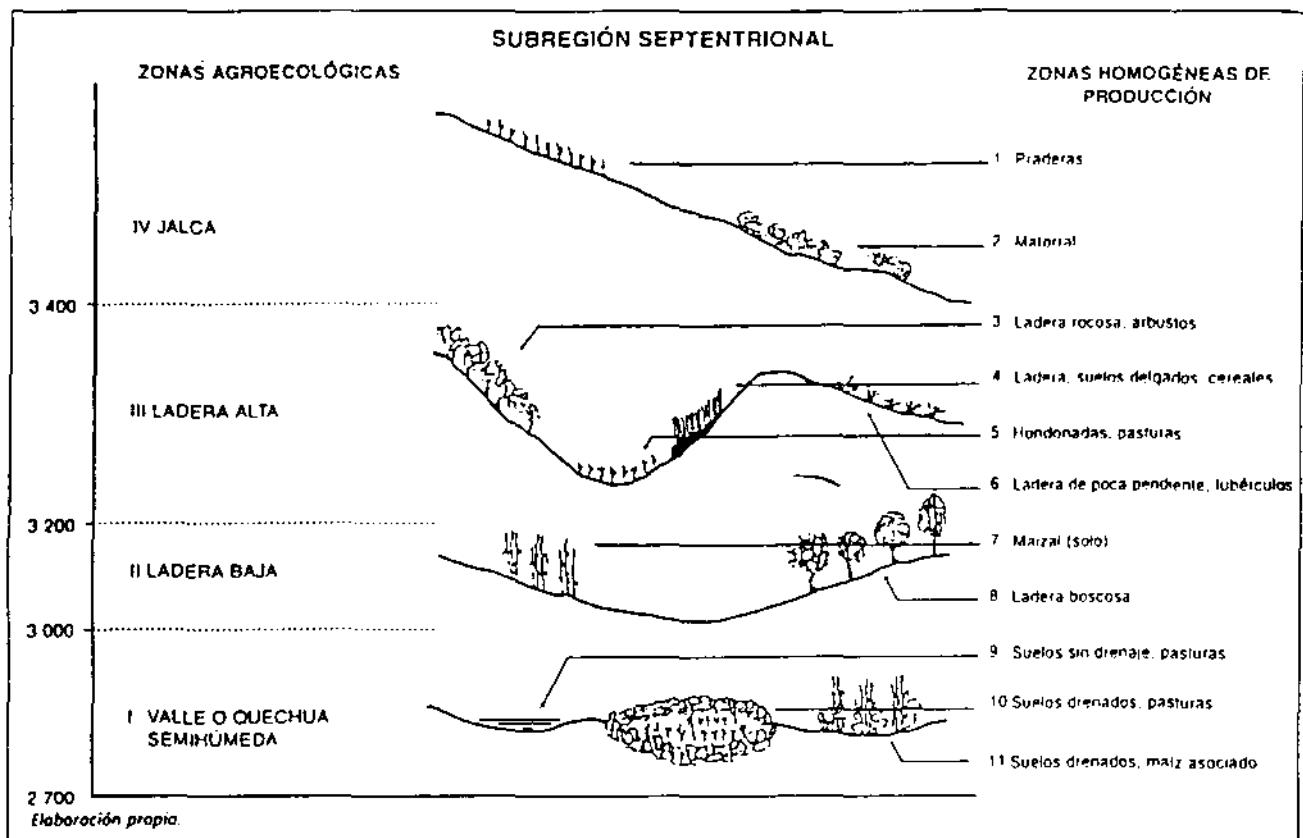
Las Zonas Agroecológicas no son uniformes y se diferencian por sus condiciones edáficas, como la fertilidad, profundidad y acidez de los suelos; por la pendiente, la capacidad de retención de la humedad. Es un conjunto de factores que determinan la productividad de los diferentes cultivos y pastizales orientando los niveles tecnológicos a emplearse y afectando así directamente la producción. Estas zonas o ambientes no son continuos y se presentan como parches. El agricultor puede alterar en este caso las características del suelo, su topografía e introducir el riego o drenar el suelo, lo que tiene gran importancia en los Andes en vista que la mayor parte del área agrícola es de secano.

La ZHP se constituye en una unidad dinámica que representa e interpreta las diferencias del uso del suelo y manejo del clima que los campesinos perciben en la práctica, determinando que una área sea dedicada a cultivos y otra al pastoreo. En las zonas donde predomina la ganadería se diferencian diversos grupos de praderas de acuerdo a su composición botánica que está directamente relacionada a las características del suelo (Tapia y Flores, 1984:228). En el concepto de ZHP se valoriza la percepción campesina sobre las alternativas de modificación que tiene y que están en directa relación a la presión sobre la tierra, así como a la información que le es disponible para disminuir los riesgos en la producción. La terminología campesina en ese sentido es muy rica y tipifica hondonadas, lomadas, laderas abrigadas, quebradas, zonas "temple" (zona calurosa del valle), zonas heladizas, bofedales, moyas y otras acepciones en quechua y/o aymara.

La presencia de un elevado número de especies, variedades y ecotipos de los diferentes cultivos andinos y de diferentes niveles de productividad, está en gran medida relacionado a la presencia de un elevado número de zonas homogéneas de producción en las diferentes zonas agroecológicas. Además esta clasificación es dinámica en el sentido que una ZPH puede ser modificada por la labor humana, convirtiendo, por ejemplo, una ladera inproductiva en un sistema de terrazas o una de secano en parcelas bajo meso o pastos naturales secos en zonas de bofedales (Fig. 3).

**Fig. 3.**

### ZONAS AGROECOLOGICAS Y ZONAS HOMOGENEAS DE PRODUCCION EN UNA LADERA DE CAJAMARCA



### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALIAGA, LUIS. 1979. "Evaluación de pasturas naturales de la Sociedad Agrícola de Interés Social Rosaspata Ltda. N° 35", tesis, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- BARAYBAR, PEDRO. 1972. "Resultado económico del pastoreo de ovinos y vacunos en pastizales nativos con y sin fertilización en la Sierra peruana", tesis, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

- BLASCO, MARIO; HERNAN CHAVERRA y JORGE REINOSO. 1984. "Diagnóstico del Callejón de Huaylas, Perú. Uso racional de laderas", en Publicación miscelánea, N° 480, Lima: IICA/Proyecto Fondo Simón Bolívar.
- BRUSH, STEPHEN. 1974. "El lugar del hombre en el ecosistema andino", en Revista del Museo Nacional, Tomo XL, Lima. pp. 277-299.
- CONDORENA, NICANOR. 1985. "Sistema regularizado de crianza de alpacas", en Boletín Científico de La Raya, N° 2, La Raya: Universidad Nacional Mayor de San Marcos/IVITA.
- CUELLAR, BEETHOVEN. 1986. "Plan de desarrollo alpaquero de la Granja Lachocc, Huancavelica", tesis, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- FEBRES, VICTOR R. 1974. "Análisis de la explotación ganadera de la Granja Chuquibambilla", tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- FERNANDEZ MARIA; N. GUTIERREZ y A. J. SWINDALE. 1986. "Cómo son las comunidades de la zona intermedia del valle de Mantaro?", Serie Comunidades. Reporte Técnico, N° 62, Lima: PCIRM/INIPA.
- FIGUEROA, ADOLFO. 1988. "Productividad agrícola y crisis económica en el Perú", en Economía, vol. XI, N° 22, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- FLOREZ ARTURO Y EFRAIN MALPARTIDA. 1987. Manejo de praderas nativas y pasturas en la región altoandina del Perú, tomos I y II. Lima: Banco Agrario, Fondo del Libro.
- GADE, DANIEL W. 1975. "Plants, man and the land in the Vilcanota Valley of Peru", Biogeographica, vol. VI. The Hague: W. Junk, B. V. Publishers.
- HUGUET, ANDRES. 1988. "Carhuamayo: Eficiencia de la Comunidad Campesina en la Puna", en Ramiro Matos (comp.): Sociedad andina, pasado y presente. Lima: FOMCIENCIAS. pp. 197-221.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y PROMOCION AGROPECUARIA (1983, 1984, 1985). Informe Anual. Lima.
- KOHLER, A. y H. J. TILLMAN. 1988. Campesinos y medio ambiente en Cajamarca. Lima: Mosca Azul Editores.
- MAYER, ENRIQUE. 1981. Uso de la tierra en los Andes. Lima: Centro Internacional de la Papa.

OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES, ONERN. 1982. "Clasificación de las tierras del Perú". Lima.

PROYECTO DE INVESTIGACION DE SISTEMAS AGROPECUARIOS ANDINOS, PISA. (1987-1988). Informe Técnico Anual. Puno: PISA, INIAA/CIID/ACDI.

PULGAR VIDAL, JAVIER. 1946. Historia y geografía del Perú. Las ocho regiones naturales del Perú. Lima.

PULGAR VIDAL, JAVIER. 1987. Geografía del Perú. Las ocho regiones naturales. Lima: Ed. PEISA.

RENGIFO, GRIMALDO. 1982. Los programas de desarrollo agropecuario en los Andes del Perú. Lima: Proyecto Lupino/GTZ, Proyecto PISCA/IICA/CIID.

RUIZ, ENRIQUE M. 1983. "Engorde de ovinos con pastos cultivados a 4210 msnm CAP Gigante Ltda. N° 178", tesis, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

RUIZ, CESAR y M. TAPIA. 1987. Producción y manejo de forrajes en los Andes del Perú. Lima: Universidad de Huamanga, Proyecto PISA.

TAPIA, MARIO. 1988. Manejo de pastos en zonas andinas de Cajamarca. Cajamarca: Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos.

YAMAMOTO, N. 1981. "Investigación preliminar sobre las actividades agropastoriles en el distrito de Maracapata, Dep. del Cusco, Perú", en Estudios Etnográficos del Perú Meridional. Tokio:Universidad de Tokio.

## **2.0 METODOLOGIA Y HERRAMIENTAS**

### **2.3 INDICADORES BIOLOGICOS**

#### **2.3.1 Marco conceptual**

# **IDENTIFICACION DE ESPECIES INDICADORAS EN LA FLORA ACOMPAÑANTE EN CAMPOS DE CULTIVOS DE LOS ANDES**

***Barbara BECKER<sup>1</sup> y Holger UTERMÖHLEN<sup>2</sup>***

#### ***Abstract***

*Starting from different definitions of the term 'sustainability' various concepts of sustainability assessment are presented and their inherent limitations discussed. One way of sustainability assessment is the use of ecological indicators, of which bio-indicators are a sub-group, including indicator species. The concept of 'ELLENBERG indicators', a phytosociological approach for using indicator plants, is introduced. They are most appropriate for sustainability assessment of agricultural land use systems at local level. Analyzing the composition of weed societies permits trend detection of the soil status. The correlation between site conditions and weed composition is being investigated in three research areas in the Andean highlands in Colombia, Peru and Bolivia, comparing altitudinal and latitudinal gradients of climatic conditions as well as different soil types.*

#### ***Resumen***

*Partiendo de diferentes definiciones del término 'sostenibilidad' se presentan varios conceptos de valoración de sostenibilidad y se discute su potencial y sus limitaciones. Un método de valoración de sostenibilidad es el uso de especies indicadoras, perteneciendo al grupo mayor de indicadores ecológicos. Se introduce el concepto de plantas indicadoras según ELLENBERG, que se basa en el reconocimiento fitosociológico. Estos indicadores son más adecuados para la valoración de sostenibilidad de sistemas de producción agrícola a nivel local. En tres sitios de la región andina en Bolivia, Perú y Colombia se investiga la composición de malezas para detectar tendencias de la calidad del suelo.*

<sup>1</sup> Institute for Crop Science, University of Kassel, Steinstraße 19, 37213 Witzenhausen, R. F. ALEMANIA

<sup>2</sup> c/o PROSANA, Casilla 5647, Cochabamba, BOLIVIA

## MARCO CONCEPTUAL

La identificación de especies indicadoras como tema de investigación es un aspecto de la cuestión más amplia de ¿Cómo medir o valorar sostenibilidad?

A pesar de que el término sostenibilidad se ha convertido en una palabra clave o 'catch word' de la discusión política en los últimos años, su definición no es muy precisa o ampliamente acordada, aún menos en términos cuantitativos. Sin embargo, para llegar a conceptos o métodos de valoración de sostenibilidad, se necesita una definición precisa y de amplio acuerdo, como está expresado por GRAHAM-TOMASI (1991): "*The translation of sustainability from concept to action requires a careful definition and an appropriate means of measuring it*", es decir, que se requiere una definición cuidadosa y una medida apropiada para traducir sostenibilidad de un concepto a la acción.

La definición de sostenibilidad que tenía mayor impacto en la discusión internacional fue introducida por BRUNDLAND en el informe de la Comisión Mundial de Economía y Desarrollo 'Our common future' (WCED, 1987) que enfatizaba la dimensión económica de la equidad intergeneracional: "*Sustainable development is defined as economic development that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs.*" Otros autores partieron de un punto de vista ecológico, como CONWAY (1983) en una de las definiciones más antiguas: "*Sustainability is the ability of a system to maintain productivity in spite of a major disturbance.*" Ultimamente, en el contexto de UNCED, algunos grupos no gubernamentales enfocaban el contexto socio-cultural, exigiendo una definición holística: "*Agriculture is sustainable when it is ecologically sound, economically viable, socially just, culturally appropriate and based on a holistic scientific approach.*"

Como se puede ver, estas definiciones no se traducen automáticamente en términos cuantitativos. Sin embargo, forman la base para los actuales intentos de medir o valorar sostenibilidad, es decir, principalmente se parte de conceptos económicos, ecológicos o sociales, o se trata de integrar estos componentes.

## INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Tomando criterios agronómicos, la tendencia de rendimientos fue propuesta primero como medida de sostenibilidad. Sin embargo, para llegar a resultados estadísticamente significativos se calcula un mínimo de 15 a 20 años de observación para poder separar el signo del ruido (WALSH 1991, HAILU y RUNGE-METZGER 1993).

Partiendo del concepto de equidad intergeneracional según WCED se han desarrollado métodos económicos de descuento, tanto de la explotación de recursos naturales ('depletion rates') como de la capacidad del medio ambiente para la absorción de contaminantes ('pollution rates'). Otros modelos económicos calculan los costos para la

conservación de la naturaleza o los ingresos por el 'consumo' o el aprovechamiento de recursos naturales no monetarizados ('willingness-to-pay'). Estudios representativos de estos conceptos económicos son de PEARCE y colaboradores, 1989; CONWAY and BARBIER, 1990; COSTANZA, 1991; PARDEY y colaboradores, 1991; SPENDJIAN, 1991; BARBIER, 1993; ENGELHARDT y WAIBEL, 1993; y HAMPICKE, 1994.

Otras propuestas toman en cuenta la complejidad de la sostenibilidad por un sistema de puntaje ('scoring') de los diferentes componentes agroecológicos (CONWAY, 1986; TABORA, 1991) o también de los factores socio-económicos ('Sustainable Livelihood Security Index' SWAMINATHAN, 1991). Reconociendo la importancia del suelo dentro del ecosistema se ha desarrollado la idea de 'la salud del suelo' que mayormente se ve reflejado por el nivel de materia orgánica (VAN KEULEN, 1993). Basándose en la teoría de ecosistemas otras propuestas consideran parámetros del balance energético y/o de los nutrientes como indicadores de sostenibilidad (e.g. KAY and SCHNEIDER, 1992; ELLENBERG y colaboradores, 1986).

Para superar las limitaciones de investigación a largo plazo, p.e. para calcular las mencionadas tendencias de rendimientos, en los últimos años modelos de simulación juegan un papel cada vez más importante dentro de la cuantificación o valoración de sostenibilidad. A pesar de la creciente complejidad de tales modelos, es una metodología reduccionista con sus conocidas limitaciones (HAILU y RUNGE-METZGER, 1993).

Bastan estos ejemplos de valoración de sostenibilidad que demuestran el rol clave de indicadores ecológicos dentro de los indicadores de sostenibilidad.

## INDICADORES ECOLOGICOS

El desarrollo o la búsqueda de indicadores ecológicos tiene una historia diferente de los indicadores de sostenibilidad. Los primeros indicadores ecológicos fueron aplicados en el contexto de la industrialización y la consecutiva polución ambiental.

Ya en el siglo antepasado aves canoras fueron usadas en regiones mineras de Europa, ellas indicaban el aumento de monóxido de carbono para poder evacuar los mineros en buen tiempo (ANONYMOUS, 1992). El ave canora es un ejemplo típico de la primera generación de indicadores ecológicos, porque es monofactorial, indicando síntomas de polución del aire. De manera similar se observaban síntomas de polución acuática, por ejemplo la muerte masiva de ciertas especies de peces cerca del desagüe industrial.

Con mayor conocimiento y entendimiento ecológico surgió una segunda generación de indicadores ecológicos, basándose en la estructura y función del ecosistema, p.e. midiendo productos metabólicos o parámetros estructurales.

Recientemente en la discusión de indicadores ecológicos - principalmente en los países industrializados - se ha llegado a la conclusión que se tiene que valorar el ecosistema en el contexto socio-económico y cultural (RAPPORT, 1992), que coincide con los indicadores de sostenibilidad ya presentados.

En conclusión, los conceptos de desarrollo económico internacional y la preocupación por el medio ambiente amenazado, que tienen diferentes raíces históricas, se unen a un concepto integral. La Fig. 1 demuestra la integración de indicadores ecológicos con los indicadores de sostenibilidad.

## ESPECIES INDICADORAS

En la Tabla 1 se puede observar que se han usado especies indicadoras por mucho tiempo, sin embargo, en cada fase de desarrollo han tenido un papel diferente. La primera generación consistió en especies indicadoras monofactoriales como las aves canoras presentadas, igualmente como especies de líquenes para indicar la contaminación con metales pesados, o la variedad Bel-W3 de tabaco para indicar niveles elevados de ozono en el aire (HEGGESTAD y MENSER, 1962 citado por ARNDT y colaboradores, 1987; ALEGRE y SÁNCHEZ, 1992). En la segunda fase de indicadores ecológicos las especies biológicas no jugaban un papel dominante, más se enfocaba en parámetros físicos o químicos del ecosistema. Como indicadores de sostenibilidad, de nuevo las especies indicadoras tienen un rol clave, tanto las especies individuales monofactoriales en sistemas de alerta temprana como grupos de especies para fenómenos más complejos de estrés múltiple.

En este sentido plantas indicadoras según ELLENBERG (1950, 1991) pueden ser consideradas como indicadores de sostenibilidad. ELLENBERG propuso plantas indicadoras de factores ecológicos basándose en el reconocimiento de la relación íntima entre el medio ambiente de un sitio y las especies y su composición florística que se encuentran en este sitio. Es un concepto diferente de los ejemplos monofactoriales, no son bioindicadores en un sentido más estrecho. Mas bien, plantas indicadoras según ELLENBERG concuerdan con la definición de indicadores por HARRINGTON y colaboradores, 1993, "*a variable that compresses information concerning a relatively complex process, trend or state into a more readily understandable form*". Además cumplen con los requisitos para indicadores de tendencias por BERNSTEIN, 1992, "*ecologically realistic and meaningful and managerially useful*". Son ecológicamente realistas y no requieren instrumentos sofisticados, una vez que se tenga el conocimiento florístico. Más allá, es una metodología que permite el intercambio de conocimientos con la población local para integrar aspectos socio-culturales y experiencias tradicionales en la valoración de sostenibilidad (sugerido por HAILU y RUNGE-METZGER, 1993).

## ESTUDIO DE CASOS

Se han escogido tres áreas de estudio en la región andina para comprobar la validez de plantas indicadoras según ELLENBERG como indicadores de sostenibilidad. ELLENBERG comenzó su investigación de plantas indicadoras con comunidades de malezas en campos de cultivo en el sur de Alemania. De igual manera el enfoque de la presente investigación está en la flora acompañante en campos de cultivo, partiendo de la idea que estas comunidades vegetales íntimamente asociadas a la actividad agrícola son el mejor reflejo de los efectos del uso de la tierra y por tanto la sostenibilidad del sistema de producción.

Criterios para la selección de sitios eran un gradiente regional (latitudinal) y un gradiente local (altitudinal): Los tres sitios se encuentran a lo largo de un gradiente latitudinal en los Andes: en Cochabamba en Bolivia, en Cajamarca en el Perú y Silvia cerca de Popayán en Colombia. Este gradiente presenta un aumento en humedad del sur al norte y una baja en altitud sobre el nivel del mar de los pisos ecológicos equivalentes, como presenta la Tabla 2 para los sitios de Cochabamba (Bolivia) y Cajamarca (Perú), de donde ya se tiene los primeros resultados preliminares. Cada sitio cubre un rango altitudinal (gradiente de temperatura) para poder comparar diferentes pisos ecológicos que se definen por los cultivos principales en cada altitud. Se concentra la investigación en el cultivo de papa y las rotaciones asociadas, porque papa es el cultivo más intensivo y de mayor importancia para los agricultores. La selección de parcelas de investigación en los diferentes campos de cultivo incluye tanto el aspecto espacial (altitud, calidad del suelo) como el aspecto temporal para cubrir los diferentes etapas del ciclo rotativo, tanto de la secuencia de cultivos como los diferentes estados de descanso y barbecho. A la vez se han escogido las parcelas de acuerdo de la intensidad del uso, incluyendo terrazas y campos con riego temporal (Tabla 3).

Ya se tienen los primeros datos de clasificación de suelos, en Cochabamba por un estudio complementario de la clasificación tradicional de suelos y en Cajamarca por trabajos anteriores (ALVAREZ 1995; LANDA y colaboradores, 1978; POMA, 1989). De igual manera se cuenta con resultados preliminares de estudios microclimáticos en ambos sitios.

En el estudio de la vegetación se toman los parámetros fitosociológicos según el método de BRAUN-BLANQUET (1965) ligeramente modificado según KREEB (1983). La región alto andina ha sido el ámbito de varios de estos estudios, basados en este método fitosociológico. Se pretende extraer los resultados de la presente investigación en base a estos resultados fitosociológicos complementarios.

## CONCLUSIONES

1. Valoración de sostenibilidad es sumamente exigente y complejo y requiere un rango de diferentes metodologías multi e interdisciplinarias, de acuerdo a la escala, al objetivo y al usuario, respectivamente. Para sitios de uso agrícola los bioindicadores o especies indicadoras son especialmente útiles.
2. Plantas indicadoras según ELLENBERG pertenecen al gran grupo de especies indicadoras. Se las puede considerar como bioindicadores de los factores medio-ambientales a nivel local o regional. Pueden servir como indicadores de tendencias ecológicas, así reflejando la 'salud' del ecosistema. El uso de comunidades de malezas como plantas indicadoras según ELLENBERG es una metodología válida para valorar la sostenibilidad del sistema de producción agrícola.
3. La región alto andina representa un ambiente científico adecuado para la comprobación de estas hipótesis de investigación. Su gran variabilidad de las condiciones climáticas, edáficas y bióticas a pequeña escala así como los sistemas de producción tradicionales finamente ajustadas permite la investigación de comunidades de malezas y su relación causal con los factores medio-ambientales y tecnologías de producción. Varios estudios en la región andina basados en la misma metodología fitosociológica provee una base para la extrapolación de los resultados sobre las plantas indicadoras a otros sitios comparables.
4. Las condiciones socio-económicas y la consecutiva degradación ambiental de los agro-ecosistemas andinos requiere la identificación de indicadores de sostenibilidad en cooperación con los campesinos y su conocimiento tradicional como base de la conservación de los recursos naturales en forma participativa. En el futuro malezas como indicadores de sostenibilidad pueden servir como instrumento diagnóstico en agricultura de precisión para el ajuste afinado de manejo de cuencas.

INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD			
INDICADORES ECOLOGICOS		Futuras necesidades:	
	<u>Tercera fase:</u>	Ecosistemas en su contexto socio-económico y cultural:	
	<u>Segunda fase:</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ecosistemas</li> <li>* estructura</li> <li>* función</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alerta temprana</li> </ul>
<u>Primera fase:</u>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tendencias de rendimientos de cultivos</li> <li>* Tasas de explotación de recursos naturales</li> <li>* Tasas de polución</li> <li>* Sistemas de puntaje de componentes agro-ecológicos</li> <li>* Salud de suelo</li> <li>* Balances de nutrientes y energía</li> <li>* Modelos</li> </ul>	<p><b>Especies indicadoras (species singulares)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- reflejo de estrés múltiple</li> </ul> <p><b>Especies indicadoras (grupos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- diagnóstico y medicina del ecosistema.</li> </ul>
<b>Especies indicadoras</b>	<b>Especies indicadoras</b>	<b>Especies indicadoras</b>	
		<b>INDICADORES ECONOMICOS</b>	
		<b>INDICADORES SOCIALES</b>	
		<b>INDICADORES COMPUESTOS</b>	
'síntomas clínicos'	'síntomas pre-clínicos'	'salud'	

Tabla 1. INDICADORES ECOLOGICOS Y DE SOSTENIBILIDAD Y SU RELACION A UN CONCEPTO DE SALUD

**Tabla 2.**  
**CARACTERISTICAS AGRO-ECOLOGICAS DE LOS SITIOS ESTUDIADOS**

**Cochabamba, Bolivia**

Piso altitudinal (nombre local)	Altitud (msnm)	Cultivos principales	Sistema de producción	Sitios investigados (#)
puna (chin)	3 800 - 4 100	papa, avena, centeno, oca, 7-8 años de descanso con pastoreo.	aynoka: terreno y decisión de uso comunal.	Chango (60) Cuenca Taquiña (13)
pre-puna (chaupi)	3 600 - 3 800	<i>Solanum</i> spp., centeno, trigo, <i>Vicia faba</i> , 0-3 años de descanso.	terrenos individuales, en parte con irrigación, decisión familiar.	Chango (30)
pre-puna (ckoni)	3 400 - 3 600	<i>Solanum</i> spp., centeno, trigo, 0-3 años de descanso.	terrenos individuales, en parte con irrigación, decisión familiar	Chango (30) Cuenca Taquiña (15)

**Cajamarca, Perú**

Piso altitudinal	Altitud (msnm)	Cultivos principales	Sistema de producción	Sitios de investigación
jalca	> 3 600	pastizal	pastoreo	-
Ladera alta	3 400 - 3 600	centeno, tubérculos andinos: papa, oca ( <i>Oxalis</i> <i>tuberosa</i> ), olluco ( <i>Ullucus</i> <i>tuberosus</i> ), mashua ( <i>Tropaeolum</i> <i>tuberousum</i> ), chocho ( <i>Lupinus</i> <i>mutabilis</i> ), cebada, avena descanso	en toda la ladera: terrenos individuales, <i>minka</i> : trabajo comunal, <i>trueque</i> : intercambio de productos.	Encañada, Progreso - El Bosque  Cumbermayo, arriba del Parque Forestal.
Ladera media	3 200 - 3 400	trigo, cebada, papa, lenteja, oca, quinoa ( <i>Chenopodium</i> <i>quinoa</i> ), maíz, arveja, descanso.	en parte terrazas, franjas a nivel.	Encañada - Maraypata  Encañada - Pueblo Calvario  Cumbermayo, Layazon
Ladera baja	< 3 000	papa, maíz, trigo, chocho, descanso		Cumbermayo, Urubamba
Valle interandino	ca. 3070	papa, trigo, descanso	cultivo intensivo en planicie	Encañada - Pampa Las Culebras

**Silvia, Colombia**

Piso altitudinal	Altitud (msnm)	Cultivos principales	Sistema de producción	Sitios de investigación
Laderas frías húmedas	2 500 - 3 000	maíz, trigo, papa	terrenos individuales	Quizgo

**Tabla 3.**  
**METODOLOGIA**

**Selección de sitios de acuerdo a un**

- \* gradiente regional (latitudinal)
- \* gradiente local (altitudinal)

**Selección de parcelas de investigación por**

- \* distribución espacial de cultivos
- \* distribución temporal de cultivos (rotación)
- \* intensidad del cultivo

**Parámetros del sitio**

- \* altitud
- \* pendiente, exposición
- \* cultivo, rotación

**Parámetros de vegetación**

- \* composición florística
- \* abundancia (número individuos por área)
- \* dominancia (porcentaje cobertura de especie por área)
- \* vitalidad
- \* estado fenológico

**Parámetros del suelo**

- \* análisis iniciales completos (textura, pH, CEC, M.O., N, P, K, Mg, S, Ca,...)
- \* análisis repetidos de factores principales (pH, M.O., N, P, K)
- \*

**Parámetros climáticos**

- \* mediciones manuales del ciclo diario en fechas representativas
- \* (viento, radiación, temperatura [aire, suelo], humedad [aire], evapotranspiración, nubosidad)
- \* integración de datos de estaciones meteorológicas del área de estudio

**Estudios complementarios de conocimientos tradicionales**

- \* clasificación tradicional del suelo
- \* indicadores del clima en relación al manejo del cultivo

**Experimentos participativos complementarios**

- \* mejoramiento del ciclo de producción con leguminosas
- \* ensayos de cultivos de granos (avena, cebada, triticale) para consumo humano y forraje

## **2.0 METODOLOGIA Y HERRAMIENTAS**

### **2.3 INDICADORES BIOLOGICOS**

#### **2.3.2 Metodología y primeros resultados**

# **ESPECIES INDICADORAS DE LA FLORA ACOMPAÑANTE EN CAMPOS DE CULTIVO DE LOS ANDES**

***Barbara BECKER<sup>1</sup>, Francisca M. TERRONES H.<sup>2</sup>, Peter HORCHLER<sup>3</sup>***

#### **Resumen**

*Se presentan los primeros resultados fitosociológicos de especies silvestres en campos de cultivo del Departamento de Cajamarca (Perú). Se han evaluado los censos de 31 sitios en base a 10 parámetros cuantitativos de factores ambientales, más 6 exposiciones, encontrándose un total de 108 especies con 333 incidencias. El ordenamiento de la tabla fitosociológica se ejecutó mediante el programa TWINSPLAN. La evaluación estadística se realizó con el programa CANOCO a través de los métodos de CCA (análisis de correspondencia canónica) y CA (análisis de correspondencia). En el primer ordenamiento por CCA se detectaron 4 gradientes con valores eigen altos. Debido al alto número de factores ambientales en comparación al número total de sitios, estos resultados no son estadísticamente significativos, mas bien indican primeras tendencias. La correlación más obvia de factores ambientales a la primera gradiente del CCA se presenta en los parámetros altitud y contenido de potasio. Las especies con buena correlación para el factor altitud son *Polypogon* sp., *Poa annua* y *Calandrinia ciliata*, y para el factor contenido de potasio *Paspalum tuberosum* y *Pennisetum clandestinum*. Por medio del CA y un segundo CCA con menos factores ambientales se comprobó la validez de los resultados del primer CCA. En conclusión, son necesarios más censos con factores ambientales afinados para validar los resultados en vista de indicadores de sostenibilidad. Se propone la georeferenciación, la extrapolación y la comparación con las áreas de estudio en Bolivia y Colombia como próximos pasos a seguir.*

<sup>1</sup> Institute for Crop Science, University of Kassel, Steinstraße 19, 37213 Witzenhausen, R. F. ALEMANIA

<sup>2</sup> Escuela de Posgrado, UNC, Cajamarca, PERU

<sup>3</sup> Schubertstraße 14, 56075 Koblenz, R. F. ALEMANIA

## **Abstract**

Weed communities associated to Andean crops have been analyzed in view of their indicator value with regard to the sustainability of the respective cropping systems. First results of these phytosociological surveys in the area of Cajamarca (Northern Peru) are presented. 31 sites have been evaluated, considering 10 quantitative environmental factors, and 6 expositions. In total, 108 weed species have been found, counting for 333 occurrences across all sites. The phytosociological table was arranged to ecological groups by using the software TWINSPAN. Statistical analysis was performed with the software CANOCO, applying canonical correspondence analysis (CCA) and correspondence analysis (CA). The first CCA revealed gradients with rather high eigenvalues. Due to the high number of environmental factors as compared to the total number of sites, these results are not yet statistically significant. They do, however, indicate first trends and promising correlations. The most obvious correlation between environmental factors and the gradients generated by CCA are with altitude, and with potassium content of the soils. Closely correlated to altitude are the plant species Polypogon sp., Poa annua and Calandrinia ciliata, as well as Paspalum tuberosum and Pennisetum clandestinum to potassium content. These correlations were validated by CA and a second CCA with less environmental factors. In conclusion, more phytosociological surveys need to be performed in order to get significant results. The environmental factors under consideration need to be refined to capture the factors influencing sustainability. As next steps, georeferencing of the survey sites and testing of the potential for extrapolation will be pursued, as well as the comparison with the complementary study sites in Bolivia and Colombia.

## **INTRODUCCION**

Las plantas indicadoras en el sentido de ELLENBERG (1948, 1950, 1991) pueden ser consideradas como indicadores de sostenibilidad (BECKER 1995, 1996). ELLENBERG propuso plantas indicadoras de factores ecológicos basándose en el reconocimiento de la relación íntima entre el medio ambiente de un sitio, sus especies y la composición florística de éstas. Su investigación sobre plantas indicadoras se inició con comunidades de malezas en campos de cultivo al sur de Alemania. De igual manera la presente investigación enfoca la flora acompañante en campos de cultivo, partiendo de la idea que estas comunidades vegetales intimamente asociadas a la actividad agrícola son el mejor reflejo de los efectos del uso de la tierra y por tanto de la sostenibilidad del sistema de producción.

Cuando se desarrolló el concepto de plantas indicadoras, aún no se contaba con instrumentos estadísticos adecuados para la evaluación matemática de los datos botánicos relacionados a los factores medio-ambientales. El método utilizado se basaba en la amplia experiencia e intuición de los investigadores, partiendo de conocimientos florísticos profundos de los sitios investigados. Por medio de un

sistema de puntaje ("scoring") se valoraban las especies de acuerdo a sus habitat preferidos.

Gracias al desarrollo de instrumentos analíticos avanzados, actualmente se cuenta con medios para ampliar el concepto de plantas indicadoras a aquellos lugares donde el conocimiento florístico en relación al medio ambiente aún está adquiriéndose. A través del método de análisis canónico de correspondencia ("canonical correspondence analysis" (CCA), TER BRAAK, 1987) se correlacionan los datos de la incidencia de especies con los factores ambientales. De este modo se pueden detectar gradientes de factores ambientales en relación a las especies presentes y viceversa, aquellas especies que indican ciertos factores ambientales.

Se han seleccionado tres áreas de estudio en la región andina para comprobar la validez del concepto de plantas indicadoras en el sentido de ELLENBERG, como indicadores de sostenibilidad. Estas tres áreas de estudio se encuentran a lo largo de los Andes Centrales: en Cochabamba (Bolivia), Cajamarca (Perú) y Silvia (Departamento del Cauca, Colombia). Cada ubicación cubre un rango altitudinal de unos cien metros para posibilitar la comparación de diferentes pisos ecológicos, los cuales están definidos por los cultivos principales en cada altitud. La investigación se concentra en el cultivo de papa y las rotaciones asociadas, debido a que es el cultivo más intensivo y de mayor importancia para los agricultores andinos. La selección de las parcelas de investigación en los diferentes campos de cultivo considera tanto el aspecto espacial (altitud, calidad del suelo) como el aspecto temporal (diferentes etapas del ciclo rotativo, secuencia de cultivos y estados de descanso y barbecho).

A continuación se presentan los primeros resultados de las investigaciones realizadas en Cajamarca, los cuales permiten demostrar la metodología aplicada y apreciar su potencial para integrar estos datos con los demás estudios básicos en este sitio piloto "benchmark site" (ANON, 1995). De los tres lugares de investigación, el área de Cajamarca cuenta con la ventaja que los autores tienen varios años de experiencia en el estudio fitosociológico de su vegetación, incluyendo el establecimiento de un herbario de aproximadamente mil especies (BECKER 1988; BECKER y colaboradores, 1989; SÁNCHEZ y colaboradores, 1990).

## METODOLOGIA

### ***Estudios de campo***

Como primer paso se han seleccionado chacras representativas según los criterios mencionados en la región de La Encañada y de Cumbemayo en el Departamento de Cajamarca. En cada campo de cultivo se toman los parámetros fitosociológicos según el método de BRAUN-BLANQUET (1965), ligeramente modificado. Dentro de un marco de un metro cuadrado con siete repeticiones se estima la abundancia de las especies presentes según el porcentaje de cobertura del suelo (Tabla 1).

**Tabla 1.**  
**CLASIFICACION DE COBERTURA DEL SUELO**

Cobertura del suelo	raro	< 1 %	< 5 %	5 - 25 %	25 - 50 %	50 - 75 %	75 - 100 %
Braun-Blanquet	r	+	1	2	3	4	5
van der Maarel	1	2	3	5	7	8	9

Se presume que este área capta la diversidad de especies del área mínima. Para la evaluación posterior de los datos florísticos se toma el promedio de los siete metros cuadrados, aproximándolo a la clase de abundancia respectiva. Para facilitar la evaluación estadística estos valores se convierten, según la clasificación de VAN DER MAAREL (1979), a una escala de 1 al 9.

En cada campo de cultivo investigado se han tomado muestras del suelo para el posterior análisis de los nutrientes mayores (N, P, K), pH, materia orgánica y textura en el laboratorio de la Universidad de Cajamarca. Además se anotan datos agronómicos como cultivo y ciclo rotativo, al igual que los datos de la ubicación como altitud, exposición e inclinación.

Estos datos se presentan en una tabla fitosociológica ordenados por frecuencia de especies (Tabla 2). Cada columna representa un sitio con los datos ambientales en la parte superior de la tabla y abajo la lista de especies con sus respectivas abundancias. El ordenamiento se ha ejecutado mediante el programa TWINSPAN (HILL, 1979).

La presente evaluación preliminar se refiere a un total de 31 sitios, los cuales se están incrementando continuamente, ya que se intenta llegar a un mínimo de 100 sitios con repeticiones anuales para captar la variabilidad de los factores ambientales. Aparte de la composición fitosociológica, se identifica la forma de vida (MÜLLER-DOMBOIS y ELLENBERG, 1974), el nombre común y los usos tradicionales de cada especie.

#### **Evaluación estadística**

Se analizan los datos fitosociológicos mediante el análisis canónico de correspondencia (CCA). Estos cálculos estadísticos se ejecutan con el programa de computación CANOCO versión 3.1 (TER BRAAK, 1990). La presentación gráfica está hecha con el programa CANODRAW (SMILAUER, 1992).

El método de CCA permite separar las especies según sus nichos ecológicos y construye gradientes sintéticas de ordenamiento. Estas gradientes pueden concordar con gradientes ambientales o combinar diferentes factores ambientales o referirse a gradientes aún no identificadas.

Por principio se correlacionan tres grupos de variables: sitios, especies y factores ambientales. Cuanto más factores ambientales se consideran, más levantamientos fitosociológicos se necesitan para evaluaciones válidas. El enfoque del CCA está en la separación de diversidad J (entre sitios), tomando la diversidad I (en un sitio) como dada (TER BRAAK y VERDONSCHOT, 1995).

El CCA posiciona las especies, los sitios y los factores ambientales en un sistema de coordenadas de los gradientes principales. El grado de poder explicativo de los gradientes se expresa por su valor eigen ("eigenvalue S"). La ubicación de los sitios en el sistema de coordenadas corresponde a su media ponderada ("centroid") con cero en el origen de las coordenadas ("zero weighted mean"), y la variancia unificada ("unit weighted variance"). Las especies se ubican de acuerdo a su incidencia en los sitios. De igual manera, los factores ambientales cualitativos se posicionan por sus medias ponderadas ("centroid"), mientras que los factores ambientales cuantitativos se ubican por sus correlaciones vectoriales con los ejes principales.

En este CCA se han incluído un total de 31 sitios. Mediante el test de Monte Carlo se comprobó que el número de sitios no es suficiente para obtener resultados significativos ( $P = 0.24$  en vez de  $< 0.05$  para el primer axis).

Para el mejor reflejo de las condiciones ecológicas con especies raras y abundantes, los valores de la abundancia se someten a una transformación logarítmica, que da menos peso a las especies de alta abundancia ( $\ln(a+1)$ ;  $a$  = abundancia). En los 31 censos efectuados se han encontrado un total de 108 especies con 333 incidencias.

En el primer CCA se han incluído 10 factores ambientales cuantitativos en forma vectorial: pH, N (%), P (ppm), K (ppm), materia orgánica (%), altitud (msnm), temperatura (/C), humedad del aire (%), inclinación (%), y cobertura del suelo por el cultivo (abundancia) y como factores cualitativos (0/1) las 6 exposiciones N, NE, E, SE, SO y NO.

Para llegar a un conjunto de especies de potenciales plantas indicadoras se han excluido las especies de muy baja abundancia y frecuencia. Por medio de la función de restricciones en el programa CANODRAW se han suprimido todas las especies con un peso  $< 4$ , que es la suma de las abundancias (en cifras según VAN DER MAAREL) en todos los 31 sitios. Además, sólo se han considerado las especies con un "fitness"  $> 20$ , que es un índice de la influencia de la especie en el CCA.

Después de analizar los resultados del primer CCA se efectuó una repetición con algunas modificaciones de los datos originales. Se eliminaron los factores ambientales que no demostraron una alta correlación con los ejes principales, quedando los factores altitud, potasio (K), inclinación y las exposiciones Nor Este (NE) y Norte (N). En cuanto a las especies, solamente se consideraron las plantas con un peso > 4 y un "fitness" > 10.

Como paso final, se ejecutó un análisis de correspondencia (CA) que sólo separa las especies y los sitios por gradientes principales, sin considerar los factores ambientales. Este análisis permite detectar gradientes sin información ambiental. En comparación al CCA, la ventaja de esta operación estadística es la separación óptima de nichos ecológicos por gradientes sintéticos sin restricciones ambientales. En un conjunto de datos con casi tantas variables ambientales como sitios, los resultados de CCA y CA se acercan.

## PRIMEROS RESULTADOS

Con el propósito de exponer la metodología se presentan los primeros resultados, estando conscientes que éstos no son estadísticamente significativos. Los 31 censos fitosociológicos indican tendencias preliminares de correlaciones entre factores ambientales y especies indicadoras.

El primer CCA separa 4 axis de gradientes de correlación con valores eigen ("eigenvalues") muy altos:  $S_1 = 0.55$ ,  $S_2 = 0.51$ ,  $S_3 = 0.44$ ,  $S_4 = 0.41$ . Por lo general en estudios fitosociológicos se consideran valores eigen > 0.3 como gradientes relativamente fuertes. Posiblemente, los valores muy altos del primer CCA se explican por el bajo número de censos fitosociológicos en comparación con el alto número de factores ambientales. Los 4 axis explican 22.9 % de la varianza total de los datos de especies. De estos 22.9 % se explica 41.5 % por su correlación a factores ambientales (9.5 % de la variancia total).

Los diagramas de ordenamiento demuestran la correlación de los sitios y de los factores ambientales con los ejes principales. Se aprecia una correlación fuerte (> 0.7) de los factores altitud y contenido de potasio con el primer axis, mas una correlación débil (> 0.5) con la inclinación. Se demuestra como se ubican los valores de altitud de los sitios en el sistema de coordenadas de los primeros dos ejes. El orden de magnitud está representado por el tamaño de los círculos.

El segundo axis sólo está correlacionado suavemente con la exposición sureste (0.5). Eso indica que existe una gradiente ambiental aún no identificada que separa los sitios. El tercer axis está correlacionado con la exposición norte, la humedad relativa, la exposición noreste y la temperatura y el cuarto axis con el contenido de nitrógeno.

El protocolo del primer CCA indica una relación colineal entre el contenido de potasio y la exposición noroeste. La razón por esta relación no es obvia por los datos mismos, de modo que requiere su comprobación en el campo.

La correlación de las especies principales (peso > 4, *fitness* > 20) con los ejes principales permite detectar la afinidad de las especies a los factores ambientales. Por ejemplo, las especies *Polypogon* sp, *Poa annua* y *Calandrinia ciliata* se ubican cerca de la punta del vector de altitud, es decir, que pueden indicar altitudes altas. Igualmente, las especies *Paspalum tuberosum* y *Pennisetum clandestinum* pueden indicar un alto contenido de potasio en la capa superior del suelo. Estas especies son candidatas para análisis avanzados, como por ejemplo, análisis de regresión.

El CCA no permite derivar una correlación directa entre los valores de los factores ambientales y las especies a lo largo del gradiente vectorial porque la distribución de las especies en relación a este factor ambiental no es necesariamente lineal y unimodal (cp. SPATZ 1975; TER BRAAK Y VERDONSCHOT, 1995). Por ello se tiene que comprobar la distribución individual de las potenciales especies indicadoras.

Candidatos para plantas indicadoras también se deducen a través del CA (sin considerar factores ambientales específicos) y la selección por peso y el "*fitness*". La coincidencia de especies en ambos análisis (CA y CCA) y su presencia en la tabla fitosociológica ordenada (Tabla 2) en el primer grupo "especies con valor indicativo" es un fuerte índice de especies que tendrán que ser más analizadas debido a su correlación con factores ambientales. Estas especies son *Pennisetum clandestinum*, *Poa annua*, *Drymaria engleriana*, *Sonchus oleraceus*, *Rubus* cf. *robusta* y *Medicago polymorpha*.

Como ejemplo final la correlación entre especies principales (peso > 4, *fitness* > 20) y los factores ambientales que tuvieron gradientes fuertes en el primer CCA. Los datos fitosociológicos se han sometido a un segundo CCA sólo con los factores altitud, potasio, inclinación, y las exposiciones N y NE. La separación de gradientes resulta en axis con valores eigen de  $S_1 = 0.41$ ,  $S_2 = 0.31$  ( $S_3 = 0.26$ ,  $S_4 = 0.2$ ). Los cuatro primeros ejes explican 20.5 % de la variancia total; el alto porcentaje de 90.9 % de éstos está correlacionado con los parámetros ambientales (18.6 % de la varianza total). En el sistema de coordenadas por los primeros dos axis se puede reconocer que las especies *Poa annua* y *Calandrinia ciliata* aún demuestran una correlación clara con la altitud. *Polypogon* sp ya no aparece, mientras *Bulbostylis juncoides* es un nuevo candidato que indica la altitud. Como indicadora de potasio, *Paspalum tuberosum* ha desaparecido, y *Pennisetum clandestinum* sólo demuestra una correlación suave con un alto contenido de potasio, mientras que *Medicago polymorpha* y *Dichondra repens* están ubicadas muy cerca del máximo de este vector. Este segundo análisis con menos factores ambientales que tuvieron correlaciones claras a los gradientes del primer CCA comprueba que los resultados del primer CCA aún son muy preliminares y que requieren más investigación de

campo, así como un mayor número de censos fitosociológicos y análisis de regresión posteriores de las especies con potencial indicativo.

## DISCUSION

Los resultados preliminares comprueban que el método de censos fitosociológicos y el análisis de los datos con CCA es válido para identificar especies indicadoras de factores ambientales. Es posible concluir que la ubicación de los vectores ambientales representa bien la realidad del campo. Por ejemplo, el vector de la materia orgánica es casi paralelo a la altitud, que indica correctamente su aumento con la altura. Al contrario, la temperatura es casi opuesta a la altitud, un poco desviada por la influencia de las exposiciones norte y noreste, que a la vez son las ubicaciones con mayor incidencia de radiación solar. Por otro lado, la ubicación opuesta del mayor contenido de potasio y la altitud requieren más estudio de campo para reconocer las causas de este fenómeno.

Para derivar conclusiones en vista de la sostenibilidad de los sistemas de producción faltan aún varios pasos que realizar. Primero, se tiene que aumentar el número de censos para llegar a resultados estadísticamente significativos. Segundo, el conjunto de factores ambientales hasta ahora incluidos requiere afinarse. Los factores ambientales con correlaciones claras a la separación de ejes no son necesariamente buenos indicadores del manejo del suelo, por ejemplo la altitud o la exposición. La exposición mas bien puede indicar la influencia alta de la radiación como factor importante para el desarrollo de la vegetación, tanto de las plantas cultivadas como de las especies silvestres. Aparentemente, los factores climáticos tienen gran impacto en la composición florística de un sitio. Por tanto, se intenta extender el análisis de factores climáticos a los datos de los respectivos mapas.

Aunque el incremento del número de factores ambientales requiere un mayor número de censos fitosociológicos, parece indispensable incluir varios parámetros aún no considerados, especialmente parámetros agronómicos y edáficos como: cultivo principal, manejo del suelo, textura, etc.

Por principio, la prueba de sostenibilidad requiere observaciones a largo plazo (cp. BECKER, 1996), ya que la metodología presentada es apta para darle continuidad por varios años. En este caso, las repeticiones anuales pueden considerarse como factor ambiental dentro del CCA.

## PROXIMOS PASOS

A parte de aumentar el número de censos e incluir más factores ambientales, se preveen las siguientes medidas:

**Georeferenciación:** Un propósito del presente estudio es su correlación espacial. Con este fin se tomarán las coordenadas geográficas de todos los sitios investigados por GPS (*Global Positioning System*). Se intenta integrar estos datos con factores ya cartografiados y digitalizados por SIG, por ejemplo, se incluirán los factores edáficos del mapa de suelos al CCA (LANDA y colaboradores, 1978, POMA, 1989). Otras opciones son la correlación con datos climáticos georeferenciados y con modelos topográficos.

**Extrapolación espacial:** Si el acceso y la calidad de fotos aéreas lo permite, se delimitarán las unidades homogéneas de vegetación de campos de cultivo. En base a estos mapas se identificarán comunidades fitosociológicas con características similares, para los cuales se tendrá que comprobar su validez en el campo.

**Comparación latitudinal:** Se evaluarán los datos fitosociológicos de los tres lugares en Bolivia, Perú y Colombia. Se analizarán las diferencias y semejanzas para observar si el método tiene rasgos generales que permita obtener mayores conocimientos a lo largo de los Andes Centrales.

## Agradecimientos

Se agradece a Jörg Linde por la tabulación de las listas fitosociológicas y a Christina Poppele-Braedt por la revisión del idioma.

## CENSOS FITOSOCIOLOGICOS

LOCALIDAD : Pampa de la Culebra

FECHA : 23 / 01 / 96

CHACRA N° 01

### EXIGENCIA EDAFICACEAS :

pH	: 4.90	Nitrógeno	: 0.31 %
Fósforo (ppm)	: 9.00	Potasio (ppm)	: 440.00 ppm
Materia Orgánica	: 5.20 %		

ALTITUD : 3020 msnm

### FACTORES AMBIENTALES:

Temperatura °C	: 8.4
Humedad Relativa	: 63.5 %

EXPOSICION	: NOR ESTE
INCLINACION	: 3 % casi plana
GRADO DE COBERTURA DEL CULTIVO	: 5
GRADO DE COBERTURA DEL ESTRATO HERBACEO	: 5
AREA DEL INVENTARIO	: 1 m <sup>2</sup>
No. DE INVENTARIOS	: 07
AREA DE LA CHACRA	: 800 m <sup>2</sup>

**Tabla 2.**

ESPECIES CARACTERISTICAS DE LA ASOCIACION	No. DE INVENTARIO SUB ASOCIACION								PROM.
	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	
<i>Bromus cartherticus</i> VALH	-		1	r	r	r	1	5	0.71
<i>Bromus montanus</i>	3	3	3	3	3	2	3	20	2.87
<i>Dichondra repens</i>	3	3	3	2	1		3	15	2.14
<i>Cardamine sp</i>	3	3	3	2	2		1	14	2.00
<i>Oxalis calachacensis</i>	2	2	2	1	r	1	2	11	1.57
<i>Tarbia operculata</i>	2	2	2	2	2	2	2	14	2.00
<i>Verbena microphilla</i>	3	3	3	2	2			13	1.85
<i>Medicago polycarpi</i>	3	3	3	3	3			15	2.14
<i>Minulus alatus</i>	3	3	3	3	3	3	3	15	2.14
<i>Plantago mayor</i>	2		1	-	2	1	2	8	1.14
<i>Plantago tomentosa</i>	3	3	3	-	2		3	14	2.00
<i>Pennisetum clandestinum</i>	4	4	4	4	4		4	24	3.42
<i>Lechemilla cf andina</i>	2	2	2	2	1	r	2	12	1.71
<i>Paspalus tuberosum</i>	-	0	3	3	1	R	2	10	1.45

### **3.0 MANEJO DE INFORMACION**

#### **3.1**

## **MANEJO Y USO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA EVALUACION DE TIERRAS - ALES**

*Jorge Reinoso R.\**

### **LA PLANIFICACION Y LA SOSTENIBILIDAD**

En la investigación y desarrollo agrícola sostenible de tierras del trópico americano, es importante enfatizar los diferentes tipos de uso de la tierra y los problemas del deterioro paulatino de los recursos naturales.

Resulta difícil avanzar por el camino del desarrollo sostenible, si en el proceso de planificación no se incorpora y define apropiadamente el concepto de Sostenibilidad.

Debiera empezar a preguntarse si existe un límite para el crecimiento o si el crecimiento está limitado por la tecnología?. En otras palabras, ¿es el objetivo el crecimiento económico o la meta es el desarrollo económico?

Lejos de iniciar un debate y cuestionamiento del tema, lo importante es no asumir posiciones radicales que impidan a la lógica y al razonamiento intervenir en las soluciones apropiadas. Esta bien claro que se necesita el desarrollo y mejorar las condiciones de vida, lo cual supone un crecimiento económico.

Los límites de éste no deben ser impuestos pensando sólo en la actualidad sino en el futuro y en las nuevas generaciones.

El desarrollo de América Latina y en especial del sector agroalimentario dependen más que cualquier otro desarrollo de las estrategias de conservación de los recursos naturales y medio ambiente, es decir, de un tipo adecuado de uso de la tierra. La materia prima de la que se nutre el desarrollo agroalimentario la constituyen la tierra, el aire y el agua.

Aunque parezca ésta una verdad a ciegas, lo cierto es que si la calidad y cantidad de estos factores se deteriora, se frustrará el desarrollo agropecuario sostenible.

---

\* Director del Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente- CIRNMA, Puno.

Por lo tanto, el problema de desarrollo agroalimentario, no consiste en tratar de armonizar o no este desarrollo con las estrategias de conservación, sino en cómo se va a armonizar el aumento de la capacidad agroalimentaria con la sostenibilidad de esa capacidad. Por consiguiente, no es un problema de poder sino de deber.

El uso de modelos no sostenibles y sin responsabilidad ambiental que demandan cada vez más recursos naturales ya desgastados, son los factores principales para que los países hayan perdido paulatinamente su capacidad de suficiencia alimentaria, debido a la explotación que hacen de los medios de producción, más que por las formas de organización y producción.

En los últimos decenios y coincidiendo con la visión corto placista, la complejidad ambiental de la agricultura se orientó principalmente a especializar los ecosistemas, interviniéndolos para producir más en cantidad y calidad sin tener en cuenta la sostenibilidad de esa actividad a largo plazo.

Este conjunto de hechos, sugiere una primera conclusión: se requiere una planificación estratégica de uso, manejo y conservación de los recursos naturales, por cuanto todos los procesos primarios, que incluyen la producción agrosilvopastoril, son dependientes de los recursos naturales y su expansión implica un efecto ambiental y la desorganización de los ecosistemas naturales.

El análisis económico de la producción primaria debe comprender no sólo las condiciones naturales sino también las ecológicas. Un análisis singularizado de la organización social y tecnológica para producir no es suficiente, es indispensable el análisis de la forma en que la organización social se relaciona con la naturaleza mediante el conocimiento y la tecnología, así como el análisis de las características de los ecosistemas y de los recursos naturales, puesto que son aspectos que interactúan y se determinan en forma conjunta.

Los esquemas de desarrollo utilizados en el pasado han contribuido al deterioro de la base productiva, por lo tanto, es necesario impulsar procesos productivos que promuevan la autosuficiencia alimentaria, llevando al máximo la productividad, pero asegurándose que esa producción sea sostenible y su vez compatible con el ambiente. La sostenibilidad de la producción agropecuaria en el mediano plazo, se logrará si se permite y aprovecha la continua renovación de la base natural y ecológica para una producción autosostenida y continua. Para ello, es necesario el adecuado conocimiento del medio físico y biológico, así como sus límites de agotamiento a fin de permitir su renovabilidad.

Un proceso autosostenible requiere atender en forma adecuada las unidades productivas en las zonas rurales, de modo que accedan a los beneficios sociales, la infraestructura básica, la tecnología y los servicios sociales.

Maximizar las utilidades con una visión cortoplacista sólo induce al empleo de formas productivas incompatibles con los ecosistemas, desconociendo y desaprovechando las condiciones naturales en las que se realiza la producción.

La búsqueda de ventajas comparativas que le ofrece el mercado local al mercado externo para producciones a gran escala, ha hecho que en determinadas zonas se tenga éxito. Sin embargo, los ciclos ecológicos de diversidad orgánica e inorgánica, la capacidad de los suelos, el equilibrio de los sistemas hidrobiológicos y la escala a la que debe efectuarse toda producción ecológicamente sostenible, han sido relegados a un segundo plano. De no lograrse un equilibrio en la ecuación, se tendrán éxitos económicos, pero fracasos ecológicos.

Procurar mejorar este equilibrio implica una adecuada planificación de los usos de la tierra en una forma racional y objetiva, utilizando para ello técnicas eficientes de planificación. Estas tendrán como propósito asegurar que cada área sea usada de tal manera que genere el máximo beneficio social sin la degradación de los recursos. Una planificación técnica asegura que los planes y programas sean factibles, que los costos y retornos estimados sean precisos, y que se haya recolectado y comparado suficiente información para asegurar dichas estimaciones.

### **UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EVALUACION DE TIERRAS (ALES)**

Existen en nuestros países un conjunto de información adecuada, como los estudios de suelos e inventarios de recursos. Existe también mucha información acumulada a lo largo de años, por agricultores, agrónomos, especialistas de producción agrícola, estaciones experimentales y en general centros de investigación, expresada en diversas formas, en unos casos publicada y en otros en poder de diferentes instituciones o personas.

Por lo tanto, es posible iniciar un adecuado proceso de planificación y/o revisión de la misma, para ello se cuenta con una herramienta importante que es el Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (Automated Land Evaluation System) - ALES. El propósito de este programa es permitir a los profesionales agropecuarios, presentar información de recursos naturales en una forma que sea útil para la planificación del uso de la tierra.

ALES es un programa de computación, desarrollado por los técnicos del departamento de suelos de la Universidad de Cornell (Rossiter y Van Wambeke, 1991), que permite construir sistemas de expertos para la evaluación de tipos de usos de tierras tanto a nivel regional como de proyectos, en base al método presentado en el "Esquema para Evaluación de Tierras de la FAO (1976).

Las entidades o unidades evaluadas por ALES, son las unidades cartográficas, las cuales pueden ser definidas en estudios de reconocimiento, general o en detalle.

En este programa cada "modelo" es construido individualmente por cada evaluador para satisfacer sus necesidades locales, así las listas de características son definidas por el evaluador de acuerdo a los objetivos y condiciones locales.

El proceso de la construcción del modelo tiene los siguientes pasos:

1. Lista de referencias que comprende:

- Requisitos de uso de tierra para el modelo.
- Productos que producirá cada modelo.
- Insumos que requerirá el modelo con el respectivo costo unitario.
- Descripción de las características de la tierra para el modelo.

2. Tipos de utilización de la tierra: En este paso se definen los usos que tendrá la tierra, es decir, los modelos que se desea evaluar, especificando para cada uno de ellos los siguientes aspectos:

- Duración: un año o más
- Parámetros económicos como tasa de descuento, margen bruto, RB/C, TIR, VAN.
- Insumos anuales y específicos en años.

3. Datos: Esta información corresponde a una o más unidades cartográficas según sea el caso. Primero se procede a ingresar las unidades cartográficas (N1), luego se crean los formatos para el ingreso de datos (N7) y se ingresan y editan los datos.

La evaluación del o los modelos permite analizar primero individualmente cada modelo y luego en conjunto, estableciendo las ventajas comparativas de uso de la tierra. El programa define los siguientes parámetros de evaluación:

1. Evaluación de la aptitud física de las unidades de mapeo para cada uso de la tierra. Esta se efectúa con 5 rangos: A1= sumamente aptas, A2= moderadamente aptas, A3/N1= marginalmente aptas y N2= no apta. Sin embargo, el evaluador puede usar mayores números. Esta evaluación está orientada especialmente a medir los riesgos como degradación ambiental.
2. Evaluación de la aptitud económica. Este proceso se realiza después del anterior en el programa, porque aquellas tierras valoradas físicamente como no aptas no serán consideradas para el uso económico, es decir, la clase de aptitud N2. El programa desarrolla dos tipos de evaluación económica: 1) Análisis de flujos descontando capital y 2) Análisis del margen bruto= ingresos brutos - egresos brutos. El primero considera el valor del dinero en el tiempo y los parámetros de medida son el VAN y la relación B/C.

3. Evaluación de rendimientos. Esta evaluación refleja el rendimiento por unidad de área y por cultivo o actividad que se espera obtener en el contexto del tipo de uso de la tierra.

Finalmente, la verificación y validación del modelo es importante porque contrasta los resultados obtenidos con la información secundaria existente y con expertos, para verificar los índices y ajustar el modelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- FAO .1976. A frame work for land evaluation. Soils Bulletin 32, Rome, Italy.
- ROSSITER, D. G. y VAN WAMBEKE, A. R. 1991. Sistema Automatizado para la evaluación de tierras, ALES. Ithaca, N.Y., USA.

### **3.0 MANEJO DE INFORMACION**

#### **3.2**

## **APLICACION DEL SIG EN LA IDENTIFICACION DE AREAS CRITICAS Y MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS**

***Néstor Montalvo Arquiñigo, Cirilo Suárez Olivares \****

#### **INTRODUCCION**

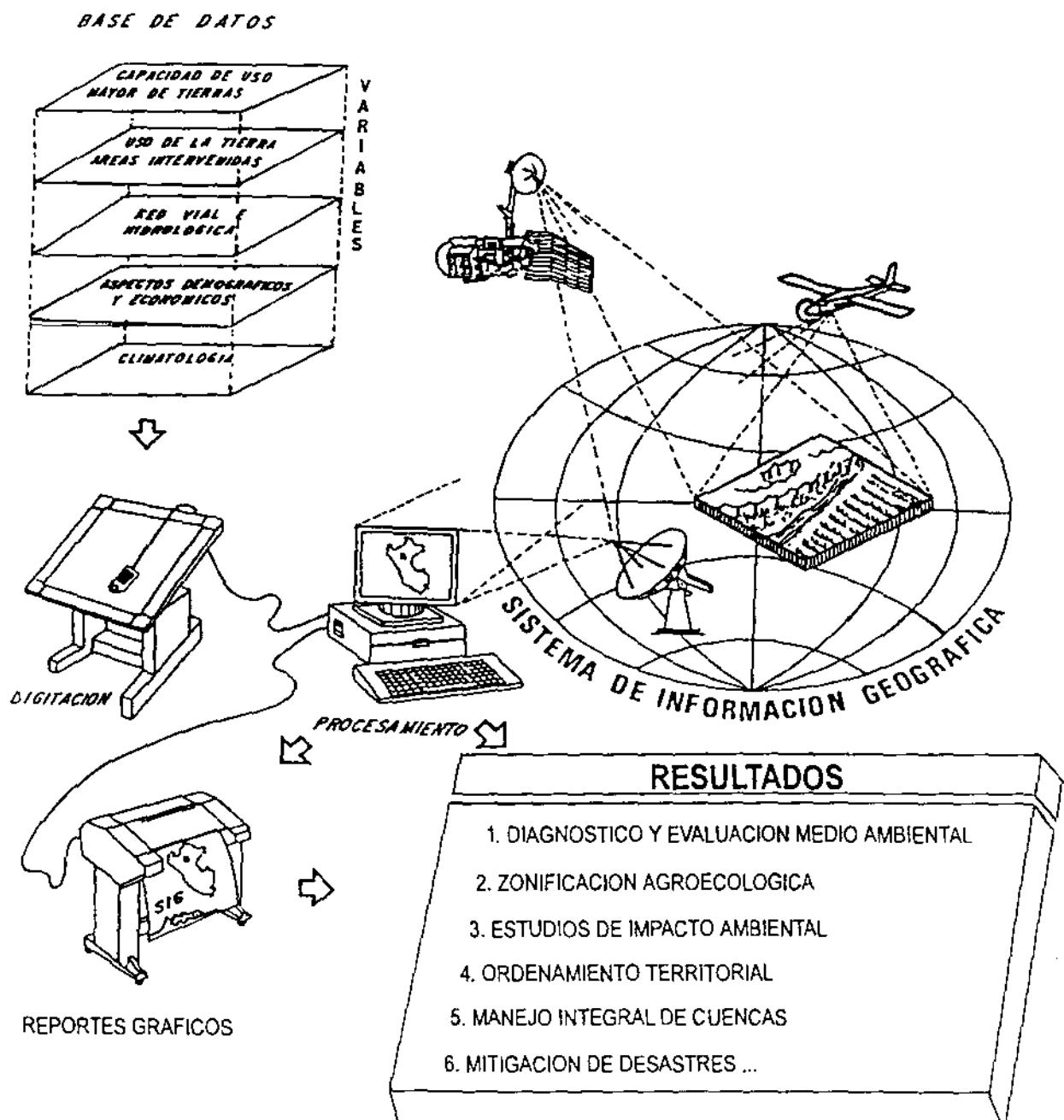
El Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto de herramientas de hardware, software y procedimientos analíticos que permiten procesar automáticamente datos georeferenciales, capaces de efectuar consultas y transformaciones sobre el espacio, resultando ser versátil, eficiente y oportuno para el planteamiento regional urbano-rural y la toma de decisiones (Gráfico 1).

El Sistema de Procesamiento Digital de Imagen (SPDI) es un procedimiento moderno de interpretación y tratamiento de Imágenes Multiespectrales que contienen información por cada nivel en el espectro electromagnético, captados por sensores remotos como satélite, radar aerofotografías, y que son leídas en forma directa a través de sistemas computarizados. En tal sentido, el proyecto Sistemas Automatizados del INADE, ha desarrollado una serie de trabajos referentes al manejo integral de cuencas, ordenamiento territorial, medio ambiente, zonificación agroecológica y de áreas críticas, determinación de áreas con riesgo potencial de erosión, pérdida de suelo por salinidad y mal drenaje, deforestación, entre otros.

---

\* Instituto Nacional de Desarrollo, Proyectos Automatizados Especializados, Lima, Perú

**Gráfico 1.**



Entre los estudios más importantes en relación a las Areas Críticas y manejo de cuencas se tiene:

#### **A. ZONIFICACION AGROECOLOGICA Y MONITOREO DE LA DEFORESTACION EN LA CUENCA DEL AGUAYTIA**

El estudio tuvo como objetivo promover el desarrollo integral y la conservación de los recursos naturales, priorizando el desarrollo agropecuario y forestal, mediante la identificación de oportunidades agrarias de desarrollo productivo sostenido en la Región Ucayali, aplicando el SIG, en una superficie de 1'695,428 ha a una escala de trabajo 1:100,000.

#### **INFORMACION UTILIZADA**

Imágenes de radar a escala 1:125,000 preparados por AEROSERVICE Co (1973-1974). Aerofotografías verticales pancromáticas en blanco y negro a escala 1:20,000 del Proyecto SAN No.204-71-A, 74. Imagen de satélite LANDSAT TM, escala 1:100,000 año 1989. Inventario y evaluación de la capacidad de Uso Mayor de los Suelos, pendiente, cobertura vegetal, precipitación pluvial, deforestación en 1955, 1974, 1981 y 1989.

Se determinaron 14 zonas agroecológicas que resultaron de las combinaciones de un conjunto de variables analizadas (Cuadro 1). En lo referente a la deforestación se determinaron las áreas intervenidas en cada año 1955 (11,865 ha), 1974 (17,763 ha), 1981 (202,029 ha) y 1989 (366,946 ha).

Entre las principales recomendaciones se mencionó evitar la tala indiscriminada, sobre todo en las de aptitud forestal con sistemas de explotación para estas condiciones ecológicas, utilizando mayor número de especies y que permita la regeneración natural.

**Cuadro 1.**

No. de Ident.	Descripción	Areas (ha)	%
1	Zonas con predominancia del cultivo en limpio aprovechadas	100,845.15	5.94
2	Zonas con predominancia del cultivo en limpio potenciales	139,847.00	8.25
3	Zonas con predominancia de cultivos permanentes aprovechadas en degradación moderada.	448,985.11	26.48
5	Zonas con predominancia de cultivos permanentes potenciales de fácil acceso.	38,073.77	2.25
8	Zonas con predominancia de pastos aprovechadas degradadas	16,756.02	0.99
10	Zonas con predominancia de pastos potenciales de difícil acceso	97,119.14	5.73
11	Zonas con predominancia forestal aprovechadas en proceso de degradación.	1,410.57	0.08
12	Zonas con predominancia forestal aprovechadas con degradación severa.	58,689.28	3.46
13	Zonas con predominancia forestal potencial de fácil acceso	880.51	0.05
14	Zonas con predominancia forestal potencial de difícil acceso	390,543.20	23.03
15	Zonas con predominancia forestal hidromórficas aprovechadas	18,430.67	1.09
16	Zonas con predominancia forestal hidromórficas potenciales	69,943.56	4.13
17	Zonas con predominancia de protección aprovechadas degradadas	267,717.57	15.79
18	Zonas con predominancia de protección potenciales	6,123.00	0.36
21	Ríos y lagunas	36,386.12	2.15
22	Isla	1,490.22	0.09
23	Areas urbanas	2,207.11	0.1
Areas Urbanas		1'695,428.00	100.00

## B. ESTUDIO GEOGRAFICO AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL GERA

Tuvo como objetivo generar información georeferenciada que contribuya en la definición de los lineamientos específicos que en materia de protección deben de considerarse en el Plan de Manejo Integral de la Subcuenca del Gera (Cuenca Río Mayo).

Otro objetivo fue la determinación de las áreas críticas a fin de definir y evaluar las condiciones ambientales, que permitan generar un modelo espacial útil para la priorización y ejecución de las actividades de estabilización de áreas críticas, en un ámbito de estudio de 6,374.41 ha a escala 1:20,000.

### INFORMACION UTILIZADA

Mapa Imagen a escala 1:100,000 publicado por DEFENSE MAPPING AGENCY HIDROGRAPHIC-TOPOGRAPHIC CENTER preparado a partir de escenas

LANDSAT-TM bandas 2, 4, 7. Mapas Topográficos a escala 1:10,000 preparado por OGCR, de Agricultura 1987. Fotos Aéreas a escala 1:20,000 (SAN).

Como parte de la información básica y temática usadas para determinar las áreas críticas se tuvo:

Los procesos geodinámicos externos, relieve, pendiente, profundidad del suelo, características climáticas y cobertura vegetal.

Como resultado del estudio se han identificado las laderas críticas muy inestables, con peligro de colapso; en otro nivel, las zonas moderadamente críticas, que permitirán establecer las características de solución necesarias (Cuadro 2).

#### Cuadro 2.

#### AREAS CRITICAS - RECOMENDACIONES

NIVEL DE AFECTACION AREAS CRITICAS	SUPERFICIE (ha)	%	RECOMENDACIONES
MUY INESTABLE	496.12	7.78	Reforestación -Zonas Intangibles Delimitación Física
LADERAS INESTABLES	1737.72	27.76	Reforestación - Manejo Forestal y/o Agroforestal
MODERADAMENTE ESTABLE	1991.58	31.24	Sistemas Agroforestales-Frutales conducción técnica.
ESTABLE	354.97	5.57	Manejo Forestal o Agrícola.
Sub Total 1	4580.39	71.86	
INUNDACION EXCEPCIONAL	201.94	3.17	Manejo Forestal
PLANICIES DE INUNDACION ESTACIONAL/FRECUENTE	118.35	1.86	Instalación de Especies protección de riberas (10 m)
ESTABLE	1450.97	22.76	Manejo Forestal o Agrícola
Sub Total 2	1771.26	27.79	
	22.76	0.36	
TOTAL	6374.41	100.00	

Se recomendó urgentemente controlar la inestabilidad de las laderas de Alto Jerillo mediante la reforestación y drenaje superficial en el ámbito de influencia de la central hidroeléctrica.

### C. PLAN DE MANEJO DE LAS CUENCAS DEL RESERVORIO POECHOS

Los objetivos fueron determinar el estado actual de los recursos naturales e identificar las áreas con procesos actuales y riesgos potenciales de deterioro, relacionadas a sistemas de aprovechamiento e incidencia de factores climáticos. Obtener información básica para la identificación y planeamiento de las áreas con procesos actuales y los riesgos potenciales de erosión de los suelos en la Cuenca del Chira, con el fin de mitigar el proceso de sedimentación del reservorio Poechos. El ámbito de estudio fue de 633,444 ha.

#### INFORMACION UTILIZADA

Las escenas captadas por el Visor de alta Resolución del Satélite SPOT en formato digital en discos compactos (1991, 1989), aerofotografías pancromáticas verticales a escala 1:60,000, mapa planimétrico en base a imágenes obtenidas en las bandas 4, 5 y 7, por el barredor multiespectral del satélite Landsat (1980) a escala 1:125,000.

Entre los datos básicos y temáticos utilizados se tiene la pendiente, fisiografía, meteorología, litología, suelos con capacidad de uso mayor, cobertura y uso de la tierra, isointensidades, isoyetas, forestales, isoerodente, agresividad climática, erodabilidad del suelo.

En los procesos de erosión del suelo por el agua intervienen varios factores tales como: la lluvia, el suelo, cobertura vegetal, topografía y la actividad humana; la energía para evaluar el efecto de estos factores se presenta a continuación:

$$A = R \cdot k \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Donde:

- |      |  |
|------|--|
| A :  | Promedio anual de pérdida de suelo (t/ha/año)    |
| R :  | Factor de erosividad de las lluvias              |
| K :  | Factor de erodabilidad del suelo                 |
| LS : | Factor de longitud e inclinación de la pendiente |
| C :  | Factor de cobertura vegetal - cultivo            |
| P :  | Factor de prácticas de conservación de suelos    |

Para el Modelo de Riesgo Potencial de Erosión se integraron los siguientes:

Agresividad Climática (R), Erodabilidad del suelo (K), Cobertura Vegetal (C), Longitud y Gradiente (LS), cuyos resultados finales se presentan en el Cuadro 3.

Los resultados obtenidos son conflictos de uso de la tierra, los riesgos de erosión por diferentes niveles, identificando las áreas de alta susceptibilidad erosiva, en todas las subcuenca y afluentes del Río Chira.

Cuadro 3

**RIESGO POTENCIAL DE EROSION**

RANGOS t/ha/año	NIVELES DE EROSION	ha	%
0 - 10	Ligero	35,258	5.5
10 - 50	Moderado	135,290	21.4
50 - 100	Moderado a Severo	70,560	11.2
100 - 300	Alto	118,064	18.6
300 - 800	Muy Alto	112,800	17.8
> 800	Extremadamente Alto	148,485	23.4
	Formaciones Líticas	1,816	
	Masas de Agua	10,856	
	Islotes	315	
<b>AREA TOTAL</b>		<b>633,444</b>	<b>100.0</b>

**D. ZONIFICACION DE AREAS HUMEDAS POR PROBLEMAS DE DRENAJE Y SALINIDAD EN EL VALLE JEQUETEPEQUE - CHAMAN**

El presente estudio tiene como objetivo la localización y delimitación de las áreas húmedas y aquellas con problemas de drenaje y salinización en un área de 76,538 ha, en una escala de trabajo 1:25,000.

**INFORMACION UTILIZADA**

Dentro de la información utilizada tenemos: las cartas de Hidroisohipsas e Isoprofundidad de la napa freática. Cartas de prospección geofísica; isoresistencias e isoconductancias del material acuífero, Isopacas del relleno aluvial (DGA, 1970, 1974). Red de control piezométrica, cartas (PRONADRET, 1991).

Escenas obtenidas por el satélite SPOT2 órbita K641 - J364 registrada por el visor de alta resolución HRV de 1994. Escenas del satélite SPOT1, correspondiente a la órbita K641 - J364 con coordenadas centradas 07 17' L.S. y 79 27' L.W. registrada el 21 de abril de 1987.

Como información temática se tiene: la isopropundidad de la napa freática (1970, 1990, 1994), la isocconductividad eléctrica del agua (1970, 1994), las hidroisohipsas (1970, 1990, 1994). Áreas húmedas (1970, 1990, 1994) y áreas afectadas por napas freáticas salinas (1994), isopacas o espesor del relleno aluvial, hidrogeología, geomorfología y geología.

La metodología de automatización se resume en los siguientes pasos y procedimientos: acondicionamiento cartográfico y tabular, digitalización de elementos geométricos y digitación, edición, análisis geográfico y finalmente composición de gráficos y reporte final, todo ello apoyado con programas especializados.

Como resultado de los análisis georeferenciados se determinó el origen de las áreas pantanosas, húmedas, problemas de drenaje, salinidad y evolución del mismo (Cuadro 4) evaluación de las áreas cultivadas de arroz en el año 1987.

Posteriormente, en base al diagnóstico y análisis, se plantean los lineamientos generales para el Plan de Manejo de las Cuencas, lo que respecta a las prácticas de conservación de suelos y las recomendaciones respectivas.

Cuadro 4.

ACTIVIDAD	1970 ha	1990 ha	1994 ha	PROYECCION (*)
A nivel freático de 0 a 1 m		12,158	25,840	51,393
A nivel freático de 0 a 2 m	3,800	35,400	40,400	
A nivel freático de 0 a más de 2 m			76,538	
Conductividad eléctrica menor de 2 mmhos/cm			51,634	
Conductividad eléctrica de 2 a 3 mmhos/cm	6,600	10,700	12,558	
Conductividad eléctrica mayor de 3 mmhos/cm		10,900	12,344	

(\*) Implementación de canal Talambo después de 1 año de operación.

### **3.0 MANEJO DE INFORMACION**

#### **3.3**

## **INFOANDINA: Presente y Futuro**

**Ana María Ponce\***

### **ANTECEDENTES**

En febrero de 1994, se realizó un taller en el CIP-Lima, bajo el auspicio de CONDESAN, con la participación de representantes de las redes nacionales de datos de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y representantes de instituciones **asociadas a CONDESAN**, para diseñar un sistema que facilite el intercambio de información entre especialistas de instituciones **asociadas a CONDESAN**.

Durante este taller se recomendaron actividades para promover la discusión electrónica mediante el uso de listas de interés especializadas en los temas prioritarios de CONDESAN: Biodiversidad y Cultivos Andinos, Manejo de Agua y Suelos, Camélidos Andinos, Género y Manejo de Recursos Naturales.

### **PRESENTE DE INFOANDINA**

#### **• Boletín General de INFOANDINA**

Desde los primeros años INFOANDINA ofrece un servicio de información a través del boletín electrónico creado en RCP para difundir notas de interés general sobre actividades de CONDESAN y algunas actividades de los proyectos en la región.

Actualmente el boletín electrónico llega mensualmente a más de 200 instituciones en la región andina, contando con una sección editorial editada por el Coordinador de CONDESAN, una sección con anuncios de cursos y seminarios o artículos de interés científico en los temas: Biodiversidad, Manejo de Recursos Naturales y Políticas de Desarrollo de Recursos Naturales, y una sección bibliográfica con referencias de la Biblioteca del CIP en los temas indicados.

Al consultar a los usuarios de INFOANDINA en una encuesta reciente sobre el tipo de información que quisieran recibir en este boletín, un buen número de ellos indicó que les gustaría recibir noticias sobre donantes potenciales de proyectos de investigación colaborativa, propuestas de proyectos en la región.

---

\* CONDESAN

- **INFOANDINA-Bolivia : INFOBOL**

El Comité Coordinador de CONDESAN en Bolivia apoya la iniciativa de Infoandina mediante la publicación mensual del boletín electrónico INFOBOL , que incluye artículos científicos de los proyectos asociados en Bolivia.

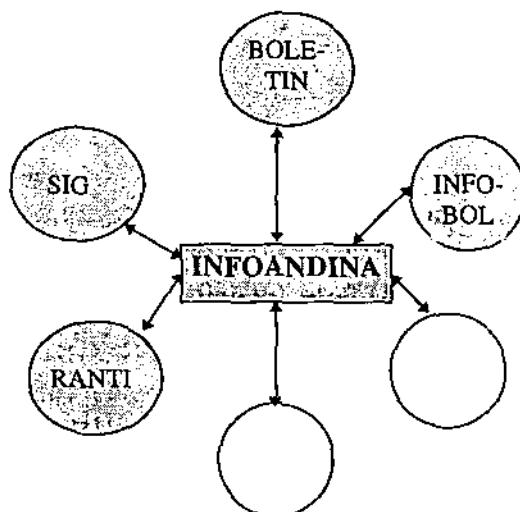
- **Género y Manejo de Recursos Naturales (RANTI)**

A fines de 1995 FLACSO firma el convenio con CIP / CONDESAN con apoyo económico para la creación de la lista RANTI, con sede en Quito, que abarca el tema de Género y Manejo de Recursos Naturales, moderada por Jorge Recharte y Susan Poats. Se espera que a mediados de 1996 inicie sus actividades.

- **Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (TELESIG)**

En marzo de 1996, ABTEMA firma otro convenio con CIP/CONDESAN para la creación de la lista TELESIG con sede en La Paz, en el tema de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. La moderación será realizada por Sofia Moreau, Directora de ABTEMA. Con los fondos se procedió a la adquisición de un computador que se dedicará a la edición de los boletines electrónicos de la lista TELESIG en ABTEMA. El boletín será trimestral.

**Fig. 1. Actividades INFOANDINA en 1995/96**



## **FUTURO DE INFOANDINA**

### **Foro de Montañas:**

Recientemente Infoandina ha sido reforzada con un pequeño fondo operativo gracias al apoyo de la Cooperación Técnica Suiza para beneficio de los investigadores de la región. La Cooperación Técnica Suiza, bajo el marco del Proyecto denominado: "Foro de Montañas", apoya la difusión de información dirigida a instituciones que trabajan en desarrollo sostenible de regiones de montaña. Estas funciones de difusión son coordinadas con el Instituto de Montañas (TMI) y el ICIMOD. Se basan en el uso de tecnología electrónica para generar un archivo general de conocimientos y experiencias de institutos e investigadores que trabajan en este campo.

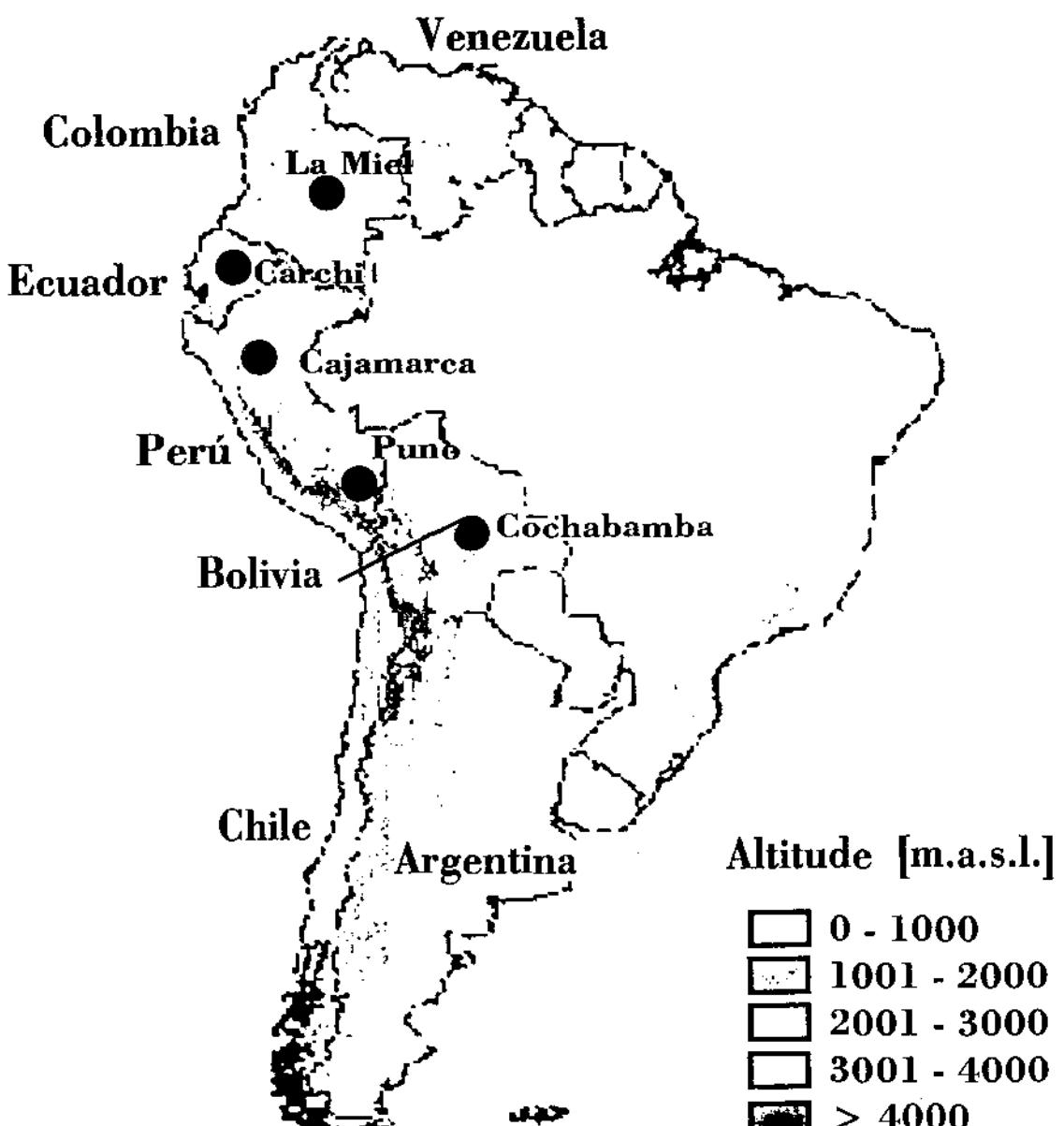
Para América Latina, como resultado de un Taller realizado en CIP en 1996, Infoandina ha creado la lista MF-LAC, con participación de personas y organismos interesados en el desarrollo de regiones de Montaña en América Latina. Esta lista sirve para difusión de eventos, resultados de talleres en la región y la información fluye en el idioma español para beneficio de los usuarios de la región. Existen cerca de 60 usuarios registrados en la base de datos del Foro de Montañas para América Latina y esperamos aumentar este número de participantes en los meses venideros.

### **Capacitación a Sitios Piloto de CONDESAN:**

Desde enero de 1997, Infoandina recibe un aporte del IDRC para apoyar actividades de entrenamiento y reforzar la comunicación horizontal entre los investigadores que trabajan en los sitios piloto de CONDESAN (Fig. 2).

Actualmente se están organizando talleres de entrenamiento en CIP-Lima, PROINPA-Bolivia y Cajamarca, en el uso de facilidades de comunicación electrónica y apoyo en el diseño de páginas WEB con la participación de los investigadores que trabajan en los Sitios Piloto CONDESAN. Se ha terminado el diseño de la Página WEB de CONDESAN, incluyendo información sobre actividades en los Sitios Piloto, y se espera mejorar este diseño incorporando datos y archivos con aporte de los investigadores de cada Sitio Piloto.

## Sitios Piloto de CONDESAN



### **3.0 MANEJO DE INFORMACION**

#### **3.4**

## **USO DE MODELOS DE SIMULACION EN LA METODOLOGIA DE SISTEMAS: EXPERIENCIAS EN LA ECORREGION ANDINA**

*Roberto A. Quiroz y Carlos U. León-Velarde\**

### **INTRODUCCION**

La metodología de sistemas se puede dividir en tres partes: el enfoque, el análisis y la ingeniería (Quiroz, 1994). El enfoque de sistemas se refiere a la decisión de estudiar el sistema en su conjunto, la conceptualización de éste y la recolección de datos que servirán para su análisis. En este nivel de la metodología se establece una hipótesis de la estructura del sistema y su funcionamiento. En el análisis de sistemas se enfatiza el estudio de los componentes y sus interacciones. En este nivel de la metodología se encuentra la mayor complicación, debido a la carencia y/o la falta de información de las relaciones causa-efecto que explican el comportamiento de los sistemas y la difusión de métodos analíticos.

La ingeniería de sistemas se refiere al diseño del sistema, dentro de ciertos límites, el cual permite analizar y encontrar alternativas para la solución de los problemas detectados. Las alternativas pueden variar desde cambios sencillos al sistema imperante, hasta el diseño de nuevos sistemas.

Dentro de este contexto y durante los últimos años, la Red Internacional de Metodología de Investigación en Sistemas de Producción (RIMISP) ha realizado esfuerzos para dotar a los investigadores agropecuarios de América Latina, con metodologías prácticas para el análisis de sistemas agropecuarios. En este trabajo se pretende complementar esta labor, con la experiencia en el uso de modelos de simulación en la ecorregión andina. Debido a que el tema de simulación no será revisado exhaustivamente, el lector puede encontrar mayores detalles sobre el tema en bibliografía especializada (Cañas y colaboradores, 1992; León-Velarde y Quiroz, 1994).

---

\* Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN)

El marco teórico lo provee la Teoría General de Sistemas, disciplina dentro del campo lógico matemático, cuyo principal precursor ha sido Von Bertalanffy (1968). Este autor planteó la existencia de modelos, principios y leyes aplicables a sistemas generalizados o subsistemas, así como también a los atributos de los componentes y a las relaciones que existen entre ellos. Tal planteamiento condujo a proponer una metodología consistente en hacer abstracción del sistema real en un modo que refleje todo lo fundamental y relevante (Cañas y colaboradores, 1992).

En este documento, el término simulación se refiere al desarrollo de modelos (representación simplificada de un sistema para un propósito definido) con componentes aleatorios (estocásticos) y dinámicos (variable tiempo), desarrollados para la solución o estudio de un problema específico.

En lo sucesivo, dejaremos de lado los aspectos teóricos de la simulación y trataremos de describir algunas situaciones reales donde la herramienta de la simulación puede ser de utilidad. Sin embargo, debemos recalcar que la simulación es sólo una herramienta y no un fin en sí misma. Por lo tanto, las decisiones que se toman luego de utilizar este tipo de herramienta metodológica deben estar complementadas con el adecuado criterio técnico, el conocimiento del sistema productivo y la experiencia del equipo de investigadores.

## SISTEMAS Y SIMULACION

Definiremos un **sistema** como un grupo de componentes que interaccionan entre sí, para lograr un objetivo común y, que a su vez, cada grupo se comporta como una unidad completa (Quiroz y colaboradores, 1990). El tipo de sistema se denomina por su objetivo; por ejemplo, de producción agrícola. Es la interacción de los componentes que da la identidad y la integridad organizacional al sistema.

Los sistemas de producción son, además, de naturaleza dinámica y están sujetos a elementos de incertidumbre y riesgo, que pueden ser considerados como exógenos al sistema (Dent, 1993).

La complejidad existente en los sistemas productivos, especialmente los de los pequeños agricultores, son muy difíciles de reproducir, con el objetivo de generar tecnologías para superar los factores limitantes de la producción. Es por ello que en la investigación tradicional se aísla del ambiente total el factor (o factores) que se considera el más limitante, se analiza, se busca la solución y cuando la tiene, se introduce nuevamente al medio original (Holle, 1990). Algunas de las razones por las cuales este enfoque reduccionista no ha sido exitoso incluye (Dent, 1993):

- Los resultados no son directamente aplicables a las necesidades de los agricultores. Ello se debe, parcialmente, a que los objetivos de la familia campesina son diferentes a los asumidos por los investigadores.

- Existe riesgo asociado con la adopción de nuevas tecnologías.
- Frecuentemente existen problemas de manejo asociado con nuevas tecnologías, que disminuyen el potencial de adopción.
- Los agricultores operan bajo restricciones físicas, económicas y sociales que son adecuadamente apreciadas.

Si a los factores adversos mencionados, le añadimos los cambios climáticos en el tiempo al que están expuestos los sistemas productivos, la tarea de generar tecnología apropiada se hace más difícil.

La técnica de simulación permite considerar varias variables, tanto endógenas como exógenas al sistema de producción. De esta forma brinda al investigador una forma integrada de proceso analítico que le permite hacer una abstracción más cercana al sistema real.

Las razones más persuasivas para el uso de la simulación en sistemas de producción es el hecho que la experimentación en el mundo real es costosa, requiere de mucho tiempo y hay problemas severos para controlar las variables exógenas a los experimentos (Dent, 1993). Es por ello que algunos autores aseveran que los sistemas de producción sólo pueden ser estudiados a través de la modelación (Anderson y Dillon, 1992).

## **ESTUDIO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS A TRAVES DE LA SIMULACION**

En primer lugar, se identifica el sistema objetivo y sus límites, con lo cual se diseña y elabora un modelo de simulación. Los pasos para la construcción han sido detallados por Cañas y colaboradores (1992):

**Definición de objetivos** - Es una definición previa del propósito que se persigue. El objetivo permite delinear algunos elementos como: los componentes que deberán formar parte del modelo; límites del sistema a estudiar y medidas de efectividad a usarse en la evaluación del modelo.

**Análisis del sistema** - Es el proceso organizado y lógico de la función de los componentes del sistema. Formarán parte de la síntesis, en mayor o menor medida, algunas de las siguientes actividades:

- Elaboración de diagramas de flujo o algoritmos de los componentes del sistema.
- Identificación y preparación de los datos necesarios para el desarrollo del modelo y su reducción a una forma apropiada.
- Especificación de la forma en que las variables y componentes del sistema se relacionan, expresado en forma cuantitativa.
- Transcripción del sistema lógico diseñado para el modelo a un lenguaje de programación, adecuado para el problema y el computador que se usará.

**Verificación** - Es una etapa esencialmente racional, en que se da interpretación a las funciones matemáticas calculadas, de acuerdo al fenómeno real investigado.

**Validación** - Es la aceptación del nivel aceptable de confianza en concordancia con el objetivo inicial planteado, por medio de procedimientos estadísticos adecuados. Este paso permite que las soluciones sean posibles de ser extrapoladas al sistema real desde las inferencias obtenidas con el modelo.

**Uso y experimentación** - Es la ejecución del modelo de simulación para generar la información sobre posibles alternativas o escenarios. La etapa de experimentación comprende varias actividades:

- Diseño y planificación de los experimentos que proporcionarán la información que se desea.
- Planeamiento táctico de la información y características necesarias para ejecutar el modelo con el diseño experimental apropiado.
- Análisis de sensibilidad, entendido como la cuantificación de la variación producida en los datos de salida frente a cambios en los datos de entrada o en los parámetros del modelo.
- Inferencias.

**Documentación** - Se refiere a la constancia escrita de todas las etapas del proyecto, de tal modo que un usuario que no intervino en su desarrollo pueda entender, teniendo a la vista los objetivos del estudio, la lógica del modelo, validaciones e inferencias.

Una vez terminadas todas las etapas, el modelo está listo para la evaluación de escenarios. Estos escenarios se utilizan para generar hipótesis sobre la función del sistema, ya sea con el manejo tradicional o con intervenciones tecnológicas. A continuación se describen algunos ejemplos de escenarios evaluados mediante la simulación de modelos.

#### **Ejemplo 1. Estimación de la erosión de suelos por escorrentía en la sierra del Perú, con diferentes rotaciones de cultivos y pendientes.**

La evaluación en campo de la erosión de suelos por escorrentía, con diferentes sistemas de rotación de cultivos, diferentes pendientes, y por un periodo prolongado de tiempo, sería imposible de realizar. No obstante, se requiere que los investigadores diseñen alternativas tecnológicas que se encuentren en armonía con el ambiente, en el largo plazo. Sin embargo, el uso de modelos, en forma lógica e integrada, permite realizar este tipo de evaluación. En este caso, la evaluación de escenarios se realizó con el modelo Environmental/Productivity Impact Calculator (EPIC; Sharpley y Williams, 1990). Las características de suelo simuladas fueron: Densidad aparente - 1.25; arena - 25%; limo - 40%; arcilla - 40%; Nitrógeno orgánico - 1190 g/t; nitratos - 5 g/t y fósforo lábil - 25 g/t. El clima se generó a partir de

promedios y desviaciones típicas de 23 años de clima de la Granja Cayra-Cusco (Quiroz y colaboradores, 1995). Las rotaciones de cultivos, en períodos de 10 años, se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.**

**ROTACIONES DE CULTIVOS UTILIZADAS EN LA EVALUACION DE EROSION  
POR ESCORRENTIA CON EL MODELO EPIC.**

ESCENARIO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Cultivo Continuo	P	C	C	Ar	P	C	C	Ar	P	C
Cultivo/Pradera	P	C	C	Ar	PN	PN	PN	PN	PN	PN
Cultivo/Alfalfa	P	C	C	Ar	AI	AI	AI	AI	AI	AI
Praderas Nativas	PN									
Alfalfa	AI									

*AI=año, P=papa, C=cebada, Ar=arveja, PN= pradera nativa, AI=alfalfa*

La estimación promedio de pérdida de suelo, por escorrentía, evaluada por un período de 35 años (Quiroz y colaboradores, 1995) se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.**

**ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO POR ESCORRENTIA CON  
DIFERENTES ROTACIONES DE CULTIVOS Y PENDIENTES,  
EN LA SIERRA DEL PERU (t/ha-año).**

PENDIENTE, %	PN	AI	CULT/PN		CULT
			CULT/AI	CULT	
0	0.00	0.01	0.04	0.05	0.08
10	0.20	1.31	6.44	8.39	14.02
20	0.75	5.41	24.00	31.16	52.42
30	1.68	12.97	53.72	69.22	117.05
40	3.00	24.57	96.44	123.58	209.30
50	4.75	40.75	155.59	199.72	330.71

Si se considera que la capacidad de regeneración de los suelos, bajo las condiciones de la sierra es de 5-6 t/ha-año (Felipe-Morales, 1994), podríamos inferir que la producción de cultivos, sin prácticas de conservación, sólo se debe realizar en terrenos planos. Alfalfares permanentes se deben cultivar en suelos con pendientes

máximas de 20%. El resto de la tierra debe ser utilizada para la producción animal, con praderas nativas que tengan buena cobertura.

### **Ejemplo 2. Producción de alpacas en la Puna seca de la sierra del Perú.**

En el Altiplano, las pasturas altoandinas en condiciones de puna seca, constituyen la base de la alimentación de las alpacas. Sin embargo, la variación climática, principalmente la precipitación y las temperaturas mínimas, afectan substancialmente el crecimiento y la digestibilidad de las pasturas. Las praderas sometidas a un inadecuado pastoreo, expresado en carga animal, tienden a ser degradadas, afectando las producciones de fibra y carne. El estudio de las posibles combinaciones de los factores implica una imposibilidad de ejecución física, económica y de tiempo para ser llevadas a cabo.

El uso de modelos de simulación, previamente validados, permite obtener estimados de cada una de las posibles combinaciones biofísicas de un sistema, mediante el uso de diseños experimentales. Así, el uso de un diseño de composición rotable central (León-Velarde y Quiroz, 1994), permite evaluar el posible efecto de la carga animal, la tasa de crecimiento y la digestibilidad de las pasturas altoandinas en condiciones de puna seca, sobre la productividad de un rebaño alpaquero a través del tiempo.

Un modelo de alpacas, descrito por Arce y colaboradores, (1994) fue utilizado para generar 15 diferentes combinaciones de carga animal, tasas de crecimiento y digestibilidad de dos tipos de praderas en pastoreo; secano y bofedal (pradera con riego natural con agua del deshielo de los nevados). La variable de respuesta fue la productividad bioeconómica, expresada por el ingreso debido a las producciones de fibra y carne de alpaca. El periodo de simulación fue de 10 años.

Los 15 tratamientos se evaluaron bajo las siguientes condiciones:

- Tipo de pastura: bofedal y pradera altoandina en condiciones de puna seca
- Superficie: 80 ha divididas en 70 ha de secano y 10 ha de bofedal
- Disponibilidad inicial: secano (1000 kg ms/ha); bofedal (1500 kg ms/ha)
- Pastoreo: 3 meses en secano (lluvias) 9 meses en bofedal
- Disponibilidad residual: secano (500 kg ms/ha); bofedal (700 kg ms/ha)
- Operaciones de manejo: empadre en enero, destete en setiembre, esquila en agosto y ventas en diciembre.

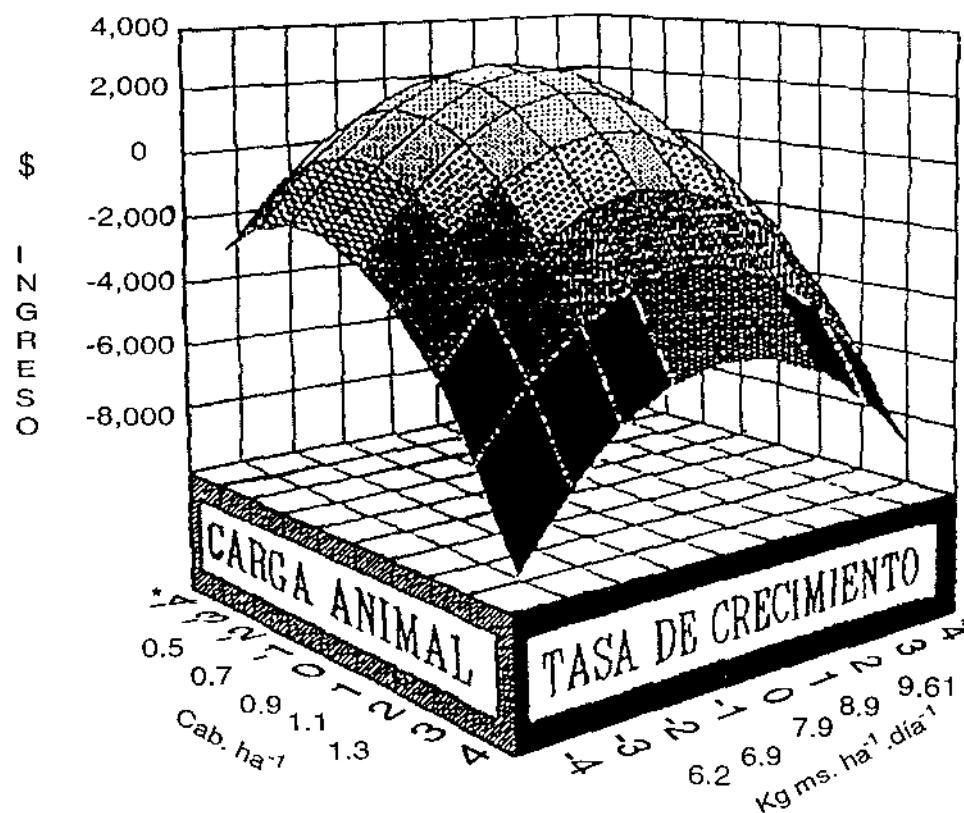
Las múltiples combinaciones evaluadas generaron la superficie de respuesta que se presenta en la figura 1. En ella se muestra el ingreso anual promedio de la unidad productiva, en función de la carga animal y la tasa de crecimiento de la pradera.

El ingreso óptimo se encontró con una carga animal de 0.54 cabezas/ha en un pastizal con 8.14 kg ms/ha-día y una digestibilidad de 66%. Con estas condiciones, es factible obtener con un buen manejo de la pradera, un ingreso bruto de USD 2,859 por año.

Es importante resaltar que la carga animal que se obtiene para maximizar el ingreso familiar, es superior al máximo recomendado por los investigadores (0.4 cabezas/ha), e inferior al promedio de cinco años del manejo de los agricultores de Apopata (0.9 cabezas/ha).

Fig. 1.

**SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL INGRESO DE UN SISTEMA DE PRODUCCION DE ALPACAS EN PUNA SECA, EN FUNCION DE LA CARGA ANIMAL Y LA TASA DE CRECIMIENTO, OBTENIDA MEDIANTE SIMULACION.**



## SOSTENIBILIDAD Y SIMULACION

Existen muchas definiciones de agricultura sostenible (Ruttan, 1991). En este documento se define agricultura sostenible como "el manejo exitoso de los recursos para la agricultura para satisfacer las necesidades cambiantes de la humanidad mientras que se mantiene o mejora la calidad del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales" (TAC/CGIAR, 1987).

Esta definición se aplica a la agricultura tradicional practicada por agricultores con limitado acceso a recursos. Así mismo, rebate la corriente de algunos investigadores que sostienen que hay que mantener el *status quo* de esos agricultores debido a sus actitudes conservacionistas. No obstante, si sólo observa los aspectos físico-biológicos de los sistemas, en muchos casos pareciera que la agricultura tradicional sea sostenible. Sin embargo, la agricultura sostenible debe centrarse no sólo en el bienestar de la familia a corto plazo, sino que también debe considerar el mantenimiento de los recursos naturales y el medio ambiente, mejorando la productividad.

El concepto de sostenibilidad, implica la evaluación bio-económica de las alternativas tecnológicas (se refiere a tecnologías tanto tradicionales como innovaciones tecnológicas) en el largo plazo. Este concepto es contradictorio con el financiamiento a proyectos de investigación y desarrollo. En la mayoría de los casos los investigadores reciben financiamiento para trabajos a corto plazo, para contestar preguntas con proyección a largo plazo. Es en este dilema donde los modelos de simulación pueden constituirse en un medio importante para generar información del comportamiento de los sistemas en el largo plazo, a través de evaluación de escenarios.

Para la evaluación de escenarios en el largo plazo, es recomendable la utilización de modelos donde las variables de mayor relevancia se analicen con funciones de densidades de probabilidad. Esto permitirá tener predicciones menos sesgadas de lo que se puede esperar en el sistema real (Anaman, 1993).

Como ejemplo del uso de la simulación en la evaluación de la sostenibilidad de alternativas tecnológicas, se muestra el caso de la producción de alpacas en la comunidad de Apopata, Puno-Perú (altitud mayor a 4200 msnm). En este caso el equipo de ganadería del proyecto PISA propuso el mejoramiento del manejo de praderas, tanto en secano como en bofedal.

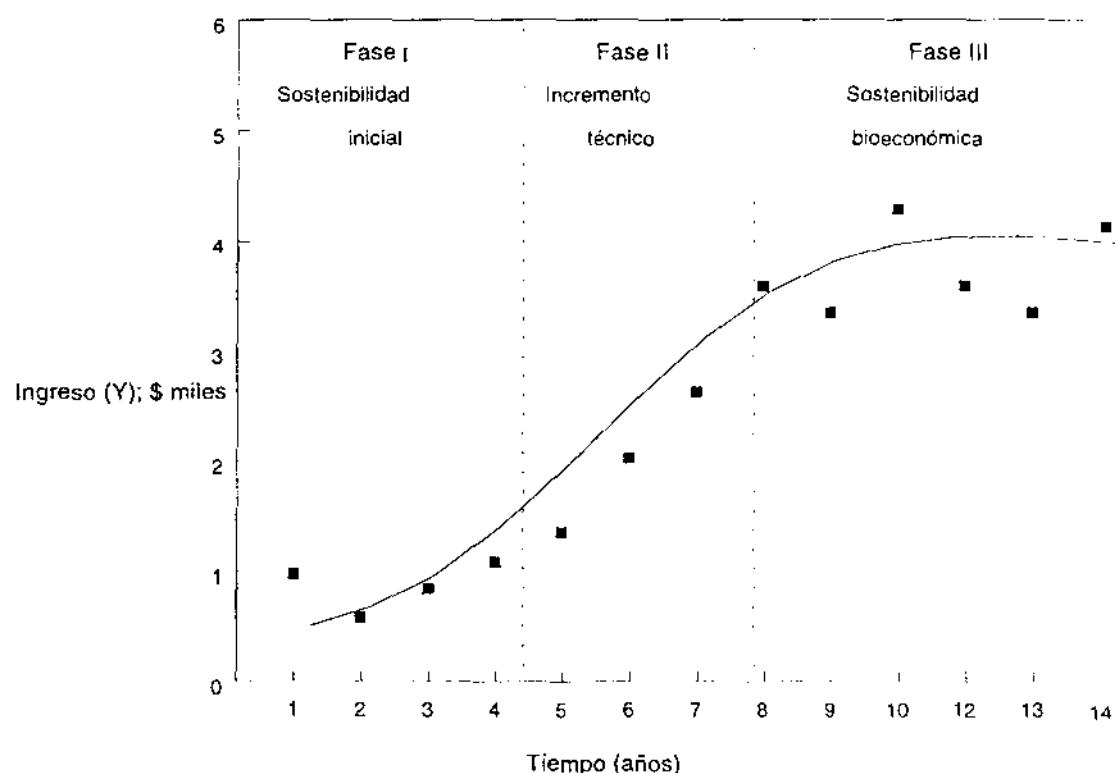
Un resumen del resultado de la simulación (León-Velarde y Quiroz, 1994) se muestra en la figura 2. La superficie de respuesta se dividió en tres partes, para facilitar la interpretación. La primera fase se denominó de sostenibilidad inicial. Basados en otros ejercicios de simulación (Arce y colaboradores, 1994) se demostró que la productividad de estos sistemas durante los últimos 50 años ha sido estable. Esto

implica que existe una actividad biológicamente sostenible, de baja productividad. La segunda fase se denominó de incremento técnico, donde la implementación de las alternativas tecnológicas produce un cambio positivo en la productividad del sistema. La tercera fase, denominada sostenibilidad bio-económica, es cuando el sistema llega a su capacidad bio-económica en relación a la carga animal y precio de productos en el mercado.

El análisis de los resultados de la simulación se realizó con diferentes modelos matemáticos: regresión lineal, regresión cuadrática, modelo autoregresivo y modelo sigmoidal. El mejor ajuste se obtuvo con el modelo sigmoidal, en el cual se estima que el ingreso bruto esperado de la unidad de producción, cuando se alcanza el valor asintótico es de USD 3,891 por año. El seguimiento del sistema real (4 años) indica un ligero cambio (con respecto a los resultados de simulación) en el ingreso por efecto de los precios de la fibra en el mercado internacional. Sin embargo, los niveles de productividad son similares.

Figura 2.

**INGRESO TOTAL DE UN SISTEMA DE PRODUCCION DE ALPACAS OBTENIDO MEDIANTE SIMULACION INDICANDO LAS FASES DE SOSTENIBILIDAD: I) FASE INICIAL; II) FASE DE INCREMENTO TECNICO; III) FASE DE SOSTENIBILIDAD**



## A MODO DE CONCLUSION

Los modelos de simulación constituyen una herramienta útil para el análisis de los sistemas de producción agropecuaria. En éstos se puede integrar todo el conocimiento dominado (cuantitativo) de las relaciones causa-efecto que rigen el comportamiento de los componentes del sistema.

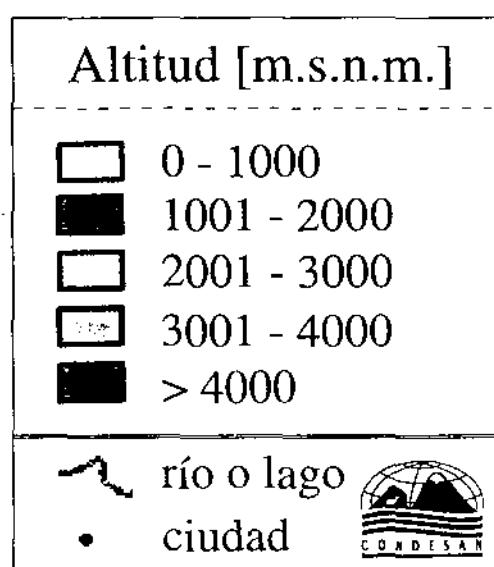
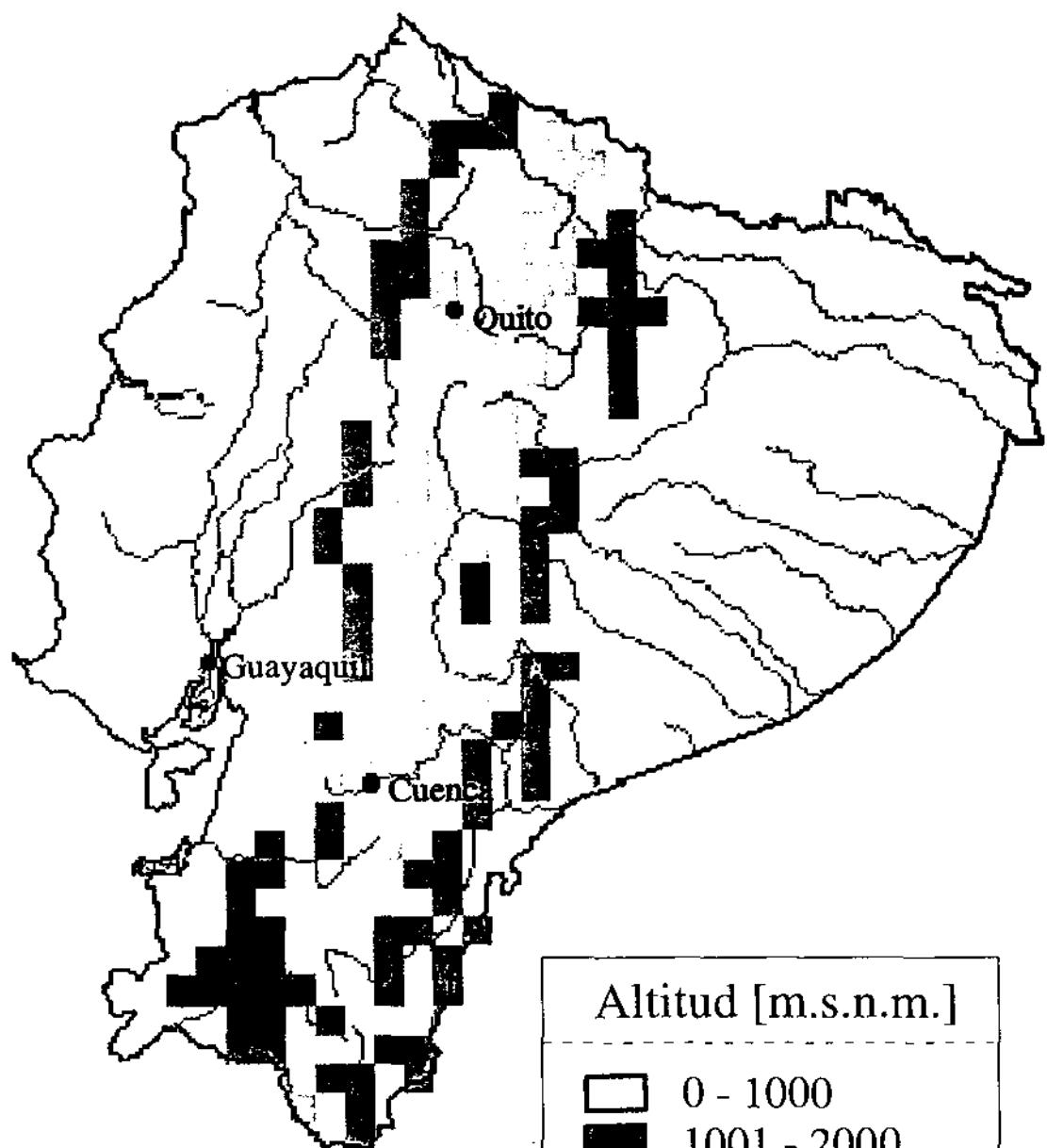
En la mayoría de los casos, la predicción del comportamiento físico-biológico de los sistemas de producción es factible. Esto se debe a que el conocimiento de las relaciones de causa-efecto es vasto. Desafortunadamente, esto no aplica para los aspectos socio-económicos. Ello implica que gran parte de nuestro trabajo a futuro se debe enmarcar en entender estas relaciones, de tal modo que se puedan construir modelos mecanísticos o de inteligencia artificial, para poder realizar evaluaciones de escenarios tecnológicos, a largo plazo, más cercanos a la realidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANAMAN, K. A. 1993. Risk analysis in the economic appraisal of a smallholder agricultural development project in Papua New Guinea. Agricultural systems 43: 397-413.
- ANDERSON, J. y DILLON, J. L. 1992. Risk analysis in dryland farming systems. Farm systems management series. FAO. 109p.
- ARCE, B. A.; AGUILAR, C.; CAÑAS, R. y QUIROZ, R. A. 1994. A simulation model of an Alpaca system in the dry puna of the Andes. Agricultural systems 46: 205-225.
- CAÑAS, R.; AGUILAR, C.; GARCIA, F. y QUIROZ, R. A. 1992. Simulación de Sistemas Pecuarios. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal de Latinoamérica. Serie Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos. San José, Costa Rica. 228p.
- DENT, J. B. 1993. Potential for systems simulation in farming systems research. In: Penning de Vries, F. W. T.; Teng, P. y Metselar, K. (eds). Systems Approaches for Agricultural Development. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. pp. 325-339.
- FELIPE-MORALES, C. 1994. Pérdida de agua, suelo y nutrientes bajo diversos sistemas de cultivos y prácticas de conservación de suelos en zonas áridas, subhúmedas en el Perú. In: Perú: El problema Agrario en Debate. SEPIA V. Lima, Perú. pp. 637-656.

- HOLLE, M. 1990. El concepto de sistemas y una metodología de investigación agropecuaria. In: II Seminario taller sobre enfoque y análisis de sistemas agropecuarios andinos. Serie didáctica: Material de enseñanza N° 4 PISA. Puno, Perú. pp. 1-9.
- LEON-VELARDE, C. U. y QUIROZ, R. A. 1994. Análisis de Sistemas Agropecuarios: uso de Métodos Biomatemáticos. CIRNMA-CONDESAN, La Paz, Bolivia. 238p.
- QUIROZ, R. A. 1994. Metodología de sistemas: una herramienta para la solución de problemas productivos de pequeños agricultores. In: Iñiguez, L. y Tejada, e. (eds). Producción de rumiantes menores en los valles interandinos de Sudamérica. Memorias de un taller sobre metodologías de investigación. pp 153-170. Tarija, Bolivia.
- QUIROZ, R. A.; MAMANI, G. y ARCE, B. 1990. Aplicación del enfoque/análisis de sistemas en la investigación pecuaria. In: II Seminario taller sobre enfoque y análisis de sistemas agropecuarios andinos. Serie didáctica: Material de enseñanza N° 4. PISA. Puno, Perú. pp 120-127.
- QUIROZ, R. A.; ESTRADA, R. D.; LEON-VELARDE, C. y ZANDSTRA, H. 1995. Facing the challenge of the Andean Zone: The role of modeling in developing sustainable management of natural resources. In: Eco-Regional Approaches to Develop Sustainable Land Use and Food Production. Kluwer Academic Publishers, The Netherland. (In press).
- RUTTAN, V. 1991. Sustainable growth in agricultural production: Poetry, policy and science. In: Agricultural Sustainability, Growth and Poverty Alleviation: Issues and Policies. Feldafing Germany: DSE, IFPRI. p. 13-28.
- SHARPLEY, A. N. y WILLIAMS, J. R. eds. 1990. Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin N° 1768. 235 pp.
- TAC/CGIAR. 1987. CGIAR Priorities and Future Strategies. FAO, Rome, Italy: TAC Secretariat. 246 pp.
- VON BERTALANFFY, L. 1968. General Systems Theory Foundations, Development, Applications, George Braziller. N. Y. 311 p.

# ECUADOR



## **4.0 EXPERIENCIAS DE MANEJO DE CUENCAS**

### **4.1 En los Países Andinos**

#### **4.1.1**

## **PROBLEMATICA, EXPERIENCIAS Y ENFOQUE SOBRE LA EROSION, MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS DE LADERA EN ECUADOR**

**Juan J. Córdova J. y Vicente Novoa H.\***

La erosión del suelo es la más grave amenaza que afronta la agricultura del Ecuador. El diagnóstico de la situación del medio ambiente, llevado a cabo por Fundación Natura en 1981, determinó que la erosión era el agente que mayor deterioro causa al medio ambiente ecuatoriano.

El minifundio y el incremento de población aumentaron marcadamente la presión sobre la tierra. Por otra parte, suelos de pendientes muy inclinadas ingresaron al uso agrícola, permitiendo de este modo un acelerado proceso de degradación. La magnitud del fenómeno despertó inquietudes y es en la década de los años 70, que el INIAP inicia actividades en busca de mecanismos que combatieran la erosión.

#### **Erosión de la costa**

La mayor parte de la costa ecuatoriana aparentemente es plana; sin embargo, hay notables diferencias de relieve que en ciertos casos producen también diferencias climáticas. Esto hace de la costa en general, un conjunto de ambientes en su mayor parte frágiles ecológicamente: laderas empinadas, suelos con avanzada meteorización y químicamente pobres, áreas desérticas o semiáridas, de limitada utilización agrícola. A nivel de la costa la intensidad erosiva predominante es de carácter potencial y se refiere a los movimientos en masa afectando a cerca de la mitad de la región occidental.

---

\*Técnicos del Departamento de Suelos y Agua de la Estación Experimental "Santa Catalina", INIAP, Ecuador.

Los suelos de la zona norte de la costa, al ser utilizados con cultivos de ciclo corto, se empobrecen rápidamente consumiéndose la capa de materia orgánica y, en poco tiempo, los cultivos agrícolas no responden y el suelo queda con poca cubierta vegetal dando inicio a un acelerado proceso de erosión. Además el efecto de la deforestación agresiva en la zona y la eliminación de la vegetación, destruye el equilibrio ecológico del bosque tropical húmedo, perdiéndose para siempre el recurso, por lo que no es raro encontrar en esta zona secciones improductivas sujetas a una rigurosa erosión.

La parte central y sur de la costa está influenciada por la corriente marina de Humboldt, este factor ejerce su efecto en las provincias de Manabí, Guayas y El Oro, de tal manera que la desertificación es un problema muy serio en estas provincias. Se ha estimado que la precipitación se reduce hasta 20 mm por año y que el desierto de Manabí avariza 1.5 km por año. (Espinosa, 1993).

### Erosión en la Región Interandina

Las condiciones topográficas y el mal manejo del suelo han causado un avanzado proceso de erosión a lo largo de la serranía ecuatoriana.

Los suelos derivados de cenizas volcánicas que cubren el centro y norte de la sierra ecuatoriana, por sus condiciones físicas son sujetos a una rápida erosión. Esta condición, en asociación con la inclinación y longitud de las pendientes, incrementan el riesgo de erosión. El uso de la tierra es intensivo y el suelo es cultivado a tal extremo que solamente quedan sin uso pequeñas áreas con pendientes demasiado inclinadas.

La destrucción de los suelos en las partes altas es aún más acelerada que la observada en los sectores bajos. La erosión es severa en extensas áreas y la producción de sedimentos alarmante, sin que haya intento alguno por solucionar el problema. Tal es la severidad del problema, que los suelos con largas pendientes de las laderas interiores de las cordilleras y los nudos, presentan una coloración clara, signo evidente de la afloración de cangahua y la pérdida total del suelo fértil.

Cabe destacar que el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) está llevando a cabo con financiamiento del BID, el Proyecto de Manejo y Conservación de la Cuenca del Río Paute, que tiene como uno de sus objetivos principales reducir las tasas de erosión/sedimentación en esa cuenca hidrográfica del Ecuador. Igualmente, bajo el liderazgo de ese instituto se están desarrollando acciones de manejo y conservación de suelos en la cuenca alta del río Pastaza, conjuntamente con otros organismos públicos y privados.

El problema se agrava más aún por la ausencia total de conciencia del fenómeno entre los campesinos, ya que se considera entre ellos que la erosión es un fenómeno

natural, tan natural como la lluvia misma y que siempre ha ocurrido y no debe o no puede hacerse nada por controlarla. Esta actitud de indolencia en muchos casos se debe a que los suelos de la sierra volcánica son o fueron profundos y que cuando se producen pérdidas por erosión, afloran otros depósitos más antiguos y queda nuevamente suelo de igual condición del anterior. En la parte sur de la sierra el cambio de material formado del suelo ha influido en forma decisiva en el proceso erosivo de las provincias del Cañar, Azuay y Loja, existiendo otros materiales muy susceptibles a ser erosionados. Al momento, casi todas las laderas se encuentran degradadas y los pocos suelos fértiles están localizados en los pequeños y angostos valles interandinos.

### Erosión de la Región Amazónica

La gran extensión y aspecto exuberante de la región amazónica ecuatoriana, ha dado lugar a la creencia de que el agresivo crecimiento vegetal y la variedad de formas de vida, radican en la productividad del suelo. Este factor, muy relativo, ha sido aprovechado por intereses que tienden a una explotación en gran escala y sin cuidados de los recursos principalmente forestales.

El complejo y frágil ecosistema que conforma la selva amazónica funciona en conjunto dentro de ciclos cerrados y muy vulnerables. La alteración de uno de los componentes de este ecosistema rompe el ciclo y todo el conjunto entra en peligro de degradación. Esta es la razón por la cual la tala indiscriminada de la selva llevará finalmente a la destrucción de los suelos, la flora y fauna. Una vez alterado el ecosistema, pueden ocurrir cambios desfavorables de clima y alteraciones en el ciclo biológico de las especies, que llevarán a tal degradación, que la región se convertiría en una impresionante sabana improductiva. Los problemas de erosión en los suelos ubicados en la región oriental de la cordillera son principalmente causados por la quema y utilización de la vegetación natural en las pendientes muy inclinadas. Además, la siembra de éstas con cultivos anuales, ayudan a la destrucción de los suelos.

En la parte baja de la vertiente oriental de la cordillera, el problema de erosión se acentúa, debido principalmente al mal manejo de los suelos con cultivos anuales. Las pendientes pronunciadas y la alta precipitación aportan para que se pierda el suelo, donde la vegetación natural protectora ha desaparecido; además, estos suelos en su mayoría de origen volcánico, tienen características físicas muy desventajosas, propias de su pedogénesis.

La hoya amazónica propiamente dicha, entre 600 y 240 msnm, se compone de conjuntos de colinas de suelos rojos, poco profundos, arcillosos, compactados y muy lixiviados. Estos suelos predominantes en la amazonía ecuatoriana, de condiciones químicas y físicas adversas, deben ser dejados con la cobertura de bosques

protectores o efectuar una planificada y cuidadosa explotación del bosque protector actual, utilizando prácticas de agroforestería y silvopastoriles.

Finalmente, las llanuras y terrazas aluviales son bastante homogéneas y bien drenadas, están compuestas en su mayoría por material de origen volcánico, suelos profundos, sueltos y generalmente muy fértiles.

## EXPERIENCIAS

En 1980, el Departamento de Suelos de la Estación Experimental "Santa Catalina" del INIAP, diseñó un proyecto de Conservación y Manejo de Suelos y Agua (COMSA), el que fue financiado con recursos de la AID y se implementó a nivel de la sierra ecuatoriana de 1981 a 1986.

El proyecto básicamente tenía tres componentes: investigación, transferencia de tecnología y capacitación, alcanzándose logros significativos, especialmente en investigación y capacitación.

En lo relacionado a transferencia de tecnología, se implementaron trabajos de conservación de suelos a nivel de microcuencas, con una alta dosis de subsidio y con escasa participación efectiva de los productores, factores que repercutieron en una baja adopción de las tecnologías de manejo y conservación de suelos.

Otra limitante importante en la transferencia de tecnología fue el minifundio (retaceo de la tierra), que impidió muchas veces el trabajo a nivel de microcuenca.

Finalmente, en los diagnósticos realizados faltó profundizar en lo relacionado a los aspectos socioeconómicos y culturales; los que también incidieron en los niveles de adopción, especialmente en el estrato de pequeños productores.

En lo referente a investigación, el proyecto COMSA diseñó, implementó y ejecutó obras mecánicas y agronómicas de conservación de suelos, en un total de 1.413 ha en microcuencas de la región interandina norte, centro y sur; así como un gran número de parcelas de escurrimiento, con el fin de realizar ajustes a la ecuación universal de pérdida de suelo.

En capacitación, el proyecto capacitó a 4.068 productores en aspectos de manejo y conservación de suelos, a través de cursos, seminarios, días de campo y prácticas directas en campos de agricultores. Por otro lado, el proyecto entrenó en diferentes cursos y seminarios llevados a cabo en todo el país a 503 técnicos tanto a nivel medio como a nivel profesional; se esperaba que un número de este personal entrenado podría iniciar un agresivo proyecto nacional, en el cual muchas instituciones debían participar mediante convenios. El proyecto también entrenó al personal del Programa

Nacional de Conservación de suelos (PRONACOS), el cual lamentablemente no tuvo continuidad llegando a desaparecer a los dos años de su creación.

El INIAP, consciente de esta problemática, crea en 1993 el Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Agua, el que tiene como objetivo generar tecnologías que optimicen el manejo de los recursos suelo y agua dentro de una explotación agropecuaria sostenible; que permita preservar estos recursos y el medio ambiente, con la finalidad de mantener e incrementar la productividad.

Las experiencias anteriores permitieron rediseñar proyectos con un nuevo enfoque, como el que se presenta a continuación.

## **MANEJO Y CONSERVACION DEL SUELO Y AGUA A NIVEL DE FINCA CON ENFOQUE PARTICIPATIVO**

### **1. ANTECEDENTES**

Las cuencas hidrográficas de la sierra ecuatoriana están sometidas permanentemente a diferentes grados de erosión; así, el 39.13 % se encuentran en un estado de erosión crítica, 28.26 % con erosión seria, 4.35 % erosión moderada, 26.09 % erosión potencial y solamente el 2.17 % sin riesgos de erosión (Espinosa, 1993).

En estudios realizados en la Estación Experimental "Santa Catalina" del INIAP, en las microcuencas de las quebradas "El Pugru" y "Sanguchi", se señala como límites de tolerancia de pérdida de suelo, las cantidades de 12 t/ha/año para suelos profundos y fértiles y 6 t/ha/año para suelos poco profundos y de baja fertilidad. Sin embargo, en las mismas microcuencas, en parcelas de escorrentimiento con barbecho continuo y 14% de pendiente, se reportó una pérdida de suelo de 82.72 t/ha/año, como promedio de 4 repeticiones, en el período de septiembre de 1978 a agosto de 1979 (12 meses) (Flores, 1979).

Todas las experiencias anteriores del Departamento de Suelos sirvieron de base para generar un nuevo proyecto, el que incluye cuatro pasos metodológicos innovadores como son: a) trabajo inicial a nivel de finca extensible a la microcuenca; b) participación efectiva de los productores, en el diagnóstico, planificación, ejecución y evaluación de los trabajos de conservación de suelos; c) formación de grupos de agricultores orientados a la conservación de los recursos naturales y a la sostenibilidad de sus sistemas productivos; y, d) capacitación continua, con la modalidad de "capacitación en trabajo".

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Implementar prácticas de manejo de suelos y agua en el sistema de finca y promover su masificación al interior de la comunidad y/o microcuenca.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Promover la participación activa de los agricultores.
- Apoyar la organización de grupos de agricultores, orientados a la conservación de los recursos naturales y sostenibilidad de la finca.
- Capacitar en forma continua y práctica a los miembros de los grupos, con la modalidad de "capacitación en trabajo".

## **3. HIPOTESIS**

Las prácticas de manejo de suelos y agua no mantienen o incrementan la productividad de los cultivos del sistema de finca, a mediano y largo plazos.

## **4. METODOLOGIA**

El enfoque participativo permitió realizar un diagnóstico participativo que sirvió de base para la posterior planificación, la que consideraba los aspectos agronómicos, socioeconómicos, culturales, así como las ventajas comparativas de los rubros del sistema de finca. Esto permitió a los agricultores seleccionar las prácticas de manejo y conservación de suelos y agua más apropiadas para implementar a nivel de finca, de las siguientes alternativas:

### **4.1. Prácticas agronómicas y culturales**

- Cultivos en contorno
- Cultivos en fajas
- Rotación de cultivos
- Cultivos de cobertura
- Barreras vivas
- Abonos verdes y compost

### **4.2. Prácticas mecánicas**

- Caminos de agua
- Bordes de campo
- Canales de desviación de agua
- Terrazas de ladera

- Terraza individual (árboles frutales)
- Control de cárcavas

#### **4.3. Prácticas de manejo de cultivos**

- Análisis de suelo (físico-químico)
- Desinfección de semilla
- Fertilización química y orgánica
- Uso de variedades mejoradas (validadas en la zona)
- Manejo integrado de plagas y enfermedades
- Riego
- Agroforestería

### **5. METODOS ESPECIFICOS DEL MANEJO DE LAS FINCAS**

#### **5.1. Selección de microcuenca**

Dentro de las cuencas hidrográficas se seleccionaron 3 microcuenca con problemas de erosión de moderada a seria, en cada microcuenca se seleccionó una organización de agricultores (cooperativa, asociación o comuna), al interior de la cual se formaron los grupos de agricultores que se involucrarán en los trabajos participativos, por el tiempo que dure la actividad y que permanezca en el futuro.

#### **5.2. Selección de las fincas**

En un transecto de las laderas de la microcuenca se seleccionó una finca o área comunal para implementar los trabajos de manejo de suelos y agua, que se la denomina FINCA DE MANEJO DE SUELOS Y AGUA (FMSA), y otra en el mismo transecto que estará sujeto al manejo tradicional del agricultor y se denomina FINCA TESTIGO (FT).

**Tabla 1. Características de las cuencas y microcuencas seleccionadas**

Cuenca	Microcuenca	Grado erosión	de	Orden	Suborden	Gran grupo
Río Chota	Río Chamachán	Seria (21-25%)	Mollisoles	Ustolls	Durustolis	
						Aplustolis
Río Cebadas	Río Pasguaso	Seria (21-25%)	Mollisoles	Udolls	Hapludolis	
Río Cebadas	Quebrada Chinigua	Seria (21-25%)	Mollisoles	Ustolls	Argiudolis	

**Tabla 2. Características de las fincas seleccionadas**

Nº ensayo	Finca	Propietario	Area	Cultivos M sistema
1	(FMSA) El Inca 1 (FT) El Inca 1	A. Mosquera J. Andrango	2 ha 1 ha	Frejol arbustivo - arveja-zanahoria (manzano) Frejol arbustivo - maíz - arveja
2	(FMSA) El Inca (FT) El Inca 2	A. Núñez P.D.	1 ha 1 ha	Frejol arbustivo - arveja - maíz Frejol arbustivo - arveja - maíz
3	(FMSA) Sta. Isabel (FT) Sta. Isabel	Comunidad	1 ha 1 ha	Papa - haba - cebada Papa - haba - cebada
4	(FMSA) Sta. Teresita (FF) Sta. Teresita	Comunidad	2 ha 2 ha	Papa - haba - cebada Papa - haba - cebada

## 6. RESULTADOS PRELIMINARES

Se realizó el diagnóstico participativo en los ensayos 1 y 2 en la localidad "EL INCA", en el que se conoce los cultivos prioritarios, el sistema de producción predominante, las condiciones climáticas (lluvia, sequía y vientos), el uso de tecnología, los principales problemas limitantes de la productividad y las tecnologías locales de producción de los cultivos prioritarios.

Se ha construido en forma participativa 1.200 m de canales de desviación de agua con camellones revestidos, 220 terrazas individuales, para establecer un huerto de manzano.

Se ha capacitado de forma continua aproximadamente a 60 agricultores de la comunidad y a 40 niños de la escuela sobre causas de la erosión y prácticas de conservación de suelos.

Los agricultores han consolidado su grupo que se denomina "Grupo de Agricultura Sostenible Participativa" (GASP) que cuenta con directiva de elección democrática para 1995.

En la finca N° 1 se recopiló datos de productividad tanto en la FMSA como en la FT, para realizar un análisis comparativo de mediano plazo (3 años).

En la finca N° 2 se ha realizado el levantamiento topográfico y el diseño y construcción de obras mecánicas de conservación de suelos iniciales.

En las fincas N° 3 y 4 se han realizado las mismas actividades anteriores.

Finalmente en la Finca N° 4, en la que se construyó con anterioridad 200 m de canales de desviación, se pudo tomar datos sobre retención de sedimentos en los canales teniendo el siguiente resultado:

Un canal de desviación de 84 m de largo, 0.40 m de base menor, 0.70 m de base mayor y 0.35 m de profundidad, retiene 6.3 t de suelo proveniente del escurrimiento superficial y arrastre de un lote de 5.040 m<sup>2</sup>, sembrado con cebada (35 días), con una pendiente de 25 a 30% de textura franco-arenosa; luego de una lluvia de 25 a 30 mm.

## RESUMEN

Una de las más graves amenazas a la agricultura del Ecuador es la erosión del suelo, siendo las principales causas las fuertes precipitaciones, el mal manejo del suelo y agua de riego, así como el incremento del área cultivada en zonas de ladera. Espinosa en 1993, señala que las cuencas hidrográficas de la sierra ecuatoriana están sometidas permanentemente a diferentes grados de erosión, así el 39.13 % se

encuentran en un estado de erosión crítica, el 28.26 % con erosión seria, 4.35 % erosión moderada, 26.09% erosión potencial y el 2.17% sin riesgos de erosión. Si bien la erosión es más marcada y severa en la sierra ecuatoriana, el litoral y la región amazónica también están expuestas al problema erosivo, especialmente si se considera la fragilidad de los suelos de estas zonas.

El INIAP desde la década de 1970 inició trabajos orientados a la conservación de los recursos suelos y agua en forma puntual; pero a partir de 1980 diseñó y ejecutó un proyecto de Conservación y Manejo de Suelos y Agua (COMSA), el que durante sus seis años de ejecución obtuvo logros significativos en investigación y capacitación y en menor grado lo que se refiere a transferencia de tecnología.

A partir de 1994, en base a las experiencias positivas y negativas anteriores, se generó un nuevo proyecto que tiene como características principales: a) trabajo inicial a nivel de fincas extensible a la microcuenca; b) participación efectiva de los productores a todas las fases del proyecto; c) conformación de grupos de agricultores orientados a la conservación de los recursos naturales y la sostenibilidad de sus sistemas de producción; y, d) capacitación continua a todos los niveles.

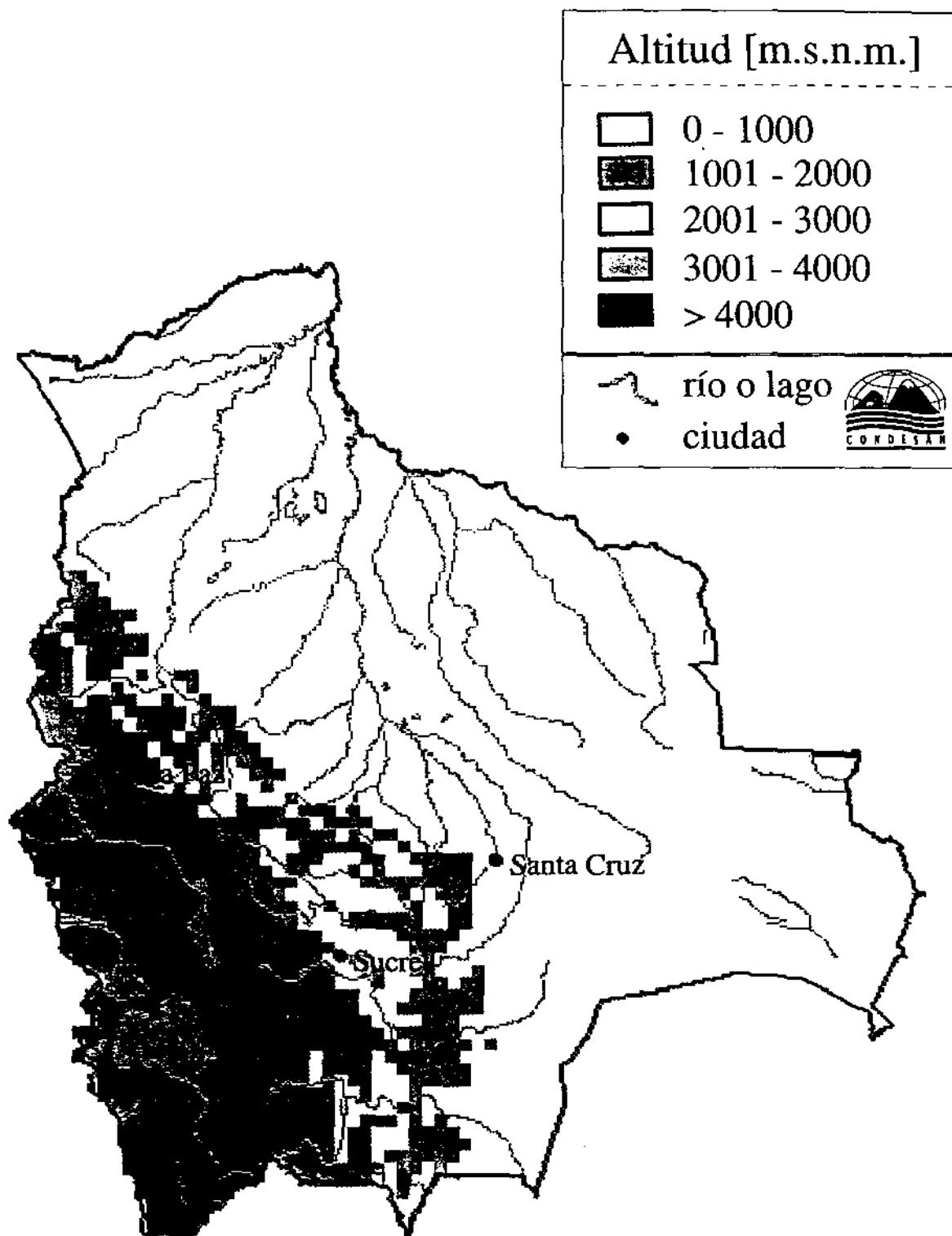
## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CARDENAS, H. 1987. Relación precipitación escorrentía en el proceso erosivo en diferentes usos del suelo en la microcuenca de las quebradas el Pugru y Snaguchi de la Estación Experimental "Santa Catalina", Tesis Ing. Agr., Facultad de Agronomía y Veterinaria, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Machala.

ESPINOSA, P. 1993. Dinámica de los sistemas de producción agrícolas en relación al deterioro y agotamiento de los recursos agrícolas no renovables en los Andes ecuatorianos. Estudio bibliográfico. División de Servicios FAO. Roma, Italia.

FLORES DEL POZO, C. 1979. Medición de las características de erosionabilidad de un suelo Entig-Distranddept en la Estación Experimental "Santa Catalina", Tesis Ing. Agr., Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Guayaquil.

# BOLIVIA



## **4.0 EXPERIENCIAS DE MANEJO DE CUENCAS**

### **4.1 En los Países Andinos**

#### **4.1.2**

# **DIAGNOSTICO NACIONAL DE LA DEGRADACION DE LOS RECURSOS NATURALES EN EL TERRITORIO BOLIVIANO \***

**Juan Ramiro Zenteno D.\*\***

### **INTRODUCCION**

Bolivia, al igual que muchos países de la subregión andina, se encuentra afectado por la degradación de sus recursos naturales. La diversidad en sus ecosistemas andinos, subandinos, valles y la llanura chaqueña se ven afectados en estos procesos de degradación, como consecuencia de la introducción de tecnologías de desarrollo no apropiadas a las condiciones medio ambientales locales.

El hecho que esta área tenga un alto grado de vulnerabilidad a los cambios climáticos, de vegetación, edáficos y de fauna, determina que los efectos de estos procesos, estén afectando a la población en su conjunto.

En general, el uso no adecuado de los recursos naturales en regiones áridas, ha generado en el transcurso del tiempo, cambios climáticos, el agotamiento de los suelos y la vegetación, lo que ha determinado un progresivo empobrecimiento, desesperanza, además de la migración de los pobladores de las áreas rurales hacia las grandes ciudades.

De un total de casi 1'100,000 Km<sup>2</sup> que cubre la superficie de Bolivia, aproximadamente 340,000 Km<sup>2</sup> están sujetos a un acelerado proceso de desertificación, lo que representa un 31 % de territorio.

\* Trabajo presentado al seminario "Impacto y caracterización de la erosión y la erodabilidad", en Lima-Perú, del 22 al 26 de mayo de 1995. Resumen Seminarios PACD- Valles y desertificación en Bolivia.

\*\* Coordinador Nacional de la Red de Manejo de Suelos, Las Barrancas Km 2, Casilla 1158, Tarija-Bolivia.

## CARACTERISTICAS GENERALES DE BOLIVIA

### FISIOGRAFIA

Los Andes están conformados por una cadena de montañas, con una altura hasta de 6,400 msnm cubiertos de nieve. Esta cadena al ingresar a Bolivia se ramifica en dos cordilleras, la Oriental y la Occidental y entre ambas se encuentra ubicado el altiplano boliviano, que se extiende hasta unos 1,000 Km, con un ancho de 250 km y con alturas promedio entre 3,900 y 3,650 msnm.

Entre los Andes y los llanos orientales, se considera como límite la cota 500, ya que a este nivel se aprecia el cambio de relieve abrupto, ondulado, característico de las zonas altas.

Los suelos andinos son de variadas edades geológicas, desde el paleozoico al cuaternario. El altiplano está formado por rellenos detítricos de una zona tectónica. Los valles de la parte baja de los Andes presentan sedimentos pertenecientes al cenozoico y al cuaternario. Los llanos se encuentran colmados de sedimentos detítricos pliocuaternarios y cuaternarios. En la mitad sur altiplánica se aprecian depósitos enormes de sal y salmueras.

### CLIMA

El clima en Bolivia es muy variado debido principalmente a la orografía del territorio; se identifican 3 regiones climáticas: la tropical, subtropical y templada.

Las condiciones varían presentándose incrementos según se avance hacia el este, con temperaturas bajas en el altiplano, medias en los valles y altas en el oriente boliviano.

El altiplano boliviano está clasificado como un sector de clima seco, como muy bajas precipitaciones pluviales.

En los yungas, que es la zona de transición de la alta montaña a los llanos tropicales, se observan los tres tipos de clima, pasando del tropical al subtropical y del subtropical al templado; esta variación se debe principalmente a las variaciones altitudinales de la citada zona, comprendidas en los 700 y 3000 msnm. La región de los llanos húmedos, que corresponde principalmente al sector perteneciente al departamento del Beni y Cochabamba, en una zona sumamente húmeda clasificada como sabana tropical con inviernos secos con temperaturas de 27°C y precipitaciones de 5,000 mm.

La región de los llanos secos corresponde al sector del Chaco boliviano y parte del departamento de Santa Cruz; esta zona está clasificada como estepa cálida con inviernos secos, con temperaturas de 10° a 24°C y precipitaciones de 600 mm.

## RECURSOS HIDRICOS

### Sistema hidrográfico

Dentro del sistema hidrográfico del territorio boliviano se distinguen tres cuencas principales las cuales son: amazónica, del Río de La Plata y del altiplano.

**Cuenca Amazónica:** Tiene una extensión de 888,000 Km<sup>2</sup>. Está limitada por el río Abuná en la frontera con el Brasil. Se distinguen dentro de esta cuenca las siguientes subcuenca: del río Madre de Dios, río Bení, río Mamoré y río Itenez.

**Cuenca del Río de La Plata:** Se divide en tres grandes subcuenca: La Cuenca del río Paraguay que se encuentra al sudeste de Bolivia con una extensión de 125,600 Km<sup>2</sup>. Existen dos afluentes importantes ubicados al sudoeste de Bolivia que son la cuenca del río Pilcomayo con una extensión de 93,000 Km<sup>2</sup> y la cuenca del río Bermejo con una extensión de 16,000 Km<sup>2</sup>, que comprende los ríos Bermejo propiamente y el río Grande de Tarija.

**Cuenca del Altiplano:** Cubre una extensión de 134,000 Km<sup>2</sup> y se distinguen dentro de ésta, dos sistemas hidrológicos activos y separados que comprende: por una parte al lago Titicaca y, por otro, al salar de Uyuni.

### DISPONIBILIDAD DE AGUA

Según se observan las isolíneas de precipitación, se aprecia una irregular distribución de las mismas en el territorio nacional, hecho que provoca una variada disponibilidad de agua según las diversas regiones.

En función a la mayor disponibilidad de agua, la cuenca Amazónica ocupa un primer lugar por presentar mayores valores anuales de precipitación que llegan hasta 5,000 mm en el sector de Chapare.

En segundo lugar se encuentra la cuenca del Río de la Plata, cuyos valores de precipitación anual alcanzan los 1,200 mm, exceptuando regiones de esta misma cuenca como la del Chaco que tiene precipitaciones anuales de 400 mm.

En tercer lugar, en orden de importancia, lo ocupa la cuenca del Altiplano o cuenca Cerrada, cuyas precipitaciones son bajas y el área de aporte de la cuenca es menor respecto a las otras.

## **ECORREGIONES**

Para el estudio se tomó la clasificación de Ellenberg (1981) la cual presenta la distribución espacial de las ecorregiones y que corresponde a las unidades fitogeográficas. La descripción de las regiones ecológicas de Bolivia está basada en un trabajo de Beck (1988) y Liberman (1991).

Dada la ubicación del territorio boliviano en el continente sudamericano, las ecorregiones tienen una clara influencia de los dominios andinos, amazónicos y chaqueños, por lo que cada uno de los ecosistemas contiene elementos de las regiones mencionadas.

## **PROCESOS DE DESERTIFICACION**

### **Efectos de las actividades agrícolas**

En la vertiente oriental de los Andes (departamentos de Cochabamba, Potosí, Chuquisaca y Tarija), en los valles semiáridos y semihúmedos, el hombre ha transformado desde períodos precolombinos la vegetación original para implantar una serie de cultivos que determinaron, en algunos casos, severos procesos de desertificación. Para eliminar la vegetación procedió a la quema de los bosques que cubrían las laderas de las colinas y terrazas aluviales de los valles.

Las causas que provocan la degradación en los valles semiáridos y semihúmedos son: actividades silvo pastoriles y pastoriles, recolección de madera para leña y construcción, desbosque, agricultura intensiva y habilitación de áreas de barbecho, incendios forestales no controlados y fuerte erosión del suelo.

### **Actividades agrícolas en el altiplano que aceleran el proceso de desertificación**

En el altiplano de Bolivia donde se asentaron las culturas Aymara y Quechua, las actividades agrícolas se han constituido en uno de los factores más importantes, que han determinado la sustitución de la vegetación original, especialmente en el Altiplano Norte. Existen evidencias palinológicas que demuestran que en el pasado existieron en las laderas de las montañas, bosques abiertos de *Polylepis* "keñua" y *Buddleja* "kiswara". Hoy es posible encontrar matorrales de las especies señaladas, en áreas aisladas e inaccesibles al hombre y su ganado.

En efecto, campesinos utilizan como combustible la *Parastrephia* y *Baccharis* "thola" para la preparación de sus alimentos. Además, usan biomasa de origen animal constituida por el estiércol, hecho que determina un detrimento de la producción agrícola por la ausencia de abonos orgánicos.

## **Efectos de las actividades ganaderas**

La transformación de los ecosistemas por efecto de la actividad ganadera en el territorio boliviano se han dado principalmente en la zona del altiplano y los valles interandinos. Para realizar una reseña histórica del proceso que ha sufrido la ganadería en la región andina de Bolivia es necesario remontarse al Incario, donde los campesinos Quechuas y Aymaras, para aprovechar los recursos de las asociaciones de gramíneas y plantas herbáceas, utilizaron llamas y alpacas, eficaces camélidos transformadores de la cubierta vegetal adaptados a las condiciones de ese habitat por ser animales que han evolucionado en la región andina.

Aparentemente, los sistemas pecuarios de producción en el pasado estaban en balance con la capacidad de carga de los pastizales.

Con la conquista española se introdujeron nuevos sistemas de cultivo, tecnología y ganado europeo, principalmente ovejas, vacas y cabras. Todos estos elementos fueron desplazando paulatinamente a las costumbres ancestrales de los campesinos, produciendo consiguientemente un gran desequilibrio de la ecología andina. En cuatro siglos los suelos y la vegetación han sido sometidos a un intenso sobrepastoreo que ha rebasado la capacidad de carga que los terrenos pueden soportar, empobreciendo los suelos y degradando la vegetación.

En el altiplano y valles, la erosión causada por el sobrepastoreo del ganado, ha llegado a extremos de suma gravedad, reduciendo el nivel de subsistencia de los campesinos, al punto que se plantea la reimplantación de tecnologías agrícolas y ganaderas indígenas, con el fin de recuperar el equilibrio inicial, especialmente en zonas donde las limitantes ecológicas como las bajas temperaturas y precipitaciones son factores determinantes para las actividades agropecuarias.

## **Efectos de la extracción forestal y tala de bosques**

Bolivia dispone de una gran riqueza forestal en sus extensos bosques naturales, que consiste principalmente en la presencia de una gran variedad y volumen de especies vegetales maderables.

La deforestación y explotación selectiva de especies maderables, determinan una reducción progresiva de la cobertura boscosa, particularmente en la región localizada entre Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija que corresponde a la zona árida del Chaco boliviano, con una elevada inestabilidad biofísica, donde se desarrolla un monte semiárido bajo xerófitico con dominación de especies caducifolias. La explotación fue tan intensa, que hoy no existe la posibilidad de un aprovechamiento forestal rentable, por la escasez de árboles maderables.

## **Efectos de las actividades mineras**

Los problemas ambientales generados por la actividad minera en Bolivia y que causan problemas de desertificación, se remontan desde la época de la colonización española, cuando en el proceso de extracción y concentración de los minerales contaminan la vegetación y principalmente las masas de agua.

En el departamento de Potosí, la contaminación se inició con la introducción del mercurio, para la producción de plata en los ingenios accionados por energía hidráulica. El agua utilizada en estos ingenios, volvió al cauce de los ríos depredando la fauna, los suelos agrícolas y la vegetación de los valles interandinos (Muños Reyes, 1990).

## **PRINCIPALES CAUSAS DE LA EROSION**

En casi todo el país una de las principales causas de la erosión es la larga historia de deforestación, la tala indiscriminada de árboles y arbustos, sea para leña o para abrir campos de cultivo, en el caso del pequeño campesino, sea para transformar grandes extensiones en pasto o para el monocultivo en el caso del empresario agropecuario.

En el altiplano y valles, caracterizados de modo general por suelos frágiles, bosques de baja productividad y condiciones climáticas adversas, sequías y heladas, la degradación de las tierras se debe en gran parte al desbosque en busca de leña como fuente energética y a la utilización de prácticas agropecuarias que ya no son apropiadas, dada la situación de minifundización y la presión demográfica, es decir, una población creciente en tierras limitadas por la imposibilidad de acceder a tierras nuevas. Entre estas prácticas se destacan la quema para la renovación de pastizales, el cultivo en pendientes y el sobrepastoreo.

El sobrepastoreo lleva a una erosión mayor porque cambia la composición vegetal, deja al suelo expuesto y destruye el sistema de raíces de las plantas. El pisoteo constante del ganado compacta el suelo haciéndolo más susceptible a la erosión en surcos y cárcavas.

El cultivo de tierras marginales y el cultivo de pendientes son, todavía, más dañinos que el sobrepastoreo, (B. de Morales, 1990).

Además es importante notar los impactos de la modernización en la agricultura campesina, a través de los proyectos de desarrollo, en cuanto a erosión, aumento de plagas y baja productividad, aunque esto quizás no es generalizado en el caso boliviano. La introducción de mecanización, sistemas de riego inapropiados y paquetes tecnológicos, así como la suspensión de la tradicional rotación de cultivos, son factores negativos para la conservación de los suelos (Libermann, 1992).

## **LOS PRINCIPALES EFECTOS DE LA EROSION**

### **Pobreza**

La pobreza definida a través de sus características, es el estado en el cual es imposible lograr niveles adecuados de alimentación, vivienda, servicios de salud, educación, saneamiento ambiental y estímulos socio culturales. Es la ausencia de recursos que aseguren la satisfacción de las necesidades básicas. Las consecuencias primeras de la pobreza son la desnutrición, la morbilidad, el bajo nivel educativo, el hacinamiento, las deficientes condiciones higiénicas del habitat, el deficiente desarrollo psicomotor de los niños y la mortalidad precoz. (Morales, 1990).

La pobreza en Bolivia es también un fenómeno generalizado dado que la mayor parte de la población vive en ella. Un cálculo conservador indica que más del 60% de la población está pauperizada; la pobreza afecta a 8 de cada 10 personas en el área rural y la pobreza extrema a 5 de estas 8 (Min. de Plan. Estrategia, 1992). Y es el sector campesino-indígena el más impactado: más de tres millones de campesinos minifundistas son indígenas, pues no satisfacen ni el 70% de sus necesidades alimenticias básicas, y más de un millón de campesinos bolivianos son indigentes extremos, ya que no satisfacen 30% de estas necesidades básicas de alimentación (Urioste, 1988, p. 123).

### **Migración: Huir de la pobreza y de un medio degradado, en búsqueda de una vida mejor**

La relocalización de los patrones espaciales del desarrollo ha provocado una fuerte migración hacia los valles, pero sobre todo hacia las regiones tropicales y subtropicales del país. La crisis agroecológica en el altiplano y valles, también ha provocado una migración hacia las zonas de colonización (departamentos de Cochabamba-Chapare, Pando, Beni y Santa Cruz). Actualmente, los departamentos de Cochabamba, Santa Cruz, Tarija y Pando son los principales receptores de las olas migratorias; los departamentos de Potosí, Oruro, Chuquisaca, y en menor grado, La Paz, son los mayores expulsores de población (Bolivia, 1992).

La colonización agudiza la deforestación y, eventualmente, desertificación en las regiones tropicales y subtropicales del país.

### **Principales causas y su incidencia en la desertificación**

Para una mejor organización de las causas directas e indirectas estas se agrupan en aspectos biofísicos, socioeconómicos y legales:

## ASPECTOS BIOFISICOS

### a) Tierras

- Baja disponibilidad de los suelos con vocación agropecuaria.
- Baja potencialidad de los suelos para actividades agropecuarias principalmente.
- Sobrepastoreo de praderas nativas y artificiales.
- Alta susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica, agravada por su fisiografía natural, baja cobertura vegetal y las características intrínsecas de los suelos.
- Salinización y sodificación de los suelos productivos bajo riego, como resultado de un manejo inadecuado de suelos y aguas.
- Pérdidas de fertilidad natural de los suelos, por el efecto extractivo de cultivos y la poca o nula reposición de nutrientes.
- Inadecuados sistemas de producción agropecuaria.

### b) Aguas

- Alta dinámica de los ríos.
- Escasa disponibilidad de recursos hídricos para uso agropecuario y otros usos.
- Manejo inadecuado del agua en el riego.
- Contaminación de aguas por actividades mineras y desechos urbanos.

### c) Vegetación

- Deforestación para diferentes usos
- Baja cobertura natural
- Extracción excesiva de especies económicas y de subsistencia.

### d) Cuencas

- Incipiente desarrollo de programas orientados al manejo integral de cuencas.
- Escasa disponibilidad y baja capacidad institucional para el establecimiento de mejoramiento de sistemas agroforestales a nivel de cuencas.
- Carencia de sistemas de administración y gestión de cuencas.
- Recurrencia de desastres naturales de incidencia antrópica.

### e) Clima

- Distribución irregular de las precipitaciones.
- Déficit en el balance hídrico en la mayor parte de las regiones del valle.

## **ASPECTOS SOCIOECONOMICOS Y LEGALES**

- Presencia marcada de la pobreza campesina en los diferentes ecosistemas de los valles.
- Asentamientos humanos en áreas inadecuadas.
- Deficientes mecanismos operativos para la región ambiental.
- Aspectos negativos a consecuencia del tamaño y tenencia de la propiedad rural.
- Ausencia de leyes específicas y complementarias a la Ley General del Medio Ambiente.
- Deficiencia de políticas sobre manejo y conservación de recursos naturales renovables.
- Carencia de políticas que promueven el aprovechamiento integral de los recursos naturales.

## **ALTERNATIVAS IDENTIFICADAS**

- Naturales
- Conservación, recuperación y rehabilitación de tierras.
- Mejoramiento de la productividad y calidad de los suelos disponibles.
- Cosecha de agua de lluvias.
- Manejo integral de cuencas.

### **Inducidas**

- Restauración y repoblamiento forestal.
- Ordenamiento de los bosques nativos e implantados.
- Implementar sistemas de producción agrosilvopastoril sostenible.
- Evaluación del estado y susceptibilidad de los suelos respecto a la erosión hídrica.
- Manejo racional de suelos y agua.
- Establecimiento de sistemas agroforestales.
- Prácticas específicas de manejo de la relación suelo-plantas.
- Mejoramiento de los sistemas de producción.
- Cosecha de aguas.
- Restauración hidrológica de las cuencas y microcuencas.
- Gestión eficiente de sistemas de riego.
- Tratamiento de aguas contaminadas por diferentes causas.
- Racionalizar el uso de químicos en la producción agropecuaria.

### **Institucional**

- Incorporación de políticas ambientales en el proceso de planificación, considerando los alcances de la Ley de Participación Popular.
- Conformación de los consejos de planificación departamental para el desarrollo.
- Organización de sistemas de información integrados.

- Implementación de Secretarías Departamentales de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

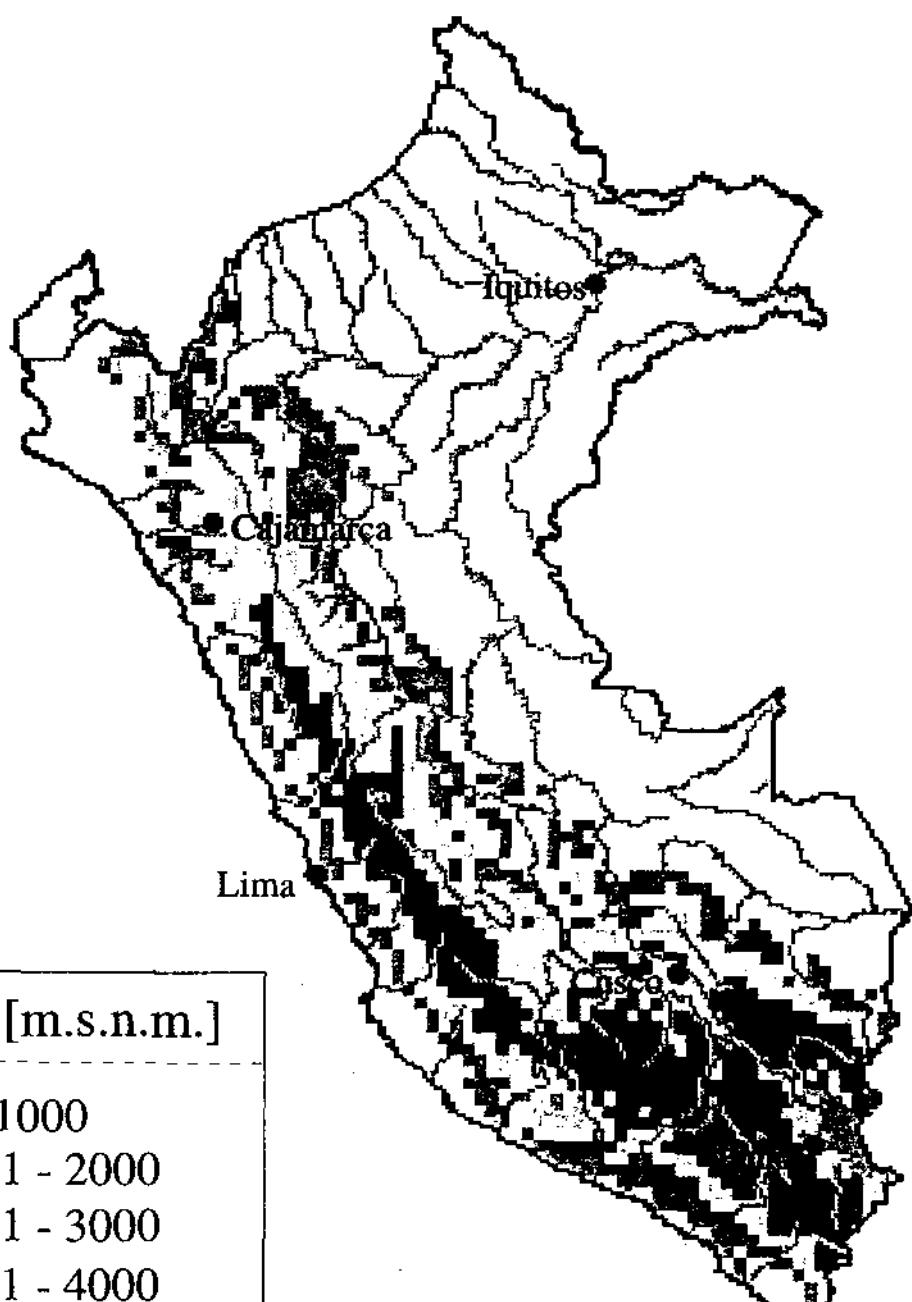
### **Socioeconómico**

- Implementación de programas de desarrollo sostenible y alternativo.
- Promoción de acciones para concientizar a la comunidad nacional e internacional sobre la importancia de los recursos naturales.
- Incorporación del tema de medio ambiente y recursos naturales en la educación formal e informal.
- Adecuación de los asentamientos poblacionales de acuerdo al ordenamiento territorial.

### **Legales**

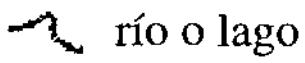
- Promulgación de las leyes complementarias y específicas, a base de una concertación de los sectores involucrados.
- Consolidación de la propiedad rural.

# PERU

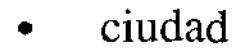


Altitud [m.s.n.m.]

- [Light Gray] 0 - 1000
- [Dark Gray] 1001 - 2000
- [White] 2001 - 3000
- [Hatched] 3001 - 4000
- [Black] > 4000



río o lago



ciudad



## **4.0 EXPERIENCIAS DE MANEJO DE CUENCAS**

### **4.1 En los Países Andinos**

#### **4.1.3**

## **PROBLEMATICA NACIONAL, ACCIONES Y PROPUESTAS DE MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS DE LADERA EN EL PERU**

*Carlos Torres M.\**

### **UBICACION DE CUENCAS EN EL PERU**

**La vertiente del Pacífico**, con una extensión de 279,689 km<sup>2</sup> (21.76% del área total del país), está constituida por 53 ríos o cuencas principales.

**La vertiente del Atlántico** abarca un área de 956,751 km<sup>2</sup> (74.5 % de la extensión total del país) y está constituida por tres ríos principales: Marañón, Ucayali y Huallaga, este último afluente del primero. El curso de la mayoría de los ríos es sinuoso, drenando estos en diversas direcciones, pero confluyendo hacia el gran troncal que representa el río Amazonas.

**La Hoya del Titicaca** está conformada por aproximadamente 12 ríos principales, dispuestos en forma radial. La Hoya del Titicaca es internacional, pues ocupa parte de los territorios de Perú y Bolivia; tiene una extensión en territorio peruano de 48,775 km<sup>2</sup>, incluyendo la porción correspondiente del Lago.

### **Problemática de erosión y deforestación**

El Perú es un país provisto de heterogénea topografía, con grandes variaciones climáticas, geomorfológicas, ecológicas, geológicas, etc., que aunadas a la sobre-explotación y uso inadecuado de los recursos naturales, generan graves problemas de erosión, inundación, desertificación, degradación, deslizamientos, etc., los que inciden directamente en la baja producción de la tierra y por consiguiente en un bajo nivel de ingresos de los agricultores.

---

\* Director Ejecutivo del Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHS), Perú.

Sobre una superficie total de 128'521,560 ha, solamente el 2.8%, es decir, 3'350,000 ha de tierras son aptas para cultivos intensivos. De esta superficie actualmente se encuentra bajo uso agrícola 770,000 ha en la región de la costa; 1'800,000 ha en la sierra y 600,000 ha aproximadamente en la selva.

Se dispone de 4'902,000 ha de tierras para cultivos en limpio y 2'707,000 ha de tierra para cultivos permanentes, de acuerdo a lo señalado en el documento "Clasificación de la tierra por capacidad de uso mayor" (ONERN, 1982), los que sumados alcanzan aproximadamente a 7'600,000 ha que representan el 5.9% de la superficie del país.

Del examen de esta información puede concluirse que la región más afectada es la sierra, por presentar hasta 6'000,000 ha con serios problemas de erosión y 15'102,000 ha con medianos problemas de erosión y localmente serios. En segundo lugar se ubica la selva Alta con 300,000 ha con serios problemas de erosión y 4'800,000 ha con medianos problemas de erosión y localmente serios.

Con relación al deterioro de bosques y pastos debe mencionarse que su deterioro es alarmante en los últimos años, tal es así que en la región de la selva existe una deforestación anual promedio de 300,000 ha que acumulados arrojan actualmente una cifra estimada de 10'500,000 ha, que entre otras evidencias se refleja en la presencia de problemas de inundación a lo largo del río Ucayali.

En lo referente a pastos altoandinos, existen 21'795,000 ha, de los cuales aproximadamente la mitad hoy se encuentran con serios problemas de sobrepastoreo y afectados por años de sequía, principalmente al sur del país como son Puno, Cusco, Arequipa, Huancavelica y Apurímac, que en conjunto poseen 14'555,000 ha de pastos representando el 67% del total de pastos del país. De esta cifra, aproximadamente 7'000,000 estarían con problemas de sobrepastoreo y erosión laminar, aparentemente imperceptibles, de consecuencias imprevisibles.

### **El potencial forestal**

El Perú es un país considerado como un importante centro de germoplasma del mundo, aportando alrededor de 160 especies de flora y fauna nativa domesticadas a la agricultura y ganadería.

Los recursos forestales se extienden en 75.8 millones de hectáreas, que representan el 59% del territorio nacional. De ese total, el 92% se encuentra en la selva, recibiendo un fuerte impacto de la agricultura migratoria y del aprovechamiento inadecuado; mientras que en la costa, los ecosistemas están siendo depredados por la producción de leña y carbón, así como por la actividad langostinera; en la sierra los escasos recursos forestales están fuertemente presionados por la demanda de leña.

Por otro lado, tenemos que la deforestación a nivel nacional avanza a razón de 250,000 ha/año.

## **Pobreza crítica en la zona andina**

De acuerdo al mapa de pobreza (que considera 4 grupos: muy pobre, pobre, regular y aceptable) por el Instituto Nacional de Estadística e Información (INEI), los departamentos más pobres del país se encuentran en la zona altoandina.

El mapa de pobreza del Perú sirve al PRONAMACHS como guía en la toma de decisiones para la asignación de recursos; este parámetro unido a la ubicación de cuencas en la región altoandina y los problemas severos de erosión y deforestación determinan el diseño de las estrategias de trabajo orientadas a la atención prioritaria de estas zonas deprimidas en las que se tiene muy en cuenta la participación comunal organizada en la ejecución de las actividades propuestas.

## **4.0 EXPERIENCIAS DE MANEJO DE CUENCAS**

### **4.1 En los Países Andinos**

#### **4.1.4**

### **AVANCES Y PROPUESTAS DE INVESTIGACION EN CONSERVACION DEL SUELO EN LA SIERRA DEL PERU**

*Carmen Felipe-Morales B.\**

En los últimos diez años, y de manera cada vez más creciente, se viene haciendo un gran esfuerzo por la conservación de los suelos en el Perú y en particular de la sierra. Indudablemente, la mayor magnitud del trabajo ha sido efectuado por el Estado, a través del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHS); sin embargo, no se puede subestimar el esfuerzo que muchas Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) vienen efectuando al respecto.

Lamentablemente, a la ejecución de obras conservacionistas, no le ha seguido en la misma medida la realización de investigaciones en conservación del suelo. Esta labor está a cargo mayormente de las universidades, sobre todo estatales, pero como se sabe, ellas en general no cuentan con los recursos económicos necesarios para la investigación, lo que restringe el número de investigadores, así como la continuidad de las mismas.

Cabe señalar los trabajos realizados por ONERN, ahora INRENA, sobre evaluación de problemas de erosión a nivel de cuencas hidrográficas, el mapa de erosión del Perú, que ha sido parcialmente publicado, así como el inventario nacional de andenes, que no ha sido culminado.

Entre las líneas de investigación que denotan mayores avances cabe citar a las siguientes:

1. Medidas de la escorrentía, erosión y pérdida de nutrientes con diversos sistemas de cultivo y prácticas de conservación del suelo (con uso de parcelas de escorrentía).

---

\*Ing. Agrónoma, Doctora en Ciencias Agronómicas con especialidad en Suelos. Docente principal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

2. Diagnóstico de la erosión y cartografía de la erosión de los suelos en cuencas y microcuencas hidrográficas.
3. Inventario y caracterización de andenes y propuestas de rehabilitación.
4. Inventario y caracterización de camellones o "Waru - Waru" y su rehabilitación.
5. Inventario y caracterización de prácticas agroforestales con fines de conservación del suelo.
6. Efecto de prácticas agroeconómicas de conservación del suelo en el control de la erosión.

Entre las investigaciones que deberían efectuarse, como un apoyo a los trabajos de conservación del suelo, que se están realizando en la sierra, caben mencionar los siguientes:

1. Análisis de la erosibilidad de las lluvias y la confección de mapas isoprodentes por cuencas hidrográficas.
2. Efecto de obras de conservación del suelo, en el incremento del volumen de agua de los manantiales, en el control de la erosión y el incremento de la productividad.
3. Sobre distanciamiento óptimo, entre zanjas de infiltración y barreras vivas, según zonas agro-climáticas, tipo de suelo, pendiente y cultivo.
4. Sobre efecto del riego en laderas.
5. Sobre compactación del suelo por el ganado.
6. Sobre elección de especies arbustivas a ser empleadas como barreras vivas.
7. Sobre formas de organización social, para lograr la real participación de acciones sostenidas de conservación del suelo.
8. Sobre inventario, caracterización y recuperación de prácticas tradicionales de conservación del agua y del suelo.
9. Sobre métodos adecuados de labranza del suelo.

## **4.0 EXPERIENCIAS DE MANEJO DE CUENCAS**

### **4.2 Experiencias Nacionales**

#### **4.2.1**

## **PROYECTO NACIONAL DE MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS Y CONSERVACION DE SUELOS, PRONAMACHS**

### **Una Propuesta desde la Experiencia Campesina**

**Antenor Florindez \***

#### **INTRODUCCION**

La preocupación en el país por el uso sostenible de los recursos naturales es tan antigua como las civilizaciones que lo han habitado. Los logros realizados en el Perú antiguo todavía se muestran por todo el país. La Historia nos presenta a culturas de nuestro medio con estructuras sociales orientadas al manejo racional de los recursos naturales.

Se afirma asimismo que dichas estructuras económicas y sociales estaban sustentadas por una ideología que tenía como valores morales, religiosos y artísticos a los recursos naturales.

Al llegar la conquista, la colonia quebró este sistema socio-político, al anteponerle un orden social totalmente diferente. El español no sólo abandonó la preocupación por la construcción de nueva infraestructura agraria, sino lo que es más grave, quebró bruscamente la base ideológica que sustentaba el uso cuidadoso de los recursos naturales, reemplazándola por esquemas ideológicos egoístas en el manejo de los ecosistemas.

Estas concepciones erradas del Perú colonial se han mantenido, tal como lo señalan muchos estudiosos de nuestra historia. Felizmente a partir de las últimas décadas se retoma el interés por la defensa de los recursos naturales. Se empieza así mismo a comprender que el manejo racional del recurso incrementa la calidad y cantidad de la producción agropecuaria.

---

\* Director, PRONAMACHS - Cajamarca

Es como resultado de este proceso que aparece el Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos - PRONAMACHS, una institución descentralizada del Ministerio de Agricultura, pretendiendo ser depositario de esa herencia cultural en el manejo racional de los recursos naturales y definiendo en sus acciones y estrategias un perfil de trabajo con las siguientes características:

- Se compromete a diseñar una propuesta social, técnica y de promoción para la conservación de los recursos naturales.
- Se esfuerza por poner en práctica, políticas orientadas hacia el manejo cuidadoso de los recursos naturales.
- Delimita como espacios de trabajo a las unidades productivas naturales como son las cuencas hidrográficas.
- Realiza esfuerzos para reorientar los recursos del Estado para el manejo racional de los recursos productivos agropecuarios.

Después de muchos años de trabajo en equipo en el medio andino, se han empezado a ver resultados favorables en la recuperación de los recursos naturales y se ha contado con la participación activa de las familias campesinas, que efectúan trabajos de rehabilitación y conservación de los ecosistemas en espacios geoeconómicos, como son las microcuencas.,

## REGION CAJAMARCA

El ámbito actual de trabajo comprende el espacio de la cuenca del río Crisnejas, el cual es afluente del río Marañón. El río Crisnejas recibe flujos de agua de varios afluentes que configuran subcuencas, pudiéndose mencionar como principales al río Condebamba y Cajamarca.

La cuenca del río Crisnejas comprende parte de las provincias de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, abarca una extensión aproximada de 120,000 ha y una población de 11,786 habitantes.

La zona presenta un relieve bastante irregular con desniveles que van desde los 1900 a 3800 msnm con una gran variabilidad biótica, climática y edáfica, que para fines de mayor comprensión se puede zonificar horizontalmente en zonas agroecológicas. Esta zonificación se ha hecho en función del relieve topográfico, temperaturas máximas y mínimas, precipitación y la distribución, y expansión de las montañas a la luz solar, vegetación existente, etc.

La producción agropecuaria es mayormente de autosubsistencia, depende del comportamiento climático para entrar en el mercado con algunos excedentes.

Se puede aducir que los campesinos están utilizando para labores agrícolas suelos que no tienen vocación para este fin, no por ignorancia sino, ante la escasez de tierras de cultivo.

En el ámbito existe diversidad de organizaciones sociales, tanto las inducidas por los organismos de desarrollo como las naturales. Las organizaciones inducidas son más funcionales a los entes externos, es decir, al fiel cumplimiento de sus objetivos y metas y su duración depende de la permanencia de las instituciones. Las organizaciones naturales de base, están ligadas a la forma de vida y costumbres de las comunidades, especialmente a sus tradiciones de trabajo agrícola como: mingas, grupos multifamiliares o a organizaciones de autodefensa, como las rondas campesinas.

PRONAMACHS de Cajamarca trabaja también en condiciones como las de San Marcos, en una microcuenca de clima muy seco, donde los ríos son muy pobres en volúmenes de agua, a pesar de ello, los avances han sido notorios en la rehabilitación del ecosistema.

## **PROPIUESTA DE TRABAJO**

El planteamiento propone tomar como espacios de desarrollo a las unidades naturales de vida, en donde se logre encontrar medios para tener una producción sostenida de los frágiles ecosistemas andinos, logrando al mismo tiempo una relación armónica entre la sociedad humana y la sociedad natural.

Estos espacios de vida son fundamentalmente ámbitos, donde se dan diferentes relaciones de complementariedad ecológica, de flujos económicos, culturales, sociales, etc., que en primer lugar aseguren el bienestar de sus habitantes y luego exporten excedentes hacia otros espacios.

En este sentido la hidrografía, especialmente en zonas de alta montaña, es una unidad territorial natural y básica que permite la planificación apropiada para la utilización de los recursos agua, suelo y vegetación. Sin embargo, por la variabilidad climática propia del medio andino, las cuencas por sí solas no proporcionan seguridad alimentaria a sus habitantes, siendo necesario la complementariedad entre cuencas generando espacios mayores o multicuencas.

Este espacio multicuenca permite finalmente integrar el aprovechamiento racional de los recursos, seguridad alimentaria, flujos económicos, sociales y culturales.

En estos espacios hidrográficos la base productiva actual es la agropecuaria, su revitalización y fortalecimiento es básico para la producción de alimentos,

transformación y comercialización, asimismo el apoyo de los centros poblados mayores y menores con servicios a la producción y población.

## ESTRATEGIA FORMULADA PARA LA IMPLEMENTACION DE ACCIONES

Se han definido etapas:

Primera etapa	:	1981 - 1986
Segunda etapa	:	1987 - 1989
Tercera etapa	:	A partir de 1989

En las dos primeras etapas se llevó al campo, a través de las técnicas, la estructura del paisaje, que debería recomponerse en base al concepto de ordenamiento de cuencas y tomando como base los estudios semidetallados de suelos, uso actual y potencial, realizados en 1978.

Se asumió que los causantes del deterioro del ecosistema andino, eran los campesinos que por su ignorancia hacían uso irracional de los recursos naturales, motivo por el cual la tarea central era la capacitación y toma de conciencia, para que los campesinos cambien su percepción sobre la realidad y asuman posteriormente una actitud conservacionista de los recursos productivos.

En la tercera etapa, por las limitaciones anteriores, se llegó a la conclusión que serían los propios campesinos con el apoyo de los técnicos y las instituciones, quienes propongan y desarrollos el tipo de paisaje o ecosistema que desean habitar. Este paisaje debe tener los elementos propios y exógenos que sean pertinentes a las condiciones medio ambientales, sociales y económicas, delimitado por espacios como: unidades productivas o chacras, caseríos, microcuencas o multicuencas.

El aspecto organizativo debe basarse en los existentes o naturales, especialmente en aquellos vinculados a los aspectos productivos, tales como las mingas, el ayni, etc., ligando organización, apoyo con recursos, más un tipo de reflexión grupal sobre la evolución y/o involución del paisaje.

En esta sede regional actualmente se trabaja lo que denominamos la tercera etapa, la cual presenta las unidades de análisis previstas:

### a. En el orden biofísico

- Unidad agropecuaria: parcela campesina o chacra.
- Unidad territorial: caserío o comunidad.
- Unidad hidrográfica: microcuenca, subcuenca, cuenca.
- Unidad multicuenca o espacios de complementariedad o seguridad alimentaria.

os b. **En el orden social**

- Familia campesina
- Grupos multifamiliares: ayllis o aynis
- Comités u organizaciones campesinas por cuenca

c. **En el orden ecológico**

Zonas agroecológicas de:

- Jalca
- Ladera
- Valle

ra  
le  
y  
En el orden biofísico se plantea la recuperación ecológica del paisaje, a partir de cada  
unidad agropecuaria, buscando en este espacio y según la zona agroecológica, un  
equilibrio entre pastos, montes y cultivos. Además de utilizar de manera eficiente las  
fuentes de agua existentes. Se asume que un buen manejo de cada una de las  
unidades agropecuarias lograría el acondicionamiento productivo de la unidad  
territorial, de la unidad hidrográfica y de la unidad de complementariedad ecológica o  
multicuenca.

ra  
le  
y  
En el orden social, el manejo de cada chacra en cada una de las unidades espaciales no  
resuelve otros problemas relacionados al acondicionamiento, que va más allá de la  
unidad productiva familiar, tales como: defensas ribereñas, control de cárcavas  
interprediales o interunidades territoriales, infraestructura de agua, protección de  
áreas de captación de aguas, etc.

ra  
le  
y  
La carencia de alimentos en determinadas áreas y zonas agroecológicas hace que  
sus habitantes se muevan en busca de sustento, no sólo en el sentido vertical y  
horizontal, en su cuenca de origen, sino también hacia cuencas vecinas,  
principalmente en aquellas generadas por la misma montaña. Este espacio  
multicuenca que da seguridad alimentaria, genera interrelaciones de tipo social y  
económico que determina un espacio mayor para el manejo y conservación de los  
recursos naturales en función de la continuidad de la vida.

ra  
le  
y  
En el orden social, la unidad básica para las labores productivas es la familia, pero las  
faenas fatigantes se hacen mediante la unión de familias. Estos grupos  
multifamiliares vinculados por lazos de parentesco, compadrazgo y amistad  
constituyen la fuerza básica para las labores de recuperación ecológica del paisaje.  
Para esta tarea, después del proceso de discusión y análisis de chacra, deciden  
trabajar rotativamente durante el tiempo que sea necesario, para realizar todo el  
acondicionamiento de las unidades, hasta recuperar en el largo plazo su capacidad  
productiva.

Si las circunstancias lo requieren, a partir de la unión de grupos, fácilmente se pueden conformar organizaciones mayores que puedan tomar acciones a nivel de unidad territorial, principalmente para encarar obras de infraestructura productiva, transformación y comercialización de productos, etc. Esta tarea se liga muchas veces a organizaciones existentes como las rondas.

En el orden ecológico se ha tomado el concepto de estratificación horizontal por zonas agroecológicas encontrando tres zonas bien diferenciadas: Jalca, Ladera y Valle. Según sean las zonas agroecológicas, las chacras tienen características de manejo específico, tanto en el tipo de técnicas de conservación, como en las especies vegetales, como forestales, pastos y cultivos.

En esta zona montañosa, el hombre andino de manera milenaria (20,000 años) ha desarrollado un conjunto de formas organizativas y tecnológicas que debidamente rescatados, revalorados y vigorizados son la base para esta propuesta de rehabilitación ecológica del paisaje.

La rehabilitación permitirá recuperar la capacidad productiva de las unidades agroecológicas, mejorar los niveles de autosubsistencia de las familias campesinas, ingresar con mayor fuerza al mercado para aumentar sus ingresos y abastecerse de productos manufacturados.

La tarea de los técnicos del proyecto consistirá en acompañar a los campesinos para iniciar y fortalecer el proceso y la discusión sobre la pertinencia de la recuperación del paisaje.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

FLORINDEZ, ANTENOR. Manejo de Cuencas: "Una Propuesta desde la Experiencia Campesina"

PRONAMACHS AGRARIO. 1994. Ministerio de Agricultura, Año 1, N° 7. p. 2.

## **4.0 EXPERIENCIAS DE MANEJO DE CUENCAS**

### **4.3 Experiencias Locales**

#### **4.3.1**

## **MANEJO Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO JEQUETEPEQUE**

*Godofredo Rojas V.*

### **PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE - ZAÑA**

#### **RESUMEN**

Este trabajo tiene como objetivo fundamental presentar las acciones realizadas por el Proyecto Especial Jequetepeque - Zaña en su proceso de desarrollo, al concepto de "Gestión Integrada de Cuencas con Fines de Desarrollo del Hombre", planteado por la Dirección de Recursos Naturales de la CEPAL.

Desde su creación el proyecto ha ejecutado diversos estudios, desde prefactibilidad hasta definitivos, para aprovechar las aguas de los Ríos Jequetepeque, Zaña, Cajamarca y Namora con la finalidad de desarrollar la agricultura de 66,000 ha de tierras en los Valles de Jequetepeque y Zaña, así como generar 86 MW de energía eléctrica y proyectarse al aprovechamiento turístico del Embalse Gallito Ciego. Estas actividades están enmarcadas en lo que corresponde a denominarse las acciones previas (Cuadro 1).

Para lograr las metas planteadas en los estudios, se han ejecutado las obras de infraestructura hidráulica mayor y menor, así como otras obras conexas como el Asentamiento Poblacional Ciudad de Dios y la variante de la Carretera a Cajamarca. Estas obras ejecutadas corresponden a la actividad intermedia que comprende Diseño para ejecución, pruebas y supervisión.

A partir del año 1988 en que se inaugura la Presa Gallito Ciego, el proyecto implementa la Dirección de Operación y Mantenimiento con la finalidad de cautelar el uso regulado del agua y operar y mantener las obras hidráulicas mayores. Por otro lado, el proyecto brinda apoyo a la Gerencia de las autoridades de aguas de la Junta

de Usuarios del Distrito de Riego Regulado Jequetepeque y a la Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica Jequetepeque. Estas actividades corresponden a la actividad permanente relacionada con la Administración del Agua.

Finalmente, el proyecto ha tratado de adecuar su funcionamiento desarrollando actividades permanentes de manejo de cuenca, a fin de aprovechar razonablemente el recurso hídrico; y para ello se han firmado convenios con las ONGs de la cuenca alta y baja, para promover las defensas ribereñas, la protección de laderas, mediante forestación, uso racional de la agricultura. Así mismo, se han desarrollado tres Forum (1993, 1994 y 1995) relacionados con la Gestión Integral de Cuencas, con la asistencia de los alcaldes, instituciones públicas y privadas, cuyos resultados han permitido integrar a los actores principales que son los productores agropecuarios, quienes están gestionando al Banco Mundial el apoyo para elaborar un Plan Director de Desarrollo de la cuenca del Río Jequetepeque.

## 1. ANTECEDENTES

Por Decreto Supremo N° 420-77-AG del 26 de octubre de 1977, se crea el Proyecto Hidroenergético Jequetepeque - Zaña con la finalidad de almacenar y regular las aguas del Río Jequetepeque para riego y generación de energía eléctrica; hasta la fecha se han ejecutado las siguientes obras hidráulicas: presa Gallito Ciego con un volumen total de 571 millones de metros cúbicos, Bocatoma Talambo - Zaña con capacidad de captación de 70 m<sup>3</sup>/s y otras Obras de Infraestructura de Riego Menor.

Las Obras de Generación de Energía Eléctrica son las siguientes: Minicentral Gallito Ciego de 220 KW y la Central Hidroeléctrica Gallito Ciego de 34 MW (actualmente en ejecución).

A partir de la inauguración de la Presa Gallito Ciego, el proyecto ha implementado el funcionamiento de la Dirección de Operación y Mantenimiento, con una División de equipo Hidromecánico y una División de Auscultación y Mantenimiento de Obras Civiles; para planificar y ejecutar las actividades de operación, mantenimiento y evaluación. Estas actividades se iniciaron el año 1988 con el asesoramiento del Banco Alemán KFW, y se mantienen hasta la fecha con financiamiento del Tesoro Público y aportes de la Junta de Usuarios.

El Estudio de Ordenamiento Ambiental para la cuenca del Río Jequetepeque ejecutado por ONERN en 1988, planteaba la toma de medidas técnicas para el control de erosión que alcanza a 1.4 millones de m<sup>3</sup>/año; y además recomienda a DEJEZA la creación de una Oficina Ambiental. Por su parte el Proyecto ha ejecutado las mediciones de la sedimentación en el embalse, mediante métodos batimétricos, dando como resultado que en un período de 8 años se han acumulado 8'290,512 de m<sup>3</sup> de sólidos en suspensión y material de arrastre.

## 2. AMBITO DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El ámbito de influencia del Proyecto en su primera etapa lo constituye la cuenca del Río Jequetepeque de 4,230 km<sup>2</sup>, que comprende a las provincias de San Miguel, San Pablo, Cajamarca en el Departamento de Cajamarca y a las provincias de Chepén y Pacasmayo en el Departamento de La Libertad, geográficamente se encuentra ubicada entre 78° 20 y 79° 40 de longitud oeste y entre 6° 50 a 7° 30 de latitud sur (Fig. 1).

En cuanto a recursos hídricos los principales ríos que dan origen al Jequetepeque son: San Miguel y Magdalena con una masa anual conjunta de 932 millones de metros cúbicos; la extensión de la cuenca es de 427,651 ha y se distribuye en 44,276 ha con riego y 383,375 ha de secano, se cuenta con 8 unidades bioclimáticas, con un potencial hidroeléctrico de 695 MW y una población total de 253,812 habitantes (Fig. 2).

Fig. 1. UBICACION DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

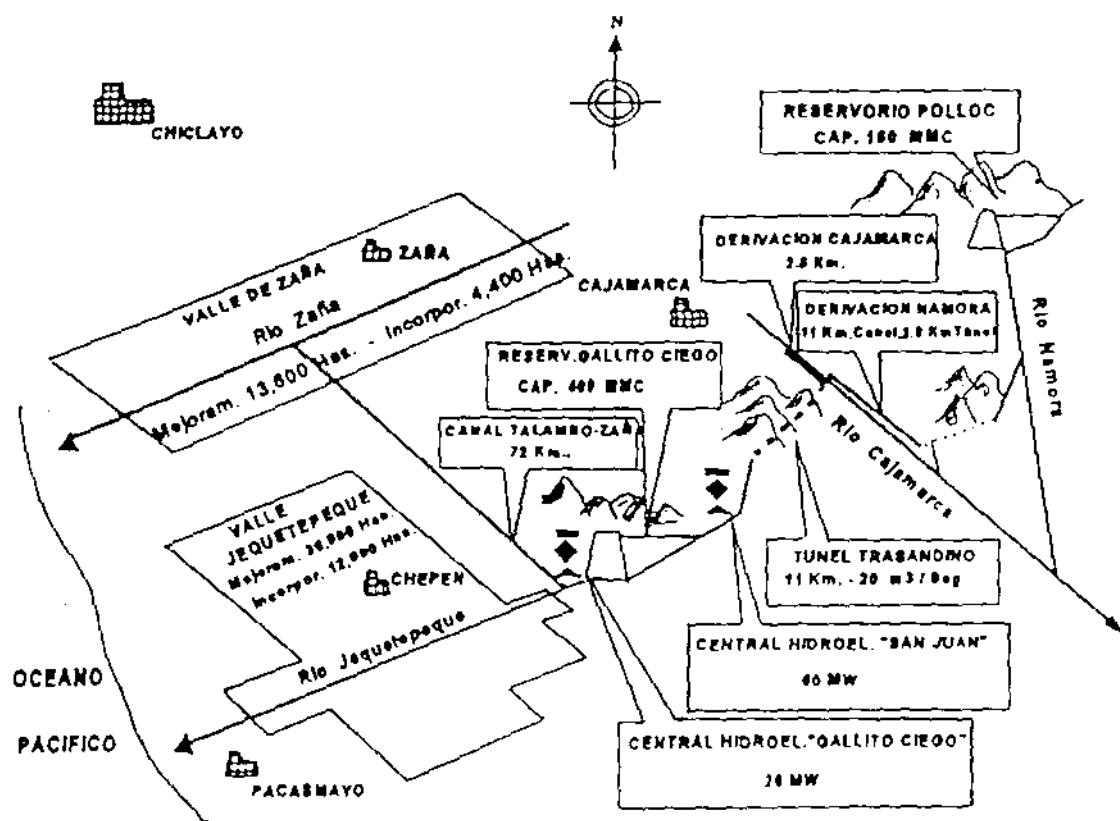
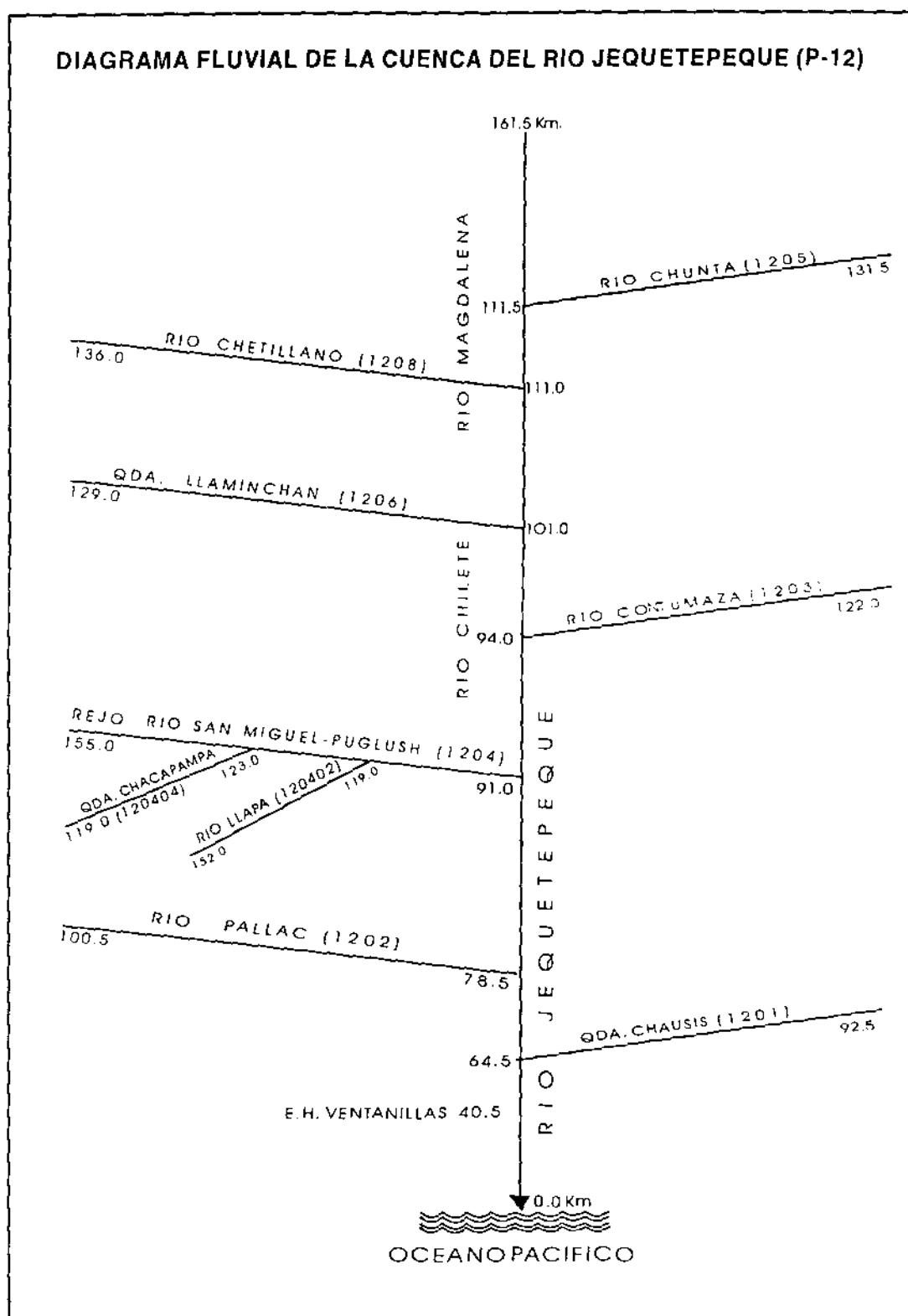


Fig. 2

3.



a)

b)

c)

d)

e)

f)

g)

4.

Co  
pe  
ter  
Pro  
act  
fin  
des  
us  
ma  
sup  
de

4.1

A)

La  
per  
cua  
ma  
inrr

### **3. OBJETIVOS DEL PROYECTO EN EL APROVECHAMIENTO Y MANEJO DEL AGUA**

- a) Almacenar el agua proveniente de la Cuenca para el mejoramiento de riego de 49,600 ha y la ampliación de la frontera agrícola en 16,400 ha
- b) Generación de energía eléctrica aprovechando la caída de San Juan y la energía potencial que se produce en la Presa Gallito Ciego, en total 86 MW.
- c) Operación de las estructuras hidráulicas mayores acorde con las necesidades de agua del Valle (zona Costera).
- d) Mantenimiento y equipamiento de las obras hidráulicas.
- e) Recabación y procesamiento de la información hidrometeorológica para el manejo del agua del Río Jequetepeque.
- f) Preservación y protección de los recursos hídricos de la cuenca del Río Jequetepeque.
- g) Aprovechamiento del Embalse Gallito Ciego para fines de Ecoturismo.

### **4. ACCIONES PERMANENTES EN LOS PROCESOS PARA EL APROVECHAMIENTO Y MANEJO DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO JEQUETEPEQUE.**

Considerando que las actividades de operación y mantenimiento son actividades permanentes mientras dura el período de vida de las obras hidráulicas, y además, teniendo en cuenta el proceso de sedimentación del Embalse Gallito Ciego; el Proyecto Especial Jequetepeque - Zaña, desde el año 1988 inicia una serie de actividades encuadradas dentro del concepto de Gestión Integrada de Cuencas con fines de Desarrollo del Hombre; considerando que la ejecución de Obras Hidráulicas destinadas a usos de: Riego, Hidroenergía, Navegación, uso doméstico e industrial y uso recreacional, requieren de una serie de acciones para el aprovechamiento y manejo del agua, pasando por inventarios, diagnósticos, estudios, ejecución de obras, supervisión, ejecución de pruebas, operación y mantenimiento, hasta la Organización de los Usuarios, tal como se plantea en el Cuadro 1.

#### **4.1. Acciones de Operación y Mantenimiento**

##### **A) Inspecciones**

Las inspecciones son medidas de control y vigilancia que se dan en forma permanente y sirven para valorar las condiciones normales de los equipos, detectar cualquier deterioro o tendencia de deterioro; así como determinar un programa de mantenimiento regular especial y reparaciones requeridas, llevándose a cabo inmediatamente de ser necesaria la reparación o reemplazo correspondiente.

Se tiene clasificado tres diferentes formas de inspecciones:

#### **A.1. Inspecciones de Operación**

Son las efectuadas antes y durante cada operación de los equipos y forma parte de las obligaciones del operador de servicio. Se refiere a antes de la operación, a la revisión de nivel y temperatura de aceite, presiones, estado de filtros y del absorbedor de humedad, etc., así mismo durante la operación, prestar atención a ruidos extraños en motores eléctricos y engranajes, indicaciones de lámparas de señal y alarmas, presiones de aceite, temperatura de los equipos, movimiento de compuertas, abertura y cierre de las válvulas, etc.

En caso de ocurrencias extraordinarias éstas son indicadas en el rubro dentro de la Orden de Reparación e informándose inmediatamente al Jefe de Área.

#### **A.2. Inspecciones Periódicas**

Son de rutina y se efectúan de acuerdo al Cronograma Anual de inspecciones, pueden ser diarias, semanales, mensuales, semestrales y/o anuales, según lo amerite el tipo de estructura o equipo y/o lo recomiende el respectivo Manual de Mantenimiento.

Son realizadas por el personal técnico especializado y el Jefe del área correspondiente.

### **B) Operación**

Las actividades a realizar en Operación se refieren a todas las acciones tendientes a efectuar una eficiente y oportuna distribución de los caudales solicitados para el riego, así como velar por la defensa del valle contra inundaciones, dando un buen manejo de las estructuras hidráulicas y equipo hidromecánico comprometido con las mismas.

El manejo y operación del equipo se ejecuta siguiendo estrictamente las instrucciones dadas en los Manuales de Operación respectivos.

**CUADRO 1**

**ACCIONES TECNICAS DIRECTAS EN LOS PROCESOS PARA EL APROVECHAMIENTO Y MANEJO DEL AGUA**

<b>FASES QUE INDICAN LA TEMPORALIDAD DE LAS ACCIONES</b>	<b>ACCIONES PRINCIPALES</b>	<b>COMPLEMENTOS DE LAS ACCIONES</b>
PREVIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de estudios de aprovechamiento hidráulico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventario de aguas</li> <li>• Evaluación y balance hídrico</li> <li>• Diagnósticos</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de proyectos de aprovechamiento hidráulico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de prefactibilidad</li> <li>• Nivel de factibilidad</li> <li>• Nivel de definitivo y ejecución</li> </ul>
INTERMEDIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de proyectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño para ejecución</li> <li>• Ejecución y pruebas</li> <li>• Supervisión</li> </ul>
PERMANENTES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Administración del Agua (Manejo de los sistemas hidráulicos construidos)</li> <li>• Manejo de Cuenca (Manejo de los Recursos Naturales de las Cuencas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de usuarios de agua</li> <li>• Operación y mantenimiento de las obras hidráulicas</li> <li>• Reparación y mejoramiento de obras y equipamiento</li> <li>• Organización de los usuarios de la cuenca</li> <li>• Ordenamiento del uso de los recursos de la cuenca</li> <li>• Preservación y protección de los recursos de la cuenca</li> <li>• Recuperación y conservación de recursos naturales de la cuenca</li> </ul>
<p><b>RESUMEN:</b> Compatibilización de ofertas y demandas de agua y sostenibilidad ambiental en las cuencas.</p>		

**FUENTE:** Axel Dourojeanni, CEPAL, 1992

Las órdenes de operación son impartidas (por escrito) directamente por el Jefe de Área, según la Instrucción de Operación emanada de la Dirección de Operación y Mantenimiento.

Antes de ejecutar una operación, el operador inspecciona el equipo a operarse, según indica el respectivo Manual de Inspección y Mantenimiento.

Todas las operaciones ejecutadas, son registradas en el "Cuaderno de Operación Diaria", y en caso de fallas y/o problemas, éstos son registrados en "Informes sobre Acontecimientos Especiales".

Las actividades de operación de las estructuras descritas son cubiertas en forma continua, garantizándose el servicio las 24 horas del día mediante turnos de trabajo alternados de 12 horas de duración cada uno.

### C) Mantenimiento

Los trabajos a realizar en el mantenimiento se refieren a todas las acciones tendientes a conservar los equipos y estructuras electromecánicas en óptimas condiciones de funcionamiento.

Estos trabajos se han tipificado en dos grupos:

#### C.1. Mantenimiento Regular o Preventivo

Es una medida preventiva a fin de asegurar la buena operación y el buen estado de todas las partes.

Planificando un mantenimiento regular se podría excluir, en su gran mayoría, reparaciones costosas.

Este mantenimiento obedece a un programa anual elaborado en base a las experiencias en proyectos similares, así como a la evaluación de conocimientos sobre mantenimiento y operación de otras zonas de riego en el Perú.

En general se puede mencionar que el mantenimiento periódico a ser efectuado por el personal de servicio incluye actividades como lubricación y engrase del equipo, limpieza, desoxidación.

#### C.2. Mantenimiento Sistemático

El mantenimiento sistemático correctivo se refiere a trabajos que implican reparaciones o cambios mayores en los equipos o piezas importantes.

Este mantenimiento es efectuado por el personal de servicio y/o empresas especializadas, en general incluye tareas de arenado y pintado de estructuras metálicas de gran superficie, cambio de sellos, reparación de motores, etc.

Todas las actividades del mantenimiento son ejecutadas bajo la supervisión y responsabilidad del Jefe de Área.

#### **4.2. Apoyo al Gerenciamiento de la Junta de Usuarios**

El Proyecto Especial Jequetepeque - Zaña desde el año 1988 viene apoyando a la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Regulado Jequetepeque, a fin de lograr una Institución sólida con un gerenciamiento permanente; para ello se ha contratado un Grupo de Expertos financiado por el Banco Alemán KFW a fin de asesorar en aspectos económicos, legales y técnicos. Por otro lado, el proyecto ha contribuido con la implementación de oficinas, equipos de radio y vehículos (motocicletas). En forma permanente se coordina y se concertá para determinar las dotaciones de agua para riego, así como las programaciones de inicio de campañas agrícolas.

#### **4.3. Apoyo a la Creación de la Autoridad Autónoma de la Cuenca Jequetepeque**

Inmediatamente después de iniciado el funcionamiento del Reservorio Gallito en el año 1988, se creó el Comité Ejecutivo Transitorio de Administración, Conservación y Manejo del Recurso Hídrico de la Cuenca Hidrográfica del Río Jequetepeque, a fin de coadyuvar a un manejo adecuado y racional de los recursos agua, suelo y planta en la Cuenca del Jequetepeque, como paso previo para la creación de la Autoridad Autónoma, con el asesoramiento del Grupo de Expertos.

El Proyecto Especial Jequetepeque - Zaña tuvo una decidida participación en la Gerencia del Comité Ejecutivo, disponiendo de personal profesional - técnico para la Secretaría Ejecutiva que prestaba asistencia técnica para el servicio de riego regulado en el ámbito de las Comisiones de Regantes del Valle Jequetepeque; así como el apoyo logístico, movilidad, equipo de cómputo, equipos de impresión.

Como resultado final de las acciones precedentes, en mayo de 1992 mediante D.S. N° 014-92-AG, se crea la Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica Jequetepeque, cuyo ámbito comprende a las cuencas hidrográficas de los Ríos Jequetepeque y Chamán. El Directorio de acuerdo con el Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por R.M. N° 0541-95-AG, está constituido por:

- Administrador Técnico del Distrito de Riego Jequetepeque.
- El Presidente y un miembro de la Directiva de la Junta de Usuarios del Sub-Distrito de Riego Regulado Jequetepeque.
- El Presidente de la Junta de Usuarios del Sub-Distrito de Riego No Regulado Alto Jequetepeque.

- Dos representantes de los Comités de Productores.
- Un representante del Sector de Energía y Minas.
- Un representante del Sector Vivienda y Construcción.
- El Director Ejecutivo del Proyecto Especial Jequetepeque - Zaña.
- El Alcalde del Concejo Provincial de Pacasmayo, en representación del Gobierno Local.

#### **4.4. Acciones de Manejo de Cuencas**

Enmarcadas dentro de los objetivos de Gestión Integral de Cuencas, el Proyecto ha desarrollado las siguientes acciones:

- a) Control de inundaciones mediante obras de Defensas Ribereñas y Manejo de las Estructuras de la Presa Gallito Ciego.
- b) Estudios para el Control de la Erosión Hídrica en la parte media y alta de la Cuenca. Convenio con TECHNOSERVE, SEDEPAS, CEDAJ y FONCODES.
- c) Implementación del Vivero Forestal para producir hasta 100,000 plantones anuales.
- d) Instalación de nuevas especies ictiológicas en el Embalse Gallito Ciego, y en el Río Jequetepeque, introducción de pejerrey Argentino y crianza de camarón gigante de Malasia.
- e) Convenio con la Dirección Sub-Regional de Pesquería - Cajamarca.
- f) Monitoreo de la calidad de las aguas del Río Jequetepeque.
- g) Convenio con la Universidad Nacional de Trujillo.
- h) Estudios de Drenaje y Salinidad de 25,840 ha ubicadas en el Valle Bajo de las Cuencas del Río Jequetepeque y Chamán.
- i) Organización de Eventos relacionados con la Gestión de Cuencas:
  - I FORUM Cuenca del Jequetepeque Realidad y Perspectivas, octubre 1993.
  - CURSO Gestión Integral de Cuencas, mayo 1994.
  - II FORUM Cuenca del Jequetepeque Integración y Desarrollo, noviembre 1994.

## 5. PRINCIPALES RESULTADOS

Durante los seis años de Operación y mantenimiento del Sistema Hidráulico Mayor de Riego del Valle Jequetepeque, especialmente de la Presa Gallito Ciego, se pueden mostrar los siguientes resultados.

### 5.1. Operación en Epocas de Sequía

Los volúmenes previamente almacenados en el embalse, permitieron salvar las campañas agrícolas en épocas de extrema sequía en los valles costeros, tales como los años 90-91 y 92-93.

### 5.2. Operación en Epocas de Avenidas

La correcta operación del embalse "Gallito Ciego", durante los períodos de avenidas ha permitido atenuar caudales instantáneos extraordinarios, que de no haberse previsto, hubiesen causado serios daños por inundación en la parte baja del valle.

Para esto con anterioridad al período de avenidas se prepararon las condiciones en el embalse, como es tener un "volumen de espera" o "colchón", que nos permita amortiguar estos caudales de avenidas. Así tenemos que en el período marzo-abril 94, manteniendo un volumen de espera de 60 millones de metros cúbicos nos permitió amortiguar el pico de 985 m<sup>3</sup>/s, habiendo sido la descarga por el vertedero de crecidas de 260 m<sup>3</sup>/s; y en el período febrero-abril 96, se han atenuado caudales de 600 m<sup>3</sup>/s, siendo la descarga máxima entregada de sólo 120 m<sup>3</sup>/s, con lo cual se protegió el valle.

Las actividades de operación del embalse, se coordinan con las autoridades de aguas y la Junta de Usuarios, los cuales hasta la fecha son cordiales; por tal razón el embalse "Gallito Ciego" en los cuatro últimos años, mantiene volúmenes expectantes que han permitido satisfacer las necesidades del valle y que además permite adelantar el inicio de la campaña agrícola para obtener mejores precios de los productos alimenticios en época de mayor demanda.

5.3. Los forum y cursos dictados en forma concertada con los actores productivos de la cuenca, han permitido orientar acciones hacia proyectos de manejo y uso racional de los recursos naturales; y como mandato del II Forum se ha formado el CIPADECJ (Comité Interinstitucional para el Desarrollo de la Cuenca del Jequetepeque) cuya labor es de gestionar un Plan Director para el Desarrollo de la Cuenca de Jequetepeque, cuya gestión se está haciendo al Banco Mundial. Este comité organizó la I Asamblea de Alcaldes de la Cuenca desarrollada el 6 de julio del

presente, en Chepén, cuyos acuerdos permiten integrar a las autoridades locales en el manejo y aprovechamiento racional de los recursos naturales dentro de su jurisdicción.

5.4. Las obras de Defensas Ribereñas, ejecutadas por el Proyecto con el apoyo de la Junta de Usuarios y la Supervisión de la Administración Técnica del Distrito de Riego Regulado, han permitido que en el Valle Jequetepeque no se produzcan inundaciones en los años 1994 y 1996 donde se produjeron las mayores descargas del río en los últimos años.

## 6. CONCLUSIONES

- a) El Proyecto Especial Jequetepeque - Zaña, a partir de 1992, viene desarrollando actividades de manejo y aprovechamiento de la Cuenca del Jequetepeque, dentro de la concepción de Gestión Integral de Cuencas, considerando fases previas a los diagnósticos, estudios de factibilidad y definitivos; dentro de las fases intermedias, ejecución de pruebas y supervisión; hasta la fase permanente de operación y mantenimiento y la Organización de Usuarios.
- b) Las acciones de operación y mantenimiento que desarrolla el Proyecto Especial Jequetepeque - Zaña, permite manejar el agua en forma eficiente y garantiza la vida útil del Embalse Gallito Ciego.
- c) El Proyecto desarrolla acciones para el ordenamiento de uso de los recursos hídricos de la Cuenca y apoya el Gerenciamiento de las autoridades de aguas.
- d) Los eventos como cursos y forums, desarrollados desde 1993 a la fecha, han permitido capacitar e integrar a los productores asentados en la Cuenca dentro de la concepción de Gestión Integral de Cuenca Hidrográfica.

## **4.0 EXPERIENCIAS DE MANEJO DE CUENCAS**

### **4. 3 Experiencias Locales**

#### **4.3.2**

### **EXPERIENCIAS EN EL MANEJO DE LA MICROCUENCA DE LA ENCAÑADA; CONSIDERADA COMO SITIO PILOTO (Bench mark site) Cajamarca**

*Mario Tapia \**

*Pablo Sánchez, Mario Cáceres, Gilmer Muñoz, Alcides Rosas \*\**

#### **ANTECEDENTES**

La Asociación para el Desarrollo Rural de Cajamarca, ASPADERUC, una ONG de la sierra norte del Perú, inició hace más de 18 años diversas acciones en el desarrollo rural, orientadas en el uso integral del ecosistema andino, incluyendo los factores culturales, recursos naturales y económicos.

Estas experiencias se han ido traduciendo en acciones concretas en diversas zonas de Cajamarca y su impacto en las áreas de forestación, conservación de suelos, artesanías, revalorización de la cultura local, se puede notar en las actividades de la mayoría de instituciones regionales y nacionales.

Los resultados de estas experiencias han dado origen a la publicación del "Manual Silvo Agropecuario, financiado por la Junta del Acuerdo de Cartagena y la Comunidad Económica Europea, 1987, obra que incluye 13 tomos.

En 1991, se inició una experiencia para el manejo integral de una microcuenca, La Encañada, (12,000 ha) coordinada por ASPADERUC y con el apoyo financiero del Fondo Contravalor Perú-Canadá, la participación de 1,200 familias campesinas de la zona, así como diferentes instituciones:

---

\* Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, CONDESAN

\*\* Asociación para el Desarrollo Rural de Cajamarca, ASPADERUC

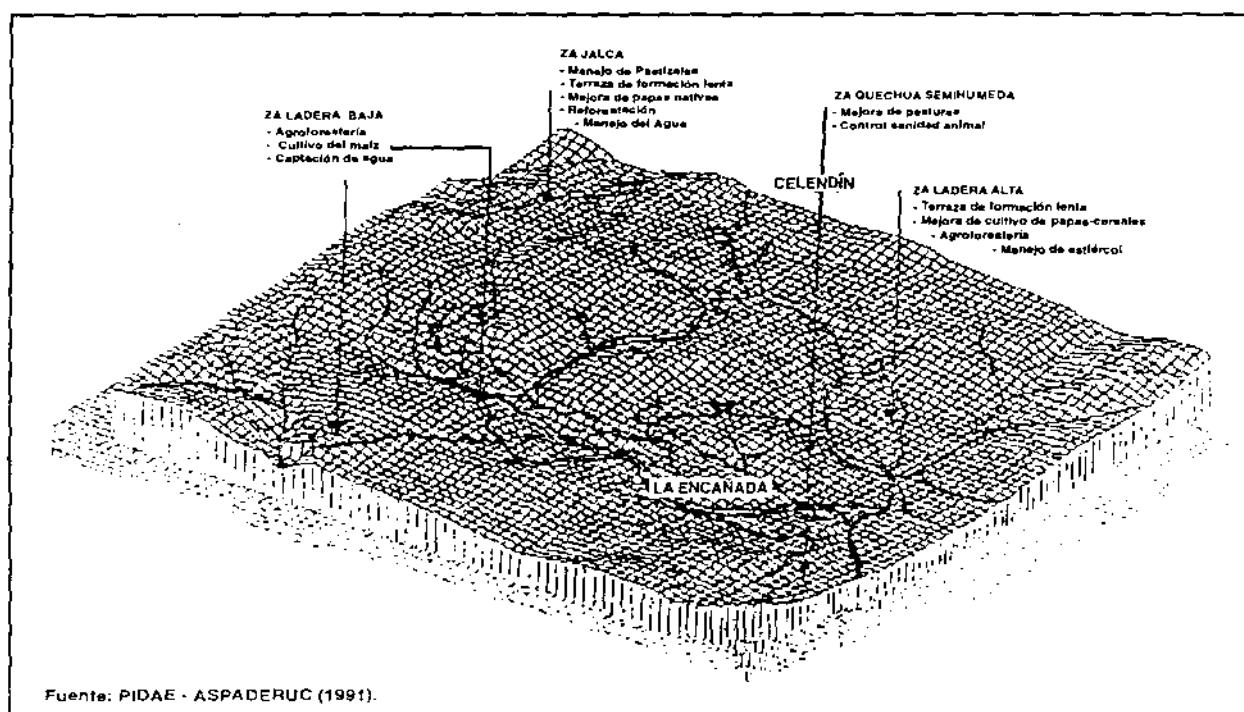
**Cuadro 1. RELACION DE INSTITUCIONES Y SU AREA DE PARTICIPACION EN EL PROYECTO PIDAE, 1994.**

Institución	Area de Participación
ASPADERUC	coordinación y administración
PRONAMACHS	conservación de suelos y forestación
INIA	mejoramiento de cultivos y pastos
ITDG	agroindustria
La Universidad de Cajamarca	manejo de recursos naturales

En esta experiencia, se ha tenido un especial énfasis en los temas de conservación de suelos, mejora de los sistemas de cultivos y ganaderos, así como la reforestación y agroindustria, y se ha ido multiplicando en otros distritos y provincias de Cajamarca, como Namora, Matara, La Quispa, Llacañora, a través de la integración de ASPADERUC, al Consorcio Interinstitucional para el Desarrollo Rural, CIPDER, que reúne a otras 8 ONG's, en la actualidad se tiene cubierta una gran extensión de la sierra de Cajamarca con similares planes de desarrollo (Fig. 1).

**Figura 1.**

**VISTA TRIDIMENSIONAL DE LA MICROCUENCA DE LA ENCAÑADA, ZONAS AGROECOLOGICAS, SUS POTENCIALES Y REQUERIMIENTOS**



Fuente: PIDAE - ASPADERUC (1991).

Con la realización del taller interinstitucional sobre el Ecosistema Andino, en 1992, organizado por el Centro Internacional de la Papa (CIP), se creó el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, CONDESAN. Debido a la diversidad biológica y física de los Andes se determinó entre las prioridades del CONDESAN, la necesidad de establecer localidades piloto de investigación seleccionadas, para facilitar y evaluar las iniciativas científicas en el largo plazo.

Es así que a partir de 1995 se estableció un convenio entre el CONDESAN y la ONG ASPADERUC, de manera que se pudieran realizar esfuerzos comunes en el área de investigación y desarrollo rural seleccionada y en este caso se consideró tres niveles, el macro en la cuenca del Río Cajamarquino (225,000 ha) un nivel meso en la subcuenca del Río Namora (42,000 ha) y a nivel micro en la microcuenca del Río La Encañada (12,000 ha).

La estrategia de trabajo de este convenio ASPADERUC / CONDESAN, enfatiza en concentrar su trabajo de aplicación en lo que se denomina un Sitio Piloto, o un área geográfica representativa de la diversidad en los Andes y en donde se experimenten y realicen actividades de investigación de los recursos naturales y desarrollo, que puedan ser transferidas a otras localidades para apoyar el desarrollo rural sostenible de la Ecorregión Andina.

En 1995, finalmente se consiguió a través de las gestiones de CONDESAN, el apoyo económico de la GTZ y la participación de la Universidad Kassel de Alemania, que permiten estudiar los agroecosistemas en Cajamarca. Desde esa misma época CONDESAN, coordina sus actividades en otros sitios piloto en Colombia, Ecuador, Perú (Cajamarca y Puno) Bolivia, de manera de acompañar y fortalecer el área de investigación agronómica en dichos sitios a través de las instituciones socias.

En los planes de investigación CONDESAN ha priorizado cuatro temas centrales que son:

- Manejo de suelo y agua
- Biodiversidad
- Sistemas de Producción
- Políticas (para lograr el desarrollo sostenible)

## LA EXPERIENCIA EN CAJAMARCA

La experiencia en Cajamarca, se puede definir que ha tenido dos etapas, cada una de ellas caracterizada por la definición de prioridades de acción.

## **1) El PIDAE, o la etapa de acciones de desarrollo**

El objetivo final del Proyecto Integral del Desarrollo Agropecuario de La Encañada, PIDAE (1991-1994) que coordinó y ejecutó ASPADERUC y las instituciones socias, ha sido mejorar las condiciones de vida de la población de la microcuenca de la Encañada, a través del uso de los recursos naturales y utilizando diferentes metodologías disponibles en el análisis de los recursos naturales renovables.

### **Metodología**

Habiéndose utilizado diferentes técnicas como el diagnóstico participativo, que nos permiten describir el actual sistema productivo, la selección del área, el sondeo, realización de talleres temáticos y la elaboración de mapas de recursos, acciones y conflictos, se inició en 1991 una acción concertada entre las diferentes instituciones participantes.

### **Logros y enseñanzas**

En los tres primeros años de actividades, el Proyecto Integral de Desarrollo Rural de La Encañada, ha logrado las siguientes metas cuantificables:

#### **Adecuación de más de 800 ha con terrazas de formación lenta**

La población en los Andes del Perú ha sabido desarrollar y administrar sistemas agrícolas capaces de sustentar una población numerosa. Este logro se ha obtenido en el pasado en gran parte por la domesticación de una amplia variedad de cultivos y crianzas, sin embargo, para obtener una producción agrícola constante en un medio ambiente de riesgo como las montañas andinas se requirió la modificación drástica del paisaje. Con esta técnica se persigue controlar el grosor y la humedad de los suelos, así como crear condiciones de microclimas favorables a los cultivos. De allí la importancia que recibiera la construcción de andenes (Tracy, 1994). Según varios autores en los Andes del Perú, se habrían construido por lo menos 600,000 ha con este sistema.

En los Andes septentrionales con una humedad mejor distribuida, los andenes no han sido muy populares, aunque muchos autores indican importantes restos de andenería en la zona de Chachapoyas. Es por estas razones que la experiencia en la construcción de andenes no es tan difundida como en el centro y sur del Perú.

La actual presión demográfica está mostrándose en la incorporación cada año mayor, de terrenos que presentan gran riesgo de erosión como en la zona de las laderas altas y bajas de la cuenca del Río Cajamarquino, así como también se

están volteando tierras de las Jalcas. En cada una de estas zonas agroecológicas se pueden encontrar espacios que si tendrían una posibilidad de ser modificada en andenes (Tapia, 1995).

En el sondeo que se efectuó antes del inicio del proyecto PIDAE, ASPADERUC, 1995, la población de esta cuenca coincidía en que los suelos de laderas se estaban erosionando y que los niveles de productividad de los cultivos habían descendido dramáticamente en las últimas décadas. Es por esa razón que se propuso la construcción de 600 ha de terrazas de formación lenta, como una meta aparente para esta microcuenca.

A pesar de haberse cumplido con creces esta importante meta, quedan algunas preguntas por resolver y sobre todo el interrogante de como evaluar esta alternativa tecnológica, para los Andes en Cajamarca. La construcción de estas terrazas ha demandado un enorme esfuerzo, más de medio millón de jornales invertidos por la población local, en la modificación de la base productiva en la economía campesinas, por lo cual plenamente se justifica un esfuerzo en conocer con más detalle la respuesta obtenida en beneficios.

En los primeros años, PRONAMACHS, había priorizado la construcción de las terrazas de absorción (Chang, 1986), que en muchos casos fueron abandonadas. La experiencia mostró que los campesinos necesitaban ampliar su área agrícola y que una de las limitantes para el trabajo de construcción de terrazas era la disponibilidad de mano de obra. La terraza de formación lenta en ese sentido, constituye una alternativa más cercana a las posibilidades de los productores agrícolas andinos, pero se debe reconocer que ésta es viable sólo en los suelos con pendientes moderadas y con suelos profundos (CCTA, 1986).

Como es de suponer en un medio tan variable de condiciones agroecológicas, en diferentes grados de pendientes del terreno, calidad de suelos, y condiciones climáticas, la acción de construcción de las terrazas de formación lenta, merece una investigación más profunda, de manera que se pueda concluir con evaluar la rentabilidad que tiehen estas prácticas.

Las terrazas de formación lenta, como muy bien expresa su nombre, se forman en etapas que pueden durar poco hasta 8 a 10 años, es decir, el tiempo que toma transformar desde una ladera no productiva o con altos riesgos de erosión, hasta la formación de terrazas que permitan una producción agrícola estable, por lo que se requiere una evaluación que permita analizar lo que constituye el objetivo final en esta técnica de conservación de suelos, nos referimos a ampliar la frontera agrícola con terrazas con una producción agrícola intensiva para lo cual estaba diseñada.

Las terrazas de formación lenta, que se han construído en la zona, presentan diferentes condiciones y lógicamente diferentes resultados. En primer lugar, se deben distinguir aquellas terrazas que se han instalado en la zona de Jalca, o en la zona de ladera alta o baja, en suelos con diferentes profundidades y con variable contenido de materia orgánica y con diferentes pendientes e incluso aquellos que se han construído en laderas agrícolas con problemas de erosión ya iniciados (Tapia, 1996). Considerar esta diferenciación agroecológica es la que permitiría hacer una evaluación adecuada del costo beneficio de esta técnica de conservación. Aunque algunos resultados (Ministerio de Agricultura, 1988), muestran un incremento en la producción agrícola, no se han definido bien los costos, los beneficios y menos las diferentes condiciones en que se ha trabajado. Queda pendiente, por ejemplo, conocer la diferente respuesta de una terraza de formación lenta en un año seco y en un año húmedo.

Un segundo aspecto a tomarse en cuenta en la implementación de esta técnica, ha sido la organización campesina que se promovió para la construcción de dichas terrazas, la oficina de PRONAMACHS en La Encañada, organizó lo que se denominó los grupos de trabajo (GT), constituidos por un número de 12 a 25 familias, que normalmente trabajan en ayni, es decir, prestándose mutuamente fuerza de trabajo. Los GT estaban conformados por familiares y amigos cercanos que tenían sus chacras en espacios contiguos. Ellos decidían qué día a la semana iban a trabajar en conservación de suelos y con ellos se desarrolló el diagnóstico participativo de sus chacras, es decir, se les solicitó que dibujaran cómo eran ahora y cómo querían que fuera en el futuro. Sólo cuando estos grupos mostraban un sincero interés en trabajar en conservación de suelos, el proyecto les ofrecía su apoyo con herramientas.

Un factor limitante en la implementación de esta práctica ha sido la constatación de que más del 15 % de terrenos en la cuenca tenían lo que se llama dueños ausentes, es decir, que la mayor parte del año no viven en la zona.

### **Construcción de 8 km de acequias de infiltración**

En esta práctica, el objetivo que se pretende es captar en los suelos una mayor humedad, para lo cual se debe considerar las diferentes condiciones ambientales y relacionarlas a los cambios en la cobertura vegetal, así como su incidencia en el control de la erosión, evaluación que no se ha efectuado hasta la fecha. Esta información es muy útil para poder evaluar el impacto que tienen estas prácticas.

### **Levantamiento de 20 km de cercos**

En las zonas con disponibilidad de piedras esta práctica ha permitido igualmente, tanto el manejo controlado de la chacra, como la ampliación de zona

de pastos e incluso algunas se han destinado a cultivos. Un aspecto poco considerado en el beneficio del manejo de las chacras ha sido la seguridad que estos cercos permiten en el control de los cultivos, ganado, etc. Los cercos también son una barrera que crea pequeños microclimas que favorecen el desarrollo de la vegetación, así como el de los cultivos. Estas observaciones no han sido registradas suficientemente.

### **Instalación de 18 viveros forestales**

Esta es una experiencia que muestra claramente las dificultades que se tienen, cuando en una actividad, la prioridad es cumplir una meta y no se toman las precauciones necesarias para que dicha meta cumpla la calidad y eficiencia necesaria. En este caso de la reforestación con la instalación de viveros, la mayoría de éstos no fueron adecuadamente ubicados, por factores como la falta de fuentes de agua, poca atención, y mantenimiento, por lo cual se decidió concentrar el esfuerzo en pocos viveros que si fueran eficientes. Finalmente, se pudo apoyar la experiencia que resultó la más apropiada y es que el propio gobierno municipal del distrito estableciera un vivero forestal para la zona.

### **Construcción de 52 almacenes familiares de semilla de papa**

Esta ha sido una de las actividades más exitosas, se ha apoyado parcialmente con materiales para la construcción de almacenes con una capacidad entre 1 a 4 t de semilla de papa. En la zona se tiene actualmente una capacidad de almacenamiento de mas de 100 t de semilla. Los resultados se pueden percibir en una mejor calidad de semilla y en cultivos más productivos. Estos almacenes familiares, además, tienen algunas ventajas con respecto a los almacenes multifamiliares, en el aspecto de seguridad. Cada uno de los almacenes familiares se ha construido al lado de la casa en una habitación que es fácil de controlar por la propia familia.

### **Instalación de semilleros de forrajes**

La ganadería es la actividad más rentable actualmente en la zona, razón por la cual se está ampliando la zona de cultivo de forrajes. Las principales especies utilizadas son el "raygrass" y el "trébol blanco" en asociación, en las zonas con mayor humedad. La producción de semilla de "raygrass" se hace en forma muy artesanal, es decir, se dejan algunos campos de pastoreo hasta que se complete la producción de semillas. Los rendimientos en estos casos son de no más de 100 kg/ha. Aunque se trató de experimentar en un campo con un descanso dirigido y con fertilización de fósforo no se pudo lograr que el campo permaneciera más de 3 meses sin corte o pastoreo.

La producción de forrajes nativos y forrajes perennes cultivados se complementan con la producción de especies forrajeras anuales como avena, cebada, triticale. La introducción de una forrajera leguminosa anual como la *Vicia villosa*, ha mostrado buenas posibilidades de producción especialmente cuando se le asocia con las gramíneas anuales forrajeras. Se introdujo material de esta *Vicia* y en la actualidad se tiene hasta cuatro agricultores como productores de semilla. También se ha introducido semilla de *Vicia articulata*, de la zona mediterránea (España) que se adapta sobre todo a climas muy secos.

La experiencia en la producción de semilla de avena trigosa no ha sido todo lo exitosa que se esperaba, pues la época de siembra y el cuidado del campo, no fué la más adecuada, se sembró muy tarde y no se empleó suficiente abono. Se considera que en condiciones bien llevadas se debe obtener por lo menos unos 500 a 600 Kg de semilla por ha para que sea rentable.

#### **Adecuación de 25 corrales de ganado**

Inicialmente se pensó en la mejora de 5 corrales con el levantamiento de cercos, alambradas, construcción de bebederos y techo de protección, esta propuesta no fue la más adecuada, un corral con estas instalaciones representa en primer lugar una inversión significativa para la economía campesina, además de requerir mayor trabajo en su mantenimiento, razón por la cual se cambió a divulgar el sistema de pastoreo en estaca y corrales de alambrada, utilizando sogas económicas y que los campesinos manejan en la zona.

#### **Apoyo en la instalación de agua en el caserío de La Victoria**

Esta es una experiencia inconclusa que merece un mejor análisis, el agua llegó hasta el local de la escuela, sin embargo, faltan aún las obras complementarias. Parece ser que es muy importante un mayor esfuerzo de las propias escuelas para motivar a la población en su participación y la suficiente valorización de lo que constituye la instalación del servicio de agua.

#### **Instalación de un taller de herrería**

Se logró la coordinación con el proyecto Herrandina, para la instalación de dos herrerías, con el especial objetivo de que sirvan para efectuar la reparación de las herramientas que se utilizan en los trabajos de conservación de suelos. Nuevamente en este caso la experiencia mostró que en los actuales sistemas de servicios de reparación que utilizan los campesinos, se busca el mayor ahorro en dinero, que muchas veces no va con la calidad del trabajo, así como en la parte técnica se encontró que se requiere soldadura eléctrica para la mayoría de

casos, lo cual no se había considerado en estos talleres de herrería, que sólo utilizan yunque, horno a fuele y soldadura con acetileno.

### **Inventario y utilización de los recursos fitogenéticos**

El proyecto promovió la organización de las "ferias de las semillas", como un medio de estimular la conservación *in situ* "en chacra" de los recursos fitogenéticos (Tapia y Rosas, 1993). Esta experiencia, sin embargo, no es suficiente, se requiere etapas que permitan primero asegurar la conservación de los recursos genéticos y en segundo lugar, lograr una utilidad tangible en el uso de la diversidad de los cultivos nativos locales.

La organización de talleres temáticos con los campesinos conservacionistas, seleccionados entre los ganadores de las ferias, permitió definir cuales eran las restricciones a la conservación de los recursos genéticos. En primer lugar se detectó que era la capacitación sobre el valor de los RG. Los campesinos aprecian sus variedades de papa, oca, olluco etc, las cuidan, las mantienen de acuerdo a sus posibilidades, pero no perciben suficientemente el problema de la erosión genética y sus repercusiones, quizás por que confían que otros agricultores las están conservando y porque aún conservan mecanismos de intercambio suficientemente eficientes. Esto, sin embargo, no es exacto, o mejor dicho, cada vez es menos fuerte el sistema de intercambio.

Las propuestas de los campesinos iban más dirigidas y con mucha razón a la conservación y manejo de la chacra. Por ello apareció el interés en la conservación de suelos, los pedidos de crédito de yuntas, conocimiento sobre el control de las plagas y enfermedades, mejores sistemas de conservación de semillas, como el uso de feromonas en los almacenes de semillas de papa. En los talleres también se trataron temas, como el de la nutrición, sobre todo infantil y se propuso la organización de un plan de combate a la desnutrición, plan que lo lidera el Alcalde y el Consejo Distrital de La Encañada.

### **Instalación de semilleros de cultivos**

Con la creación de un fondo rotatorio de semillas, se ha podido instalar semilleros de más de 8 especies (papa, oca, olluco, mashua, trigo, cebada, coyo, quinua). Si bien la meta se ha logrado, los resultados en cada uno de los cultivos no son los mismos, es decir, la prioridad la ha tenido siempre la papa, mientras que los otros cultivos por su reducida posibilidad de comercialización se utilizan más en el autoconsumo. Esta actividad, sin embargo, podría estar relacionada al plan de combate de la desnutrición local.

El punto de controversia que nació fue, si por un lado se promovía la conservación de los recursos fitogenéticos, es decir la biodiversidad, por el otro

Iado se apoyaba los semilleros de papas de variedades comerciales, que justamente son una de las causas de la reducción de la biodiversidad. Lo importante es reconocer que el campesino acepta las variedades comerciales pero algunos campesinos guardan áreas de su chacra exclusivamente para las variedades denominadas nativas. Estos son los que se denominan verdaderos campesinos conservacionistas y que requieren apoyo en su dedicación.

### **Construcción de una planta agroindustrial**

Con la construcción de un canal de 800 m y la instalación de una minicentral hidráulica, de una capacidad de 18 kw en la zona de Tambomayo, se ha podido instalar un generador de electricidad que permite mover un molino, tostadora, cargador de baterías que actualmente está en funcionamiento. Esta actividad estuvo dirigida por la ONG, ITDG (Intermedia Technology Development Group).

La planta funciona a tiempo parcial, sobre todo para la carga de baterías. Lo que falta es una organización administrativa que permita convertir a dicha planta en una unidad económicamente viable. Un camino alternativo sería después de la capacitación en el manejo y mantenimiento de la planta, que se ha efectuado parcialmente, proponer el alquiler en concesión de dicha planta a una familia del lugar, que cree una empresa y que la ponga en completo funcionamiento. Esta planta actualmente tiene un serio inconveniente, pero que es solucionable, es el acceso, se llega a ella por un camino de herradura y se requiere terminar el trecho de carretera que permita su acceso por transporte mecanizado. La razón para haber ubicado la central hidráulica en dicha localidad, ha sido que esta es la zona con suministro de agua más segura y continua en toda la microcuenca.

### **2) El sitio piloto o etapa de investigación para el desarrollo**

En la actualidad a través de otros proyectos, ASPADERUC / PACT, viene completando la adecuación del terreno, para la producción agrícola y capacitando a los agricultores en los aspectos de la administración en los diferentes servicios creados. En esta línea se ha iniciado, por ejemplo, una línea de crédito agrícola.

A través del convenio, que suscribieron ASPADERUC y CONDESAN, se ha iniciado una segunda etapa de tres años (1995-97). En esta etapa los objetivos son de completar con la evaluación de las actividades realizadas, así como georeferencial esta información de manera que se complete el análisis integral de dicho ecosistema y sirva como una unidad experimental para el desarrollo rural de la cuenca del Río Cajamarquino (225,000 ha).

En esta etapa se está completando los estudios sobre el potencial de los recursos naturales la producción agropecuaria y las alternativas de desarrollo sostenible, con el siguiente plan de trabajo:

## Actividades en el Sitio Piloto de Cajamarca

Tema	Institución	Producto
	Técnicos Responsables	
	Instituciones Socias	
Clima	ADEFOR Ing. César González	◊ Análisis climatológico ◊ Instalación de tres Estaciones Metereológicas
	CCTA Ing. Juan Torres	◊ Clima/productividad agropecuaria
Suelo	UNC Ing. Wilfredo Poma	◊ Mapa de suelos semidetallado/microcuenca ◊ 80 análisis de suelos
	CIP Ing. Roberto Hijmans	◊ Digitalización mapa cuenca Río Cajamarca. Uso de la tierra
	Escuela de Graduados Dr. Jiefar Díaz	◊ Evaluación de erosión edáfica ◊ Instalación 6 parcelas de escorrentía
	Ing. Jorge Jiménez	◊ Mapa de erosión edáfica de la microcuenca
	UNALM Dra. Carmen Felipe Morales	◊ Manual de evaluación de la erosión edáfica.
	ASPADERUC Ing. Pablo Sánchez/ Ing. Mario Cáceres Ing. Gilmer Muñoz/ Agr. Alcides Rosas	◊ Productividad/cultivos/suelos ◊ Uso de las plantas medicinales
Estudio Hidrológico	Ing. Francisco Soto/CIPDER	◊ Estudio de balance hidrológico en la época seca y de lluvias.
Cobertura Vegetal	Dr. Isidoro Sánchez	◊ Estudio de cobertura vegetal (fitosociológico) Parcelas permanentes, fenología
	Ing. Francisca Terrones	◊ Plantas indicadoras de las condiciones del suelo Tesis, UNC-GTZ

<b>Cultivos</b>	ASPADERUC RTA/CONDESAN Ing. Percy Suárez Agr. Alcides Rosas Ana Guerra	◊ Mapa de sistema de cultivos ◊ Seguimiento semilleros/almac. ◊ Biodiversidad ◊ Conservación in situ Estudio fenológico de las culturas
<b>Ganadería</b>	INIA Ing. Humberto León U. Wageningen ASPADERUC Ing. Juan Pedro Reinders	◊ Investigaciones sistema de siembra Quinua-Coyo ◊ Estudio sistemas ganaderos ◊ Tesis ◊ Siembra de pasturas
<b>Estudio de casos</b>	ASPADERUC/PACT Ing. Gilmer Muñoz Ec. Luis Zegarra	◊ Línea de base, 135 familias Economía campesina, 20 familias.
<b>Comercialización</b>	ASPADERUC Municipio La Encañada Ing. Gilmer Muñoz	◊ Estudio de comercialización.
<b>Nutrición</b>	UNMSM/FCVP-C Nu. René Valle, Nu. Javier Curo Dr. Guido Ayala Bch. Marita Lozano Nu. Percy García Nu. Walter Vilchez UNMSM Coordinación con CARE APRISABAC	◊ Estudio de la situación nutricional. Nutrición infantil. ◊ Plan de nutrición distrital.
<b>Información</b>	UNC/INFOANDINA/CIPDER CONDESAN Ing. Ana María Ponce	◊ Publicación Relación de Tesis Agronomía ◊ Centro de Servicios de Información Técnica.
<b>Política</b>	CONDESAN Mesa de Concertación Antrop. Elías Mujica	◊ Planes de Desarrollo de la Cuenca PPO

### **Siglas:**

ADEFOR	Asociación para el Desarrollo Forestal
ASPADERUC	Asociación para el Desarrollo Rural de Cajamarca
CCTA	Comisión Coordinadora de Tecnología Andina
CIPDER	Consorcio Interinstitucional para el Desarrollo Rural
CONDESAN	Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina
FCVP-C	Fondo Contravalor Perú-Canadá
GTZ	Cooperación Técnica Alemana
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agrícola
RTA	Proyecto Raíces y Tubérculos Andinos
UNC	Universidad Nacional de Cajamarca
UNMSM	Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Estas actividades permiten la creación de la base de datos de esta microcuenca, esperándose traducirlos en mapas temáticos que nos darán la información de la actual estructura y función del ecosistema seleccionado.

El uso del sistema de información geográfica (SIG), nos permitirá efectuar un balance entre los recursos naturales disponibles, su potencial productivo y las necesidades locales, con el fin de poder definir sugerencias en la gestión y manejo de la cuenca en el mediano y largo plazo.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- ALFARO, J. 1986. La conservación de suelos y el desarrollo rural en la sierra peruana. En Andenería, conservación de suelos y desarrollo rural en los Andes peruanos. Lima, Perú.
- ASPADERUC; CONDESAN-CIP; FCVP-C. 1995. La Encañada. Caminos hacia la sostenibilidad, Proyecto PIDAE. Lima, Perú.
- BECKER, B.; TERRONES, F. y TAPIA, M. E. 1989. Los pastizales y producción forrajera en la sierra de Cajamarca. Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos. Cajamarca, Perú.
- CCTA; CIED; PNCSACH. 1986. Conservación de suelos. Una experiencia de seminario-taller con campesinos y técnicos. Cusco, Perú.
- CHANG, L. 1986. Conservación de suelos y manejo de cuencas hidrográficas. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino, CONCYTEC. Lima, Perú.

- CONDESAN. 1995. El Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. Boletín CIP. Lima, Perú.
- JUNAC. 1987. Manual Silvo Agropecuario, 13 tomos. Lima, Perú.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1988. 5 años de conservación de suelos con los campesinos de los Andes peruanos. Autoevaluación del Programa Nacional de Conservación de Suelos y Aguas en Cuencas Hidrográficas. Lima, Perú.
- RIST, S. y SAN MARTIN, J. 1991. Agroecología y saber campesino en la conservación de suelos. AGRUCO. Cochabamba, Bolivia.
- TAPIA, M. y ROSAS, A. 1993. Seed fairs in the Andes: a strategy for local conservation of plant genetic resources. In: Cultivating Knowledge. De: Walter de Boef y col. Intermediate Technology Publications Ltd. London.
- TAPIA, M. 1996. Ecodesarrollo en los Andes Altos. Fundación Friedrich Ebert. Lima, Perú.
- TREACY, J. M. 1994. Las chacras de Coporaque. Andenerías y riego en el valle del Colca. IEP. Lima, Perú.

## **4.0 EXPERIENCIAS DE MANEJO DE CUENCAS**

### **4.3 Experiencias Locales**

#### **4.3.3**

## **REFORESTACION Y MANEJO DE CUENCAS EN LA CAT.ATAHUALPA JERUSALEN GRANJA PORCON, CAJAMARCA**

***Charles Carton\****

### **PRESENTACION**

En la región de Cajamarca ubicada en los Andes Norte del Perú, donde las condiciones climáticas son un poco más favorables a las actividades agropecuarias y forestales que en el resto de los Andes del país, se emprendieron a fines de los años 1960, actividades de desarrollo forestal en apoyo al desarrollo rural. Estas se abocaron a la creación de macizos forestales con mira a producir madera en cantidad útil al desarrollo de actividades de transformación a mayor escala (aserrío, carpintería para muebles y construcción, fábrica de pulpa para papel, etc.).

Se presenta a continuación el caso de los bosques establecidos en el predio Granja Porcón perteneciendo a la Cooperativa Agraria Atahualpa-Jerusalén de Trabajadores, enfocando sobre el método de establecimiento y los resultados alcanzados a la fecha.

### **LA REGION DE CAJAMARCA**

Se refiere aquí al área de influencia directa de la ciudad de Cajamarca, formada por la Provincia de Cajamarca y parte de las Provincias de San Marcos, Cajabamba, Celendín, San Pablo, San Miguel y Hualgayoc.

---

\* Encargado del plan de manejo de los bosques de la Granja, Porcon, ADEFOR

## **EXTENSION, POBLACION Y REGIONES BIOGEOGRAFICAS**

### **Extensión**

La región corresponde a un área rectangular de 200 km (N.S) x 100 km (E.O), o sea 2'000,000 ha cuyo centro es la ciudad de Cajamarca.

### **Población**

El grado de mestizaje es particularmente importante y aparte del caso de Chetilla no existen comunidades tradicionales.

La población es mayormente rural dedicada a cultivos y ganadería para autoconsumo, así como abastecimiento de las ciudades de la región y de la costa.

Existe fuerte migración hacia las ciudades de la región, que constituyen centros administrativos y de servicios a las personas y a la actividad agropecuaria.

Existe también migración temporal o definitiva a la costa y a la selva.

### **Regiones biogeográficas**

Jalca : Sup. a 3,400 msnm Pastos naturales, ganadería extensiva.

Quechua Alta: 3,200 - 3,400 msnm En vía de colonización por los cultivos de tubérculos y cereales (trigo).

Quechua Baja: 2,300 - 3,200 msnm Área de cultivo de maíz y otros área de mayor población, área donde se ubican las ciudades.

Yunga : Inf. a 2,300 msnm Área de cultivo de la caña de azúcar y otros.

## **ASPECTOS ECONOMICOS**

### **• Actividades económicas**

- Producción lechera dinamizada por INCALAC / Nestlé.
- Producción ganadera comprada por negociantes de la costa en su mayoría.
- Producción de trigo, así como papas y maíz.
- Producción minera (oro, plata).

- **Limitaciones**

Las limitaciones para el desarrollo rural son principalmente las que afectan a la producción y comercialización de productos agropecuarios.

**1°. Riesgo climático**

- Irregularidad de las lluvias provocando sequías en época de cultivo o al contrario, anegamiento.
- Ausencia de lluvia en época seca, haciendo bajar la producción de los pastos.
- Heladas posibles en época de cultivo.

**2°. Obstáculos a la comercialización desanimando el aumento de producción**

- Acceso difícil a los mercados (carreteras en mal estado, escasez de vehículos, lejanía de los mercados).
- Condiciones de desigualdad en la comercialización (aspectos educativos y culturales, bajas capacidades de almacenamiento, bajas capacidades financieras que colocan al productor campesino en situación de desventaja).

## ACCIONES DE DESARROLLO

### “Prodesca”: Proyecto de Desarrollo de Cajamarca

Este proyecto multisectorial desarrollado durante los años 1970 en la región de Cajamarca con apoyo del Gobierno Belga, fue un intento de enfrentar en forma simultánea los principales obstáculos, y abarcó acciones como las siguientes:

- Reforzamiento de las Administraciones del Estado.
- Educación (escuelas, programas radiales).
- Infraestructura (carreteras, mercados).
- Producción agropecuaria (investigación, capacitación, apoyo técnico y material, etc).
- Comercialización campesina.
- Reforestación con especies de crecimiento rápido (*Eucaliptus globulus* y *Pinus radiata*).

El Proyecto 03, luego llamado Servicio Silvo Agropecuario funcionando en el seno de la Universidad Nacional de Cajamarca, fue encargado de todas las actividades forestales.

Desde los años 1960, en las actividades del Ministerio de Agricultura ya se tenía mucha fe que la reforestación a pequeña escala en el ámbito donde el campesino desarrolla sus actividades, iba a contribuir rápidamente a mejorar sus condiciones de vida y de producción.

Se consideró a las veces que grandes plantaciones comunales de 100 a 200 ha o más, iban a contribuir significativamente y en forma constante al bienestar de las comunidades campesinas. Se consiguió los fondos del BID para realizar estas plantaciones (Yanamango, Chotén, Sorochuco, Granja Porcón).

Para dinamizar la economía regional, se ideó en colaboración con industriales de la pulpa de papel (Sociedad Paramonga Ltda.), la reforestación de 180,000 ha por realizarse en 18 años, mediante campañas anuales de 10,000 ha.

Al igual que otros industriales ecuatorianos o colombianos y de otros lugares, se pensó que un macizo de 40 a 60,000 ha de *Pinus sp* sería suficiente para abastecer una fábrica de pulpa de papel.

Para echar las bases técnicas de un proyecto de esta magnitud, se inició en 1976, un proyecto de investigación y demostración forestal que luego de la creación del CICAFOR - Cajamarca "Centro de Investigación y Capacitación Forestal (Nov.1976), fue transferido a esta institución.

En base a los logros alcanzados se decidió establecer un macizo forestal piloto de 6,000 ha. (Proyecto Piloto de Forestación), financiado por la Unión Europea. Los trabajos se iniciaron en Granja Porcón en 1982 para terminarse en 1989.

Este mismo año se fusionaron CICAFOR y el Proyecto Piloto de Reforestación para crear la Asociación Civil ADEFOR y continuar las actividades de investigación y desarrollo forestal.

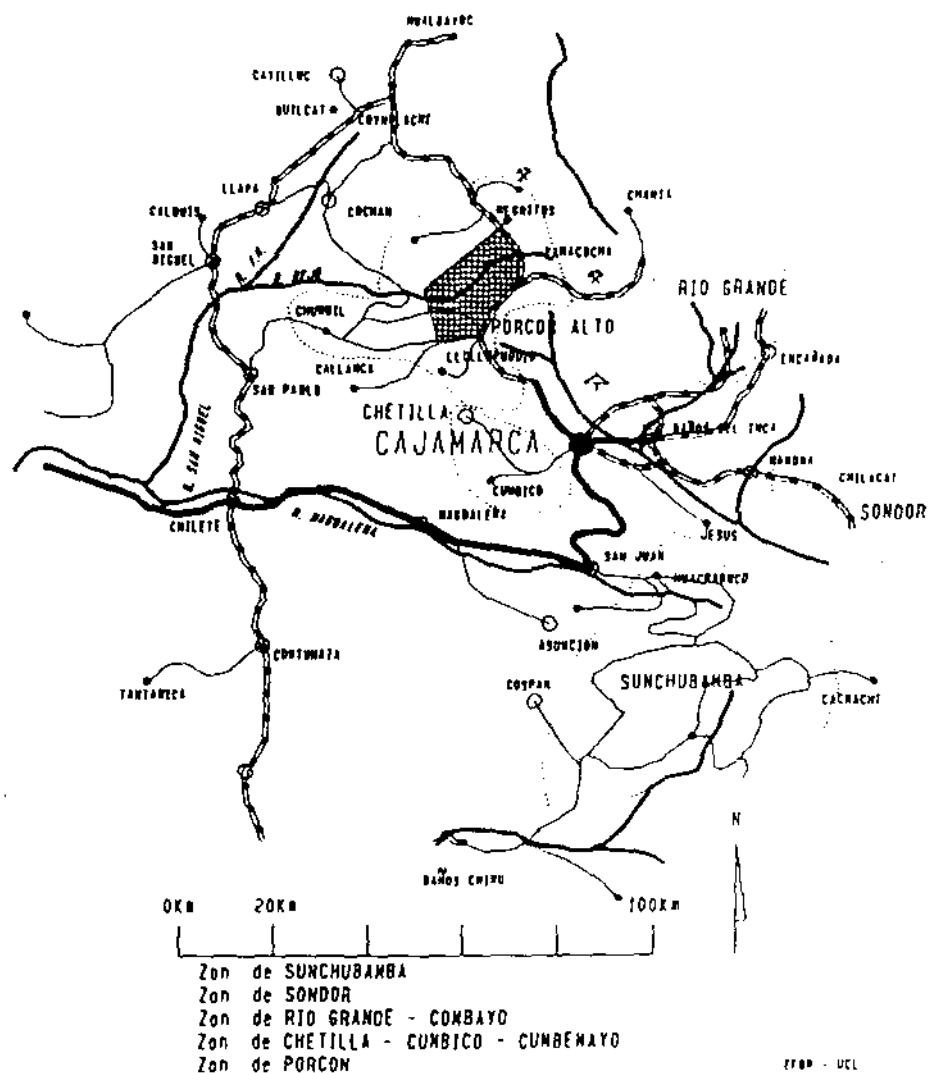
Tanto CICAFOR como el Proyecto Piloto de Forestación y luego ADEFOR, fueron apoyados por el Gobierno Belga.

## GRANJA PORCON

Granja Porcón es un predio de 12,881 ha, menos unas 1,000 ha en la parte alta vendido en 1995 a la Mina Yanacocha (Fig. 1).

Pertenece a la Cooperativa Agraria Atahualpa-Jerusalén de trabajadores, creada a la Reforma Agraria (1974) quien lo aprovecha desarrollando actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

Fig. 1. UBICACION GEOGRAFICA DE LA GRANJA PORCON, CAJAMARCA.



El predio cuenta con tres regiones biogeográficas:

Jalca	casi	50%	ó	6,440 ha	aproximadamente
Quechua Alta	casi	49%	ó	6,340 ha	aproximadamente
Quechua Baja	casi	1%	ó	100 ha	aproximadamente

**Extensión total del predio: 12,881 ha**

La historia de este predio durante las últimas décadas interesa al desarrollista forestal cuyo desafío es insertar silvicultura, manejo y aprovechamiento en las actividades tradicionales de las comunidades campesinas.

## **ANTES DE 1950**

El predio formaba parte de la gran hacienda Porcón que pertenecía a la Beneficencia Pública de Cajamarca. Estaba arrendada a numerosos feudatarios, mayormente pobladores de la parte baja de la cuenca del Río Porcón, correspondiente a los actuales caseríos de Porcón Bajo, Porconcillo.

## **EPOCA 1950-1974**

El predio correspondiendo a la mayor parte de la Cuenca del Río Rejo fue comprado por el Servicio Cooperativo Interamericano de Producción de Alimentos SCIPA y fue llamado Granja Porcón. Luego fue transferido al Ministerio de Agricultura. Ambas instituciones lo administraron como una empresa modelo, practicando las actividades siguientes con mira a que fuesen adoptadas por otros productores rurales.

- Crianza de ovino "Corriedale" (producción de lana)
- Crianza de vacuno "American Brown Swiss" (producción de leche)
- Cultivo de papas

Fue una época de adiestramiento para el personal obrero de Granja Porcón y apertura a una forma "moderna" de conducir las actividades agropecuarias, es decir, buscando rentabilidad financiera.

Fue también época de inversión en infraestructura de producción y de servicios (carreteras, almacenes, establos, alojamientos, primera planta hidroeléctrica).

Iniciaron las plantaciones forestales con *Eucalyptus globulus*, *Cupressus macrocarpa* y *Pinus radiata* lo que era una novedad a nivel de Quechua Alta y Jalca.

Los campesinos se interesaron y se esforzaron en plantar algunos árboles al lado de su vivienda aunque no eran propietarios del suelo.

La religión evangélica entró paulatinamente. Una de sus primeras tareas fue de erradicar el alcoholismo.

## **EPOCA 1974 - 1981**

A la Reforma Agraria, los obreros del predio decidieron formar una Cooperativa de producción.

Los socios continuaron produciendo leche, papa y lana; según las normas técnicas heredadas de la Granja modelo.

Para dar trabajo eventual a sus hijos y proyectarse en futuros empleos permanentes, los socios bajo el impulso de uno de ellos, decidieron reforestar unos cerros llegando a establecer 649 ha de *Pinus radiata* con créditos y apoyo alimentario. También permitieron a CICAFOR instalar ensayos, arboretos y demostraciones por un total de 304 ha bajo convenio de reforestación cuyos términos preveían repartición igual de beneficios. La instalación de la plantación demostrativa preveía la creación de la infraestructura vial y de defensa lo que era novedoso y considerado como indispensable por el Consultor belga Prof. Antoine. Por insuficiencia de la red vial en el predio, se escogió construir la carretera forestal principal sobre el trazo de una futura troncal del predio a fin de brindar el mayor apoyo a las comunidades locales. Sin embargo, se manifiestaron ciertas oposiciones a la reforestación porque ésta conducía a reducir las canchas de pastoreo para ovinos.

Los socios empezaron a construir sus casas; se instaló un colegio secundario; la religión evangélica se expandió libremente; en las reuniones no se ofrecía ni cerveza ni licores.

#### EPOCA 1982 - 1988      EL PROYECTO PILOTO DE REFORESTACION

En base a los resultados favorables adquiridos por el CICAFOR en la reforestación en las regiones Quechua Alta y Jalca en Cajamarca, se decidió instalar un macizo forestal piloto de 6,000 ha para probar en tamaño real los problemas planteados por la reforestación con fines industriales.

Una misión de identificación fue llevada a cabo por el Prof. Antoine, Consultor Forestal y el Ing. Nagant, Consultor Agropecuario.

Los socios de la Cooperativa Atahualpa-Jerusalén aceptaron que el centro de este macizo, o sea 2,500 ha sea establecido en su predio, la mayor parte a continuación de la plantación demostrativa, ampliando la red vial ya iniciada.

La Unión Europea, como financista, dispuso que el equivalente de  $\frac{1}{4}$  de la inversión forestal sea dedicado a la intensificación de las actividades agropecuarias: leche y papas seguían siendo productos de alto valor muy demandados mientras bajaba la demanda por la lana de ovino.

Se hacía necesario la construcción de carreteras troncales en el predio para el aprovechamiento de nuevas áreas de cultivos y las comunicaciones con las comunidades vecinas donde se iban a expandir las plantaciones forestales (3,500 ha).

Se formalizó un convenio entre el financista y la Cooperativa teniendo ambas partes el derecho al 50% del beneficio del bosque, debiendo la Cooperativa dedicar a la

reposición del bosque luego de la tala final la mitad del monto que le corresponde o sea 25% del beneficio total del bosque establecido.

El costo de plantación asciende los US\$ 500/ha, incluyendo la infraestructura. La hectárea de terreno se valorizó a un monto similar.

El plan de trabajo fue establecido por la Cooperativa en base al proyecto establecido por la misión de identificación.

Para la ejecución de los trabajos agrícolas el Proyecto puso la dirección técnica y la Cooperativa la mano de obra, fue un trabajo compartido.

Para los viveros y las plantaciones forestales, el proyecto proporcionó la dirección técnica y financió la mano de obra. Esta fue en menor parte reclutada en Granja Porcón y en mayor parte más de 100 personas en Porcón Alto. Con el propósito de guardar orden en el predio, este personal debía obtener una autorización de trabajo otorgada por la Cooperativa, previo a su contratación por el Proyecto.

Con el apoyo del CICAFOR, el Proyecto capacitó a obreros y capataces de Granja Porcón con la finalidad de constituir los cuadros de la Unidad Forestal de la Cooperativa. Durante esta época, la comunidad evangélica con apoyo de la Cooperativa construyó su templo.

Con el Proyecto Piloto de Forestación se logró establecer lo siguiente:

- 60 ha de terrazas de cultivo cuyo talud y plataforma se van formando progresivamente, apoyándose sobre hilera de *Polylepisis sp.*
- 120 ha de pastos irrigados, complementando los canales principales existentes por una red de distribución diseñada especialmente.
- Un edificio de uso múltiple compuesto de galpones talleres y almacenes.
- 19 km de carretera troncal.
- 24 km de carretera secundaria para dar acceso a las áreas por reforestar.
- Un vivero forestal compuesto de El Rejo 0,90 ha (capacidad anual 200,000 plantas) y El Tinte 6,5 ha (capacidad anual 1'200,000 plantas).
- 3,572 ha de reforestación según el siguiente esquema - Valores redondeados:

1 <sup>ra</sup> . Campaña	1983 - 84	60 ha
2 <sup>da</sup> . Campaña	1984 - 85	234 ha
3 <sup>ra</sup> . Campaña	1985 - 86	467 ha

4 <sup>ta</sup> . Campaña	1986 - 87	706 ha
5 <sup>ta</sup> . Campaña	1987 - 88	1,156 ha
6 <sup>ta</sup> . Campaña	1988 - 89	946 ha
TOTAL :		3,572 ha

Se efectuaron transplantes con 5 especies de *Pinus*, 2 de *Cupressus*, 2 de *Eucalyptus* y 2 especies nativas según el cuadro siguiente:

Especies	Proporción (%)	Extensión (ha)
<i>P. patula</i>	62.5	2,233
<i>P. muricata</i>	14.9	532
<i>P. gregii</i>	8.9	318
<i>P. pseudostrobus</i>	3.7	132
<i>P. radiata</i>	2.6	93
<b>Sub total:</b>	<b>92.6</b>	<b>3,308</b>
<i>E. globulus</i> y <i>E. viminalis</i>	2.8	100
<i>Polylepsis racemosa</i>	3.2	114
<i>C. macrocarpa</i> , <i>C. lusitanica</i> y <i>Alnus jorullensis</i>	1.4	50
<b>TOTAL:</b>	<b>100</b>	<b>3,572</b>

#### EPOCA 1989 - 95 SOCIEDAD PARAMONGA LTDA. (1989 - 93) Y PROMOTORA “EL BRUJO” S.A (1995).

Aprovechando de la experiencia acumulada así como del equipo capacitado y adiestrado obrando en el Proyecto, la Sociedad Paramonga Ltda. propuso a la Cooperativa de continuar las acciones iniciadas por el Proyecto Piloto de Forestación entretanto integrado a ADEFOR. La Cooperativa aceptó y se celebró un contrato de reforestación.

Se redujo todavía las canchas de pastoreo de ovinos y se ampliaron los pastos irrigados a razón de 1 ha por cada 50 ha entregado a la reforestación, o sea un total de 72 ha de nuevos pastos.

En 4 campañas se logró establecer 3,611 ha de plantación con *P. patula* y *P. pseudostrobus*, mayormente.

Luego la promotora “El Brujo” S.A. encargó a ADEFOR de instalar otras 335 ha de reforestación con *Pinus*.

## **ACTUALMENTE 1996**

Desde 4 años los primeros bosques instalados en convenio con el Proyecto Piloto de Forestación son objeto de raleo con una intensidad de 30 a 40 %. Una pequeña parte de la madera fue recogida para postes y leña tanto por ADEFOR como por la Cooperativa.

Desde el mes de junio de 1996, ADEFOR recoge automáticamente la madera que le corresponde y la vende a una fábrica de tableros prensados, instalada en Laredo - Trujillo.

La dirección técnica y la financiación de estas operaciones estuvieron a cargo de ADEFOR quien asume los derechos y deberes contractuales del Proyecto Piloto de Forestación.

Desde el mes de julio de 1996, la Cooperativa está recogiendo la parte de la madera que le corresponde y la vende a la misma fábrica de tableros.

## **CONCLUSIONES**

Como desarrollista forestal se puede sacar las siguientes conclusiones:

- 1º La instalación del macizo forestal cumplió su papel piloto ya que inversionistas continuaron el establecimiento de bosques con fines industriales, y otras empresas campesinas luego de visitar Granja Porcón se decidieron a celebrar contratos de reforestación (SAIS J.C. Mariátegui).
- 2º La instalación de terrazas de cultivos de formación lenta, juega un papel reconocido por los socios sobre la conservación de los suelos y el aumento de producción. La instalación de campos fijos permitió la apertura de carretera de acceso y la construcción de casas para que el personal agrícola se proteja de la lluvia y tome cómodamente sus alimentos.
- 3º La instalación de pastos mejorados produjo un aumento sensible e inmediato de los ingresos por venta de leche dando a la Cooperativa mayores posibilidades financieras.
- 4º La producción de leña del bosque y de los setos vivos de las terrazas produjo un cambio considerable en el bienestar de las familias e interrumpió definitivamente la depredación de los montes. Estos a su vez están regenerándose. La producción de vigas permitió a los socios construir sus casas de 2 pisos con techo de calamina, en lugar de la choza con techo de paja.

- 5º La presencia de los bosques de pino condujo al abandono de la quema de los pastos naturales.
- 6º La instalación del macizo forestal de Granja Porcón fue posible gracias a un conjunto de factores:
- a. La estabilidad de la Cooperativa, el fuerte liderazgo de su Gerente y el ideal de vida impartido por la religión evangélica, así como el movimiento cultural que ésta promueve.
  - b. La disponibilidad de capital otorgado por la Unión Europea y la libertad de acción del Proyecto.
  - c. La intensificación correspondiente de la agricultura y de la ganadería suscitando unos aumentos inmediatos de los ingresos de la Cooperativa.
- 7º La debilidad de esta realización es la poca participación activa de la Cooperativa a la inversión forestal y la ausencia actual a la excepción de un guardián forestal en función desde más de 10 años y muy motivado, de personal forestal capacitado e implementado para la ejecución de las acciones de manejo, aprovechamiento y mantenimiento del patrimonio forestal. En consecuencia, las 649 ha de los bosques instalados con tanto entusiasmo de 1976 a 1981 no dieron todos sus frutos económicos y sociales.  
Otra debilidad es la escasez de las áreas donde instalar viviendas, lo que ha conducido a construir casas en las áreas reforestadas, siendo esto una indudable fuente de dificultades futuras entre vivientes y forestales, además de no ser recomendable tanto del punto de vista técnico como del punto de vista de salud y seguridad.
- 8º Un aspecto interesante es el constante desarrollo de la carpintería de la Cooperativa, que a la fecha aún teniendo maquinaria y personal no puede todavía abastecer a la creciente demanda de muebles de parte de los habitantes de Granja Porcón.

Se debe recalcar la preocupación creciente de los carpinteros por capacitarse en el establecimiento de sus costos de producción.

## **4.0 EXPERIENCIAS DE MANEJO DE CUENCAS**

### **4.3 Experiencias Locales**

#### **4.3.4**

# **DESCRIPCION DE LA ORGANIZACION ESPACIAL DE LA MICROCUENCA FORMADA POR LAS QUEBRADAS YANAMAYO, HUANTARMANA Y CHAHUAYTIRE EN EL DISTRITO DE PISAC**

*Mauricio Puerta A.  
Equipo CEDEP-AYLLU*

#### **RESUMEN**

El objetivo es describir de manera general, a partir de los principales indicadores, la organización espacial de la microcuenca conformada por las quebradas Yanamayo, Huantarmana y Chahuaytire en el distrito de Pisac, provincia de Calca.

La metodología utilizada para su elaboración consistió en ordenar de manera coherente con los objetivos, la información disponible, ya sea en forma bibliográfica o en cada uno de los técnicos y promotores del CEDEP Ayllu.

Este documento no pretende ser un análisis detallado sobre cada uno de los temas propuestos, ni mucho menos un cuadro completo sobre la organización espacial de la microcuenca. Simplemente intenta dejar planteadas algunas cuestiones y datos claves sobre cada tema, para que sirvan como complemento o punto de partida de diferentes interpretaciones y análisis.

#### **INTRODUCCION**

La microcuenca de las quebradas de Yanamayo, Huantarmana y Chahuaytire no está aislada, forma parte de una organización espacial mayor, la región Inka. Por lo tanto, muchas de las características, posibilidades, limitaciones y tendencias, son parte de las características regionales.

La región no es homogénea, existen diversas tendencias demográficas, características productivas distintas, diversos grados de articulación, desigual presencia del estado y variadas posibilidades de desarrollo, que definen cuatro grandes unidades espaciales: el eje estructurador de la región en el valle del

Vilcanota, complementado por el eje vial hacia Abancay y hacia Yauri; la ceja de selva y la selva, polos actuales de atracción; las alturas poco dinámicas del departamento del Cusco y las alturas de Apurímac.

Algunas de estas regiones cuentan con recursos naturales (tierras fértiles, oro, madera, entre otros) o se encuentran ventajosamente localizadas sobre ejes de comunicación. En contraste otras regiones, por falta de recursos pero sobre todo por aislamiento, no ofrecen actualmente las condiciones necesarias para que la población opte por permanecer en ellas.

## **DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LA MICROCUENCA**

### **a. Clima**

El clima de la zona se caracteriza por su irregularidad pluviométrica anual y por grandes oscilaciones térmicas diarias. Desgraciadamente no se cuenta con registros climatológicos para esta microcuenca, sin embargo, para hacer una pequeña evaluación se puede recurrir a los registros pluviométricos para el piso de valle de los últimos tres años y el porcentaje de afectación climática en el cultivo de la papa.

### **Porcentaje de afectación climatológica en los cultivos de papa en la zona de la microcuenca durante la campaña agrícola 1992-1993.**

Estado cultivo	Heladas	Granizo	Sequía	Ex. Agua
Siembra	7.6	0.0	0.0	0.0
Maduración	7.6	3.0	6.1	1.5
Cosecha	76.0	1.5	21.0	0.0

Fuente: AESI CEDEP Ayllu

### **b. Morfología**

En la microcuenca se puede distinguir tres tipos de relieve: el correspondiente a la zona noreste, sobre los 3800 msnm, constituido por pequeños valles colgados de origen glacial, que han dado lugar a la formación de lagunas, tienen pendientes pronunciadas (25%), importantes afloramientos rocosos y una escasa cobertura vegetal; el correspondiente a la zona central de microcuenca, por debajo de los 3600 msnm, caracterizado por una pendiente que varía de 15 a 25 %, su origen está en la erosión de rocas blandas y en la formación de pequeños conos de deyección, permitiendo la formación de suelos más profundos, lo que explica la intensidad de su uso con fines agrícolas; finalmente el relieve correspondiente a la zona este de la microcuenca, sobre los 3800 msnm, caracterizado por formas más

onduladas y pendientes que varían entre 5 y 15 %, son comunes las áreas endorreicas (bofedales) y la escasa vegetación natural, que se limita a algunas gramíneas.

#### c. Suelos

En esta zona los suelos tienen un desarrollo genético incipiente y son relativamente profundos, han sido formados a partir de depósitos coluvio-aluviales y de material residual de litología diversa como areniscas y arcillas calcáreas y no calcáreas, su drenaje natural varía entre algo excesivo y bueno y con una fertilidad natural de media a baja. En general tienen un régimen de humedad seco, pero en algunas zonas puntuales presentan un régimen de elevada humedad (bofedales). Sus posiciones fisiográficas varían entre 4 y 35 %, marcando diferencias de calidad en función a la erosión hídrica y a la dinámica de vertientes.

#### d. Red hidrográfica

La red hidrográfica de la microcuenca está constituida por pequeñas quebradas permanentes de origen lacustre, que forman el río Chongo. El número y el caudal de las lagunas diferencia claramente dos vertientes: la de las lagunas Kinsacocha y Azulcocha y la de la laguna Totorani.

### LA UTILIZACION DEL TERRITORIO

#### a. Los patrones de asentamiento

Se refiere a la ubicación y distribución de las viviendas de cada uno de los miembros, varían de comunidad en comunidad en función a las características topográficas, productivas, de tenencia y últimamente en función a la disponibilidad de servicios (transporte, agua y luz).

En la microcuenca se distinguen dos tipos de patrones de asentamiento:

Concentrado: el mayor número de familias viven con una proximidad que puede variar entre los 20 y 50 m, en una zona de pequeñas terrazas con pendientes que varían entre los 10 y 20 % y con disponibilidad de agua para riego.

Disperso: las familias están relativamente diseminadas en los sectores con mejores tierras y disponibilidad de agua para el consumo humano y animal, son zonas de suave pendiente (5 %), son las comunidades de altura, las más grandes y menos pobladas y donde la actividad ganadera sigue siendo importante.

## b. Las zonas de producción

El territorio de las comunidades es heterogéneo, esta característica tiene su origen por un lado, en los factores físicos (altitud, topografía, clima) que definen diferentes zonas naturales y por otro lado, en la intensidad de la utilización que de ellas hace la población. Se definen de esta manera que son "porciones precisamente delimitadas del territorio de la comunidad que se caracterizan por determinados recursos (agua, cultivos, crianzas, etc.) y por la existencia de mecanismos comunales que regulan el uso de estos recursos (...). Pero notamos que una zona de producción es más una construcción del hombre que un estado de la naturaleza y, en este sentido, las zonas cambian con el tiempo: nuevas zonas pueden crearse o expandirse mientras que otras se reducen o desaparecen" (kervyn, 1989) Así mismo todos los miembros de la comunidad pueden tener terrenos en cada una de ellas.

Se distinguen cinco zonas de producción:

- I. Zona cercada: compuesta por parcelas con riego, cercadas con muros de piedra o adobe.
- II. Zona de riego: compuesta por terrenos bajo riego y abierta (sin cercos).
- III. Zona de secano: no tiene riego artificial, pero los descansos no siguen un orden preestablecido por sectores.
- IV. Zona de turnos o "muyuys": tierras de rotación cultivadas por sector cada cierto tiempo después de descansos más o menos largos y cuyo sistema de cultivo y de descanso es regulado por la comunidad.
- V. Zona no agrícola: pastos naturales nunca barbechados, eriazos y bosques.

En la microcuenca estas cinco zonas marcan relativamente una progresión altitudinal, siendo a menudo la zona I la más baja y la zona V la más alta.

## EL ACONDICIONAMIENTO DEL TERRITORIO COMUNAL: RESPUESTAS APRENDIDAS PARA RESOLVER NECESIDADES PRODUCTIVAS Y DE SERVICIOS.

El mejoramiento de la calidad de vida en una comunidad está asociado a un proceso constante de transformación del medio y de adaptación a las condiciones ambientales. La transformación y la adaptación buscan resolver necesidades de tipo productivo (mejores rendimientos, menores pérdidas de suelo, etc.) o de servicios (transporte, salud, educación, agua, luz, etc.). Sin embargo, el ritmo de este proceso está en función a la disponibilidad de información por parte de la comunidad.

**El riego:** generalmente el punto de partida del acondicionamiento de los territorios comunales es el manejo y control del agua, que exige inversiones colectivas en canales, reservorios, represas y terrazas.

**Las prácticas de conservación de suelos:** el suelo es el principal recurso de estas comunidades, sin embargo, debido a las fuertes pendientes y al escaso manejo de técnicas de conservación de suelos, las pérdidas por erosión han sido enormes.

En la actualidad, se llevan a cabo prácticas comunales de conservación de suelos con el apoyo de instituciones (ARCA, PRONAMACHS y CEDEP) (Fig. 1). Una vez priorizada la zona de tratamiento se hacen zanjas de infiltración en los "muyuys" recién roturados y construyen los muros de contención para las terrazas de formación lenta, el año siguiente se forestan con plantas nativas, lo cual garantiza que el ganado no va a entrar y asegura el prendimiento de los plantones. En las quebradas y cárcavas se está forestando con especies exóticas ("eucalipto", "pino" y "ciprés"), dado que son áreas no cultivables.

Estas técnicas mejoradas de conservación (terrazas de formación lenta, zanjas de infiltración, etc.) han tenido mayor aceptación en las comunidades de la zona baja que en las de altura, las primeras tienen mayor urgencia debido a la presión demográfica. Esto se expresa en los niveles de replicabilidad en las parcelas particulares y en el mantenimiento dado por la comunidad.

Sin embargo, el proceso de asimilación es lento, los resultados del trabajo recién se comienzan a ver a partir del tercer año: barreras de protección vegetal, formación de terrazas, aumento de la cobertura vegetal, prolongación del periodo de humedad, disponibilidad de pastos naturales, control de deslizamientos en quebradas y cárcavas (Fig 2).

**La forestación:** quizás sea la más reciente de las actividades de acondicionamiento del territorio comunal, pero ha sido asimilada por los beneficios económicos, como fuente de combustible, de materiales de construcción de viviendas, herramientas y como control de la dinámica de las vertientes.

El trabajo de forestación que el CEDEP realiza tiene dos ejes de acción: la forestación masiva con especies exóticas, como "eucalipto" y "pino", y la agroforestería con especies nativas asociada a los trabajos de conservación de suelos.

**La instalación de servicios básicos:** el único servicio básico del que dispone la población de la microcuenca es el agua entubada a domicilio, sin cloración ni desinfección, debido al costo y disponibilidad del hipoclorito de calcio.

**La infraestructura de salud y educación:** Hoy todas las comunidades cuentan con su propia escuela hasta el 6º grado de primaria y en Quelloquello funciona un colegio agropecuario para toda la población escolar de la microcuenca. Todo esto ha sido logrado por el esfuerzo comunal, estatal y de instituciones privadas. Sin embargo, la infraestructura no lo es todo, la calidad de la enseñanza, la irregularidad de los

profesores, las rivalidades entre las comunidades obligaron al cierre del colegio en 1993 por falta de alumnos.

Sólo existe una posta de salud ubicada en Cuyo Grande para toda la población de la microcuenca. Los domingos se atiende en Quelloquello.

Fig. 1

**AREAS CON PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS Y FORESTACION EN LA MICROCUENCA DE LAS QUEBRADAS YANAMAYO, PAMPALLACTA Y CHAHUAYTIRE, 1994.**

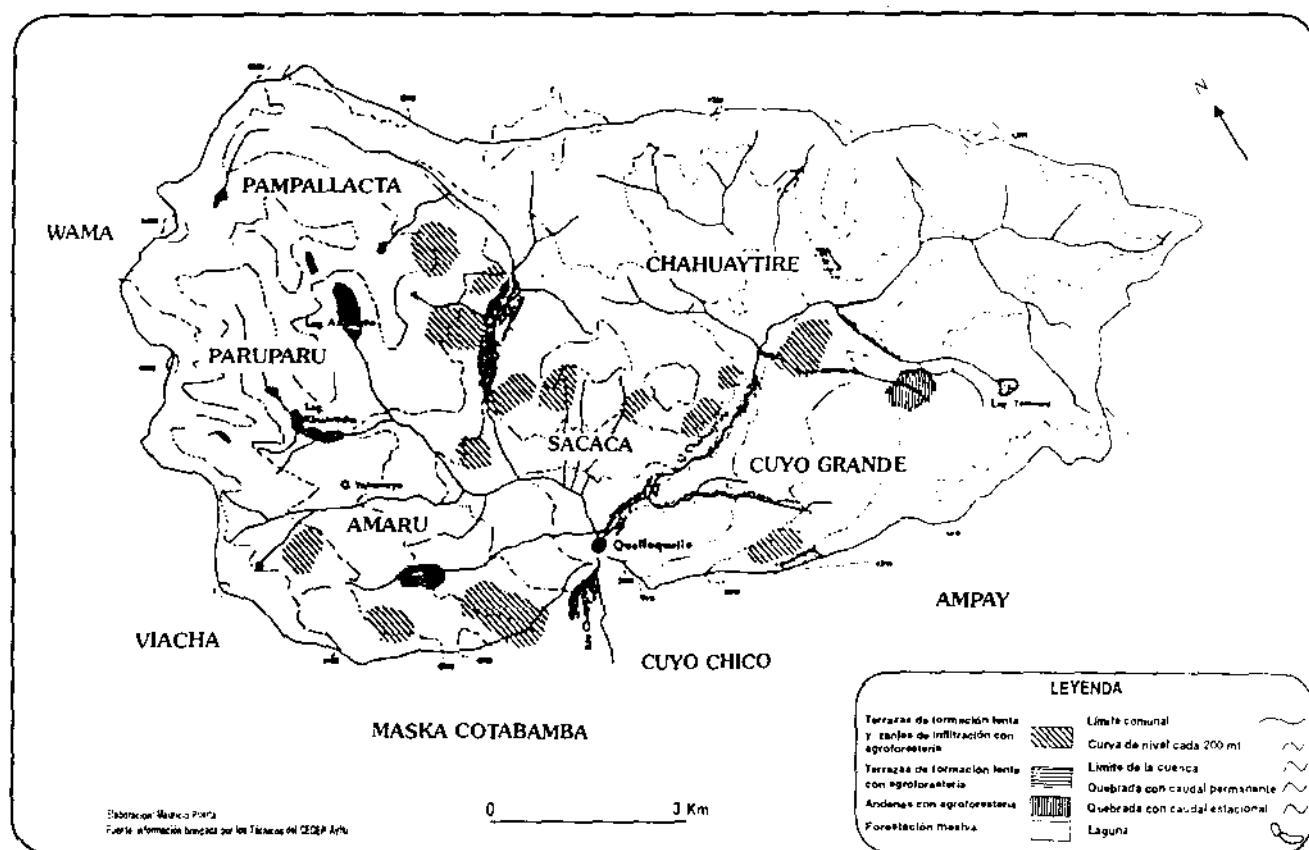
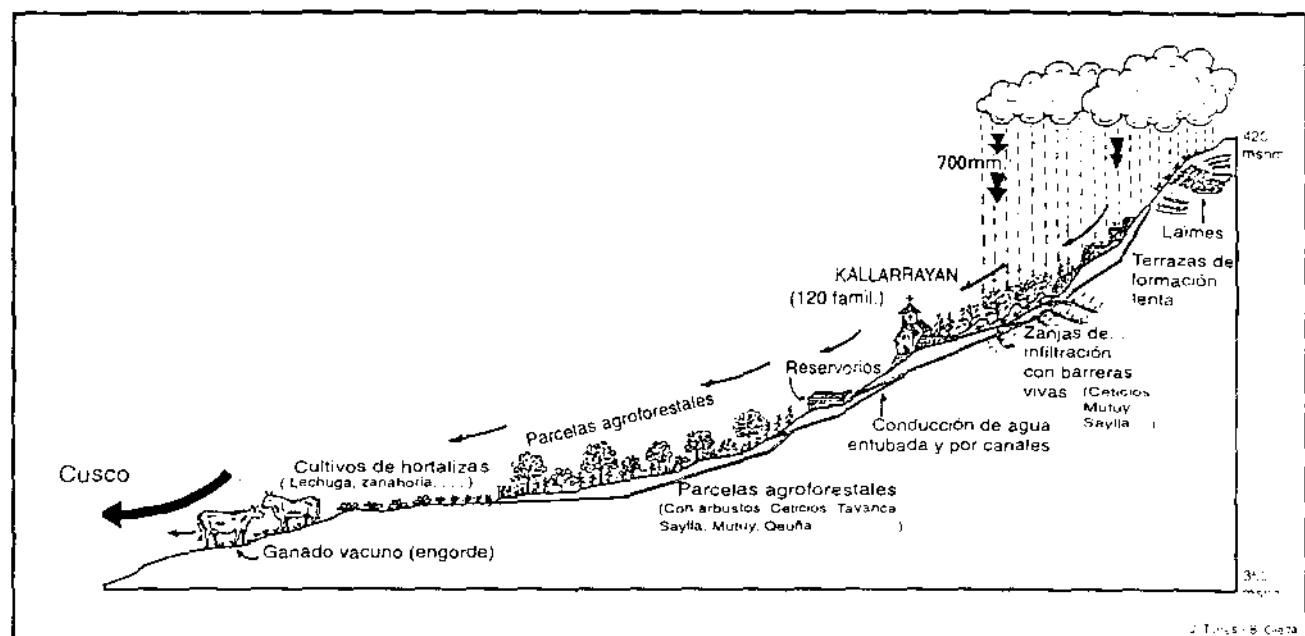


Fig. 2

MODELO DE GESTION DEL CICLO HIDROLOGICO DE LA MICROCUENCA DE KALLARRAYA, CUENCA QUESMAYO. PROV. CALCA. CUSCO.



## **ESTRATEGIAS ECONOMICAS: AGRICULTURA, GANADERIA Y ARTESANIA**

La economía se basa en la actividad agrícola. Físicamente son muchas las limitaciones para esta actividad (condiciones climáticas, pobreza de suelos, fuerte pendiente, altitud, etc.) además de las malas condiciones de los precios de los productos agrícolas, en el mercado. Es por esta razón que surgen estrategias para reducir al mínimo posible los riesgos y carencias económicas. Estas estrategias van a ser las modificaciones de los patrones de cultivo y la crianza de pequeños hatos ganaderos, hasta el desarrollo de actividades complementarias no agrícolas.

Algunas de las principales estrategias son:

- La preferencia por realizar cultivos asociados (habas, tarwi, quinua, oca, liza, añu) para reducir los riesgos por fenómenos climáticos y de plagas, que afectarán a una especie pero no a todas.
- La presencia de un cultivo con altas posibilidades de comercialización, ya sea a través del trueque o la venta directa.
- Intensificación de la actividad agrícola a partir de la reducción de los turnos, como respuesta a la presión poblacional y a los bajos precios de los productos en el mercado.
- Persistencia de los cultivos de papa y maíz, pues son fundamentales en la economía familiar de estas comunidades, tanto para el consumo humano como animal.
- El cultivo de hortalizas en la zona no ha sido una estrategia orientada al mercado sino hacia el enriquecimiento de la dieta alimenticia familiar.
- La ganadería como forma de acumulación y ahorro. El ganado es casi exclusivamente para venta, en los momentos de necesidad de liquidez.

Quizás la más impactante de las estrategias sea la actividad artesanal, que tiene ventajas frente a la agricultura por los bajos niveles de inversión, disponibilidad de la materia prima, quizás el ingreso no sea mayor pero sí seguro (no hay riesgos climáticos ni de plagas).

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Documentación interna del CEDEP Ayllu:

BLONDET, CECILIA y CHERRETT, IAN.1993. Evaluación de CEDEP AYLLU, Cusco.

LEGOAS, JORGE. 1994. Informe de trabajo de campo.

- KERVYN, B. 1989. "Campesinos y acción colectiva: la organización del espacio en comunidades de la sierra sur del Perú", Revista Andina 7, 1:7-59.
- ONERN. 1986. Inventario y evaluación de los recursos naturales de la zona alto andina del Perú, Cusco. 3T. Lima.
- PISCA. 1983. Diagnóstico técnico agropecuario y socioeconómico de las comunidades de : Amaru, Paruparu, Sacaca y Cuyo Grande. Cusco.
- SINAMOS. 1975. Diagnóstico socio-económico de la microrregión Pisac. 2T. Lima.