

Com :  
*Vitos Días Hidrológicos de Montpellier*  
*ORSTOM, Montpellier, 12-13/09/90, 22 p.*

## EL AGUA Y SU MANEJO EN LA PLANIFICACION DEL RIEGO TRADICIONAL EN LOS ANDES DEL ECUADOR

por Patrick LE GOULVEN\*, Thierry RUF\*\*

### RESUMEN

*Confrontado a una ambiciosa demanda de la contraparte nacional (elaboración del Plan Nacional de Riego), el equipo del ORSTOM se dedicó ante todo a definir una temática de investigación pluridisciplinaria conforme a su técnica y una estructura de trabajo que logre resultados utilizables para un plan de rehabilitación.*

*La identificación de indicadores pertinentes sobre el manejo y utilización del recurso hídrico es realizada a diferentes niveles en terrenos representativos, a todo lo largo de la cadena de movilización, transporte y utilización del agua (desde la micro-región hasta la parcela).*

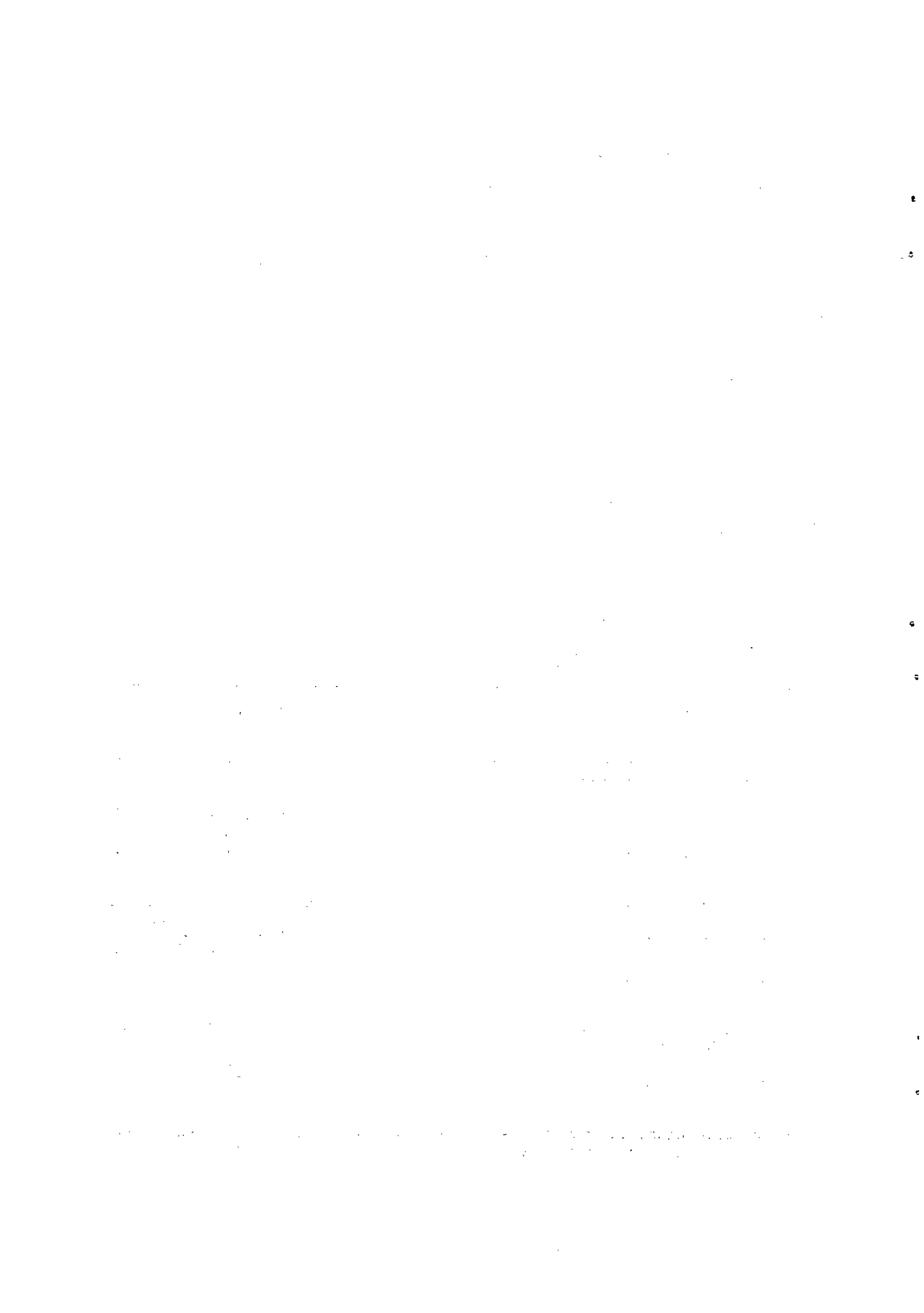
*Tales indicadores son luego extendidos al conjunto de perímetros regados gracias a un inventario detallado.*

*La utilización de espacios de análisis cuidadosamente escogidos tiene en cuenta las relaciones entre manejo del agua y medio agro-socio-económico y facilita la elaboración de recomendaciones satisfactorias para todos los actores presentes, para un plan de acción a corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta los impactos previsibles de cualquier intervención estatal.*

*Los primeros resultados evidencian los puntos débiles de los sistemas tradicionales de riego y contradicen a veces la política de rehabilitación actualmente vigente.*

\* Hidrólogo, Misión ORSTOM, Apartado 17.11.06596, Quito - Ecuador

\*\* Agro-economista, Misión ORSTOM, Apartado 17.11.06596, Quito - Ecuador



# 1. EL RIEGO EN EL ECUADOR

## 1.1 Situación y características generales del país

La parte continental de la República del Ecuador está situada al Noroeste del continente sudamericano, entre Colombia y Perú, y se extiende desde el Océano Pacífico hasta la cuenca amazónica.

La parte insular está formada por las islas Galápagos, distribuidas alrededor de la línea ecuatorial, aproximadamente 1000 Km al Oeste del continente.

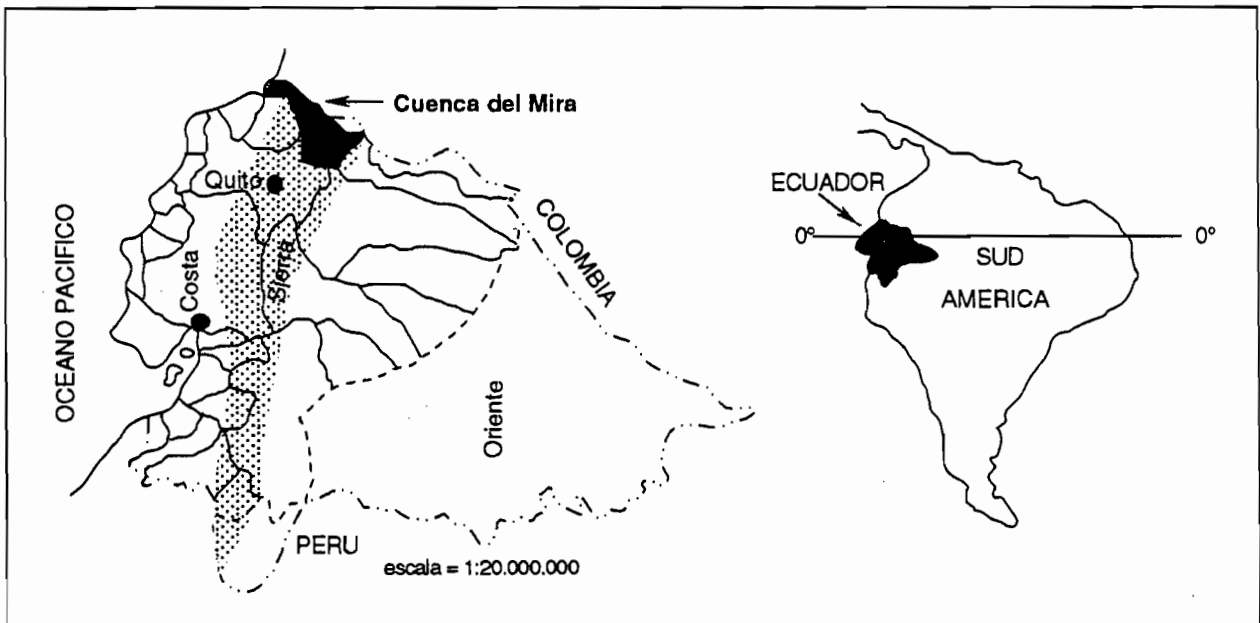


Figura 1 - Ecuador, regiones naturales - cuencas hidrográficas

La superficie del territorio continental es de aproximadamente 281.000 km<sup>2</sup>, repartidos de Oeste a Este en 3 regiones naturales:

- La « **Costa** » comprende la franja litoral, cuyo ancho disminuye a medida que se desciende hacia el Sur (ancho promedio de 100 km). En sus partes occidental y noroccidental, se eleva una pequeña cordillera que no supera los 800 m de altura. En esta franja se localiza el Puerto de Guayaquil, primera ciudad del país por su población y su dinamismo económico.
- La « **Sierra** » se caracteriza por la imponente barrera montañosa de la cordillera de los Andes cuyo ancho oscila entre 100 y 140 km. En su parte norte, se distinguen dos macizos (cordilleras Occidental y Real) bien separadas por el callejón interandino, de aproximadamente 40 a 50 km de ancho, coronados por volcanes que superan los 6.000 m de altura (Cotopaxi, Chimborazo). Es en una de esas cuencas interandinas, a 2.850 m de altura, en donde los españoles establecieron la capital: Quito.
- En el Sur del país, las cordilleras pierden su individualidad y las cimas su altura, alcanzando unos 3.500 metros.
- El « **Oriente** » está formado por grandes valles aluviales a menudo pantanosos, parte integrante de la cuenca amazónica.

Solamente la cuarta parte del país es dedicada a la agricultura propiamente dicha, en tanto que el resto está ocupado por selvas vírgenes o páramos (vegetación herbácea de alta montaña).

## 1.2 El riego: una historia antigua

Las regiones andinas conocieron el riego mucho antes de la llegada de los españoles (hacia 1530) e incluso antes de la de los Incas que vinieron del Cuzco hacia 1470. Estos últimos pasaron más tiempo sometiendo a la población local que emprendiendo grandes obras de acondicionamiento rural, durante el poco tiempo que ocuparon el centro y el Norte del Ecuador.

Según las crónicas de la época, al interior de las comunidades indígenas existía una justicia del agua que fue reemplazada progresivamente por la legislación española. No existe sin embargo prueba material alguna de la existencia actual de infraestructura de riego incaica o pre-incaica.

Con la conquista, llegó la administración colonial. Un detenido análisis de los archivos sobre los conflictos relacionados con el agua muestra que a finales del siglo XVI numerosas acequias estaban en funcionamiento y suscitaban ya agudos conflictos jurídicos.

Ciertos grabados de la época muestran acequias que todavía están en funcionamiento (acequia Cacicques del pueblo de Urcuquí, cuyo trazado figura en un plano de 1562).

Sin embargo, todo hace pensar que la mayor parte de los sistemas actuales fueron construidos entre los siglos XVII y XIX, cuando los grandes terratenientes pudieron movilizar la mano de obra indígena para cavar y mantener los canales que comprendían a veces verdaderas obras de arte.

En los siglos XIX y XX, el riego se extiende a la planicie costera en donde se desarrollan grandes explotaciones orientadas hacia la exportación. En la Sierra, la evolución económica y social va a cambiar poco a poco la distribución del suelo y consecuentemente la repartición del agua.

Por una parte, las grandes haciendas comenzaron a dividirse entre herederos, lo cual originó conflictos en la repartición del recurso, los mismos que se resolvían con la construcción de nuevos canales a veces muy próximos.

Por otra parte, las agrupaciones de campesinos, mestizos o indígenas, reclamaron derechos de agua argumentando su preponderante participación en la construcción y el mantenimiento de las redes.

Finalmente, ciertos individuos o grupos compraron los derechos de agua bajo diversas formas, que alquilan o venden a los pequeños agricultores.

Durante el siglo XX, el crecimiento demográfico cada vez más fuerte acarrea una presión sobre la propiedad de la tierra que desembocará en la Reforma Agraria (1960-1970), al igual que una presión no menos consecuente sobre la repartición del recurso hídrico, que origina conflictos muy violentos que justificarán la intervención estatal.

## 1.3 Una intervención reciente del Estado

Este interviene por primera vez en 1936, intenta crear las primeras bases jurídicas para una repartición más adecuada del recurso y comienza a construir nuevos sistemas de riego cuando los juzga de interés público, a fin de armonizar el desarrollo de las diferentes provincias.

Ante la persistencia de los conflictos entre propietarios del agua y usuarios, el gobierno militar crea en 1966 el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI) y en 1972 nacionaliza la totalidad de recursos hídricos del territorio en.

Se atribuye al INERHI un papel de empresa ya que estudia, construye y maneja directamente las infraestructuras que riegan superficies de 500 a 10.000 ha, y los agricultores pagan entonces una cantidad que cubre parte de los gastos de administración. El Instituto interviene en cambio muy poco en el desarrollo agrícola.

***Los sistemas en los que se produce este tipo de intervención representan el riego público.***

Por otra parte, el INERHI es el administrador exclusivo de los recursos hídricos. Controla y atribuye las concesiones (renovables cada 10 años) siguiendo un orden de prioridad preestablecido (agua potable, agricultura, usos industriales y energéticos). De esta forma, legaliza los derechos de agua antiguamente adquiridos, y los racionaliza en función de las necesidades. En ese caso, los usuarios y sus organizaciones son responsables de la construcción y del funcionamiento del sistema.

***Los perímetros correspondientes (de algunas hectáreas a varios centenares) constituyen el riego privado o tradicional.***

Finalmente, el INERHI debe evaluar y administrar los recursos hidráulicos nacionales y elaborar el Plan Nacional de Riego como parte integrante del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social del país.

Desde entonces, el INERHI se ha centrado sobre todo en su función de constructor realizando nuevas obras de alto costo, y cuya rentabilidad queda por demostrar, ya que contrariamente a la lógica, se interesa muy poco en el desarrollo agrícola, la orientación de la producción y su comercialización. Esos nuevos proyectos no tienen en cuenta las infraestructuras ya existentes y la intervención pública aparece como ***el último eslabón de una cadena histórica de obras superpuestas.***

El desconocimiento de los sistemas privados se debe en gran parte a la complejidad del riego tradicional, constituido de un conjunto de perímetros dispersos, cuyas características escapan a las normas comúnmente admitidas.

Las tomas son casi siempre rústicas (piedras amontonadas al borde de los torrentes) y de difícil acceso. Los canales de tierra de trazado sinuoso cavados en los flancos de montaña, desaparecen frecuentemente en largos túneles sin apuntalamiento y que a pesar de ello pueden transportar más de 500 l/s. A todo lo largo de su recorrido, se cruzan, se enredan y se dividen para regar varios perímetros a veces distantes. El agua utilizada por gravedad riega parcelas cuya pendiente puede alcanzar 100 %, gracias a un ingenioso sistema de surcos en zigzag.

Sin referencias técnicas ni científicas y sin una metodología adecuada, el INERHI sólo podía intervenir a través de una serie de acciones separadas, construyendo aquí y allá ya sea una toma moderna o un reservorio.

Por lo tanto, el balance actual no sorprende y los datos obtenidos en la cuenca del Mira (ver figura 1) pueden extenderse al resto de los Andes. El riego público corresponde aproximadamente al 5 % de las superficies regadas, el 10 % recibe el agua de los dos sistemas y el resto (85 %) depende exclusivamente del riego tradicional.

Ahora bien, varios elementos nuevos obligan al INERHI a reconsiderar su intervención. La mayor parte de sitios ideales cuentan ya con las infraestructuras y todo nuevo proyecto será cada vez más costoso. Desafortunadamente, los ingresos petroleros se han reducido considerablemente, y el Estado debe ser más riguroso en la selección de sus inversiones, frente a la crisis económica actual y al endeudamiento público que ahora debe ser reembolsado. Las organizaciones internacionales (como la FAO por ejemplo) favorecen la rehabilitación de los sistemas existentes, lo cual justifica la falta de interés de los grandes bancos de desarrollo reticentes a una política de grandes proyectos.

Simultáneamente, el ORSTOM y el Ministerio de Agricultura y de Ganadería (MAG) terminaban, en PRONAREG, el inventario de los recursos naturales renovables. El departamento hidrológico de ese programa iba más lejos abordando el inventario del uso del agua y la determinación de alternativas con miras a satisfacer la demanda agrícola, tratando de responder a las siguientes interrogantes: ¿dónde, cuánto, cuándo y con qué regar? (P. Pourrut, 1980).

Esta primera respuesta al problema del manejo de los recursos hídricos en el Ecuador llamó la atención del INERHI que firmaba en 1986 un acuerdo con el ORSTOM para intentar finalmente elaborar un Plan Nacional de Riego, después de varias tentativas, siempre infructuosas por desconocimiento del riego tradicional.

## 2. EL PROYECTO INERHI - ORSTOM (OBJETIVOS Y METODOLOGIA)

### 2.1 Objetivos del proyecto

Considerado como parte integrante del Plan Nacional de Desarrollo, el Plan Nacional de Riego es entonces una respuesta parcial a un análisis social y macro-económico global.

Debe primeramente realizar la identificación y caracterización de acciones técnicamente interesantes y luego proponer una selección jerarquizada de intervenciones que permitirán a los planificadores cumplir con los objetivos que les han sido fijados por el Gobierno.

Como se puede observar, la segunda fase (selección y definición de prioridades) es extremadamente sensible a las orientaciones del poder público. Por lo tanto, no es posible que el ORSTOM participe en ella, sometida a factores estratégicos y políticos estrictamente internos al Ecuador.

La primera fase en cambio no varía en función de los cambios gubernamentales si está basada en criterios científicos y técnicos indiscutibles. Es en la elaboración de un instrumento técnico de decisión que el ORSTOM y el INERHI decidieron colaborar, a fin de establecer una metodología sustentada en bases científicas y que desemboque en recomendaciones prácticas.

La identificación y caracterización de acciones interesantes en materia de riego pueden ser consideradas como la elaboración de una matriz de proyectos que comprenda una gran cantidad de indicadores variados, de la cual el planificador podrá extraer su selección. Se observa el surgimiento del carácter multidisciplinario del estudio. Para ser completa, la matriz deberá también presentar alternativas de rehabilitación o de extensión de los perímetros.

Admitiendo el desconocimiento del riego tradicional y de su funcionamiento, es entonces necesario emprender su estudio completo, tanto más cuanto que escapa a las normas admitidas comúnmente. El programa de investigación se articula alrededor de los siguientes grandes temas:

- trabajos de campo en sitios representativos, a diferentes niveles graduales, teniendo en cuenta el manejo técnico y socio-económico del agua (desde las tomas hasta las parcelas, pasando por los sistemas de producción);
- estudios temáticos específicos: hidrológicos en el sentido amplio (incluyendo climatología, agro-climatología e hidráulica agrícola), agro-socio-económicos (técnicas agrícolas, sistemas de producción), agrológicos (caracterización de los suelos y de su potencialidad);
- un inventario exhaustivo de la ubicación de los sistemas involucrados y una descripción detallada de sus características.

Los resultados obtenidos inicialmente son analizados temáticamente, a fin de descubrir los indicadores de funcionamiento pertinentes y relacionarlos con las características descriptivas contenidas en el inventario. Son luego objeto de un análisis integrado que desemboca en una tipología de funcionamiento a la que corresponden toda una serie de recomendaciones.

Esta integración es imposible sin una división estructurada de la zona de estudio, basada en la organización y la utilización del espacio, y que servirá de soporte a los diferentes tipos de análisis y de recomendaciones.

Como la extensión del programa supera ampliamente los medios materiales y humanos disponibles, el trabajo se limita al callejón interandino. Al final del convenio, se estudiará una zona piloto en la costa para allí verificar la adecuación de la metodología propuesta y proceder a los ajustes necesarios.

Dada su complejidad, el proyecto está dividido en una serie de operaciones concomitantes que son descritas a continuación.

## 2.2 Una división adecuada del espacio

Una política de desarrollo agrícola se apoya en el acondicionamiento de espacios característicos convenientes para los diferentes análisis (medios físico y socio-económico), pero también para la ejecución de decisiones. La elaboración de escalas graduales favorece la elaboración de tipologías de funcionamiento a partir de estudios de campo y permite luego pasar a una planificación primeramente regional y luego nacional.

### 2.2.1 *El nivel nacional*

Las vertientes exteriores de la Cordillera (la oriental amazónica y la occidental pacífica) están bien rociadas y ofrecen suficiente cantidad de agua como para satisfacer globalmente todos los tipos de demanda. Sin embargo, la variabilidad del recurso en el espacio y en el tiempo induce marcados desequilibrios, caracterizados por una sucesión de sequías (callejón interandino) y de inundaciones (Costa).

La región amazónica y la parte norte de la costa reciben más de 3.000 mm, bien repartidos a todo lo largo del año, con una ligera disminución entre diciembre y febrero. No tienen necesidad alguna de riego.

En el resto de la Costa, las precipitaciones aumentan regularmente desde el litoral hasta el piedemonte (menos de 200 mm a 3.000 m). El régimen pluviométrico comprende una estación de lluvias de diciembre a mayo y una estación seca muy marcada el resto del año, durante la cual el riego permanente es obligatorio. En la parte sur, hacia el Perú, se observa una clara tendencia a la sequía (Pourrut, 1986) que deberá tenerse en cuenta en un proceso de planificación a largo plazo. Dedicada principalmente a los cultivos de exportación, esta región está atravesada por grandes ríos que es necesario dominar y su desarrollo depende sobre todo de la construcción de importantes infraestructuras.

Finalmente, la región andina soporta alternativamente la influencia de masas de aire oceánico y amazónico que definen un régimen con dos estaciones lluviosas (de febrero a mayo y de octubre a noviembre), más o menos alterado por los efectos de protección debidos a los relieves circundantes. Los totales pluviométricos son apenas elevados (de 600 a 1.500 mm) y pueden descender a 300 mm en el fondo de los valles bien abrigados. El riego complementario es allí indispensable para asegurar la cosecha e intensificar la producción (dos cultivos en el año). La Sierra es un medio muy variado (desde todo punto de vista) y en plena evolución agrícola. Las comunidades indígenas han emprendido un movimiento de gran envergadura para « suprimir » todas las propiedades superiores a 50 hectáreas en 1992 (500 años después del descubrimiento de América por Cristóbal Colón).

### 2.2.2 *Las grandes cuencas hidrográficas*

El país está dividido en 22 grandes cuencas hidrográficas, bien caracterizadas por el INERHI (figura 1) y que constituyen la base de la primera división espacial.

El callejón interandino está entonces dividido en porciones de cuencas hidrográficas, que contienen todos los sistemas de riego y que terminan en una estación hidrométrica adecuada.

Satisfactoria para el hidrólogo, esta unidad espacial le permite establecer un balance hídrico global, del cual dependerá la política general de acondicionamiento hidráulico, pero es demasiado amplia y heterogénea para garantizar en ella un manejo adecuado del recurso.

Está generalmente constituida por un fondo de valle muy poblado por donde pasan la mayor parte de las grandes vías de comunicación, y rodeada de vertientes en las que se ha desarrollado una agricultura muy diferenciada según los pisos climáticos. En tal sentido, satisface al agro-socio-economista.

Corresponde también a un espacio económico regional ya que contiene siempre una ciudad (a veces dos) que sirve de polo de atracción en los circuitos de comercialización. Aunque no siempre corresponde a límites administrativos (provincias), satisface igualmente al planificador, quien podrá definir en ella una política de intervención a largo plazo.

Cada unidad espacial está delimitada en función de la red hidrométrica y en base a los mapas de uso del suelo elaborados por P. Gondard en el marco del PRONAREG. Actualmente, se han delimitado dos grandes cuencas dirigidas hacia el Pacífico (Mira y Guayllabamba) y dos hacia la cuenca amazónica (Pastaza y Santiago). Corresponden a las 3/4 partes del callejón interandino, quedando por dividir sólo la parte sur (ocupada por un riego de fondo de valle).

El paso de la fase regional al conjunto nacional se realiza considerando las transferencias hídricas entre grandes cuencas, que dependen en gran medida de la obtención de financiamiento internacional.

### 2.2.3 *Cuenca vertiente unitaria*

Cada cuenca hidrográfica está dividida en cuencas vertientes unitarias en cuyo interior los parámetros explicativos de la aptitud al escurrimiento (morfología, características y uso del suelo) son más o menos homogéneos (Dubreuil, 1971). Esta división fue utilizada ya en el Ecuador en el marco del PRONAREG (Cadier, E.; Pourrut, P., 1979) y en Colombia (Le Goulven, P., 1984).

El trabajo de PRONAREG es entonces ampliamente utilizado y completado mediante la delimitación de cuencas unitarias complementarias, a fin de formar una malla hidráulica completa de cada cuenca hidrográfica. El límite de las cuencas unitarias coincide en lo posible con las estaciones hidrométricas de la red.

En la cuenca del Mira, 61 cuencas unitarias están constituidas siendo su tamaño promedio de aproximadamente 50 km<sup>2</sup>. Ellas forman una amplia red hidráulica controlada por 11 estaciones hidrométricas (ver figura 2).

La cuenca unitaria es indispensable para que el hidrólogo pueda calcular los recursos de agua (espacios de aporte) mediante modelos deterministas globales. Desafortunadamente, no se adapta al análisis de las demandas y no satisface al agro-economista ni al planificador.

En efecto, las líneas de cresta que separan a cada cuenca unitaria ya no son muy marcadas cuando se llega al fondo del valle. Las acequias pasan alegremente de un lado a otro, ya sea rodeando a las crestas o atravesándolas por túneles, **lo cual hace imposible todo análisis basado únicamente en esta unidad espacial.**

### 2.2.4 *La ZARI (Zona de Análisis y Recomendaciones para el Riego)*

Es por lo tanto indispensable proceder a otra división de las cuencas hidrográficas, basada en la delimitación de zonas que contienen todos los procesos de captación, transporte y utilización del agua (ZARI). En la práctica, su trazado es efectuado a partir de las redes existentes.

Se trata de micro-regiones separadas por accidentes topográficos lo suficientemente importantes como para impedir el paso de los canales tradicionales (línea de cresta muy elevada, río encañonado). Están atravesadas por los grandes sistemas (privados o públicos) que han gozado de una ayuda significativa para construir importantes infraestructuras.

En la práctica, su trazado exacto es realizado una vez conocida la disposición de la infraestructura existente

En la cuenca del Mira, las ZARI son tres veces más grandes que las cuencas unitarias y de las 20 encontradas, dos no disponen de un riego significativo en razón de un clima favorable. En la mayoría de los casos, sus límites invaden 3 cuencas vertientes unitarias (ver figura 3).



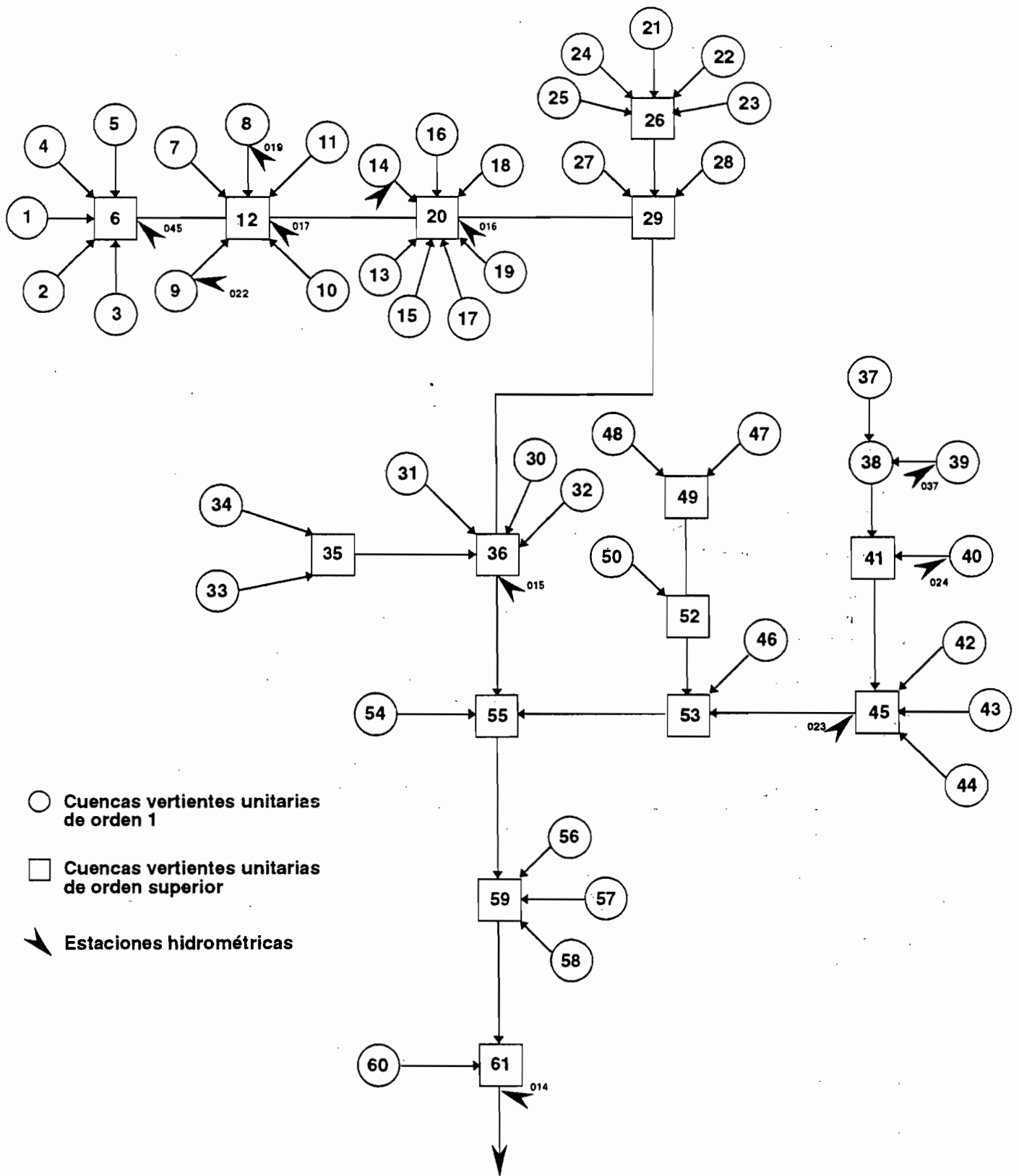


Fig. 2 - División de la cuenca hidrográfica del Mira en cuencas vertientes unitarias  
Esquema hidráulico de funcionamiento y emplazamiento de las estaciones hidrométricas de la red

Las ZARI se caracterizan por pisos climáticos en cuyo interior los sistemas de producción y las estructuras agrarias guardan una cierta homogeneidad:

- en el piso cálido (< 2.200 m) se localizan las grandes haciendas tecnificadas que tratan de conservar sus privilegios de antaño y producen cultivos rentables (caña de azúcar por ejemplo);
- el piso templado (entre 2.200 m y 2.800 m) es bastante parcelado (menos de 1 ha) y está dedicado ante todo a un policultivo dominado por el maíz y el fréjol;
- piso frío (> 2.800 m) está constituido ya sea por grandes explotaciones de cultivos extensivos, o por comunidades indígenas que tratan lograr un mayor control del agua.

Al interior de una ZARI, la disposición de los canales de riego permite a menudo adivinar las principales etapas de acondicionamiento y los grandes tipos de problemas que han suscitado. Los usuarios han llegado a un equilibrio en la repartición del recurso, equilibrio constantemente amenazado por las reivindicaciones de la población que se considera desplazada. Se trata entonces una entidad ideal para el análisis agro-socio-económico y para el planificador.

### **2.2.5 Relación entre cuencas vertientes unitarias y ZARI**

Es evidente que la ZARI es un espacio ideal para estudiar las demandas de agua puesto que contiene sistemas de riego completos (desde las tomas hasta las parcelas) y permite estimar sus variaciones en función de los cambios que serán inevitablemente provocados por toda intervención.

Sin embargo, para confrontar las necesidades con los recursos disponibles, es necesario establecer una relación entre los espacios correspondientes. Para pasar fácilmente de una malla a otra, las tomas de agua son identificadas a través de una codificación ZARI (pertenencia a un sistema) y una codificación hidrológica que las sitúa en el contexto de la red hidrográfica (pertenencia a una cuenca unitaria).

El código hidrológico está constituido por una serie de caracteres que describen todos los afluentes que ha sido necesario recorrer desde la desembocadura de la gran cuenca hidrográfica hasta el punto de la red hidrográfica considerada. Termina señalando la distancia recorrida en el último afluente (porcentaje del largo total del afluente).

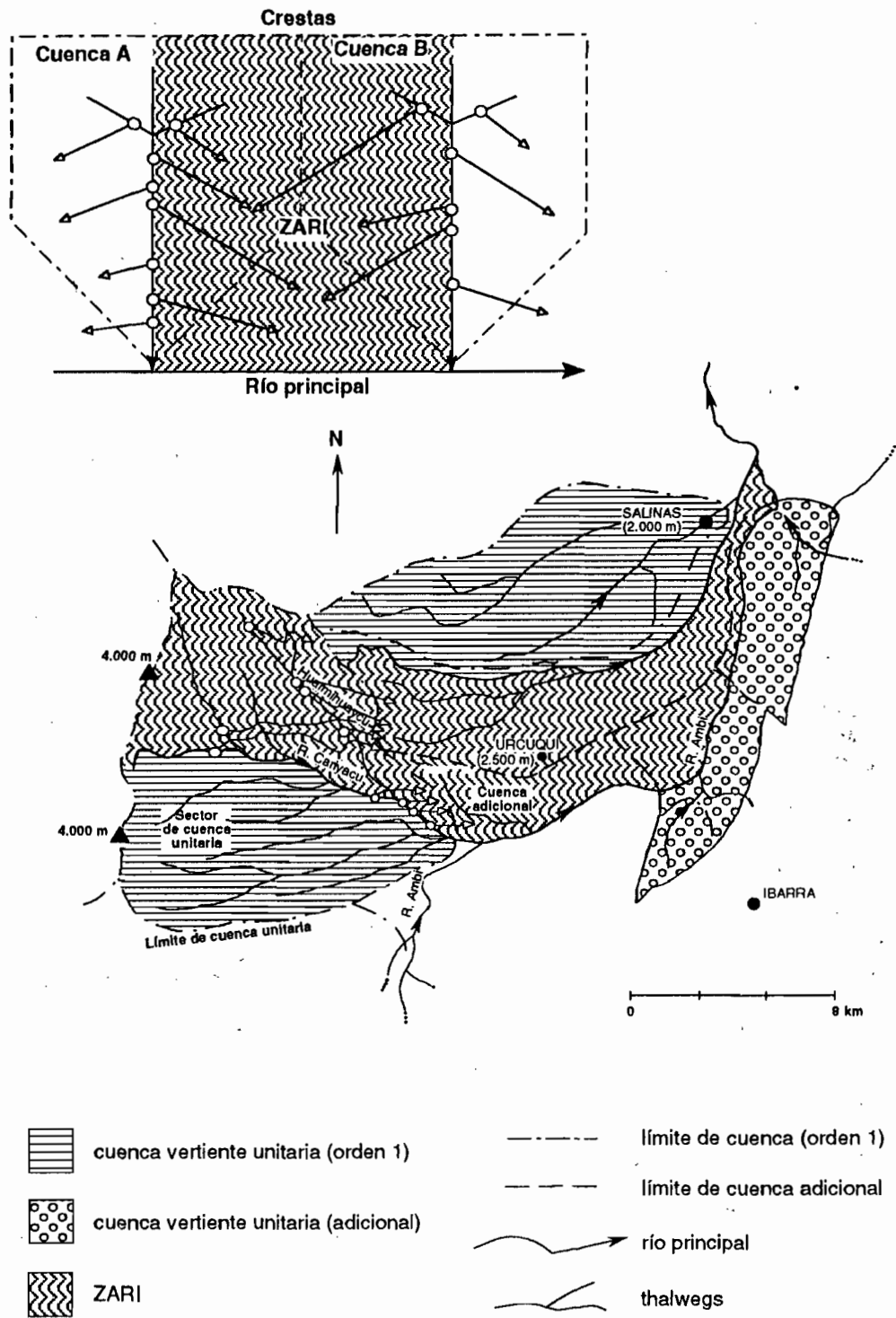
Esta codificación tiene el mérito de caracterizar bien toda toma de agua en la red hidrográfica y permite calcular fácilmente (por comparación de las series de caracteres) su impacto aguas abajo, así como los caudales en reserva aguas arriba. La codificación no tiene en cuenta las captaciones independientes de la red (fuentes, pozos) los cuales son poco numerosas.

A fin de no hacer más densa la codificación, se procede primeramente a la de las cuencas unitarias en la red hidrográfica global, que no depende sino de la división del espacio y que por lo tanto no será alterada por modificaciones posteriores. Luego, los códigos de cada toma establecidos en la red hidrográfica interna de cada cuenca unitaria. Este trabajo se efectúa en los mapas de base a escala 1:50.000.

### **2.3 El terreno y los diferentes niveles de análisis**

A partir de los resultados obtenidos por el PRONAREG y completados con datos sociales, se emprendió un trabajo de síntesis para establecer una clasificación jerárquica del medio agrícola mediante análisis factoriales de correlación.

Al interior de cada grupo, se seleccionó una ZARI representativa en la cual se comienza por describir los sistemas de riego, sus características agrícolas y socio-económicas (mapa de síntesis detallado a escala 1:25.000).



**Fig. 3 - Principio de delimitación de una ZARI**  
**Relaciones con las cuencas vertientes unitarias**  
**Ejemplo de la ZARI de Urququí (Mira)**

Se procede luego a una serie de mediciones, de seguimientos y de encuestas, a todo lo largo de la cadena de uso del agua (infraestructura, sistemas de riego, perímetros, explotaciones agrícolas, distribución del agua, aplicación a la parcela) para estudiar el conjunto de factores que inciden en la demanda del agua, su variación de acuerdo a las estaciones y su probable evolución.

- **La captación**

Tipología descriptiva de las tomas y de las obras de regulación asociadas a ellas; estudios de su eficacia (comparación entre caudales concedidos y caudales derivados) y de su fragilidad (frecuencia y duración de los daños).

- **El transporte**

Cálculo de la eficiencia de transporte (puntual y lineal) mediante aforos simultáneos en segmentos seleccionados según su caudal, su longitud, al tipo de suelo, etc.; fragilidad de la infraestructura de transporte mediante lectura diarias de escalas limnimétricas (frecuencia, duración y causas de los daños).

- **La repartición**

Análisis de los consumos diarios de ciertos perímetros y su variación en el transcurso del año.

- **La distribución**

Estudio frecuencial de los indicadores de funcionamiento (dotaciones al interior del perímetro, frecuencias, módulos y tiempos de riego); encuestas sobre la falta de agua, las supuestas causas y sus consecuencias (toma de decisiones en cuanto a los cultivos); cálculo de la eficiencia de transporte en las redes de distribución (aforos simultáneos) y de la eficiencia global (comparación entre el caudal al inicio de la red y los volúmenes que ingresan a las parcelas durante una jornada).

- **Los sistemas de producción**

Análisis de su evolución, a través de encuestas completas sobre una serie de explotaciones que representan la diversidad de la zona; esquematización de su funcionamiento, limitaciones y resultados obtenidos.

- **Los resultados agrícolas**

Evaluación de la productividad de ciertos cultivos principales (maíz, fréjol) y análisis de la diversidad de resultados: medidas en el campo y en laboratorio de los componentes del rendimiento (densidad, peso) y relación con las normas técnicas, en particular con el riego.

- **La aplicación**

Realización de un seguimiento diario en parcelas de referencia manejadas por los agricultores según sus propias decisiones; medida de las lluvias y de las entradas-salidas superficiales de agua; cálculo de la eficiencia hidráulica de aplicación mediante el análisis de las técnicas de riego, de las técnicas de división de la parcela y de medidas de infiltración en los surcos mediante PARSHALL, según la ley de Phillipps (métodos de J.-L. Sabatier y CEMAGREF); determinación de las etapas de desarrollo vegetal, de las operaciones de cultivo, del trabajo, de los costos y de la producción final.

Estas observaciones son completadas mediante un diálogo continuo con las organizaciones campesinas (juntas de agua) sobre sus problemas (mantenimiento de las redes, conflictos jurídicos y sociales, movimiento de influencias, etc.) y las relaciones que ellas mantienen con los organismos estatales (principalmente el INERHI).

## 2.4 Localización, organización y caracterización del riego

Esta operación tiene por objeto obtener una descripción detallada de todos los sistemas de riego según la división en ZARI. Esta ha sido llevada a cabo a través de tres tipos de acciones:

- análisis de la información existente en el INERHI y en sus agencias regionales;
- foto-interpretación (análisis de los tonos de gris y de la organización de las parcelas);
- encuestas de campo en todos los perímetros.

Este inventario representa un trabajo enorme (pero indispensable) que deberá ser aligerado mediante la utilización futura de imágenes de satélite SPOT (en colaboración con el BCEOM y el CEMAGREF).

Las informaciones han sido reunidas en un banco de datos (LOCIE) estructurado en DBASE IV y manejado por unos 30 programas.

El banco de datos está acompañado de mapas a escala 1:50.000, lo que corresponde a la escala más fina utilizada por ORSTOM-PRONAREG y compatible con la resolución de las imágenes del satélite SPOT.

LOCIE reúne la descripción completa del riego a diferentes niveles.

- **Tomas de agua**  
Localización (río, cuenca, altura), tipo de construcción, características hidrológicas (superficie, lluvia promedio y ETP promedio de su cuenca vertiente), existencia de una concesión (caudal concedido, n° de concesión).
- **Perímetros**  
Características generales (alturas máxima y mínima, superficies regadas, equipadas y potencialmente regables, pluviometría y ETP);  
aspectos sociales (beneficiarios, organizaciones, conflictos); dotaciones (teórica, concedida, real);  
sistemas de producción y tipos de agricultura;  
características del suelo (tipo, profundidad, pendiente, RU, clase de aptitud);  
modalidades de distribución (reservorios, riego nocturno, turno de agua) y de aplicación (tamaño de las parcelas, técnica de riego, longitud de los surcos, frecuencia y duración del riego).
- **Sistemas**  
Descripción de los canales que unen las diversas tomas a los perímetros correspondientes según una división en nudos y segmentos, siguiendo el principio de las redes en malla urbanas, codificación, un tanto densa inicialmente, que permite seguir la corriente (condiciones impuestas a nivel de la oferta aguas arriba) o ir a contracorriente (condiciones impuestas a nivel de la demanda aguas abajo);  
tipo de construcción de los segmentos y de los nudos, estado de los canales, caudales transitados, longitudes, pendientes.
- **ZARI**  
Agrupamiento y síntesis inicial de los datos precedentes.  
Ingreso de los datos demográficos (población agrícola involucrada, densidad de población, tasa de crecimiento).

La masa de datos obtenidos representa un instrumento indispensable para un perfecto conocimiento del problema, y que alimenta los diagnósticos a nivel de los sistemas de riego (planificación a corto plazo), de las ZARI (planificación a mediano plazo) o de las cuencas hidrográficas (planificación a largo plazo).

## ALGUNOS DATOS SOBRE LA CUENCA DEL MIRA

1 - Superficie de la cuenca:	350.000 ha	
2 - Superficie agrícola:	139.200 ha	(40 % de 1)
3 - Superficie equipada:	47.100 ha	(34 % de 2, 13 % de 1)
4 - Superficie regada:	35.200 ha	(75 %, 25 %, 10 %)
5 - Superficie con riego tradicional:		87 % (de 4)
6 - Superficie con riego público:		4 % (de 4)
7 - Superficie con riego público y tradicional:		9 % (de 4)
8 - Población agrícola involucrada:	175.000 habitantes	
9 - Densidad agrícola:	120 habitantes/km <sup>2</sup>	
10 - Tasa de crecimiento:	0,8 %	
11 - Número de perímetros:	247	
12 - Grandes propiedades:		46 % (de 4)
13 - Propiedades medianas:		22 % (de 4)
14 - Pequeñas propiedades:		32 % (de 4)
15 - Caudal total derivado:	18,6 m <sup>3</sup> /s	
16 - Caudal total concedido:	14,4 m <sup>3</sup> /s	(77 % de 15)
17 - Número de tomas:	299	
18 - Número de tomas con concesión:	187	(63 % de 17)
19 - Número de tomas « modernas »	19	(6 % de 17)
20 - Número de tomas sin caudal reservado aguas arriba:	133	(44 % de 17)
21 - Número de sistemas:	268	
22 - Número de sistemas complejos:	54	(20 % de 21)
23 - Longitud total de los canales:	1.170 km	
24 - Longitud de los canales revestidos:	6 km	
25 - Obras de distribución:	108	
26 - Caudal ficticio continuo promedio:	0,4 l/s	

### 2.5 El punto de vista del agro-economista

Los datos sobre la agricultura regada en los Andes ecuatorianos (sistemas de producción, productividad), son casi inexistentes ya que las estadísticas nacionales no diferencian los perímetros regados de los cultivos pluviales.

Ante esta falta de información, pareció necesario reestructurar las encuestas del Servicio Nacional de Estadísticas Agrícolas (SEAN) en función de los conocimientos adquiridos por el proyecto INERHI-ORSTOM sobre las redes de riego.

Los datos de las encuestas en la cuenca del Mira (superficie, riego, fertilización, pérdidas, producción), han sido obtenidos de 3.600 parcelas (1987) y de 4.500 parcelas (en 1988). Estas describen la rotación de cultivos de 50 a 60 segmentos representativos por cada año.

Teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos en las ZARI piloto y las encuestas del inventario, es posible describir el conjunto de modelos de producción:

- polo de actividad dominante en un piso bioclimático dado para cada tipo de explotación;
- combinación exacta de las actividades agrícolas anuales;
- productividades.

Cada actividad se inscribe en el calendario agrícola para estimar, mes por mes, los coeficientes de cultivo correspondientes (Kc). Ante la ausencia de referencias andinas, nos basamos en las normas de la FAO, sabiendo que la demanda de agua es menor en la mayoría de casos, ya que la población vegetal y su crecimiento son inferiores a los que han prevalecido para el establecimiento de las normas internacionales.

A nivel del modelo de producción, se realiza una integración de la demanda de agua mediante la ponderación de los coeficientes de cultivo.

Se analiza la diversidad de la productividad para cada uno de los cultivos principales (maíz, trigo, fréjol, cebada, papa, caña de azúcar, pastos) con el objeto manifiesto de medir el impacto de un programa de rehabilitación, tomando como referencia las productividades realistas obtenidas por los agricultores que cuentan con condiciones óptimas de riego.

## 2.6 El punto de vista del hidrólogo

Todos los trabajos anteriores contribuyen a la obtención de un buen conocimiento de los consumos actuales de agua y de los factores que influyen en la demanda.

Resta por cuantificar esa demanda así como el recurso disponible para satisfacerla.

Las necesidades de agua de la agricultura son extremadamente dispersas en el espacio y muy variadas según los regímenes climáticos y los pisos altitudinales en los que se encuentran. Su cálculo, considerando la década como unidad de tiempo, sería interesante desde el punto de vista agronómico, pero por evidentes razones de manipulación de datos, la unidad escogida es el mes, lo cual es perfectamente compatible con un estudio de planificación.

La diversidad de las situaciones encontradas requiere un buen conocimiento espacial de las características climáticas que intervienen tanto en el cálculo de las demandas como en el de los recursos.

### • *Estudio climático preliminar*

Se ha realizado mensualmente en toda la Costa y la Sierra, en colaboración con la Escuela Politécnica Nacional (EPN) y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Abarca las lluvias y la evapo-transpiración Potencial — ETP — (temperatura, humedad relativa, insolación, viento, evaporación del tanque), que son los dos factores esenciales del cálculo de las necesidades de agua y sirven de datos de ingreso en la mayoría de modelos de transformación lluvia-caudal.

El cálculo de los recursos exige series climáticas promedio de una cuenca; el estudio de las necesidades (a nivel de la precisión del inventario) es aún más exigente y requiere las mismas series pero en cada perímetro.

***El objetivo del estudio climático es generar, en cualquier punto del espacio estudiado, series cronológicas homogéneas, estadísticamente probables y representativas del régimen climático local.***

El problema se complica a causa de una red climática repartida de manera irregular y no homogeneizada, y de un relieve muy contrastado.

Los datos mensuales de más de 800 estaciones han sido recolectados y homogeneizados mediante el método del vector regional.

La ETP es calculada por 7 métodos diferentes que son comparados a las medidas de los recipientes de evaporación (correlaciones mensuales y derivadas altitudinales) a fin de estimar la fórmula que se adapte mejor a cada región.

Las variaciones con la altura se establecen por pequeños valles, teniendo en cuenta la interacción de las masas locales de aire (figura 4).

A continuación, las estaciones son agrupadas siempre por el método del vector regional según criterios de similitud (coeficientes de correlación entre estaciones y vectores superiores a 0,9).

El producto final consta de :

- un mapa a escala 1:200 000 que contiene las isoyetas y las isopletras, así como las zonas de influencia de los vectores correspondientes;
- los datos mensuales y anuales de cada vector en un período de 20 años.

En un punto dado del espacio, las isolíneas indican el valor promedio interanual del parámetro estudiado en base al cual se ajusta el vector correspondiente para generar una serie cronológica adecuada.

Los resultados obtenidos permiten además una crítica de la red, desde el punto de vista espacial y de altitud.

El algoritmo de cálculo de los vectores es el desarrollado por Y. Brunet-Moret en 1978, alrededor del cual se han desarrollado un gran número de programas, reunidos en un software adaptado (CLIMAN), escrito en Fortran en base a menús.

- **Las necesidades**

Se establecen en primer lugar a nivel de cada perímetro según los datos climáticos, las características físicas y agrícolas contenidas en el banco de datos LOCIE, las medidas de eficiencia (distribución y aplicación) efectuadas en las ZARI piloto y la esquematización de los modelos de producción establecidos mediante el análisis agro-económico.

Todos los datos se integran en dos programas del comercio (CROPWAT de la FAO y DEMOT del CIDIAT), pero aún son necesarias modificaciones para unir los diversos archivos y obtener un cálculo automático.

Las necesidades son luego llevadas a nivel de las tomas gracias a la codificación exacta de las redes de transporte y a los cálculos de la eficiencia de transporte realizados en toda la cuenca hidrográfica. Pueden ser luego agrupadas a nivel ya sea de las ZARI o de las cuencas vertientes unitarias.

- **Los recursos**

Actualmente, se utilizan los resultados obtenidos por el ORSTOM-PRONAREG en los caudales específicos promedios y de estiaje de las cuencas vertientes unitarias, pero si bien estos resultados constituían en su época referentes indiscutibles, ahora pecan por su antigüedad y su falta de precisión y obligan a la adaptación de un modelo de transformación lluvia-caudal calibrado en las estaciones de control de la red hidrométrica.

Era entonces necesario ante todo reconstituir los caudales naturales de esas estaciones (en la estación de control del Mira, se mide un caudal promedio de 35 m<sup>3</sup>/s que no toma en cuenta los 19 m<sup>3</sup>/s utilizados aguas arriba).

Todos los usos agrícolas están registrados en el inventario (LOCIE) y la variación, según las estaciones climáticas, de los caudales derivados es determinada por los estudios realizados en las ZARI piloto.

De esta manera, fueron reconstituidos los flujos naturales de unas 15 cuencas vertientes unitarias de orden 1 (sin aportes superficiales), las mismas que servirán de muestra para probar 2 modelos con el mes como unidad de tiempo (THEMEZ y CIDIAT) que utilizan la lluvia y la ETP como datos de ingreso, y las características físicas de las cuencas vertientes como parámetros de calibración de las funciones de producción.

Estos modelos tradicionales de reservorio son sólidos y se adaptan a los datos de que disponemos.

Serán calibrados en la malla hidráulica realizada en cada cuenca hidrográfica (figura 2).

Una vez calculados los caudales naturales en cada cuenca vertiente unitaria, es fácil estimar el recurso disponible gracias a la codificación hidrológica de las tomas.

Este primer ajuste será completado con una evaluación de los recursos al interior de cada cuenca unitaria en función de los grandes pisos climáticos.



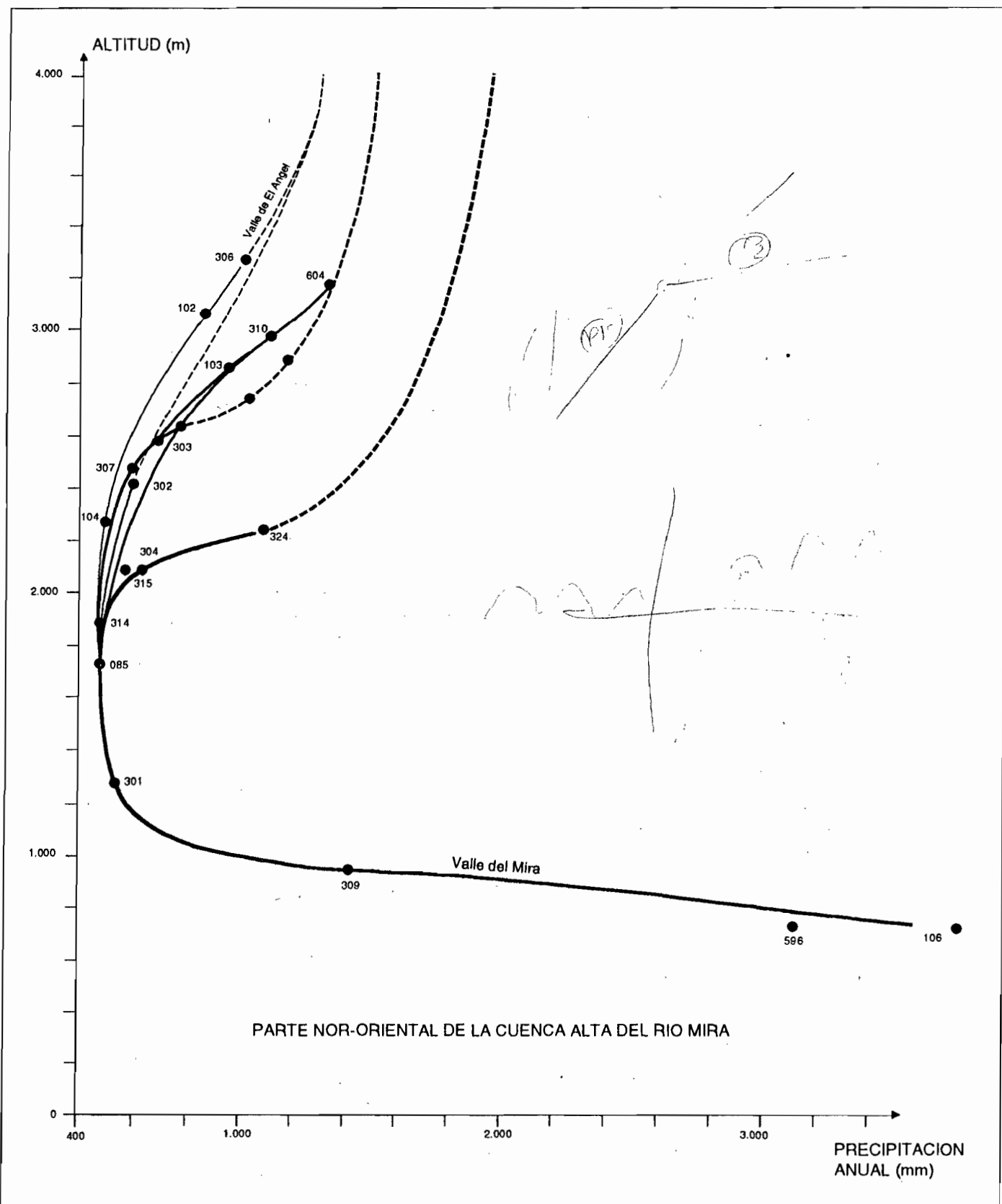


Figura 4 - Relaciones entre lluvia y altitud en los diferentes valles del Mira

## 2.7 Diagnósticos y recomendaciones

Un primer diagnóstico entre necesidades y recursos es efectuado para los 3 pisos climáticos definidos. Combinando con los resultados obtenidos en los otros estudios, permite elaborar recomendaciones prácticas a nivel de los sistemas de riego y proporciona al INERHI un plan de acciones a corto plazo.

El análisis a nivel de cuencas unitarias - ZARI desemboca en una tipología de las ZARI, que orienta al planificador hacia una reorganización del espacio (planificación a mediano plazo) para utilizar de la mejor manera el recurso hídrico según su repartición espacial (agrupamiento de las tomas y los canales, redistribución de los perímetros que alimentan).

Finalmente, las recomendaciones a nivel de las grandes cuencas (planificación a largo plazo) definen las líneas generales de una política de intervención (rehabilitación de las redes existentes o extensión de las mismas, construcción de nuevos proyectos).

Todas estas recomendaciones tendrán un impacto en la intensificación de los cultivos, la evolución de los sistemas de producción, la demanda de agua y su manejo. La idea de evaluar los efectos combinados de las acciones prescritas por un modelo de simulación corresponde a Jean-Luc Sabatier (CIRAD) quien conocía el potencial del programa americano GAMS, creado por investigadores de la Universidad de Texas y expertos del Banco Mundial. El método empleado resulta entonces de una estrecha colaboración con nuestros colegas del CIRAD.

Con el fin de simular el impacto del riego en la economía agrícola de una ZARI, se construye un modelo macro-económico que describe las siguientes actividades:

- producciones consumidoras de insumos y que entregan productos básicos;
- consumo de la población;
- transferencia de trabajo;
- intercambios, compra y venta de productos;
- trabajo externo a la agricultura;
- riego;
- balances hídricos, satisfacción de las necesidades alimenticias, balances de intercambio de trabajo, etc.;
- costos y precios unitarios.

A partir de límites a priori (población, superficies agrícolas, disponibilidad de agua) y de reglas más o menos limitantes (ecuaciones estrictas o respecto a las desigualdades), el modelo busca la combinación de actividades que optimicen el ingreso agrícola neto de la población, asegurando una alimentación adecuada. El modelo cuantifica :

- rotación de cultivos,
- compras,
- ventas,
- consumo,
- trabajo,
- necesidades de agua.

Una vez calibrado en base a coeficientes técnicos obtenidos en los estudios de campo, el modelo es utilizado para simular los efectos inducidos por las recomendaciones según las tres siguientes situaciones posibles:

- ninguna intervención en las redes tradicionales (degradación de las mismas);
- intervención parcial únicamente en las dotaciones de agua y el mejoramiento de las infraestructuras;
- intervención global (dotaciones, canales, intensificación agrícola, préstamos y subvenciones, circuitos de comercialización, etc).

Dos modelos están actualmente en fase de calibración: el modelo de la ZARI de Urcuquí (simulación de una crisis en el agua y la fuerza de trabajo) y el de Ludo (simulación del impacto de un proyecto de riego nuevo en un terreno esencialmente lluvioso, situado al Sur de los Andes ecuatorianos), en colaboración con una ONG franco-ecuatoriana.

### **3. ALGUNOS RESULTADOS SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LAS REDES TRADICIONALES**

Se abordará la descripción de las principales características de funcionamiento según los diferentes niveles de intervención (figura 5).

#### **3.1 Nivel de la oferta**

Según los primeros balances establecidos, la mayoría de las cuencas vertientes unitarias tienen, a nivel global, suficiente cantidad de agua como para responder a las diversas necesidades, no siendo así a nivel de las tomas, por las siguientes razones :

- La altura de ciertos perímetros no permite tomar el agua de una cuenca lo suficientemente importante.
- Los caudales disponibles son mal estimados. Un solo aforo es efectuado antes de fijar el caudal de concesión, y no es siempre realizado en el momento más propicio y a menudo sobrestima los caudales de estiaje. En este caso, es difícil considerar la construcción de represas colinares a causa de las fuertes pendientes. Se debe en cambio estudiar una transferencia de las cuencas vecinas.
- El caudal es importante, pero inaccesible ya que las gargantas están muy encajonadas. Es una situación en la que la intervención del INERHI puede ser útil.
- La falta de respeto de las concesiones por parte de los usuarios situados aguas arriba, da lugar a interminables conflictos jurídicos, que pueden degenerar en « guerra de tomas ». Es para evitar este tipo de problemas que muchas haciendas del fondo de los valles han instalado sus obras de toma en la parte superior de las cuencas. Se lograría un respeto adecuado de las reglas si existieran obras de regulación correctas después de cada toma, que permitan una verificación rápida de los caudales desviados.

#### **3.2 Nivel de la Infraestructura**

En la cuenca del Mira, el 95 % de las tomas son tradicionales, es decir un conjunto de piedras amontonadas al borde del río. Estas son generalmente arrastradas al producirse grandes crecidas pero son rápidamente reconstruidas (un medio día es suficiente). La destrucción de las tomas solo ocasiona aproximadamente 5 días de paralización del funcionamiento de las redes en todo el año.

Dada la velocidad de las corrientes, las tomas modernas que bloquean completamente el río son imponentes; no es raro ver varias toneladas de hormigón para un caudal derivado de solamente 30 a 40 l/s. Estas no resisten las más fuertes crecidas y en el caso de destrucción, los usuarios no tienen los medios financieros para reconstruirlas y vuelven a las tomas tradicionales en espera de una intervención del INERHI.

En cambio, las tomas tradicionales no controlan los caudales que se derivan y necesitan de una buena obra de regulación aguas arriba, que impida las sobrecargas de agua en los canales. Desafortunadamente, o esta obra no existe o es extremadamente rudimentaria (ramas de árboles) y funciona mal. Así, el agua puede entrar en exceso en los canales de transporte y provocar inevitables derrumbes.

Como en muchos casos los canales se siguen en paralelo, el agua que desborda de la primera acequia viene a destruir la segunda, y así sucesivamente. En promedio, los derrumbes provocan la interrupción del servicio por más de un mes al año y constituyen un riesgo no despreciable para los cultivos. Adecuadas obras de regulación (vertedero lateral adecuadamente dimensionado) evitarían este tipo de problemas.

LAS ESCALAS DE TRABAJO SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL RIEGO PARTICULAR EN LOS ANDES

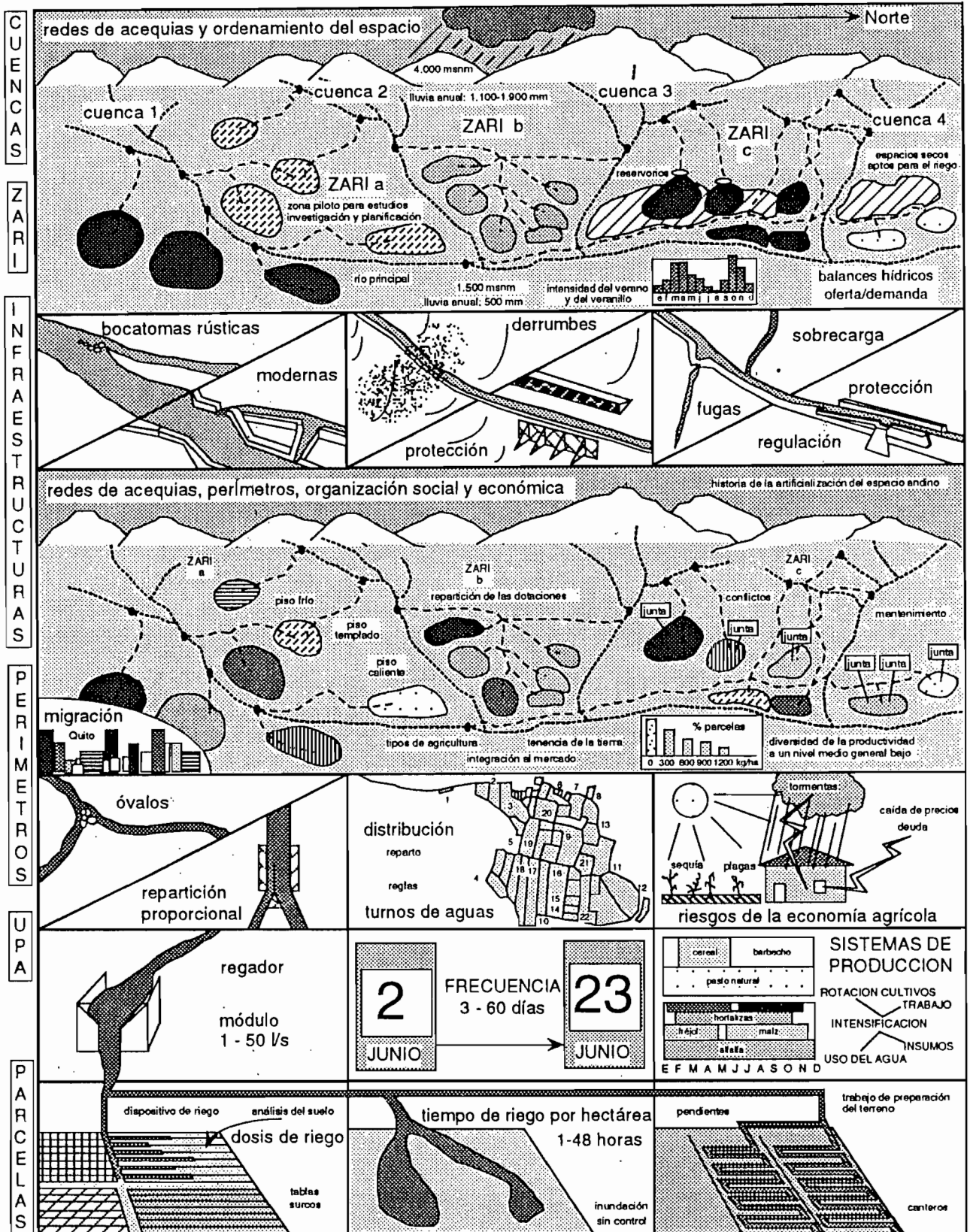


Fig. 5 - Esquematzación de la recolección, del transporte y de la utilización del agua en una ZARI Los diferentes niveles de análisis

El transporte del agua por canales de tierra es a menudo objeto de las principales críticas, respecto a las redes tradicionales: la eficiencia sería reducida. En consecuencia, cuando se considera una rehabilitación, esta prevé el revestimiento de las acequias con hormigón. Sabiendo que en la sola cuenca del Mira existen 1.200 km de canales, se puede estimar que en la Sierra se alcanzaría los 10.000 km. Se observa entonces que el INERHI se ha dedicado a una verdadera obra de titanes.

Afortunadamente, las medidas realizadas en toda la cuenca demuestran lo contrario: las eficiencias lineales de transporte se ubican entre el 95 % y el 110 %. Estas medidas son confirmadas por la ausencia de correlación entre las longitudes y los caudales transportados, lo que no quiere decir que los canales de tierra no pierdan agua; la vegetación que los rodea y que los marca en el paisaje demuestran lo contrario. Lo que ocurre es que juegan un papel de canales de drenaje y recuperan buena parte de las flujos subsuperficiales provenientes de los páramos. Existe una ligera correlación entre la eficiencia y la altura de ubicación de los canales, pero debe sin embargo, ser confirmada en otras cuencas.

La antigüedad de los canales de tierra demuestra que éstos no necesitan un revestimiento de hormigón para resistir al desgaste provocado por el tiempo. Se debe por lo tanto abandonar este tipo de intervención y más reforzar los puntos débiles (muy puntuales).

### 3.3 Equidad en la repartición

Si nos referimos a la situación de la cuenca del Mira, las dotaciones de agua revelan grandes variaciones, yendo de 0,1 a 2 l/s/ha. Obviamente, el análisis de este indicador debe realizarse en función del piso bioclimático. Sólo entonces toma sentido el juicio sobre la equidad de la dotación general entre perímetros.

	dotación baja	dotación media	alta dotación
Piso frío 2.700 - 2.300 m	1 500 ha 0,1 l/s/ha	2.200 ha 0,25 l/s/ha	2.100 ha 0,4 l/s/ha
Piso templado 2.200 - 2.700 m	5 000 ha 0,2 l/s/ha	5.200 ha 0,45 l/s/ha	3.800 ha 0,7 l/s/ha
Piso caliente 1.500 - 2.000 m	3.000 ha 0,3 l/s/ha	2.900 ha 0,6 l/s/ha	3.100 ha 1,0 l/s/ha

**Caudales ficticios continuos observados  
en aproximadamente 200 perímetros del Mira**

En promedio, en cada piso, las diferencias pueden triplicarse. Esta desigualdad en la dotación puede explicarse por el hecho de que un cierto número de usuarios buscan aumentar la dotación (respecto a las concesiones) de sus sectores previendo una fuerte baja del caudal disponible. Por otra parte, una situación de excedente de dotación permite un margen de maniobra confortable en el uso: se puede practicar riego aproximativo sin esfuerzo de arreglos en la parcela, con un mínimo de trabajo, es decir a menor costo. La desigualdad en la dotación no corresponde exactamente a la desigualdad en la propiedad, actualmente primordial en los problemas agrarios del país. Ciertos sectores campesinos han logrado apropiarse del agua de riego en cantidades globalmente satisfactorias, a veces a costa de luchas difíciles y largas, como en Urcuquí (cuenca del Mira).

De una manera general, el proceso histórico de construcción de las redes de riego ha desembocado en estas desigualdades, apareciendo sectores sin agua, sectores con dotaciones medianas y sectores bien atendidos. El INERHI no ha podido modificarlos con el sistema de concesiones públicas.

### 3.4 La distribución del agua al interior de los perímetros

Las variaciones del turno de agua tienen todos los valores posibles según los sitios: presencia o ausencia de turno de agua organizado, módulos de distribución que van de 1 a 50 l/s, tiempo de riego por hectárea de 2 a 48 horas, frecuencia de 3 a 30 días, repartición con horarios fijos o variables, etc.

Aquí, el elemento histórico es fundamental. El turno de agua constituye la herencia de la opción de las generaciones anteriores de usuarios, basados en las necesidades de la época de su concepción y en las reglas sociales vigentes.

Ahora bien, las condiciones del medio socio-económico y probablemente las del clima han evolucionado, al igual que los sistemas de producción agrícola. En muchos casos, el turno de agua es ahora inapropiado.

A veces, el turno de agua ha sido modificado para responder a las necesidades manifestadas por un grupo de campesinos capaces de hacer aceptar las modificaciones por el conjunto de usuarios. Es el caso de Pimampiro en donde se ha adaptado un turno de agua con una frecuencia muy corta, de 3 a 5 días, con el fin de desarrollar los cultivos hortícolas especulativos (turno de agua elaborado con el apoyo de un ingeniero del INERHI al momento de la concesión oficial).

Pero en otros lugares, la inercia campea y las diferencias de intereses paralizan toda veleidad de cambio, o simplemente, la complejidad del problema impide a los sucesivos dirigentes de las juntas de agua plantear el problema de la adaptación.

La ausencia de turno de agua acarrea una repartición desigual del agua entre los usuarios, de aguas arriba en dirección aguas abajo. Si hay un excedente del recurso, no hay mayor problema ya que alcanza siempre hasta los últimos usuarios. En caso contrario, aparecen las tensiones.

En el caso de las redes llamadas « comunales » que son frecuentemente muy antiguas, es la presión sobre el recurso agua la que obliga a los usuarios a organizar el turno de agua (en la mayoría de casos desde fines del siglo XIX hasta mediados del siglo XX). En el Ecuador es entonces un fenómeno muy reciente que corresponde al crecimiento demográfico y a la evolución de la propiedad agrícola. La región más precoz en la apropiación de la tierra por parte de los campesinos y en la organización de asociaciones de usuarios del riego es la provincia de Tungurahua, localizada 150 km al sur de Quito. Esta región es actualmente la más densa de los Andes: cuenta con aproximadamente 500 habitantes por kilómetro cuadrado agrícola.

En el caso de las redes llamadas de « aguas compradas », las asociaciones se constituyeron al momento de la construcción de los canales. Sus miembros compraron partes que posteriormente les dieron derechos precisos e inalienables sobre el agua. La repartición del recursos entre los campesinos se realizó en base a una norma propuesta para todos: un módulo, un tiempo de riego por hectárea y una frecuencia, estando las tres cosas ligadas entre sí. La selección correspondía a las necesidades de los sistemas de producción de la época, los cuales han evolucionado y se han intensificado, por lo que la tensión ligada al uso del agua se ha acrecentado, particularmente en la estación seca.

Las frecuencias largas (suficientes para complementar los cultivos pluviales) constituyen un freno a la intensificación de los cultivos anuales en verano. Los módulos demasiado débiles no permiten regar correctamente los pastos. Los aguateros deben enfrentar desórdenes y conflictos que tratan de solucionar día a día.

El aumento de usuarios del agua conlleva a una intensa microparcelación. En ciertas regiones (Tungurahua), el turno de agua se controla con un cronómetro de una precisión de medio minuto. ¿En tales condiciones, qué sucederá con esos sistemas en el año 2000?

Queda por examinar si la repartición del agua es equitativa, es decir proporcional a las superficies cultivadas. Se puede dudar de ello en el caso de los sistemas de « aguas compradas », en la medida en que los primeros usuarios adquirieron partes financieras.

En las redes comunales, reina igualmente una cierta desigualdad, aunque las diferencias sean limitadas (el doble o el triple).

Estas diferencias se explican por los objetivos iniciales de los que poseedores de derechos: si querían simplemente asegurarse un aporte complementario para sus cultivos pluviales, solo tomaban un mínimo de horas; si, por el contrario, tenían como estrategia obtener un cultivo en la estación seca, argumentaban una necesidad superior que justificaban con la existencia de una familia numerosa y con hijos capaces de realizar conjuntamente con sus padres tal intensificación de la producción.

Una vez registrados, los derechos se transmitían a los herederos conjuntamente con la tierra y su discusión (teóricamente posible) pondría en peligro el frágil consenso existente.

Curiosamente, la doble necesidad de riego (complemento a las lluvias durante el invierno, y necesidades de las plantas durante el verano) nunca ha dado lugar a una alternativa de turno de agua adaptado a cada situación.

Finalmente, se debe anotar la poca eficiencia de las redes de distribución, ligada por un lado a la longitud de los canales, y por otro, a la utilización de repartidores constituidos por chambas que no permiten una adecuada distribución.

Las pérdidas de agua son considerables cuando no existen reservorios para almacenarla durante la noche.

### **3.5 La aplicación a la parcela**

Los dispositivos de esparcimiento del agua funcionan generalmente por gravedad. Sólo unas pocas haciendas modernas han adoptado la técnica por aspersión.

Los dispositivos por gravedad van desde el más elemental al más elaborado: aplicación del módulo en la parcela sin ningún acondicionamiento para dispersarlo, o creación de surcos en zigzag en los campos de fuerte pendiente. Los suelos muy arenosos tienen reservas útiles reducidas (30-50 mm por metro) y una gran porosidad que dificultan el riego. La dosis aplicada por los campesinos es frecuentemente superior a lo que puede almacenar el suelo y tomar las plantas. Ante la falta de apoyo técnico en investigación-desarrollo, los campesinos adoptan un dispositivo más o menos complejo de surcos agrupados cuya longitud está fijada en función del avance del agua y de los límites de las parcelas.

Los primeros resultados de las observaciones realizadas en una decena de parcelas, con seguimiento diario, muestran eficiencias de aplicación del orden del 50 %.

### **3.6 Organizaciones sociales y mantenimiento de las redes**

Luego de la promulgación de la Ley sobre el agua en 1972, el INERHI administra el recurso otorgando concesiones a los usuarios o grupos de usuarios organizados.

Si bien, en el primer decenio de aplicación de esta política, el otorgamiento de concesiones permitió a los grupos de usuarios registrar sus antiguos derechos, la reciente evolución de los conflictos y la de las organizaciones campesinas plantean nuevos problemas: existe atomización y multiplicación de las asociaciones de usuarios con el consiguiente aumento de las tensiones entre grupos pertenecientes a los mismos sistemas de riego.

El aumento de la demanda de agua en las redes antiguas acarrea una considerable falta de respeto de los turnos de agua. Ahora bien, la función de « policía del agua » ya no es verdaderamente ejercida por nadie. En ciertos casos, el mantenimiento ya no es realizado correctamente y regularmente, por falta de consenso entre las partes involucradas y por falta de quienes participen en la tarea.

A largo plazo, las consecuencias pueden llegar a cuestionar la existencia misma de la red con efectos económicos y sociales desastrosos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CADIER, E.; POURRUT, P., 1979. Inventaire et détermination des données nécessaires à l'utilisation rationnelle des ressources en eau dans le cadre d'une planification globale des ressources naturelles renouvelables. L'expérience de l'Équateur, in *Cahiers ORSTOM*, serie Hidrología, Vol. XVI, nº 3 et 4.
- POURRUT, P., 1980. Estimation de la demande en eau du secteur agricole et des disponibilités pour la satisfaire. Éléments de base pour la planification de l'irrigation en Équateur, in *Cahiers ORSTOM*, serie Hidrología, Vol. XVII, nº 2.
- LE GOULVEN, P., 1986. *Élaboration du Plan National d'Irrigation ; analyse de la situation et conception générale*, INERHI-ORSTOM, Quito, 1986, 22 p. (francés, español).
- RUF, T.; LE GOULVEN, P., 1987, L'exploitation des inventaires réalisés en Équateur pour une recherche sur les fonctionnements de l'irrigation, in *Bulletin de liaison N° 12 « Équateur »*, ORSTOM, Departamento H, 06/87, París, p. 30-47 (francés, español).
- LE GOULVEN, P.; RUF, T.; RIBADENEIRA, H., 1987. *Méthodologie générale et détails des opérations du projet INERHI-ORSTOM*, INERHI-ORSTOM, Quito, 91 p. + an. (francés, español).
- RUF, T.; RIBADENEIRA, H., 1987. *Selección de Micro-cuencas representativas en la Sierra*, INERHI-ORSTOM, Quito, 30 p. + an. (francés, español).
- RUF, T., 1987. *Usted dijo « sistemas de producción », yo comprendí « sistemas de producción », ensayo sobre el análisis de los conceptos y de los modos*, Conferencia en el Seminario « Sistemas Agrarios en el Perú », UNALM-ORSTOM, Lima, 10/87, 39 p.
- LE GOULVEN, P., 1988. *Homogeneización de los datos pluviométricos*, Conferencia en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Quito, marzo de 1988, 23 p.
- LE GOULVEN, P., 1988. *El vector YBM., resumen metodológico; programas V1, V2, V3, manual del usuario*, INERHI-ORSTOM, Quito, 14 p.
- LE GOULVEN, P.; ALEMÁN, M.; OSORNO, I., 1988. Homogeneización y regionalización pluviométrica por el método del vector regional, in *Actas del V Congreso Ecuatoriano de Hidráulica*, Quito, p. 59-83.
- LE GOULVEN, P.; RUF, T.; RIBADENEIRA, H., 1989. *El Agua y el Campesino*, Seminario del Centro Internacional de Cooperación para el Desarrollo Agrícola (CICDA), Cuenca, 17 de junio de 1989, 25 p.
- LE GOULVEN, P.; RUF, T.; RIBADENEIRA, H., 1989. Traditional irrigation in the Andes of Ecuador, (1) Research and Planning, in *Actas de la Seventh Afro-Asian Regional Conference of International Commission on Irrigation and Drainage (ICID)*, Tokyo, octubre de 1989, p. 351-361.
- LE GOULVEN, P.; RUF, T.; RIBADENEIRA, H., 1989. Traditional irrigation in the Andes of Ecuador, (2) Dysfunctions and Rehabilitation, in *Actes de la Seventh Afro-Asian Regional Conference of International Commission on Irrigation and Drainage (ICID)*, Tokyo, octubre de 1989, p. 362-371.
- RUF, T.; LE GOULVEN, P.; RIBADENEIRA, H., 1990. *Principales problemas del diagnóstico sobre el riego tradicional andino en el Ecuador*, ponencia en el Seminario « Manejo del riego andino », Cajamarca, 20-27 enero de 1990, 15 p.