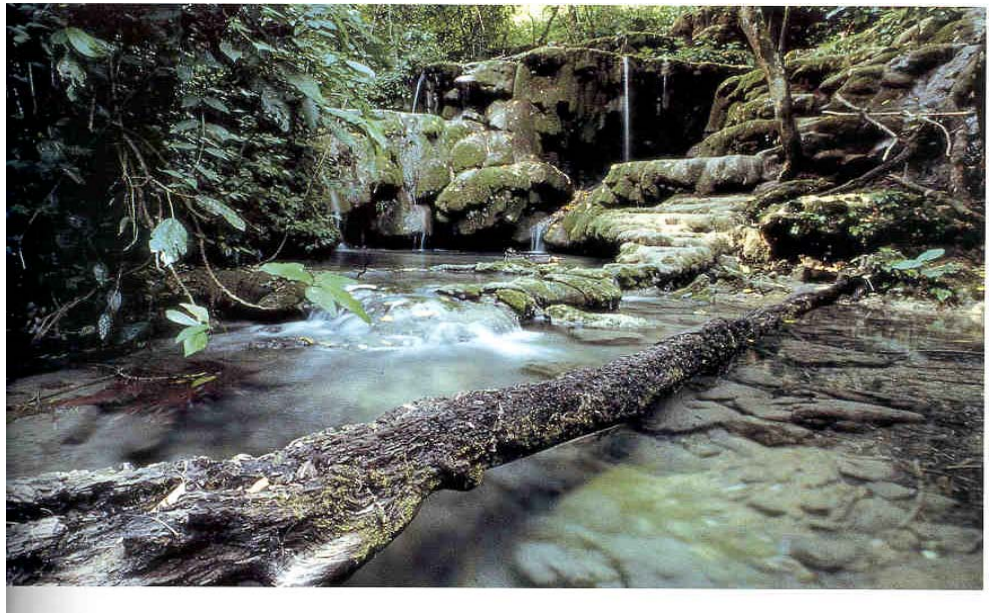


IWMI, Serie Latinoamericana: No. 4

***MANEJO DEL AGUA EN LAS ACEQUIAS
PRIVADAS GARRAPATAL Y EL TAMBO
EN LA PROVINCIA DEL CARCHI, ECUADOR.***

**Jorge Sotomayor, Wim H. Kloezen,
Carlos Garcés-Restrepo y Elena Bastidas**



INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA

IWMI, Serie Latinoamericana: No. 4

**MANEJO DEL AGUA EN LAS ACEQUIAS PRIVADAS
GARRAPATAL Y EL TAMBO EN LA PROVINCIA
DEL CARCHI, ECUADOR**

IWMI, Serie Latinoamericana: No. 4

**MANEJO DEL AGUA EN LAS ACEQUIAS PRIVADAS
GARRAPATAL Y EL TAMBO EN LA PROVINCIA
DEL CARCHI, ECUADOR**

**Jorge Sotomayor-V., Wim H. Kloezen,
Carlos Garcés-Restrepo y Elena Bastidas**



INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE

Los autores: Durante el período de la investigación, los autores eran: Jorge Sotomayor V, consultor del IWMI en Ecuador; Wim H. Kloezen, Experto Asociado en el manejo del agua, asignado por el gobierno de Holanda al IWMI, México; Carlos Garcés-Restrepo, Jefe del Programa Regional Andino del IWMI; Elena Bastidas, estudiante de Doctorado, de la Universidad de la Florida, Becaria del IWMI.

Los autores agradecen y reconocen la colaboración y apoyo del Dr. Oswaldo Paladines y del Ing. Fabian Castillo de CONDESAN, y de la Dra. Susan Poats de la FLACSO- Ecuador. Igualmente desean agradecer el apoyo y la amistad dada por parte de las juntas de usuarios de las acequias Garrapatal y el Tambo. Este estudio fue posible gracias al apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Sotomayor-V. J., Wim H. Kloezen, Carlos Garcés-Restrepo y Elena Bastidas. 1998. Manejo del agua en las acequias privadas Garrapatal y el Tambo en la provincia del Carchi, Ecuador. IWMI, Serie Latinoamericana; No. 4. México, D.F, México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

IWMI, 1998. Todos los derechos reservados.

El Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación, uno de los dieciséis centros apoyados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAR), fué creado por una Acta del Parlamento de Sri Lanka. El Acta está actualmente siendo revisada para que se lea Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por su sigla en Inglés).

Los autores asumen toda la responsabilidad por el contenido de esta publicación.

PRESENTACIÓN DE LA SERIE

El Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por su sigla en Inglés) fue establecido en el año de 1984 con sede en Colombo, Sri Lanka.

El IWMI empezó actividades en Latinoamérica cuando en Mayo de 1990 copatrocinó con la Comisión Internacional de Riego y Drenaje una sesión especial sobre el Manejo del Agua en Latinoamérica en el marco del Décimo cuarto Congreso Internacional de la Comisión.

Posteriormente, en Noviembre de 1991, el Instituto organizó en compañía del Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas de la Argentina, un Seminario Internacional sobre Sistemas de Riego Manejados por sus Usuarios.

Los 2 eventos anteriores abrieron campo al IWMI para buscar establecer un programa regular en Latinoamérica. Fue así como en el año 94 abrió sus Programa de México, seguido en el 95 por el Programa Regional Andino con sede en Cali, Colombia. Este último culminó en Septiembre del 97.

El programa del IWMI en México continúa ininterrumpido hasta la fecha y es así como éste dá origen a la idea de ésta “IWMI, Serie Latinoamericana” que aquí se presenta.

El Instituto aspira, por medio de esta publicación, dar a conocer mas ampliamente en la región, los resultados de los trabajos de investigación ejecutados por nuestros investigadores y/o sus colaboradores.

Aunque la idea inicial es dar cabida únicamente a aquellos trabajos directamente relacionados con el Instituto, no pensamos descartar, en manera alguna, la posibilidad de dar espacio a otras contribuciones consideradas pertinentes a las metas globales del Instituto.

Como puede esperarse, el futuro de la serie dependerá de la aceptación y retro-alimentación recibida de parte de la comunidad a la cual esta dirigida: forjadores de políticas relativas al recurso agua, investigadores afines a la problemática del recurso, organizaciones e individuos involucrados, en una u otra forma, en aspectos técnicos, institucionales, económicos y sociales del manejo del agua, particularmente a la región latina pero en general a nivel global.

Para sus comentarios, en español o inglés, puede comunicarse a cualquiera de las 2 direcciones que aparecen en el reverso de esta publicación.

Atentamente

Carlos Garcés-Restrepo
Jefe del Programa IWMI-México

ÍNDICE

GLOSARIO
PROLOGO
RESUMEN

INTRODUCCIÓN 1

CARACTERISTICAS DE CARCHI

CARACTERISTICAS DE CARCHI

EL AREA DE ESTUDIO

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

LOS PATRONES DE CULTIVO

LOS REQUERIMIENTOS DEL AGUA

EL SUMINISTRO DEL AGUA

DESMPEÑO DEL USO DEL AGUA

PRODUCCION AGRICOLA

LAS TARIFAS DE RIEGO

IMPACTOS AMBIENTALES

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

Anexo 1

Anexo 2

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.

Cuadro 2.

Cuadro 3.

Cuadro 4.

Cuadro 5.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.
- Figura 2.
- Figura 3.
- Figura 4.
- Figura 5.
- Figura 6.
- Figura 7.
- Figura 8.
- Figura 9.
- Figura 10.
- Figura 11.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

CIID:	Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo
CIP:	Centro Internacional de la Papa
CONDESAN:	Consortio para el Desarrollo Sostenible del Ecosistema Andino
CROPWAT:	Programa de Computador para la Planeación y Manejo del Riego.
DRA:	Disponibilidad Relativa del Agua (indicador)
DRT:	Dirección de Desarrollo Integral – Ecuador
DRR:	Disponibilidad Relativa del Riego (indicador)
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FLACSO:	Fundación Latinoamericana para las Ciencias Sociales
IIMI:	Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación, véase IWMI
INERHI:	Instituto Nacional Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (ya desaparecido)
INMH:	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador
INIAP:	Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias- Ecuador
IWMI:	Instituto Internacional del Manejo del Agua, por su sigla en Inglés

PRÓLOGO

Como parte de las actividades que el Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por su sigla en Inglés) adelantó en la Región Andina se llevó a cabo el estudio que aquí se presenta. El Banco Interamericano de Desarrollo otorgó una donación al Intituto a fin de valuar, entre otras cosas, el manejo de los sistemas de riego privados en las partes altas del Ecuador. Fue así como se escogieron dos acequias en la Provincia del Carchi: Garrapatal y el Tambo.

El estudio representa un esfuerzo significativo por parte de los autores ya que las condiciones geográficas del área constituyen de por sí una gran barrera para la ejecución de este tipo de trabajos. Tanto el acceso a las bocatomas de estas acequias andinas como el recorrido de las mismas representan buenas horas de camino, en el mejor de los casos. Sin embargo, debe decirse que ese esfuerzo se ve más compensado por la espectacular belleza del paisaje y la amabilidad de los habitantes de la zona.

El trabajo cubre no solo los aspectos técnicos relacionados con la disponibilidad, distribución y eficiencia en el manejo del agua sino también que fue mas allá al mirar factores relacionados con la producción agrícola, factores institucionales y organizativos de las juntas de agua, los rendimientos económicos de las diferentes zonas de riego ---incluyendo lo relacionado con las tarifas de agua---, así como aspectos ambientales de estos pequeños sistemas de riego en las laderas andinas.

Finalmente, es bueno anotar que en este trabajo también el Instituto aplica los indicadores de desempeño que ha venido promoviendo en otros estudios a nivel global lo que permitirá eventualmente comparar los comportamientos de sistemas de riego similares pero bajo diferentes condiciones y ambientes geográficos una meta a mediano plazo del Instituto.

Carlos Garcés-Restrepo
IWMI
Jefe del Programa de México

RESUMEN

IWMI, Serie Latinoamericana

1. Ellen Rymshaw. 1998. Análisis del Desempeño de la Irrigación en los Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, Tamaulipas, México.
2. Charlotte de Fraiture y Carlos Garcés-Restrepo. 1998. Evaluación de las Tendencias y los Cambios en el Desempeño de la Irrigación: El Caso del Distrito de Riego de Samacá, Colombia.
3. Alejandro Cruz y Gilbert Levine. 1998. El Uso de Aguas Subterráneas en el Distrito de Riego 017, Región Lagunera, México.
4. Jorge Sotomayor, Wim H. Kloezen, Carlos Garcés-Restrepo y Elena Bastidas. Manejo del Agua en las Acequias Privadas Garrapatal y el Tambo en la Provincia del Carchi, Ecuador.

1. INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El presente estudio del Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI) fue realizado en el periodo abril 1996 a abril 1997 en dos acequias privadas en la subcuenca del río El Angel en la provincia Carchi en el norte del Ecuador. El objetivo del estudio fue evaluar el desempeño técnico y los impactos hídricos, agrícolas, económicos e institucionales del manejo de riego en las dos acequias, tal como recomendar mejoramientos en el manejo del agua.

El estudio se ejecutó dentro del contexto del trabajo del Consorcio para el Desarrollo Sostenible del Ecosistema Andino (CONDENSAN), el cual tiene los siguientes antecedentes. El Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) y el Centro Internacional de la Papa (CIP), investigadores e instituciones de desarrollo del área andina, tomaron la iniciativa de establecer un proyecto regional que promueva el desarrollo sostenible de los ecosistemas de los andes altos. Este esfuerzo conjunto originó el CONDENSAN, que con el auspicio y la participación activa del Centro Agrícola del Cantón Espejo (Provincia del Carchi), de la Fundación para el Desarrollo Agropecuario (FUNDAGRO) y, del Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), inició sus actividades en el proyecto Carchi, en octubre de 1993 (CONDESAN 1995).

En la actualidad forman parte de la mesa de concertación del consorcio Carchi las siguientes instituciones: Facultad de Ciencias Sociales (FLACSO), CIP-Ecuador, CARE-PROMUSTA, INIAP, CONDESAN y los alcaldes de los Municipios de Espejo, Mira y Bolívar (CONDESAN 1995).

En octubre de 1995 fue invitado el IWMI a participar en la mesa de concertación del consorcio Carchi. La participación del IWMI en el consorcio enfocaría en el uso del agua de riego en las zonas altas y bajas de algunas acequias en la cuenca del río El Angel, en la cual la mayoría de los estudios de los miembros del consorcio fueron hechos. El IWMI estaba particularmente interesado en este tipo de estudio por tratarse de pequeños sistemas privados de riego en ladera. Esto permitiría no solamente identificar posibles impactos ambientales del riego en ecosistemas frágiles, sino también evaluar el desempeño de los mismos. Lo que además permitiría mas adelante comparar resultados con sistemas públicos de características similares.

OBJETIVOS

En el presente estudio el IWMI pretende dilucidar las siguientes preguntas con relación al desempeño y manejo de las dos acequias Garrapatal y El Tambo:

- ? ¿Cómo está organizado el manejo de riego en las dos acequias privadas Garrapatal y El Tambo?
- ? ¿Cómo es el uso del agua en diferentes tramos de las acequias, en términos de suficiencia, disponibilidad, oportunidad y equidad de la distribución?
- ? ¿Cuáles son los impactos agrícolas, económicos y financieros, así como los impactos ambientales del manejo de agua?

CARACTERÍSTICAS DE CARCHI

Situación geográfica

El área de influencia es el ecosistema húmedo altoandino de la provincia del Carchi, que se ubica en el norte de Ecuador entre los 2.800 y 3.000 m.s.n.m. (véase Mapa 1). El clima es frío con temperatura media que varía entre 9 y 11°C. Los extremos absolutos están entre 0°C y 22°C, y lluvias muy irregulares, que varían entre 1.000 y 2.000 mm por año. En la clasificación de las zonas de vida de Holdridge, la zona corresponde a bosque muy húmedo montano (bmh-Montano), bosque húmedo montano (bh-Montano) y, bosque húmedo montano bajo (bh-Montano Bajo) (CONDESAN 1996).

El área total de influencia es de 150.800 hectáreas ubicadas en los cantones Bolívar, Mira, Tulcán, Montúfar y Espejo. Se ha establecido una área piloto de intervención, que corresponde a la subcuenca del río El Angel y que coincide con los límites del cantón Espejo. La subcuenca cubre aproximadamente 19.000 has (CONDESAN 1995).

En el área piloto se encuentra la reserva ecológica de El Angel, la misma que constituye un importante reservorio de diversidad biológica animal y vegetal de los páramos del norte del Ecuador y la fuente de captación de agua para los ríos: El Angel, Bobo, Grande, Chiquito, Plata, Morán, Chalguiyacu, Haurmiyacu y Cariyacu, como también de muchas quebradas (CONDESAN 1996).

El estudio del IWMI se circunscribe al área comprendida entre las coordenadas: 0°30'00" y 0°37'30" de latitud norte y 77°59'24" y 78° 03'45" de longitud occidental.

Clima

De acuerdo a la clasificación de Thorntwaite, en el área se presentan dos tipos climáticos. Hacia el norte el sub-húmedo mesotérmico (CB), y en el sur semiárido mesotérmico (DB). Como es general en los valles interandinos, los valores medios anuales de temperatura oscilan entre 7 °C y 18° C. En las estaciones meteorológicas de El Angel (3.055 msnm) y de Ibarra (2.228 msnm) la temperatura es de 11.6° C y de 15.9° C respectivamente (INMH 1974 y 1976).

La precipitación y la evapotranspiración de las estaciones San Gabriel (representativa para la zona alta de las dos acequias), y de Ibarra (representativa para la zona baja) están presentados en las Figuras 1 y 2 (INMH 1997).

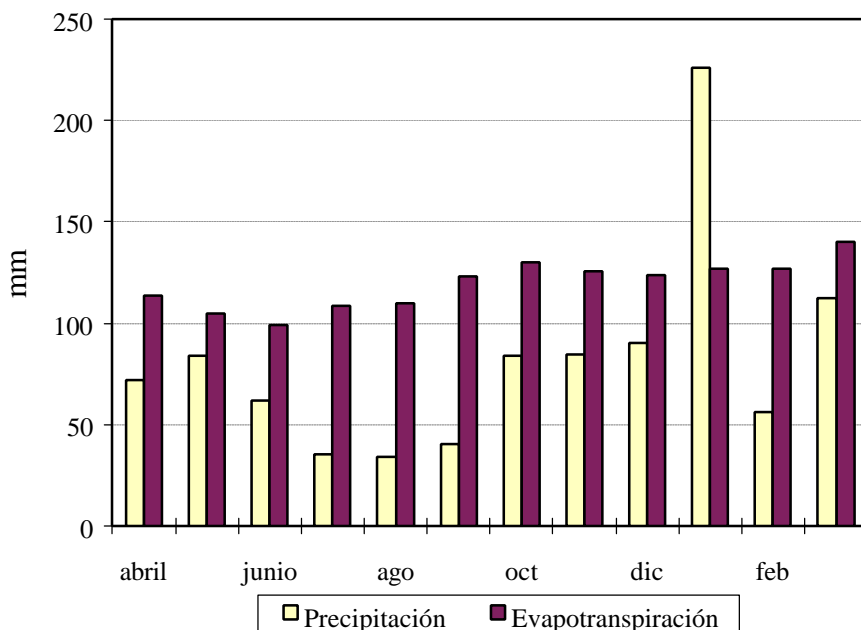


Figura Error! Unknown switch argument..Precipitación y evapotranspiración, Estación meteorológica de San

Gabriel, abril de 1996 - marzo de 1997.

La precipitación anual total en este año agrícola (96/97- San Gabriel) fue de 983 mm, mientras la evapotransporación era 1434 mm, lo cual significa un déficit de 451 mm en la zona alta. Con excepción del mes de enero, todos los meses muestran un déficit de agua.

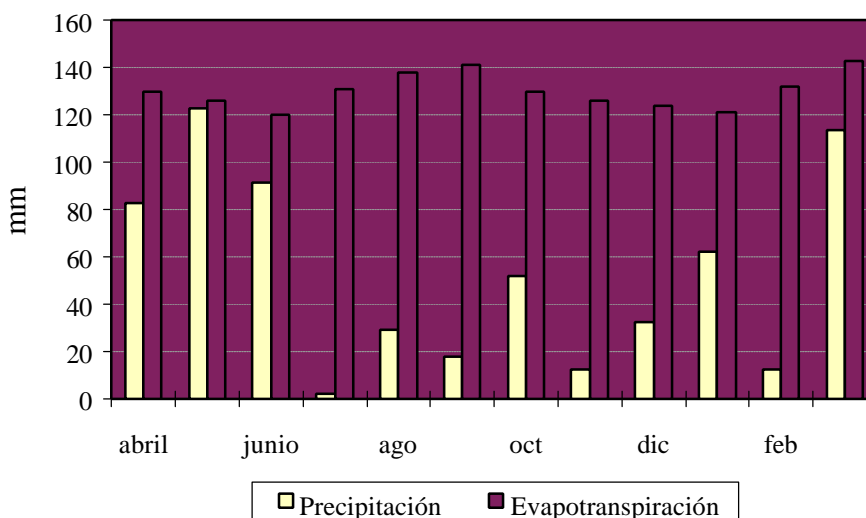


Figura Error! Unknown switch argument.. Precipitación y evapotranspiración, Estación meteorológica de Ibarra, abril de 1996 - marzo de 1997.

La precipitación anual total en este año (96/97- Ibarra) fue de 632 mm, mientras la evapotranspiración fue 1562 mm, lo cual significa un déficit de 930 mm en la zona baja. En todos los meses la evapotranspiración es mas alta que la precipitación.

Geología

De acuerdo al informe geológico del INERHI-DGGM en la sierra norte, el basamento está constituido por rocas metamórficas (posiblemente Paleozoicas) sobre las cuales se depositaron en el Cretácico como producto de una fuerte actividad volcánica lavas básicas de estructura en almoadillas, que se intercalan con productos vulcano-sedimentarios que se manifestaron hasta el Eoceno.

Jorge Sotomayor, et. al.

En el Terciario superior continúa la acumulación de depósitos continentales de las Formaciones Tumbatú y Chota. En el Plio-Pleistoceno, se produce una gran actividad volcánica, consistente en lavas y piroclastos, que configuraron el actual paisaje andino y cuya influencia continúa actualmente en menor grado. Los volcanes formados en esta última fase pleistocénica fueron fuertemente erosionados por la actividad glaciaria, quedando vestigios como lagos, tilitas, estrías, etc.

Actualmente, los ríos por su acción erosiva se han profundizado dejando al descubierto fuertes escarpes, como también material de niveles aterrazados y depósitos aluviales (INERHI 1979).

Ecología

La vegetación constituye un elemento importante que impide los efectos erosivos en aquellos sitios donde existe alta susceptibilidad a la erosión, como es el caso de las áreas especialmente bajas del proyecto Carchi. Según el croquis ecológico, preparado en base al sistema Holdridge, la zona corresponde a la formación bosque seco montano bajo (bs-MB), la misma que ocupa la mayoría de los valles interandinos al sur de Bolívar, áreas aledañas al río El Angel y se ubica alrededor de los 2.500 msnm con una precipitación de 760 mm y una evapotranspiración de 730 mm.

La vegetación natural ha desaparecido, la poca existente corresponde a formaciones arbustivas, la topografía es entre plana y ondulada, apta para cultivos hortícolas y frutícolas (Coello Hinojosa 1994).

Suelos

Los suelos en el área del estudio corresponden a la agrupación fisiográfica denominada relieve colinado a fuertemente socavado. En esta forma de relieve se caracterizan los suelos por la presencia de “cangahua” (una capa dura de suelo) y ceniza volcánica. Ocupa pequeñas áreas ubicadas en los valles interandinos, en San Isidro, García Moreno y Mira en altitudes de 2.000 a 2.800 msnm. El relieve predominante es el colinado a fuertemente socavado, con pendientes del 20% al 70%, existiendo áreas con declives menores al 20%.

Los suelos son de color negro a pardo oscuro, de textura arenosa fina a limosa con un horizonte argílico de 5 a 10 cm de espesor; suelos muy superficiales (menos de 25 cm.) a moderadamente profundos (de 50 cm a 90 cm.). Son influenciados por cenizas volcánicas y limitados por la presencia de “cangahua” poco

meteorizada a menos de un metro de profundidad. El drenaje varía de moderado a imperfectamente drenado. Los resultados de los análisis químicos de los suelos indican que son normales en nitrógeno, muy pobres en fósforo y medianos en potasio. El pH varía de 6 a 7 (medianamente ácido a neutro). Taxonómicamente, los suelos corresponden al gran grupo Duriudoll (INERHI 1979).

Conforme se desciende hacia el valle del Chota, el relieve se torna “plano a ondulado suave”, con influencia de cenizas volcánicas y drenaje excesivo. Los estratos son de granulometría gruesa (arenosa media y gruesa), profundos (más de 90 cm.), mezclados con gravas de pómez y piedras. En algunos sitios hay presencia de micelios de carbonatos. Químicamente, son bajos en materia orgánica (menos del 1%), muy pobres en nitrógeno y fósforo y muy altos en potasio. Estos suelos han sido incluidos dentro del gran grupo Torripsament.

Recursos hídricos

El área del proyecto está situada en la cuenca hidrológica del río Mira que tributa al río Chota, el mismo que drena en el océano Pacífico. El río El Angel, afluente del Mira, constituye el recurso hídrico más importante (véase Mapa 2). En la subcuenca del mismo nombre, captan y se asientan los sistemas de riego particular, que benefician especialmente las tierras bajas de la subcuenca. La situación hídrica del río El Angel es crítica durante los meses de junio a septiembre (CONDESAN 1996).

En consideración a que el 80% de la precipitación anual se produce en ocho meses (octubre a mayo), gran parte de esta lluvia, al no existir estructuras de almacenamiento, se drena hacia los ríos, no siendo por tanto factible utilizarlas en beneficio de extensas zonas agrícolas y muy especialmente en las zonas actualmente regadas, que acusan en el verano un déficit importante.

Los recursos hídricos, provenientes de la cuenca son destinados al consumo humano, agrícola, energético e industrial, constituyendo la demanda para riego y agua potable las más importantes, ésta última a consecuencia de la falta de ordenamiento territorial -dispersión de los centros poblados y caseríos- los servicios de agua potable para usos doméstico, se han incrementado significativamente (CONDESAN 1996).

Las condiciones orográficas de la cuenca y el recurso superficial abundante en el período lluvioso, favorecen un importante potencial de regulación con fines de riego.

El régimen jurídico de las aguas

La Ley de Aguas, sancionada mediante decreto número 369 de 18 de mayo de 1972, faculta el aprovechamiento común de las aguas. Una vez el agua es captada y conducida por tubería, cada usuario puede derivar la cantidad que le corresponde sin perjuicio de los otros beneficiarios. Esta repartición se hace de común acuerdo entre los usuarios o por medio de las Agencias de Agua. En el área de estudio corresponde a la Agencia de Agua en Ibarra. Los usuarios del acueducto común contribuirán según sus derechos a la limpieza, reparación y sostenimiento administrativo del mismo. Así como para la construcción de obras indispensables o necesarias para su conservación o mejoramiento (GdE 1972).

Si más de cinco personas fueren titulares de derecho de aprovechamiento, conferidos por la Agencia, en conformidad con la Ley y el Reglamento de la Ley de Aguas, se asociarán y constituirán el correspondiente Directorio de Aguas. Este directorio es un organismo de dirección y administración del recurso agua, que llevará el nombre del acueducto que les beneficia, a objeto de identificación y registro. Sus estatutos serán aprobados por la Agencia y ellos determinarán la organización, funcionamiento y vida de los mismos, así como el reparto, explotación y conservación de las aguas. Estos directorios se sujetarán a expresas disposiciones técnicas, legales y administrativas de la Agencia de Aguas. (GdE 1973).

Para el aprovechamiento de las aguas, las personas naturales o jurídicas deben obtener una concesión volumétrica (expresada en un caudal entregado en la bocatoma, l/s) del Estado y asumir a su cargo la construcción, la operación y el mantenimiento de la infraestructura. En la práctica el estado no realiza ninguna inversión, no obstante que el riego particular cubre el 81%, de una superficie regada de 708.914 ha en territorio nacional a diciembre de 1993 (Sotomayor y Garcés 1997).

EL AREA DE ESTUDIO

Selección

Con los objetivos ya mencionados se realizó una inspección y análisis de la situación del riego particular en la subcuenca del río El Angel, habiéndose recorrido las acequias Pisquer, Puermal, Huaquer, Garrapatal y El Tambo (véase Mapa 2). Las conclusiones de los recorridos realizados, como del análisis de la información existente, es la siguiente:

- ? La subcuenca abastece de riego y agua potable, mediante la captación de once acequias, localizadas a lo largo del río El Angel y de sus afluentes. Las superficies de riego y las fuentes de captación son presentados en el Cuadro 1, mientras algunas otras características son presentadas en Cuadro 2.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Superficies de riego y fuentes de captación de las 11 acequias en la subcuenca del río El Angel.

Nombre de la acequia	Superficie de riego (ha)	Fuente de captación
Piquer	230	Río Malpaso
Pisquer	200	Río Malpaso
Puchuez	230	Río Malpaso
Huaquer	360	Río El Angel
Pueblo Viejo	180	Río Malpaso
Vertiente Baños	50	Vertiente Baños
Puermal	551	Río Malpaso
Garrapatal	700	Río El Angel
El Ichpingo	200	Vertiente Baños
San Vicente de Pusir	350	Quebrada de Baños
El Tambo	500	Río Bobo

- ? No están construídas las bocatomas en algunas acequias. Las acequias Huaquer y El Tambo, que captan las aguas en los ríos El Angel y Bobo, tienen el lógico problema que pueden derivar mayor o menor agua, de acuerdo a la decisión del usuario. Son tomas directas en el río sin obras adecuadas y estables.
- ? Por constituir acequias muy antiguas gran parte de su recorrido no es revestido. No existen alineaciones en el canal y por tanto las secciones del mismo son muy variables. Falta de obras de protección (cunetas de coronación, cunetas al pie de ladera, protección de taludes, etc.), lo que implica la necesidad de un mantenimiento permanente.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Algunas características de las acequias en la área del proyecto Carchi.

Parámetros	Denominación de las Acequias							
	San Vicente	El Tambo	Galera	Cunquer	Huaquer	Garrapatal	Vtte.Baño	Higuerón
Elevación (msnm)	3.700	3.200	1.670	3.220	2.860	2.665	1.580	1.590
Concesión (l/s)	140 + 60	109	70	93	120	244	25	20
Canal total (km)	47.90	26.10	3.20	57.20	30.36	10.77	1.23	1.56
Canal muerto (km)	13.13	18.10	2.60	38.90	20.89	6.68		0.16
Canal riego (km)	34.77	8.00	0.60	18.30	9.47	4.09	1.23	1.40
Familias	120	210	63	250	120	335	4	2
Módulos de riego	7	8	1	4	2	6	1	1
Costo rehabilitación (1971 US\$)	39,842	34,143	5,862	44,142	32,070	10,827	1,067	2,583
Cultivos *	M.T.C.FR	M.F.C.T	F.M.FR.	M.F.C.T.	M.F.C.T.	F.C.M.TM	M.F.TM.	M.F.TM.
Junta	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	No
Caudal característico (l/s/ha)	0.56	0.56	0.78	0.55	0.33	0.35	0.50	0.57

* M maíz, T trigo, C cebada, FR frutales, TM tomate, F fréjol

Jorge Sotomayor, et. al.

- ? La división del caudal se realiza, generalmente mediante repartidores porcionales en tierra.
- ? En lo relacionado con la distribución, la infraestructura secundaria no funciona como estructura de transporte del agua, sino de entrega parcelaria. Las redes terciarias y cuaternarias de riego a nivel predial no existen.
- ? Los largos trayectos (existen acequias que tienen 42 km), que atraviesan lechos de alta permeabilidad, ocasionan pérdidas significativas de agua, que determinan que la disponibilidad de agua en la cabecera de la entrega parcelaria sea muy deficitaria y más aún para quiénes son los últimos regantes.

En términos generales, los aspectos arriba mencionados han provocado a lo largo de los años ineficiencia de los sistemas de riego, desperdicios de volúmenes significativos de agua para los usuarios¹ de las acequias, constantes interrupciones del servicio de riego y daños a los suelos.

En consideración a las limitaciones de tiempo y financieras, se escogieron las acequias, Garrapatal y El Tambo. Luego del análisis, estudio y recorrido de las acequias de la subcuenca del río El Angel, el propósito fue realizar en ellas un diagnóstico pormenorizado, que permita conocer el estado de la infraestructura, la operación y mantenimiento de los sistemas, la estructura de la organización campesina, el desarrollo del riego y el desarrollo agrícola.

Estas dos acequias se consideran representativas del área tanto en términos de sus recorridos como de su infraestructura, patrones de cultivos y arreglos organizativos. La Garrapatal representa más la acequia ‘moderna’, mientras que El Tambo representa las tradicionales. Sin embargo, debe reconocerse que ambas acequias ofrecen limitaciones a un adecuado manejo de sus aguas.

Acequia Garrapatal

Ubicación. El área de la acequia se encuentra ubicada entre las coordenadas 0° 4' y 0° 35' de latitud norte y 77° 57' y 78° 88' de longitud occidental y cubre los sectores de San Antonio, Garrapatal, La Providencia, Chilcal, San Joaquín, Uyamá, Santa Rita,

¹ Normalmente, el agua perdida en las acequias es usada por usuarios en acequias o comunidades aguas abajo de las acequias usadas; o sea, esta agua no es necesariamente pérdida para la subcuenca.

entre otros, pertenecientes a las parroquias de Mira y San Isidro, de los cantones Espejo y Mira. La superficie bruta es de 700 hectáreas. La bocatoma ha sido construída a la altura del nuevo puente Ayora. El área de riego dispone de caminos vecinales, que conectan con todos los caseríos existentes (MBS-INNERHI 1991) (véase Mapa 2).

Reseña histórica. La acequia fue construída hace más de cien años por iniciativa de los propietarios de las haciendas que existían en el sector, las cuales se extendían desde la zona de Ingueza en la parte alta hasta la zona de San Nicolás y Uyamá en la parte baja. Algunos de los moradores de la zona que trabajaban en las haciendas aún recuerdan las “mingas” (trabajo colectivo) que se realizaban para la limpieza y mantenimiento de la acequia organizadas por los dueños de las haciendas. En los años 60 en la provincia del Carchi se comienza a dar un proceso natural de parcelamiento de las haciendas previo a la reforma agraria. Los dueños de las haciendas comienzan a dividir sus terrenos con el objeto de vender sus propiedades y al mismo tiempo entregaron parte del terreno a los peones y “huasipungueros”² que habían trabajado para ellos. La entrega o venta de las tierras venía acompañada con el correspondiente derecho a la utilización del agua de la acequia. En el año de 1972, luego de la promulgación de la Ley de Aguas, los grupos de usuarios de la acequia Garrapatal se organizan en una Junta General para ser legalizados por la Agencia de Aguas del Ministerio de Agricultura.

El sistema de riego. El sistema de riego tiene una dotación de agua concesionada de 244 l/s. Esta agua es proveniente del río El Angel, en la cota 2.665 msnm. La obra de captación consiste en una estructura para el tránsito de crecidas que dispone de azud, cuenco de disipación de energía y muros laterales. La bocatoma está en buen estado de funcionamiento. Al pie de la rejilla, a un costado del azud, existe una compuerta de limpieza. La estructura dispone de una rejilla y se comunica a un canal revestido de 1.2 m de ancho por 0.80 de alto, al final de este canal está instalada una compuerta de control de caudales y un vertedero lateral para evacuación de excesos al cauce del río.

La conducción se inicia por la margen derecha del cauce y se dirige hacia el área de riego mediante una conducción de 10.77 km de longitud, de los cuales 6.68

² El término de “huasipunguero” refiere a los trabajadores de las haciendas a los cuales se les concedía una parcela de terreno de 3 a 5 hectáreas para mantener a su familia y tenían que trabajar cuatro o cinco días por semana para el propietario de la hacienda. Se les pagaba un sueldo inferior al del mercado. En ciertos casos el dueño de la hacienda les daba una yunta de bueyes y agua de riego para que trabajen en sus parcelas los fines de semana.

Jorge Sotomayor, et. al.

km corresponden al tramo de conducción y 4.09 km a las redes de distribución secundaria. Para la entrega del agua a nivel de las zonas módulos, la acequia dispone de estructuras de derivación y control; 9.0 km corresponden a tramos de acequia con sección media de 0.80 m de ancho por 0.7 m de alto, y de varios túneles que totalizan una extensión de 1.8 km. En el trayecto están construídas algunas obras: secciones revestidas, embauladas, muros de protección, pasos vehiculares y derivaciones secundarias que transportan el agua a los 11 módulos de riego. La mayoría de las obras están en regular estado de mantenimiento, el mismo que mejora substancialmente en la época de riego (MBS-INERHI 1991).

Hace aproximadamente 20 años, el INERHI realizó la construcción de la obra de captación y revestimiento de la sección hidráulica, en el tramo comprendido entre las abscisas 9+970 y 10+100. En mayo de 1991, un grupo técnico integrado por funcionarios del INERHI y de la Dirección de Desarrollo Integral (DRI) del Ministerio de Bienestar Social, elaboraron el plan de rehabilitación de esta y otras acequias, integradas en el DRI-ESPEJO (MBS-INERHI 1991).

En el Cuadro 3 se presenta el número de usuarios, la superficie y el caudal concesionado para cada zona.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. El número de los usuarios, la superficie y la concesión para las zonas de la acequia Garrapatal.

	Nombre	Usuarios (#)	Superficie (ha)	Concesión	
				(l/s)	(l/s/ha)
Zona 1:	La Cocha	36	107	42	0.4
Zona 2:	Grandeza Nacional	32	62	21	0.3
Zona 3:	San Nicolás y San José	56	119	46	0.4
Zona 4:	La Providencia	41	151	71	0.5
Zona 5:	Loma Seca y el Chical	23	50	20	0.4
Zona 6:	San Marcos, Playa Rica y Uyamá	43	162	44	0.3

Las zonas altas son La Cocha y Grandeza Nacional. Las zonas Bajas son San Nicolás, la Providencia (San Joaquín, San Francisco y San Andrés), Loma Seca y San Marcos/Playa Rica/ Uyamá.

Organización. La junta de usuarios de la acequia Garrapatal está organizada en subjuntas, las cuales tienen una directiva conformada por un presidente, tesorero y secretario. Los presidentes de cada una de ellas, forman la directiva de la Junta

General de la Acequia. Según los Estatutos y Reglamentos de la Junta de Aguas, los mismos que son aprobados por la Agencia de Aguas de Ibarra, la junta general se debe reunir periódicamente (cada dos meses) con el objetivo principal de proponer fechas para la limpieza total de la acequia y conocer los problemas y logros de cada subjunta en lo referente a la administración de la acequia. En la actualidad la junta general se reúne solamente dos veces al año y la asistencia de los usuarios no es mayoritaria. Las elecciones de la Directiva General, se realizan cada año, aunque los últimos tres años ha sido reelecta la directiva actual.

Las elecciones en las directivas de las subjuntas, también se realizan según el reglamento de la junta general. Estas directivas han sido reelectas en formas reiterada, manteniéndose sus personeros por períodos de cinco a diez años. Existen casos como en el de la subjunta La Cocha, en la cual su presidente y los miembros del directorio han permanecido por más de quince años en funciones prorrogadas. En las subjuntas se presenta el mismo problema de la falta de asistencia por parte de los usuarios a las reuniones que realizan las directivas.

La principal obligación de cada subjunta, es la de realizar la limpieza y el mantenimiento de un tramo determinado de la acequia, (canal principal). Existen once subjuntas: La Cocha, Grandeza Nacional, Loma Chilcal, Loma Seca, San Joaquín, San Andrés, San Nicolás, San Marcos, San Francisco, Playa Rica y Uyamá.

La distribución del agua. Los directivos de la junta de usuarios de la acequia Garrapatal, realizan el reparto del agua de riego de acuerdo a los turnos que fueron fijados en los estatutos, los cuales fueron aprobados a mediados de los años 70 por la Agencia de Aguas en Ibarra y supervisados por técnicos del INERHI. Los turnos se basan en el caudal concesionado de la zona, tiempo y superficie regada. El criterio utilizado varía en las diferentes zonas de riego. En algunas zonas el criterio es el de conceder 12 horas de uso de agua por hectárea, mediante turnos cada 15 días. En otros casos son turnos de 6 o 7 horas de uso de agua por hectárea (Cuadro 4). Esta disposición se fundamenta en que el caudal que discurre en el canal principal se distribuye en forma proporcional a la superficie de cada módulo y a un caudal característico teórico.

En ciertos módulos existen variaciones en cuanto a la utilización de estos turnos y distribución de agua. En el caso de la Cocha no existe el respeto de turnos de riego. Los usuarios riegan en el momento que ellos consideran necesario. Según los usuarios hasta el momento no ha existido la necesidad de organizarse por turnos debido a que existe suficiente agua. En otros módulos existen usuarios que reciben

más horas de agua de lo que normalmente les correspondería por hectárea según la distribución de los turnos. Esta situación se da por la venta de derechos de agua. Aunque de acuerdo a la Ley de Aguas es ilegal la venta de derechos de agua sin terreno, existen casos de usuarios que vendieron sus horas o turnos de agua a otros usuarios quedándose con los terrenos.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. La organización de la distribución del agua en las zonas de la acequia Garrapatal.

Zona	Area (ha)	Concesión (l/s)	Características de los turnos				
			(horas/ha)	ha/turno	l/s/ha	mm/turno	mm/15 días
La Cocha	107	42	12/15 días	3.6	12	51	51
Grandeza Nacional	62	21	12/15 días	2.1	10	44	44
San Francisco	47	17	6/7 días	1.7	10	22	47
San Joaquín	45	17	7/7 días	1.9	9	23	49
San Andrés	59	23	6/7 días	2.1	11	23	50
Loma Chical	20	14	6/7 días	0.7	20	42	90
Loma Seca	30	20	6/7 días	1.1	19	40	86
San Nicolás	119	46	12/15 días	4.0	12	50	50
Playa Rica – Uyamá	82	22	7/7 días	3.4	6	16	35
San Marcos	80	22	6/7 días	2.9	8	17	35

El cuadro 4 permite observar que, según las concesiones y el sistema de turnos de cada zona, no existe equidad en términos de la cantidad de agua en los turnos. Esto debe interpretarse cuidadosamente ya que parecen existir derechos de agua adquiridos que tienen prioridad legal. Igualmente, se menciona venta de derechos de agua, aunque sea ilegal. Finalmente, es de anotarse que la desigualdad en la distribución no está relacionada a la posición geográfica del predio en la cuenca ya que se dan valores altos y bajos en cada tramo.

Método de riego. En las once áreas modulares de riego, los agricultores son los responsables de la operación y mantenimiento del sistema de riego, el mismo que se realiza generalmente por surcos, en curvas de nivel, siendo este método de riego el más generalizado. Los cultivos principales son maíz, cebada, fréjol y tomate, entre otros (ver Cuadro 2).

Estructura agraria. La estructura agraria en la acequia Garrapatal, de 236

explotaciones agrícolas, están presentados en el Cuadro 5. La mayoría de los usuarios tiene una superficie entre 1 y 5 ha. La superficie promedio es 2.8 ha.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. La estructura agraria en la acequia Garrapatal.

Estratos (ha)	< 1	1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20	Total
Explotaciones (#)	79	131	18	7	1	236
%	33	56	8	3	-	100
Superficie total (ha)	66	328	130	93	35	651
%	10	50	20	14	5	100
Area promedio (ha)	0.8	2.5	7.2	13.3	35	2.8

Acequia El Tambo

Ubicación. La Acequia “El Tambo”, está ubicada entre las coordenadas geográficas 0° 4' y 0° 35' de latitud norte y, 77° 57' y 78° 88' de longitud oeste. Comprende los sitios denominados El Tambo, Los Andes, San Pablo de la Cangahua y, las haciendas San Francisco y Tutapiz, pertenecientes a la parroquia García Moreno, del cantón Espejo y, al cantón Bolívar. El acceso a las zonas de riego se realiza a partir de la carretera El Angel-Bolívar, a la altura de la población de García Moreno. La población de El Tambo se une, mediante una carretera de segundo orden, a la carretera panamericana que une Ibarra-Bolívar (véase Mapa 2).

Reseña histórica. De acuerdo a la información de los moradores del área, la acequia El Tambo, tiene más de cien años. Ningún usuario actual recuerda la construcción de la misma. De acuerdo a los relatos la acequia fue construída por las haciendas del sector que se extendían desde la población de El Angel hasta el río Chota. La construcción se realizó mediante “mingas”, en las cuales participaban los peones y “huasipungueros” de las haciendas. En el Tambo se dió el mismo proceso de parcelamiento de las grandes haciendas antes del advenimiento de la Reforma Agraria, proceso que caracterizó a la provincia del Carchi. Los dueños de las haciendas parcelaron sus tierras entregando parte a los “huasipungueros” que habían trabajado para ellos y otra parte vendieron a partidarios y peones. En este caso también junto con las tierras obtuvieron el derecho al agua, en la parte proporcional que les correspondía. Los grupos de usuarios deciden formar cooperativas para organizarse y manejar los asuntos relacionados con el riego. En el año de 1972 aproximadamente se organiza la primera junta de la acequia El Tambo la cual es

legalizada por la Agencia de Aguas.

El sistema de riego. A este sistema de riego privado, la Agencia de Aguas de Ibarra concesionó 227 l/s. Para la captación del recurso agua, no se ha construído la bocatoma, en el sitio de concesión, en el río Bobo. Los usuarios colocan materiales (chambas y piedras), para llevar el flujo del agua hacia el inicio de la acequia. La conducción se inicia por la margen izquierda del río, tiene una sección media de 0.80 m. de ancho por 0.70 de altura. En el trayecto de la acequia están construídas algunas obras: muros de protección, secciones revestidas y embauladas, pasos vehiculares, pasos peatonales, derivaciones secundarias hacia las zonas de riego y, un acueducto. Es necesario realizar el mejoramiento y construcción de obras complementarias, para garantizar su funcionamiento (MBS-INERHI 1991).

La conducción se inicia por la margen izquierda del cauce, hasta la zona de riego, mediante una acequia de 26.1 km de longitud, de los cuales 18.1 km corresponden al tramo del canal muerto y 8 km a las redes de distribución en el área de riego. El sistema de riego dispone de estructuras de derivación a nivel de módulos, las mismas que se encuentran en satisfactorio estado de mantenimiento.

Este sistema de riego beneficia a varias zonas, que captan los recursos hídricos concesionados, en varias tomas a lo largo del canal principal. Esta circunstancia conspira con un normal y oportuno mantenimiento del sistema que debe compartirse con varios usuarios, que tienen la responsabilidad de financiar el costo de mantenimiento, independiente de su sector, de aproximadamente 44 km., correspondientes al canal principal.

En el Cuadro 6 se presenta el número de usuarios, la superficie y el caudal concesionado para cada zona. La principal zona de riego es el área circundante a la población de El Tambo en la zona baja; está a 2.200 msnm.

Organización. La Junta de la Acequia el Tambo está integrada por un total de doce directivos (presidente, vicepresidente, tesorero, secretario, síndico y siete vocales). De acuerdo a los estatutos, la junta se reúne periódicamente y cada año se elige la directiva en el mes de diciembre. Las principales atribuciones de la directiva son: cuidar y mantener la acequia, nombrar y remover a los empleados necesarios para la administración del canal, acordar y determinar las cuotas mensuales que deben contribuir los usuarios para la conservación, limpieza y reparaciones de la acequia y, determinar y hacer respetar los turnos de riego (Estatutos de la Acequia El Tambo).

Cuadro Error! Unknown switch argument.. El número de los usuarios, la superficie y la concesión para las zonas de la acequia El Tambo.

	Nombre	Usuarios (#)	Superficie (ha)	Concesión	
				(l/s)	(l/s/ha)
Zona 1:	San Pablo Cangahua	43	35	12	0.3
Zona 2:	San Francisco		42	24	0.6
Zona 3:	Tutapiz	Total de 57 para	65	21	0.3
Zona 4:	Torrealba	La zonas 2 a 6	69	43	0.6
Zona 5:	Portrero Grande		70	20	0.3
Zona 6:	El Tambito		134	86	0.7

El directorio de la junta de usuarios se ha mantenido en ejercicio desde 1988. La razón es que han sido reelegidos sus miembros, fundamentalmente porque gran parte de los usuarios de la junta no asisten a las reuniones y al momento de las elecciones generalmente no existe el quórum (Estatutos, Acequia El Tambo).

La distribución del agua. De forma parecida a la situación que presenta la acequia Garrapatal, el reparto del agua de riego se realiza de acuerdo a los turnos que fueron fijados en el año 1972. Estos turnos fueron legalizados por la Agencia de Aguas en Ibarra, bajo la asesoría de un técnico del INERHI. Los turnos se basan en el caudal del módulo, tiempo y la superficie regada. El criterio usado es el de conceder cuatro horas de uso del agua por hectárea mediante turnos cada siete días. En este caso también los turnos se basan en que el caudal adjudicado que discurre en el canal principal se distribuye en forma proporcional a la superficie de cada módulo (Cuadro 7).

En esta acequia también se encuentra casos en los que no se respetan los turnos establecidos. Existe un grupo de aproximadamente 15 usuarios, conformado por antiguos “huasipungueros” de las haciendas, los cuales desconocen el reparto realizado en el año 72 y exigieron a la directiva de la junta de aguas de ese entonces que les permitan quedarse con el turno de agua que ellos recibían cuando aún eran parte de la hacienda. Por esta razón este grupo de usuarios reciben su turno desde el día sábado a las 12 del medio día hasta el día domingo 12 del medio día. Esta decisión ha sido respetada a lo largo de los años por los usuarios y las directivas, aunque no consta en los estatutos de la acequia.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. La organización de la distribución del agua en las zonas de la acequia El Tambo.

Zona	Area Concesión (ha)	(l/s)	Características de los turnos			
			(horas/ha /7días)	ha/turno	l/s/ha	mm/turno
San Pablo de la Cangahua	35	12	4	0.8	42	60
Puntaléz	15	5	4	0.4	42	60
Hcda. San Francisco	50	24	4	1.7	30	43
Tutapiz	44	21	4	1.9	24	34
La Piedra	21	10	4	2.1	10	14
Torrealba	90	43	4	0.7	126	180
Potrero Grande	41	20	4	1.1	38	55
El Tambito	150	86	4	4.0	38	54

El Cuadro 7 presenta características similares a las presentadas para la acequia Garrapatal (Cuadro 4). Sin embargo, es aparente que la inequidad es mucho menor, aunque se destacan las características de los turnos para la zona Torrealba.

Método de riego. En la principal zona de riego, aledaña a la población de El Tambo, que cubre una superficie de 312 has., la administración del riego la realizan los usuarios, organizados en la Junta de Regantes y, el suministro de agua a las parcelas se realiza mediante riego por surcos en curvas de nivel. Este sector sería factible incorporarlo al riego a presión, aprovechando la enorme carga hidráulica que se produce por la diferencia de cota entre la acequia y el área de riego. Los cultivos principales en las áreas de riego son fréjol, maíz y anís.

Estructura agraria. La estructura agraria de la acequia El Tambo está presentada en Cuadro 8. La superficie promedio es 5.8 ha..

Cuadro Error! Unknown switch argument.. La estructura agraria de la acequia El Tambo

Estratos (ha)	< 1	1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20	Total
Explotaciones (#)	6	22	17	8	-	53.00
%	11	42	32	15	-	100.00
Superficie total (ha)	5	73	122	109	-	309
%	2	24	39	35	-	100.00
Area promedio (ha)	0.8	3.3	7.2	13.6	-	5.8

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Trabajo de campo

En cada una de las dos acequias se identificaron las zonas modulares de riego. Para la selección de cada una de las zonas se utilizó el criterio que cada zona tendría que tener su propio punto de entrega de agua, en tal manera que se podría fácilmente medir los gastos entregados a cada zona. Para la acequia Garrapatal se seleccionaron 6 zonas: las primeras dos en la parte alta y 4 en la parte baja de la acequia. También para la acequia El Tambo se seleccionaron 6 zonas de riego: 2 en la zona alta y 4 en la zona baja.

Siete componentes forman parte de la estrategia de la investigación en campo, que se llevó a cabo en el verano de 1996:

1. Primero, con el propósito de establecer los volúmenes, gastos y láminas diarias que se han venido entregando a las tierras beneficiadas con el riego de las acequias Garrapatal y El Tambo, se instalaron en las bocatomas y en cada una de las entradas de las zonas mencionadas en Cuadro 5, reglas limnimétricas, en total 17. Las mismas fueron leídas por personal contratado, todos los días, en la mañana y en la tarde, desde el mes de julio de 1996 hasta el mes de marzo de 1997. Su propósito es conocer las descargas que diariamente se entregaban a los terrenos beneficiados, en los dos ciclos de riego: verano e invierno. Se presenta la ubicación de las zonas de riego y las reglas instaladas en las Figuras 3 y 4.

Jorge Sotomayor, et. al.

Figura Error! Unknown switch argument.. Ubicación de los puntos de medición en la acequia Garrapatal.

Manejo del Agua en la Provincia del Carchi, Ecuador

Figura Error! Unknown switch argument.. Ubicación de los puntos de medición en

la acequia El Tambo.

Para conocer la relación entre la lectura diaria y el gasto, se calibraron todas las reglas y se calcularon 17 “curvas de descarga”, 9 en la acequia El Tambo y 8 en la acequia Garrapatal. Para ello, se efectuaron 60 aforos, a diferentes alturas. La determinación de estas curvas, nos permite, junto a las lecturas diarias, establecer el gasto y las láminas diarias que efectivamente llegaron a nivel de cada zona. Los parámetros y coeficientes de cada curva gasto-lectura (Q-H) se presenta en Anexo 1. En el Anexo 2 se presenta un ejemplo del cálculo de la ecuación Q-H.

- ? Segundo, se calculó la eficiencia de conducción en algunos tramos de la red.
- ? Tercero, para cada zona de riego se establecieron los patrones de cultivo, que se vienen sembrando en las acequias Garrapatal y El Tambo, para los ciclos de verano (marzo-junio), e invierno (septiembre-abril). También, para poder calcular la productividad de cada zona, se obtuvo información sobre los rendimientos de cada cultivo y sus precios.
- ? Cuarto, para obtener los requerimientos de agua de los cultivos en las zonas altas y bajas de las dos acequias, se utilizó el método indirecto CROPWAT. Este método fue desarrollado por la Organización Mundial de la Agricultura y la Alimentación (la FAO) y se basa en la fórmula de Penman-Montieth para estimar la evapotranspiración potencial (ET_0) del cultivo (FAO 1996).
- ? Quinto, para los datos climáticos se utilizó la información de las estaciones climáticas localizadas en San Gabriel (para la zona alta) e Ibarra (para la zona baja). Los datos mensuales usados fueron: precipitación, temperatura, radiación, humedad relativa y velocidad de vientos.
- ? Sexto, se hicieron observaciones directas de las actividades relacionadas con el manejo del agua. En forma consistente se observaron la tareas realizadas por los aguateros y las juntas de regantes.
- ? Séptimo, se entrevistaron a los presidentes, tesoreros y los secretarios de las juntas con motivo de captar información relacionada con la historia y la organización de las juntas, y también para captar información relacionada a la recaudación de las tarifas de agua.

Indicadores del desempeño

El IWMI usa un método estándar para cuantificar y medir el desempeño de los sistemas de riego y sus impactos agrícolas (productividad), económicos y ambientales. Para ello se usa un grupo de indicadores que están aplicados en todos los proyectos de investigación del instituto.

Los indicadores son esencialmente externos. Haciendo una analogía, considerarse el sistema de riego como una *caja negra* al cual le entran insumos (agua, gastos de operación, recursos humanos, etc) y salen productos (rendimientos de los cultivos) que al venderlos generan un valor bruto de producción. Los indicadores, si se aplican juiciosamente y extensamente, pueden dar la pauta para identificar que está funcionando bien y que funciona mal.

Los indicadores usados para cada zona de riego investigada en el presente estudio son los siguientes:

1. Disponibilidad Relativa del Agua (DRA), definido como:

$$= \frac{\text{El Total del Agua Suministrada (Riego + Precipitación total)}}{\text{Demanda de Agua del Cultivo}}$$

Es una variable que relaciona el suministro total de agua al cultivo y la demanda del mismo, establecida en este caso por el CROPWAT. Es una variable adimensional. A fin de guiar al lector en el significado del DRA –a nivel parcelario— un valor de 1 correspondería a un cultivo al cual se le ha suministrado estrictamente los requerimientos de agua sin que haya habido lugar a pérdidas de agua en el proceso. Un valor menor de 1 significaría que no fue posible siquiera proporcionar lo requerido por el cultivo y valores muy bajos estarían asociados con bajos rendimientos. A medida que el valor de DRA se hace múltiple de 1 se estaría enfrentando una situación de abundancia del recurso con altas pérdidas en la acequia (Levine 1974).

2. Disponibilidad Relativa del Riego (DRR), definido como:

$$= \frac{\text{Agua de Riego Suministrada}}{\text{Demanda de Riego (Demanda del Cultivo menos la Precipitación Efectiva)}}$$

Es una variable que relaciona el suministro del agua de riego y la demanda de riego. La demanda de riego se calcula con la demanda del cultivo menos la precipitación efectiva. La precipitación efectiva es la parte de la precipitación total que es realmente usada por los cultivos en la parcela. Existen varios métodos de calcular la precipitación efectiva, y el programa CROPWAT permite tres opciones. El método más apto para las condiciones climáticas y geográficas de la área del estudio, es el método desarrollado por el United States Bureau of Reclamation.

Hay cuatro indicadores para calcular la productividad económica del (sub)sistema. La productividad se calcula tanto por unidad de superficie (actualmente regada y la que potencialmente se puede regar) como por unidad de agua (consumida y entregada). Todos los valores de producción son valores brutos, los cuales se calculan utilizando la siguiente fórmula:

Valor Bruto de la Producción (\$):

$$= \text{Producción Total (toneladas)} * \text{Precio del Producto (\$/ton)}$$

Sin embargo, generalmente se siembra más de un cultivo en una zona. Por ello, hay que convertir los rendimientos (ton/ha) de todos los cultivos en Rendimientos Estandarizados. La estandarización de la producción consiste en llevar todos los rendimientos de los cultivos a un rendimiento equivalente al cultivo principal del área bajo estudio. Por ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento Estandarizado} = \text{Rendimiento Cultivo} * \frac{\text{Precio del Cultivo}}{\text{Precio del Cultivo Base}}$$

El cultivo base es el cultivo principal sembrado en cada ciclo. En este caso es fréjol, tanto para el ciclo de verano 1996 como para invierno 1996-97. Una vez

Manejo del Agua en la Provincia del Carchi, Ecuador

calculado el rendimiento estandarizado, se puede calcular el Valor Bruto de la Producción Estandarizado. Los cuatro indicadores de productividad son:

1. El Producido por Unidad de Superficie Regada (\$/ha), definido como:

$$= \frac{\text{Valor Bruto de la Produccion (estandarizada) (\$)}}{\text{Area regada (ha)}}$$

2. El Producido por Unidad de Superficie Potencialmente Regable (\$/ha), definido como:

$$= \frac{\text{Valor Bruto de la Produccion (estandarizada) (\$)}}{\text{Area que potencialmente se puede regar (ha)}}$$

3. El Producido por Unidad de Agua Suministrada (\$/m³), definido como:

$$= \frac{\text{Valor Bruto de la Produccion (estandarizada) (\$)}}{\text{Riego Suministrado (m3)}}$$

4. El Producido por Unidad de Agua Consumida (\$/m³), definido como:

$$= \frac{\text{Valor Bruto de la Produccion (estandarizada) (\$)}}{\text{El Agua Consumida (ET) (m3)}}$$

LOS PATRONES DE CULTIVO

La base de los cálculos de las demandas de agua y la producción, tanto por unidad de superficie como por unidad de agua, es el patrón de cultivos para los dos ciclos estudiados. En los Cuadros 9, 10, 11 y 12 se presentan los cuatro patrones de

Jorge Sotomayor, et. al.

cultivos para todas las zonas de riego de las acequias Garrapatal y El Tambo.

Manejo del Agua en la Provincia del Carchi, Ecuador

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los patrones de cultivo para las zonas en la acequia Garrapatal, verano 1996

Cultivo	Zona Alta		Zona Baja				T
	La Cocha	G. Nacional 1 y 2	San Nicolás	La Providencia	Loma Seca /Alta	Marcos,Playa Rica,Uyamá	
	ha	Ha	ha	Ha	ha	ha	ha
Fréjol	30	18	55	35	10	35	183
Maíz	25	20	21	40	6	45	157
Arveja	10	0	0	10	4	5	29
Cebada	8	5	0	8	0	0	21
Trigo	5	3	0	3	0	0	11
Tomate de Arbol	7	0	0	0	0	0	7
Papas	2	0	2	0	2	0	6
Tomate Riñon	0	0	0	30	0	4	34
Frutales	0	0	0	0	0	4	4
Pastos	0	0	0	0	4	0	4
Caña de Azúcar	0	0	2	0	0	8	10
Total	87	46	80	126	26	101	466

Jorge Sotomayor, et. al.

**Error! Unknown switch argument.. Los patrones de cultivo para las zonas en la
quia El Tambo, verano 1996**

Cultivo	Zona Alta			Zona Baja			TOTAL	
	San Pablo	San Francisco	Tutapiz	Torrealba	Portrero Grande	El Tambito	ha	%
Fréjol	5	20	0	30	27	80	162	47
Maíz	0	9	0	8	12	12	41	12
Anís	0	8	0	25	30	30	93	27
Café	0	5	0	0	0	0	5	2
Cebolla Paitenã	2	0	0	2	0	0	4	1
Caña de Azúcar	0	0	0	0	0	10	10	3
Yuca	0	0	0	2	1	2	4	1
Camote	0	0	0	2	0	0	2	0
Cebada	6	0	0	0	0	0	6	2
Trigo	12	0	0	0	0	0	12	4
Papa	5	0	0	0	0	0	5	2
Total	30	42	0	69	70	134	344	100

Manejo del Agua en la Provincia del Carchi, Ecuador

Analizando los cuadros 9 y 10 pueden hacerse las siguientes anotaciones:

- ? El principal cultivo en las dos acequias es el fréjol.
- ? En la acequia Garrapatal, el segundo cultivo en importancia es el maíz , junto con el fréjol cubren el 73% de la superficie sembrada.
- ? En la acequia El Tambo, al cultivo del fréjol, siguen en importancia el anís.
- ? En ambas acequias hay gran diversidad de cultivos, once en cada una.
- ? Hay mayor diversificación en las zonas bajas que en las altas, seguramente por razones climáticas.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los patrones de cultivo para las zonas en la acequia Garrapatal, invierno 1996-97

	Zona Alta		Zona Baja				TOTAL	
	La Cocha	G. Nacional 1 y 2	San Nicolás	La Providencia	Loma Seca /Alta	Marcos,Playa Rica,Uyamá	ha	%
Cultivo	ha	Ha	ha	Ha	ha	ha	ha	%
Maíz	40	23	21	45	7	50	186	35
Fréjol	35	15	65	27	18	49	209	40
Trigo	11	0	0	0	0	0	11	2
Frutales	0	0	0	0	0	4	4	1
Caña de Azúcar	0	0	2	0	0	8	10	2
Cebada	4	0	0	0	0	0	4	1
Pastos	0	0	0	0	5	0	5	1
Tomate de Riñon	0	4	0	31	0	2	37	7
Arveja	0	11	0	15	0	0	26	5
Cebolla	0	4	0	26	0	0	30	6
Anis	0	4	1	0	0	0	5	1
Total	90	61	89	144	30	113	527	100

Jorge Sotomayor, et. al.

**cuadro Error! Unknown switch argument.. Los patrones de cultivo para las zonas en la
 equia El Tambo,
 invierno 1996-97**

Cultivo	Zona Alta			Zona Baja			TOTAL	
	San Pablo	San Francisco	Tutapiz	Torrealba	Portrero Grande	El Tambito	ha	%
	Ha	ha	ha	ha	ha	ha		
Fréjol	0	8	90	50	60	100	308	63
Maíz	12	0	0	1	0	5	18	4
Anís	0	20	10	20	30	25	105	22
Cebolla Paiteña	4	1	0	5	0	10	20	4
Caña de Azúcar	0	0	0	0	0	10	10	2
Camote	0	0	0	1	0	3	4	1
Cebada	5	0	0	0	0	0	5	1
Trigo	8	0	0	0	0	0	8	2
Arveja	5	0	0	0	0	2	7	1
Tomate de Arbol	0	2	0	0	0	0	2	0
Citricos	0	2	0	0	0	0	2	0
Total	34	33	100	77	90	155	488	100

Manejo del Agua en la Provincia del Carchi, Ecuador

Analizando los cuadros 11 y 12 pueden hacerse las siguientes anotaciones:

- ? El fréjol ocupa el primer lugar, tanto en la acequia Garrapatal como en El Tambo.
- ? En la acequia Garrapatal , siguen en importancia los cultivos de maíz, junto al fréjol.
- ? En la acequia El Tambo, el segundo cultivo en importancia, después del fréjol es el anís.

LOS REQUERIMIENTOS DEL AGUA

Las demandas de los cultivos

En el Cuadro 13 se presenta los valores de requerimientos de agua para algunos cultivos y para los ciclos de verano 1996 e invierno 1996-97. A causa de las grandes diferencias climatológicas entre la zona alta y la zona baja (véase las Figuras 1 y 2), hubo que calcular los requerimientos para ambas zonas. Como ya hemos mencionado, los valores son obtenidos por medio del programa CROPWAT. Estos valores constituyen el denominador en la fórmula de la DRA. Como es de esperarse, la demanda varía con el cultivo, con los valores para maíz y anís mayores en virtud de sus períodos vegetativos más largos, y con los valores para hortalizas menores. También, los valores en las zonas altas son un poco menores a los de las zonas bajas. Igualmente, los valores del verano son menores a los del invierno

Las demandas versus las concesiones

Combinando los patrones de cultivo de cada zona con los requerimientos de cultivos mostrados en el Cuadro 13, se obtienen los volúmenes requeridos para cada zona y para cada ciclo. En los Cuadros 14 al 17 se presentan estos volúmenes brutos requeridos, tanto en términos de la demanda total para el ciclo (mm), como en l/s/ha y l/s para ambas acequias y ambos ciclos. El volumen neto es el volumen bruto menos la precipitación total. Para poder comparar los volúmenes netos requeridos con la dotación legalmente concesionada por la Agencia de Aguas en Ibarra, se convirtió la precipitación también a l/s.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los requerimientos del agua (mm) para los cultivos en las zonas altas y bajas de las acequias Garrapatal y el Tambo, verano 1996 y invierno 1996-97.

	Verano 1996		Invierno 1996-97	
	Zona Alta	Zona Baja	Zona Alta	Zona Baja
Maíz	491	590	752	765
Fréjol	350	415	477	479
Trigo	353	no hay	453	458
Anís	591	716	718	730
Cebolla	456	no hay	495	508
Cebolla P.	No hay	262	420	427
Papa	425	472	no hay	no hay
Arveja	292	no hay	397	405
Tomate Riñon	No hay	no hay	452	463
Caña Azucar	No hay	712	no hay	752
Café	569	no hay	756	no hay

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los volúmenes requeridos y concesionados para las zonas de la acequia Garrapatal, verano 1996.

	Area regada (ha)	Volumen requerido							
		Volumen bruto			Precipitación		Demanda Neta	Concesión n	Concesión menos Neta
		(mm)	l/s/ha	l/s	(mm)	l/s	l/s	l/s	l/s
Toda la Acequia	466	482	0.3	158	283	92	65	244	179
La Cocha	87	405	0.3	25	283	17	7	42	35
Grandeza Nacional	46	412	0.3	13	283	9	4	21	17
San Nicolás	80	488	0.3	27	241	14	14	46	32
La Providencia	126	466	0.3	41	241	21	20	71	51
Loma Seca	26	631	0.4	12	241	4	7	20	13
San Marcos, Playa Rica, Uyamá	101	619	0.4	44	241	17	27	44	17

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los volúmenes requeridos y concesionados para las zonas de la acequia El Tambo, verano 1996.

	Area regada (ha)	Volumen requerido						Concesión l/s	Concesión menos Neto l/s
		Volumen bruto			Precipitación	Demanda	Neta		
		(mm)	l/s/ha	l/s	(mm)	l/s			
Toda la Acequia	344	537	0.4	130	283	68	61	227	166
San Pablo de la Cangahua	30	371	0.3	8	283	6	2	12	10
San Francisco	42	542	0.4	16	283	8	8	24	16
Torrealba	69	543	0.4	26	241	12	15	43	28
Portrero Grande	70	575	0.4	28	241	12	16	20	4
El Tambito Abajo	134	577	0.4	54	241	23	32	86	54

Jorge Sotomayor, et. al.

Error! Unknown switch argument.. **Los volúmenes requeridos y concesionados para las de la acequia Garrapatal, invierno 1996-97.**

	Area regada (ha)	Volumen requerido			Precipitación			Concesión l/s	Concesión menos Neto l/s
		Volumen bruto			Demanda Neta				
		(mm)	l/s/ha	l/s	(mm)	l/s	l/s		
la Acequia	527	612	0.4	226	695	257	-31	244	275
Cocha	90	595	0.4	38	695	44	-6	42	48
za Nacional	61	581	0.4	25	695	30	-5	21	26
Nicolás	89	572	0.4	36	304	19	17	46	29
ovidencia	144	562	0.4	57	304	31	26	71	45
na Seca	30	732	0.5	15	304	6	9	20	11
rcos, Playa i,Uyamá	113	705	0.5	56	304	24	32	44	12

Cuadro Error! Unknown switch argument. Los volúmenes requeridos y concesionados para las zonas de la acequia El Tambo, invierno 1996-97.

	Area regada (ha)	Volumen requerido						Concesión n l/s	Concesión menos Neto l/s
		Volumen bruto			Precipitación Demanda Neta				
		(mm)	L/s/ha	l/s	(mm)	l/s	l/s		
Toda la Acequia	487	563	0.4	192	695	237	-45	227	272
San Pablo de la Cangahua	34	548	0.4	13	695	17	-4	12	16
San Francisco	33	689	0.5	16	695	16	0	24	24
Torrealba	77	546	0.4	29	304	16	13	43	30
Portrero Grande	90	563	0.4	36	304	19	16	20	4
El Tambito Abajo	155	590	0.4	64	304	33	31	86	55

El volumen promedio requerido en la acequia Garrapatal es 482 mm para el ciclo de verano 1996. A consecuencia de la diferencia en el patrón de cultivo (más años), ya que la mayoría de la zona regada está ubicada en la zona baja, el volumen requerido en El Tambo es mayor: 537 mm. Estos volúmenes corresponden a caudales de 130 l/s y 158 l/s para Garrapatal y El Tambo, respectivamente. Los volúmenes netos son aún mas bajos. La observación principal para el ciclo de verano, es que los volúmenes netos requeridos son siempre menores a las concesiones que teóricamente son entregados a las acequias y a cada una de sus zonas. Sin embargo, como mostraremos mas adelante, ello no necesariamente significará que los usuarios realmente están recibiendo las dotaciones concesionadas. También hay que recordar que las concesiones están determinadas a nivel de las bocatomas de las acequias y de las entradas de cada zona, mientras los volúmenes requeridos están calculados a nivel parcelario. Hay que considerar que las eficiencias de conducción y aplicación son generalmente muy bajas y que por ello se pierde mucho del volumen.

La situación en el invierno es todavía mas favorable por causa de la precipitación, sobre todo en la zonas altas. En estas zonas la precipitación es mayor al requerimiento, lo cual significa que la necesidad para riego es mínima. En este ciclo la precipitación es mucho menor en las zonas bajas. Sin embargo, las dotaciones concesionadas superarían los volúmenes requeridos netos.

EL SUMINISTRO DEL AGUA

Volúmenes suministrados

Una vez analizados los requerimientos de los cultivos y las dotaciones teóricamente concesionadas y entregadas, se puede analizar si los volúmenes realmente entregados a las acequias y sus zonas son iguales a los requeridos y a los concesionados. Como ya se mencionó en la sección sobre la metodología aplicada en este estudio, se tomaron 2 lecturas diarias de cada una de las 17 reglas instaladas. Así se obtuvieron cada día los gastos y los volúmenes entregados a cada zona en las acequias. En los Cuadros 18 y 19 se presenta los volúmenes totales entregados para los ciclos de verano 1996 y invierno 1996-97 respectivamente. Para poder comparar los volúmenes entregados con las demandas de los cultivos y los caudales concesionados, los ‘volúmenes’ son convertidos en láminas de riego aplicadas, en l/s/ha y en l/s. El periodo de riego fue de 77 días en el verano y de 112 días en el invierno.

La primera observación que se puede hacer del cuadro 18, es que la cantidad de agua suministrada por unidad de superficie a los usuarios en Garrapatal es casi el doble a la suministrada a El Tambo: en promedio 487 mm (ó 0.7 l/s/ha) contra 249 mm (ó 0.4 l/s/ha). También se puede observar que los usuarios en las zonas bajas de las acequias reciben mucho menos agua que los que están en las zonas altas. Por ejemplo, la zona La Cocha en Garrapatal recibe 487 mm, mientras San Marcos, Playa Rica y Uyamá reciben 298 mm. La situación más crítica es en las zonas bajas de El Tambo (con excepción de Potrero Grande): El Tambito (la zona más grande de toda la acequia) solo recibe 43 mm, o 0.1 l/s/ha, lo cual es por ejemplo el 20% del caudal que recibe San Pablo de la Cangahua en la zona alta.

Otra observación importante es que en general las zonas en Garrapatal reciben más agua que el volumen concesionado: en promedio 40% más. Las dos excepciones son San Nicolás y la Loma Seca. En el caso de El Tambo, la situación es el contrario: en general la acequia recibe solo el 57% de lo concesionado, mientras El Tambito solo recibe el 10%. La única zona que recibe al menos el volumen concesionado es Potrero Grande.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los volúmenes suministrados versus los volúmenes concesionados, Acequias Garrapatal y El Tambo, verano 1996 .

	Area Regada	Riego Suministrado			Concesión		
		A	B	C	D	B - D	B / D
	ha	mm	l/s/ha	l/s	l/s	l/s	%
<i>Acequia Garrapatal</i>							
Toda la Acequia	466	487	0.7	341	244	97	140
La Cocha	87	487	0.7	64	42	22	152
Grandeza Nacional	46	384	0.6	26	21	5	126
San Nicolás	80	249	0.4	30	46	-16	65
La Providencia	126	382	0.6	72	71	1	100
Loma Seca	26	320	0.5	13	20	-7	65
San Marcos, Playa Rica, Uyamá	101	298	0.4	45	44	1	100
<i>Acequia El Tambo</i>							
Toda la Acequia	344	249	0.4	129	227	-98	57
San Pablo	30	196	0.3	9	12	-3	75
San Francisco	42	158	0.2	10	24	-14	42
Torrealba	69	193	0.3	20	43	-23	47
Portrero Grande	70	232	0.3	24	20	4	120
El Tambito Abajo	134	43	0.1	9	86	-77	10

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los volúmenes suministrados versus los volúmenes concesionados, Acequias Garrapatal y El Tambo, invierno 1996-97

	Area Regada	Riego Suministrado			Concesión		
		A	B	C	D	B - D	B / D
	Ha	mm	l/s/ha	l/s	l/s	l/s	%
Acequia Garrapatal							
Toda la Acequia	527	591	0.6	322	244	78	132
San Nicolás	89	668	0.7	61	46	15	133
La Providencia	144	1588	1.6	236	71	165	332
Loma Seca	30	1574	1.6	49	20	29	245
San Marcos, Playa Rica, Uyamá	113	713	0.7	83	44	39	189
Acequia El Tambo							
Toda la Acequia	487	235	0.2	118	227	-109	52
San Pablo	34	338	0.4	13	12	1	108
San Francisco	33	390	0.4	13	24	-11	54
Torrealba	77	342	0.4	37	43	-16	86
Portrero Grande	90	388	0.4	36	20	16	180
El Tambito	155	60	0.1	10	86	-76	12

La situación en el invierno es parecida a la del verano, pero los contrastes entre algunas zonas parecen ser todavía más grandes. Otra vez, se puede observar que Garrapatal recibió cantidades de agua muy altas: hasta 1588 mm en La Providencia. Es interesante que las zonas bajas reciben volúmenes más altos que las zonas en la parte alta. La causa de este hecho es que los usuarios en las zonas altas casi no usan el agua de riego en el invierno a consecuencia de suficiente precipitación (véase Cuadro 16) y no usan el agua en sus parcelas. Este agua inutilizada pasa a las zonas que están mas bajas.

El volumen entregado a la acequia Garrapatal es mucho mayor al volumen concesionado, mientras El Tambo recibe menos que su derecho. Las figuras 5 y 6 muestran que esta diferencia entre las dos acequias es consistente durante todo el año agrícola. Solo en la última semana del ciclo invierno el volumen entregado es menor al concesionado. En el caso de las acequia El Tambo solo hay dos o tres semanas en las cuales los volúmenes realmente entregados se acercan a los volúmenes concesionados.

Figura Error! Unknown switch argument.. Los caudales semanales entregados y concesionados en la bocatoma de Garrapatal, verano 1996 y invierno 1996-97.

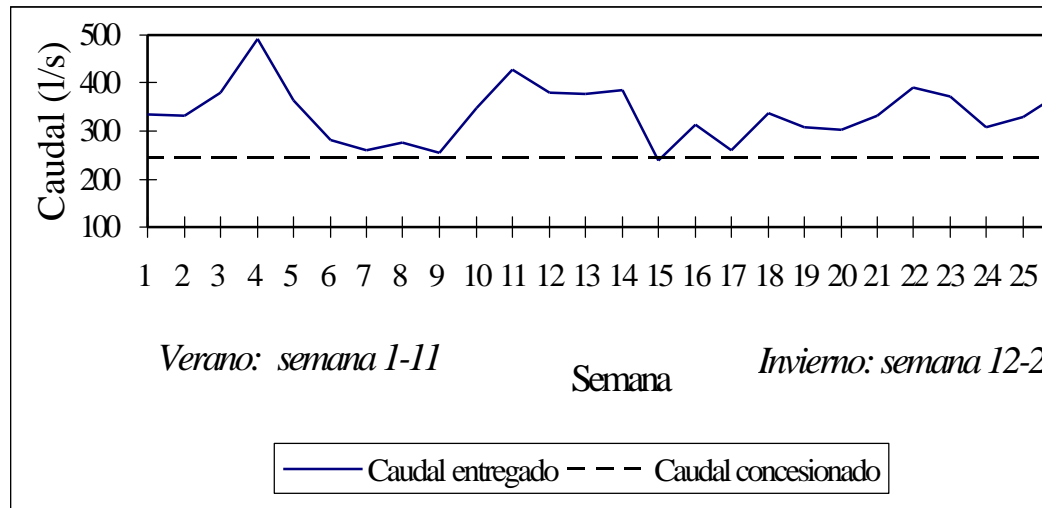
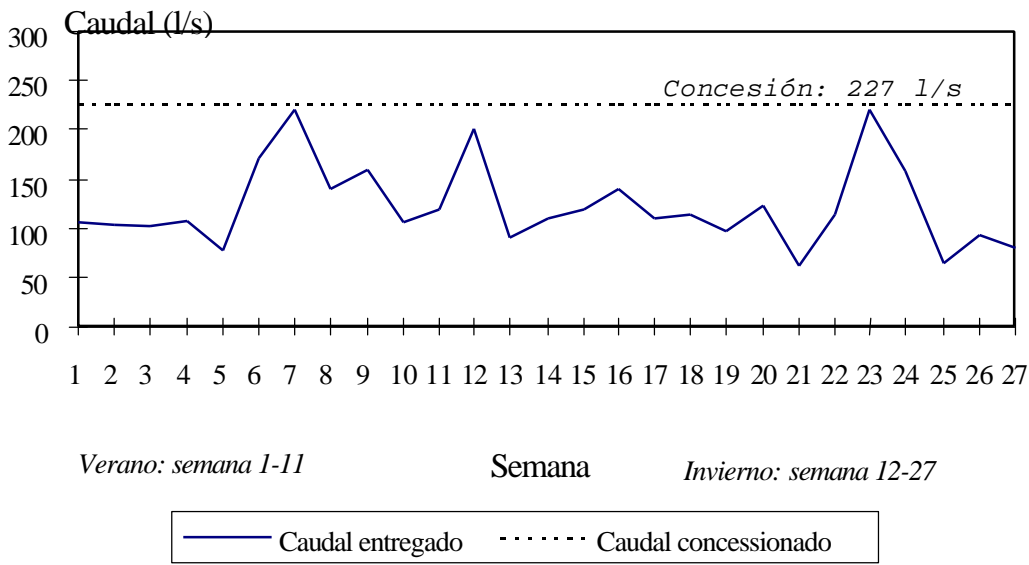


Figura Error! Unknown switch argument.. Los caudales semanales entregados y concesionados en la bocatoma de El Tambo, verano 1996 y invierno 1996-97.



Cuadro Error! Unknown switch argument.. Las eficiencias de conducción en algunos tramos de Garrapatal y El Tambo.

Tramo	Absisas	Zona	Pérdida del gasto en el tramo (%)	Pérdida desde primer punto de medición (%)	Pérdida de conducción por tramo. $m^3/m^2/s$	Eficiencia de conducción en el tramo. (%)
<i>Garrapatal</i>		(km)				
	0 + 000		0	0	0.80	79
1	6 + 675	La Cocha	30	30	0.64	88
2	8 + 915	Grandeza	18	43	1.10	81
3	10 + 75	Grandeza	27	58	2.79	54
4	10 + 70	Providencia	21	67	1.85	46
<i>El Tambo</i>						
1	5+ 400	Garcia M. San Pablo	0	0	0.39 0.01	97
2	19+ 610	El Tambito	4	4	1.23	62
	23 + 50		53	55		

Pérdidas en la red de conducción

Una de las razones por las cuales en muchas zonas el volumen suministrado no alcanza el volumen concesionado (véase Cuadros 18 y 19) es la baja eficiencia de conducción en la mayoría de los tramos de las acequias. En el Cuadro 20 se presentan las pérdidas del agua en algunos tramos. Las pérdidas son expresados tanto en porcentaje de la pérdida del gasto que entra en cada una de las zonas como en porcentaje del gasto total que entra en el primer punto de medición.

El cuadro permite observar que las pérdidas en la red de conducción son muy altas en los tramos entre la Grandeza Nacional y La Providencia, y entre San Pablo de Cangauha y la entrada de la zona baja de El Tambo .

DESEMPEÑO DEL USO DEL AGUA

Disponibilidad Relativa del Agua

En las dos secciones anteriores se analizó la relación entre los requerimientos de agua de los cultivos (total y de cada zona de riego) y los volúmenes concesionados. Igualmente, se analizó la relación entre el volumen concesionado y el realmente entregado. Ya se concluyó que, en general, teóricamente los volúmenes concesionados cubren los volúmenes requeridos. Si se consideran las bajas eficiencias de conducción, algunas zonas tendrían problemas en recibir suficiente agua con base a los volúmenes concesionados. También, se concluyó que en realidad, los volúmenes entregados difieren mucho de los volúmenes concesionados. Generalmente, en Garrapatal se recibe un caudal que es mucho mayor al concesionado, mientras en la acequia El Tambo se recibe apenas la mitad de lo concesionado.

En la presente sección se analizará la relación entre los volúmenes requeridos y los suministrados. Para ello, se utiliza el primer indicador ya definido arriba: la disponibilidad relativa del agua (DRA). En los Cuadros 21 y 22 se presentan los tres parámetros del indicador (suministro de riego, precipitación y demanda del cultivo), más los valores de DRA, para cada zona estudiada.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los valores del DRA en las zonas de riego de las acequias Garrapatal y El Tambo, verano 1996.

	1	2	3	DRA
<i>Acequia Garrapatal</i>	Riego (mm)	Precipitación (mm)	Demanda (mm)	$\frac{1+2}{3}$
Toda la Acequia	487	283	482	1.6
La Cocha	487	283	405	1.9
Grandeza Nacional	384	283	412	1.6
San Nicolás	249	241	488	1.0
La Providencia	382	241	466	1.3
Loma Seca/Alta	320	241	631	0.9
San Marcos, Playa Rica, Uyamá	298	241	619	0.9
<i>Acequia El Tambo</i>				
Toda la Acequia	249	283	537	1.0
San Pablo	196	283	371	1.3
San Francisco	158	283	542	0.8
Torrealba	193	241	543	0.8
Portrero Grande	232	241	575	0.8
El Tambito	43	241	577	0.5

Los valores del DRA presentados en el Cuadro 21 nos muestran que los usuarios en las zonas altas de la acequia Garrapatal no tendrían problemas en recibir suficiente agua para cubrir los requerimientos de sus cultivos. Valores mayor de 1.5 les permiten a los usuarios que se pierda aproximadamente la mitad del agua entra la entrada a la zona y la parcela. Dependiendo de la distancia entra la entrada a la zona y la parcela, hasta un valor de 1.3 (como en el caso de la Providencia en San Pablo de Cangahua) podría ser suficiente para cubrir la demanda de agua. Tanto en las zonas bajas de Garrapatal como en todas las zonas de la acequia El Tambo, el suministro y la precipitación no son suficientes para alcanzar los requerimientos de los cultivos. El valor de 0.5 en el caso de la zona El Tambito (la cual es la zona regada mas grande de la acequia) significa que al nivel parcelario los usuarios solo recibe la mitad de la cantidad de agua requerida para obtener una producción óptima.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los valores del DRA en las zonas de riego de las acequias Garrapatal y El Tambo, invierno 1996-97

	1	2	3	
	Riego	Precipitación	Demanda	DRA
	(mm)	(mm)	(mm)	$\frac{1+2}{3}$
<i>Acequia Garrapatal</i>				
Toda la Acequia	591	695	612	2.1
San Nicolás	669	304	572	1.7
La Providencia	1588	304	562	3.4
Loma Seca	1573	304	732	2.6
San Marcos, Playa Rica, Uyamá	713	304	705	1.4
<i>Acequia El Tambo</i>				
Toda la Acequia	235	695	563	1.7
San Pablo	338	695	548	1.9
San Francisco	390	695	689	1.6
Torrealba	342	304	546	1.2
Portrero Grande	388	304	563	1.2
El Tambito	59	304	590	0.6

Con la excepción de San Marcos, Playa Rica y Uyamá, las zonas de Garrapatal no tuvieron problemas en alcanzar sus demandas del agua en el ciclo invierno. En la parte alta, la precipitación sería suficiente para los cultivos sembrados. Los valores altos de la Providencia y Loma Seca muestran que los cultivos reciben aproximadamente tres veces la cantidad el agua (riego mas precipitación) requerida. Aunque las zonas de San Pablo de Cangahua y San Francisco no tuvieron problemas, la zona baja de la acequia El Tambo no recibió suficiente agua para cubrir sus demandas. Igual que en el ciclo de verano esta zona solo recibio la mitad del agua requerida para su cultivos.

Disponibilidad Relativa del Riego

Manejo del Agua en la Provincia del Carchi, Ecuador

La Disponibilidad Relativa del Riego (DRR) es un indicador muy relacionado al DRA y trata de hacer una corrección debido al aporte que la precipitación hace al requerimiento del agua de riego. Es útil porque deja entrever el manejo mismo que se hace del riego. Valores cercanos a la unidad (1) sugieren buen manejo, mientras que valores altos y muy bajos indicarían mala utilización del agua de riego disponible, o escasez de esta. Se presentan los valores de DRR para el verano y el invierno en los Cuadros 23 y 24, respectivamente.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los valores del DRR en las zonas de las acequias Garrapatal y El Tambo, verano 1996.

	1	2	3	DRR
	Riego	Precip. Efectiva	Demanda	
<i>Acequia Garrapatal</i>	(mm)	(mm)	(mm)	$\frac{1}{(3 \div 2)}$
Toda la Acequia	487	226	482	1.9
La Cocha	487	226	405	2.7
Grandeza Nacional	384	226	412	2.1
San Nicolás	249	193	488	0.8
La Providencia	382	193	466	1.4
Loma Seca	320	193	631	0.7
San Marcos, Playa Rica, Uyamá	298	193	619	0.7
<i>Acequia El Tambo</i>				
Toda la Acequia	249	226	537	0.8
San Pablo	196	226	371	1.4
San Francisco	158	226	542	0.5
Torrealba	193	193	543	0.6
Portrero Grande	232	193	575	0.6
El Tambito	43	193	577	0.1

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Los valores del DRR en las zonas de las acequias Garrapatal y El Tambo, invierno 1996-97.

	1	2	3	DRR
	Riego	Precip. Efectiva	Demanda	
<i>Acequia Garrapatal</i>	(mm)	(mm)	(mm)	$\frac{1}{(3 \div 2)}$
Toda la Acequia	591	556	612	1.9
San Nicolás	669	243	572	1.6
La Providencia	1588	243	562	3.3
Loma Seca/Alta	1573	243	732	2.5
San Marcos, Playa Rica, Uyamá	713	243	705	1.4
<i>Acequia El Tambo</i>				
Toda la Acequia	235	556	563	1.4
San Pablo	338	556	548	1.6
San Francisco	390	556	689	1.4
Torrealba	342	243	546	1.1
Portrero Grande	388	243	563	1.1
El Tambito	59	243	590	0.5

Los valores de DRR en los cuadros 23 y 24 son consistentes con lo expresado con el indicador DRA. La acequia Garrapatal tiene mayor disponibilidad de agua que la de El Tambo, tanto en el verano como en el invierno. Los valores cercanos a 2 y mayores en el Garrapatal sugieren que no dependen tanto del agua de riego y de hecho ya vimos que en las partes altas simplemente la dejan pasar. Los valores del Tambo, mas cercanos a la unidad, sugieren que el agua es mas escasa y que los usuarios tratan de aprovecharla al maximo. En el caso de la zona baja del Tambito la falta de agua es aparente.

PRODUCCION AGRICOLA

En las secciones anteriores se analizaron el suministro del agua en relación con la demanda de los cultivos y las dotaciones concesionadas. En este respecto, la conclusión general es que en las zonas bajas de las dos acequias el suministro no es suficiente para alcanzar los requerimientos de los cultivos, y que la situación del riego

suministrado es más crítica en el ciclo de verano que el en invierno. Para poder evaluar los impactos de la escasez del agua en la producción agrícola, el IWMI utiliza algunos indicadores, los cuales ya fueron definidos en la sección sobre la metodología del estudio. En los Cuadros 25 y 26 se presenta los rendimientos y los valores brutos de la producción estandarizados. Estos últimos están calculados por unidad de superficie realmente regada y potencialmente regable. También se calcularon los valores por unidad de agua realmente suministrada, y por unidad de agua consumida por los cultivos. Para poder comparar los rendimientos y los valores de la producción entre zonas que tienen patrones de cultivos distintos, todos los rendimientos fueron convertidos a rendimientos equivalentes de fréjol.

Aunque en el verano de 1996 el rendimiento promedio de fréjol fue aproximadamente de 0.8 toneladas por ha, debido a otros cultivos con rendimientos y precios mayores a los de fréjol, los rendimientos equivalentes son alrededor de 1.2 ton/ha. Las zonas con rendimientos más altos son las zonas que sembraron relativamente mucha arveja (Loma Seca) o anís (Torrealba y Potrero Grande) (véase Cuadros 9 y 10).

El promedio del valor bruto de la producción estandarizada en el verano es alrededor de S/. 4.500.000 por hectárea en Garrapatal y 4.900.000 en el caso de El Tambo³. Desafortunadamente, por falta de estudios parecidos, no es posible comparar estos valores con los de otros sistemas de riego en Ecuador. Comparación con algunos valores obtenidos en otros países sugiere, por ejemplo, que los valores obtenidos en las dos acequias son el doble de los valores en algunos sistemas privados en el estado de Guanajuato en México (Dayton-Johnson 1997), parecidos a los del grande Distrito de Riego Alto Río Lerma en México (Kloezen 1997; Kloezen y Garcés 1997) o el Distrito RUT en Colombia (Alvarez 1997), pero mucho menor a los de los tres distritos colombianos de Samacá (Mora Peña 1997), Coello y Saldaña (Vermillion y Garcés 1996).

El valor más bajo es el de la zona de Grandeza Nacional (en donde se siembra mucho maíz, lo cual tiene un precio relativamente bajo). Los valores más altos se obtienen en Torrealba y Potrero Grande, debido al buen precio para el anís. Dado que muchos usuarios no siembran toda la superficie de sus parcelas, generalmente los valores por unidad de la superficie regada son menores a los valores por unidad de superficie regable.

³ El cambio promedio para 1996 fue de US\$1.00 = S/. 3,210

Jorge Sotomayor, et. al.

Los valores de producción por unidad de riego suministrado en el Tambo son más que el doble que en el caso de Garrapatal. Como está analizado arriba, El Tambo recibe mucho menos agua, lo cual significa que (con el mismo rendimiento) el valor por unidad de agua recibido es más alto.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Rendimientos y Valores Brutos de la Producción Estandarizados, Acequias Garrapatal y El Tambo, verano 1996 .

	Rendimiento Fréjol equiv. (ton/ha)	VBP-estand Por ha regada (S/ha)	VBP-estand por ha regable (S/ha)	VBP-estand por m ³ sumin. Sucres /m3	VBP-estand por m ³ consumido Sucres /m3
<i>Acequia Garrapatal</i>					
Toda la Acequia	1.2	4,440,785	3,178,811	912	974
La Cocha	1.3	4,893,333	3,978,692	1,005	1,208
Grandeza Nacional	0.9	3,467,739	2,572,839	903	842
San Nicolás	1.0	3,655,000	2,457,143	1,468	870
La Providencia	1.2	4,502,238	3,764,563	1,179	1,101
Loma Seca	1.5	5,530,769	2,876,000	1,728	809
San Marcos, Playa Rica, Uyamá	1.2	4,551,129	2,831,315	1,527	755
<i>Acequia El Tambo</i>					
Toda la Acequia	1.3	4,849,509	3,568,903	1,925	877
San Pablo	1.3	4,818,533	4,130,171	2,458	1,342
San Francisco	1.1	4,225,714	4,225,714	2,675	778
Torrealba	1.4	5,488,696	5,488,696	2,844	1,011
Portrero Grande	1.5	5,569,714	5,569,714	2,401	969
El Tambito	1.1	4,226,866	4,226,866	9,830	730

Manejo del Agua en la Provincia del Carchi, Ecuador

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Rendimientos y Valores Brutos de la Producción Estandarizados, Acequias Garrapatal y El Tambo, invierno 1996-97

	Rendimiento fréjol equiv.	VBP-estand por ha regada	VBP-estand por ha regable	VBP-estand por m ³ sumin.	VBP-estand por m ³ consumido
<i>Acequia Garrapatal</i>	(ton/ha)	(S/ha)	(S/ha)	Sucres /m3	Sucres /m3
Toda la Acequia	0.8	3,855,058	3,120,761	379	629
La Cocha	0.7	3,445,641	2,898,203	n.d.	579
Grandeza Nacional	0.5	2,373,843	2,335,555	n.d.	408
San Nicolás	0.9	3,994,642	2,987,589	598	698
La Providencia	0.4	1,899,725	1,815,386	120	338
Loma Seca	0.7	3,329,231	1,997,539	212	455
San Marcos, Playa Rica, Uyamá	0.7	3,388,311	2,358,356	475	481
<i>Acequia El Tambo</i>					
Toda la Acequia	1.0	4,833,629	4,833,629	648	859
San Pablo	0.5	2,494,616	2,423,341	738	457
San Francisco	1.4	6,586,364	4,347,000	1,689	970
Torrealba	1.1	5,166,712	5,166,712	1,511	947
Portrero Grande	1.2	5,533,334	5,533,334	1,426	983
El Tambito	1.0	4,506,724	4,506,724	7,511	764

n.d. No disponible

Debido al alto porcentaje de fréjol sembrado en lugar de los cultivos que tiene mejor rendimientos y precios, los rendimientos equivalentes para el ciclo de invierno son generalmente menores a los del verano. La mayoría de los usuarios en Grandeza Nacional y San Pablo de Cangahua sembraron maíz, lo cual explica el bajo rendimiento equivalente en estas zonas (véase Cuadros 11 y 12). Las zonas con años

obtuvieron rendimientos equivalentes a fréjol más altos ya que el precio de mercado para anís es más alto que el de fréjol: S/.4,615,000 por tonelada para fréjol y S/. 9,011,000 por tonelada para anís en el invierno 1996-97. Sin embargo, hay que mencionar que los costos de la producción para anís son más altos que para fréjol o maíz (Cuadro 27). Los valores brutos de la producción por unidad de superficie (regada y regable) son menores en el invierno que en el verano. Los valores de producción por unidad de agua suministrada en el invierno son mucho menor a los del verano porque hubo más riego.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Promedios de costos de producción para fréjol, maíz y anís, Acequias Garrapatal y El Tambo, 1997

Acequia	Fréjol S/. por tonelada	Maíz S/. por tonelada	Anís S/. por tonelada
Garrapatal	1,050,000	650,000	No hay
El Tambo	1,200,000	900,000	2,250,000

En la Figura 7 se presenta la relación entre los valores de DRA y los valores brutos de producción estandarizados para verano 1996. Aunque la muestra de las dos acequias con 12 zonas es demasiado pequeña para poder hacer un análisis estadístico confiable, los valores presentados en la figura sugieren que no hay ninguna relación entre la disponibilidad del agua y el valor de la producción ($R^2 = 0.05$). Este sugiere que los usuarios son muy capaces de adaptar sus patrones de cultivos al nivel de escasez de agua en sus zonas.

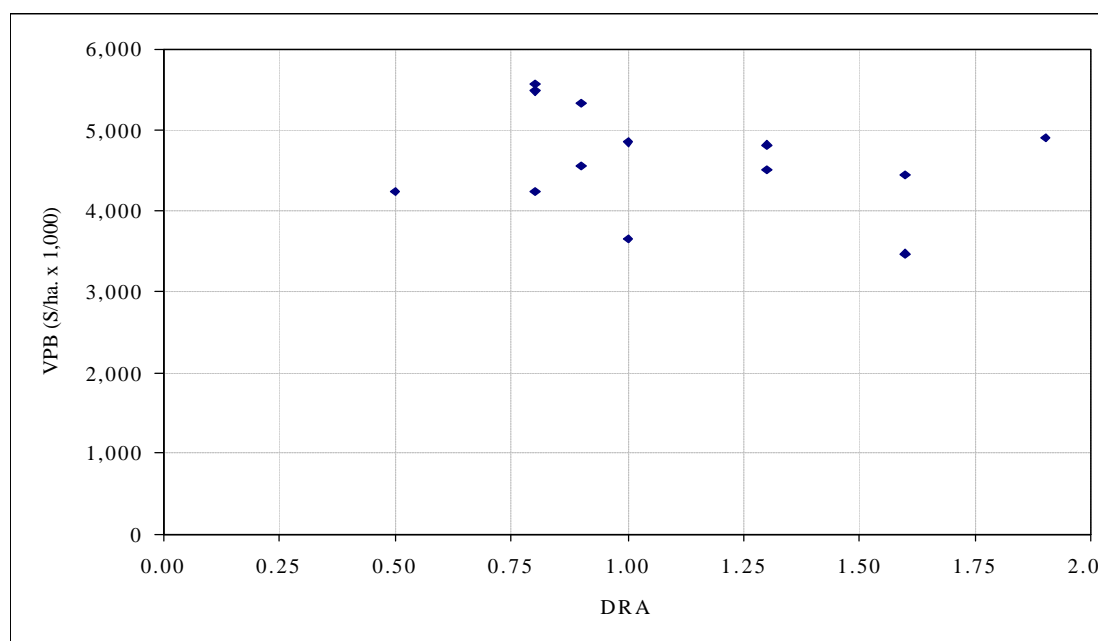
TARIFAS DE RIEGO

Acequia Garrapatal. Las tarifas de agua que cobra la junta general a todos los usuarios se destinan para el pago del aguatero general de la acequia, quién labora únicamente dos días a la semana controlando que el paso del agua en la acequia sea normal. Anualmente la junta paga un total de S/.1,440,000 de tarifa fija por concepto de aguatero. Este valor se divide proporcionalmente a los litros de agua que recibe cada zona y que es recaudado por cada subjunta. Para el mantenimiento de la acequia se realiza una limpia general anual en el mes de agosto. Cada subjunta esta encargada de organizar los trabajos correspondientes a su tramo, cobrando una cuota de S/.15,000 /ha a cada usuario o controlando que el usuario ponga un día de trabajo por hectárea regada. De igual forma todas y cada una de las subjuntas de usuarios están en la obligación de mantener su tramo de acequia en buenas condiciones durante el

Jorge Sotomayor, et. al.

resto del año.

Figura Error! Unknown switch argument.. La Relación entre la Disponibilidad del Agua Valor Bruto de la Producción Estandarizado, Acequias Garrapatal y El Tar verano 1996.



En el caso de que los daños en el canal sean demasiado grandes y por lo tanto costosos, previa verificación de la Directiva Central de la Acequia, todas la subjuntas están en la obligación de aportar con la mano de obra que se necesite o aportar con el equivalente en dinero correspondiente de acuerdo a los litros de agua que recibe cada zona. En el año 1996 hubo dos casos de cuotas extraordinarias relacionados con daños en la acequia. La subjunta de Grandeza Nacional invirtió S/. 713,000 para reparar el canal principal en el tramo La Cocha-Grandeza Nacional.

En abril de 1996 se destruyeron 15 metros del labio inferior del canal en el tramo Grandeza Nacional-Loma Seca.. Su reparación mediante la construcción de un muro de contención significó una inversión de S/. 3,000,000, monto que fue cubierto por todas las subjuntas mediante una cuota extraordinaria.

Como está mostrado en el Cuadro 28, el costo anual total por usuario es bajo: en promedio S/. 23,800 por hectárea por año, lo cual significa menos que 1% del valor bruto de la producción. Este sugiere que la tarifa de riego no es un gran obstáculo financiero para los usuarios. Sin embargo, la deuda total de las subjuntas para los conceptos de aguatero (tarifa fija), mantenimiento y cobros anteriores es S/. 3,386,000, o sea en promedio alrededor de S/14,700 por usuario o S/5,600 por hectárea (Cuadro 29). Esta significa que la deuda acumulada es el 23% de la recaudación planeada de un año completo.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. La tarifa de riego (S/. x 1,000) para la acequia Garrapatal, 1997 .

Zona	Aguatero		Mantenimiento		Reparaciones		Tarifa Total	
	por zona	por ha	por zona	por ha	por zona	por ha	por zona	ha/año
La Cocha	248	2	1,605	15	639	6	2,492	23
Grandeza Na.	124	2	930	15	320	5	1,374	22
San Francisco	100	2	705	15	259	6	1,064	23
San Joaquín	100	2	675	15	259	6	1,034	23
San Andrés	136	2	885	15	350	6	1,371	23
Loma Chical	83	4	300	15	213	11	596	30
Loma Seca	118	4	450	15	304	10	872	29
San Nicolás	271	2	1,785	15	700	6	2,756	23
Playa Rica	130	2	1,230	15	335	4	1,695	21
San Marcos	130	2	1,200	15	335	4	1,665	21
Totales	1,200		9,765		3,714		14,679	
Promedio		2.4		15		6.4		23.8

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Deudas de las subjuntas de la acequia Garrapatal hasta junio de 1997 .

	Aguatero (1997) (S/. x 1,000)	Mantenimiento (1997) (S/. x 1,000)	Anteriores (S/. x 1,000)	Total (S/. x 1,000)
La Cocha	252	no debe	no debe	252
Grandeza Nacional	126	297	no debe	423
San Francisco	102	225	120	447
San Joaquín	no debe	no debe	no debe	no debe
San Andrés	138	283	432	853
Loma Chical	no debe	96	236	332
Loma Seca	120	144	98	362
San Nicolás	70	no debe	no debe	70
Playa Rica - Uyamá	132	no debe	no debe	132
San Marcos	132	383	no debe	515
Totales	1,072	1,428	886	3,386

Acequia El Tambo. En el Cuadro 30 se presenta los conceptos de la tarifa que los usuarios en El Tambo deberían pagar a la junta. La tarifa aprobada por la junta de usuarios de la acequia es de S/. 500 por mes y por hectárea. El objetivo del cobro de la tarifa es cubrir los costos de operación de la acequia (pago al aguatero y secretario). Además se cobran S/. 30,000 por hectárea para cubrir los costos de mantenimiento anual. De presentarse daños considerables, la directiva cobra una cuota extraordinaria equivalente a dos jornales por hectárea (S/.30,000) regada para poder realizar los trabajos en la acequia.. En enero de 1997, la tarifa fija aumentó a S/.24,000 por hectárea.. Igual que en el caso de Garrapatal, el costo total de la tarifa por hectárea es menos que 1% del valor bruto de la producción.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. La tarifa de riego (S/ha) para la acequia El Tambo, 1996 and 1997

	Tarifa fija	Mantenimiento	Reparaciones	Tarifa Total
Hasta diciembre de 1996	6,000	30,000	30,000	66,000
Desde enero de 1997	24,000	30,000	30,000	84,000

Uno de los principales problemas para la adecuada administración de la acequia es la morosidad en el pago de las tarifas fijas y extraordinarias. En la mayoría de los casos no todos los usuarios pagan estas cuotas y la acequia se mantiene con el esfuerzo de unos pocos usuarios. Al momento del estudio, las cuentas de tesorería se encontraban actualizadas hasta diciembre de 1995. Un análisis realizado de lo ocurrido para el período junio a diciembre de 1995 demostró que hubo una cartera vencida por S/.10'455.000, la cual corresponde con aproximadamente 40% de la recaudación planeada anual. Algo similar ocurre con el pago de la cuota correspondiente a la quinta parte de los gastos de operación que deben cubrir cada una de las haciendas Tutapíz y San Francisco. Las mismas que hasta diciembre de 1995 deben S/. 4,218.000 y S/. 2,563,000 respectivamente (Cuadro 31).

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Deudas de los usuarios de la acequia El Tambo hasta diciembre de 1995.

	Tarifa fija (S/. x 1,000)	Mantenimiento (S/. x 1,000)	Anteriores (S/. x 1,000)	Total (S/. x 1,000)
San Francisco	no debe	1,456	1,107	2,563
Tutapíz	no debe	1,710	2,508	4,218
Torrealba, Portrero Grande y El Tambito	926	3,554	5,975	10,455
Total	926	6,720	9,590	17,236

IMPACTOS AMBIENTALES

En el Cuadro 32 se presenta los principales impactos ambientales identificados en la cuenca del río Mira y específicamente en los sistemas de riego. Este aspecto del estudio se efectuó a través de una consultoría (Rodríguez 1996) y se dan pautas generales.

Cuadro Error! Unknown switch argument.. Principales impactos ambientales en los sistemas de riego en la Cuenca del Río Mira.

I m p a c t o s	Sistemas de Riego					
	a	b	c	D	e	f
? Desestabilización morfofodinámica y degradación de suelos	3	2	1	2	3	2
? Insuficiencia relativa de agua	3	2	1	1	2	2
? Deterioro de la calidad del agua	2	3	1	3	2	2
? Incremento de problemas de salud	2	3	2	2	2	2
? Impactos sobre el sistema	3	3	1	2	2	2

Sistemas : **a:** El Tambo; **b:** Garrapatal; **c:** Montúfar; **d:** Salinas; **e:** Santiaguillo-Cuambo; **f:** San Vicente

Valoración del Impacto : **1:** Bajo; **2:** Medio; **3:** Alto.

Analizando el cuadro pueden hacerse las siguientes anotaciones.

? *Desestabilización morfofodinámica y degradación de suelos.* Este impacto es particularmente importante en las áreas aledañas, a las zonas planas o levemente onduladas, que tienen una pendiente mayor al 15%, cuyos procesos erosivos son acelerados, especialmente en terrenos desnudos y de granulometrías gruesas y, dentro de las zonas planas, las áreas regadas, que por efecto de las malas prácticas de aprovechamiento hidroagrícola, son susceptibles a procesos acelerados de erosión hídrica, laminar y en cárcavas. Este impacto se ha incrementado por la ampliación de la zona agrícola, hacia áreas de fuerte pendiente y alta inestabilidad morfofodinámica, por la utilización de riego por surcos, en áreas de ladera, que

favorecen el proceso erosivo y, la labranza en el sentido de la pendiente, que aunque no es generalizado, se presenta en ciertos sectores.

Es innegable que la utilización del riego por surcos está contribuyendo a un proceso de erosión muy acelerado y más aún en terrenos de fuerte declive dedicados a la explotación de cultivos de escarda; esta situación se agudiza con el advenimiento del invierno, en cuya época se precipita entre el 72 y el 79 %, (octubre-abril) de la lluvia anual; este fenómeno atmosférico es el causante de la presencia, en las partes altas de las laderas, de cárcavas, cuyos efectos erosivos afectan a los terrenos bajos, planos a levemente ondulados, destinados a la producción, situados al pie de las laderas

? *Deterioro de la calidad del agua de riego.* Un aspecto importante es la contaminación que tienen las aguas de riego, no por efecto de la operación del sistema, sino por la presencia de efluentes químicos por la utilización indiscriminada de pesticidas y el vertido de aguas servidas, de las poblaciones aledañas. El análisis realizado a las aguas de las acequias Garrapatal y El Tambo, determinan que no son aptas para el consumo humano, por la excesiva presencia de coliformes (2.400 y 1.500 NMP/ml, respectivamente) y muy alto contenido de mohos (40 y 15 UFC/ml, respectivamente). Sin embargo, no teniendo otras fuentes de aprovisionamiento de agua potable, son utilizadas las aguas que discurren en los sistemas de riego.

Se observa, a lo largo del canal principal, el uso que los usuarios, en este caso las mujeres, hacen del agua, para lavar la ropa, aseo personal y desechos sólidos, contribuyendo a generar problemas en la zona especialmente de orden sanitario como brotes de cólera y epidemias gastrointestinales.

La relación entre el uso de los recursos ambientales existentes y el mantenimiento de la productividad de los ecosistemas en una perspectiva futura, demuestra que las tareas de utilización de los recursos de agua y suelo por los beneficiarios, de los sistemas de riego en la cuenca del Mira no contribuyen ni se orientan a los objetivos mencionados. Entre otros, la utilización de cultivos de escarda, la generalización de riego por superficie (en terrenos muy arenosos y de pendiente pronunciada) y la limitada incorporación de materia orgánica (en suelos altamente permeables) con tasas de infiltración elevadas, está especialmente grave en las áreas bajas de la subcuenca .

CONCLUSIONES

- ? El estudio demostró que no es aconsejable hacer planes de distribución de riego (tanto a nivel acequia como a nivel de las zonas) basados en los volúmenes concesionados ya que los volúmenes reales fluctúan considerablemente. Por ejemplo, durante el periodo del estudio los caudales reales en la acequia Garrapatal siempre superaron a la concesión. En la acequia El Tambo sucedió exactamente lo contrario.
- ? Tanto el indicador DRA como el DRR demuestran que algunas zonas de riego no reciben suficiente agua para suplir los requerimientos de los cultivos. Como podría esperarse, los déficits en el verano son mayores que en el invierno. La acequia Garrapatal tiene relativamente mas agua que la acequia El Tambo. Hay una tendencia de mayor disponibilidad de agua en las zonas altas sobre las bajas.
- ? La pérdidas por conducción son relativamente altas en ambas acequias. Las pérdidas en diferentes tramos aparecen aumentar de la cabeza hacia la cola en ambas acequias. Esta situación podría aliviarse con un buen esfuerzo en el mantenimiento de tramos a especificar por parte de los usuarios.
- ? Un estudio del balance hídrico a nivel de la cuenca del Río Mira (que incluya la subcuenca del río Angel) debe realizarse a fin de obtener una mejor información sobre la disponibilidad de agua en la región, en general, y en particular en las subcuencas que alimentan las 11 acequias privadas del área de estudio. Solo así podrá llegarse al diseño de un plan integral de manejo de aguas en la zona.
- ? Los rendimientos económicos en las diferentes zonas de riego en ambas acequias son sorprendentemente mayores que la percepción que se tiene en la zona sobre la rentabilidad agrícola. Además, el estudio mostró que los usuarios en las zonas con escasez de agua relativamente altos, adaptaron sus patrones de cultivos para poder obtener valores brutos de la producción parecidos a aquellos que tienen mejor acceso al agua.
- ? Un estudio mas profundo sobre el valor económico del recurso agua a medida que se desciende del páramo contribuiría a explicar mejor los cambios en los patrones de cultivo que se observan en toda la zona y permitiría establecer mecanismos para distribuir mejor el agua en acorde con los requerimientos de los cultivos.
- ? El desarrollo institucional de las juntas de regantes necesita reforzarse. La poca

dependencia del riego para la producción de los cultivos, especialmente en las partes altas de las acequias, no han permitido consolidar las organizaciones de regantes. Prácticamente se ha dejado la responsabilidad de la gestión administrativa de los sistemas de riego a la Directiva, que poco puede hacer, sin la colaboración permanente de los beneficiarios.

- ? El régimen tarifario que se ha implantado en las dos acequias no es suficiente para solucionar los problemas existentes como rehabilitar la infraestructura y garantizar una adecuada y oportuna operación y mantenimiento del sistema. Aunque en costo de los servicios de riego (por concepto de los aguateros, el mantenimiento y las reparaciones) es muy bajo (menos que 1% del valor bruto de la producción), la tasa de recaudación de la tarifa es baja. Como consecuencia de ello, la morosidad en el pago de las tarifas es uno de los principales problemas en ambas acequias .
- ? Es necesario profundizar en los aspectos organizativos e institucionales de las asociaciones de regantes de las diferentes acequias a fin de entender mejor su funcionamiento en lo que se refiere propiamente al riego. De especial interés sería la problemática que enfrentan en lo referente a tarifas de agua, acción colectiva en el mantenimiento de las acequias y el papel y responsabilidades de los miembros.
- ? Las acequias Garrapatal y El Tambo tienen una infraestructura de riego incompleta. Por ello, es aconsejable la rehabilitación y complementación de la infraestructura de riego en las dos acequias. Para poder mejorar esta situación, una asistencia técnica y crediticia a los usuarios de las acequias es necesaria y debe ser permanente.
- ? El estudio presentó resultados muy diferentes en cuanto a la disponibilidad de las aguas aunque altas pérdidas en el sistema de conducción parece ser un problema común. Siguiendo la misma metodología empleada debe establecerse en forma rápida la situación en las otras acequias a fin de sentar prioridades en la rehabilitación de puntos críticos en la red de riego de las respectivas acequias.

BIBLIOGRAFIA

Alvarez, Claudia Elena. 1997. *Transferencia del Manejo de Riego en el Distrito Roldanillo - La Unión - Toro (RUT)*. Trabajo presentado en el Taller sobre Transferencia del Manejo del Riego, May 26-28, Samacá, Colombia.

Coello Hinojosa, Flavio. 1994. *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Angel*. Quito, Ecuador: MBS-INEFAN-IICA.

CONDESAN (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Eco-región Andina). 1995. *Proyecto Carchi, El Angel, Provincia del Carchi*. Documento de Trabajo. Quito, Ecuador.

CONDESAN (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Eco-región Andina). 1996. *Manejo Integrado de la Cuenca del Río El Angel, Perfil de Proyecto Carchi*. Documento de Trabajo. Quito, Ecuador.

Dayton-Johnson, Jeff. 1997. *Performance and institutional choice in locally-managed irrigation systems: evidence from Guanajuato, Mexico*. Paper presented at the 1997 meeting of the Latin American Studies Association, April 17-19, Guadalajara, Mexico.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1996. *CROPWAT: Programa de Ordenador para Planificar y Manejar el Riego. Estudio FAO Riego y Drenaje No. 46*. Roma, Italia.

GdE (Gobierno de la Republica del Ecuador). 1972. *Ley de Aguas*. Decreto Supremo 369, Registro Oficial 69. Quito, Ecuador.

GdE (Gobierno de la Republica del Ecuador). 1973. *Reglamento de la Ley de Aguas*. Decreto Supremo 40, Registro Oficial 233. Quito, Ecuador.

INERHI (Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos). 1979. *Planificación para el Desarrollo de la Región I*. Quito, Ecuador.

INMH (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 1974. *Balance Hídrico de las Localidades Ecuatorianas*. Quito, Ecuador.

Jorge Sotomayor, et. al.

INMH (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 1976. *El Clima , sus Aplicaciones y sus Características*. Quito, Ecuador

INMH (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 1997. *Registros Meteorológicos Mensuales*. Quito, Ecuador

Kloezen, Wim H. 1997. *Evaluación del impacto causado por la transferencia del manejo del riego en el Distrito de Riego Alto Rio Lerma en México*. Trabajo presentado en el Taller sobre Transferencia del Manejo del Riego, May 26-28, Samacá, Colombia.

Kloezen, Wim H., and C. Garces-Restrepo. 1997. *Assessing Performance with External Indicators: the case of the Upper Lerma River Irrigation District, Mexico. Research Report*. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

Levine, G. 1974. *Disponibilidad Relativa del Agua: una Variable Aclaratoria para Sistemas de Riego*. Informe 6: Problemas del Riego de los Países en Desarrollo. Ithaca, New York., EEUU: Universidad de Cornell [traducido del inglés].

MBS-INERHI. 1991. *Proyecto DRI, Espejo-Mira*. Estudio de Rehabilitación de Acequias. Quito, Ecuador.

Mora Peña, Luis Alberto. 1997. *Evaluación del Impacto de la Transferencia en el Distrito de Riego de Samacá*. Trabajo presentado en el Taller sobre Transferencia del Manejo del Riego, May 26-28, Samacá, Colombia.

Rodriquez, Rómulo. 1995. *Impactos Ambientales de Riego de Ladera en el Ecuador*. Informe de Consultoría. Quito, Ecuador: Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación.

Sotomayor V. Jorge y Carlos Garcés Restrepo. 1997. *Perfil de Riego de la Republica del Ecuador*. Quito: Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación.

Vermillion, Douglas L. and Carlos Garcés-Restrepo. 1996. *Results of management turnover in two irrigation districts in Colombia*. Research Report 4. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.