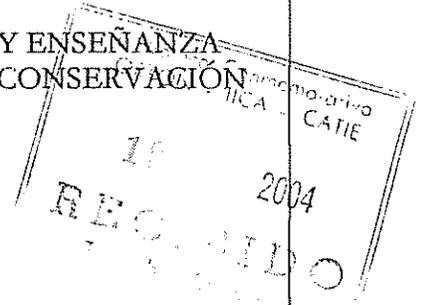


Efecto de los Incentivos Económicos y la Acción Colectiva sobre
el Uso del Agua de Irrigación en el Distrito de Riego Arenal
Tempisque, Costa Rica

RÓGER MADRIGAL BALLESTERO

14
2004

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS



Efecto de los incentivos económicos y la acción colectiva sobre el uso del agua de irrigación en el Distrito de Riego Arenal Tempisque, Costa Rica

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgraduados, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito para optar por el grado de:

Magister Scientiae

✓ Autor:
Róger Madrigal Ballesterero

Turrialba, Costa Rica
2003

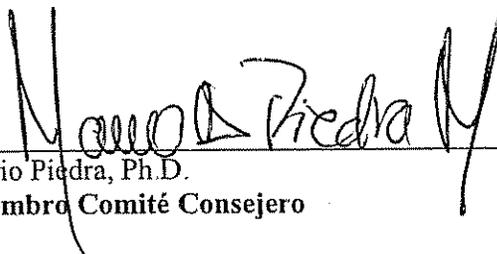
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

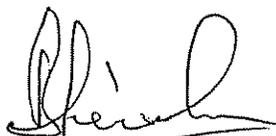
FIRMANTES:



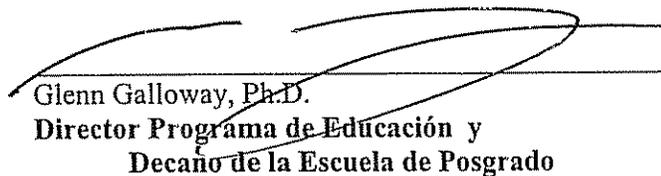
Francisco Alpizar, Ph.D.
Consejero Principal



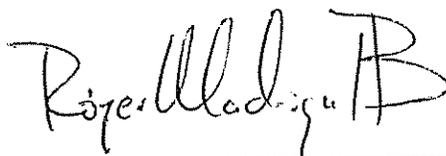
Mario Piedra, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Bommat Ramakrishna
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
**Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado**



Róger Madrigal Ballester
Candidato

Agradecimientos

Me siento muy agradecido con Francisco Alpizar, quien con su apoyo incondicional, conocimiento y amistad, permitió que este trabajo de tesis fuera una agradable y verdadera experiencia de aprendizaje.

Quiero reconocer a Mario Piedra sus aportes a lo largo de este trabajo y la paciencia por atender mis propuestas iniciales de trabajo. Asimismo le agradezco la oportunidad de realizar la tesis dentro del marco del Proyecto Cerbastán

Al señor Bommat Ramakrishna le debo su respaldo para realizar los contactos necesarios con instituciones y personas clave dentro del manejo del DRAT. Sus comentarios sobre mi trabajo elevaron la calidad del mismo.

Estos dos años de estudios no hubieran sido posibles sin el apoyo financiero de ASDI (Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo). Adicionalmente, debo agradecer el apoyo financiero del MICIT (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y el CONICIT (Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas), instituciones del gobierno costarricense que aportaron recursos para cubrir parte de mis gastos de manutención durante mis dos años de estadía en CATIE. Asimismo reconozco el valioso aporte logístico brindado por la Hacienda La Pacífica en Cañas.

La ayuda que brindó el personal de SENARA en Cañas fue determinante para este trabajo. Especialmente destaco el apoyo del señor Nelson Brizuela y la colaboración desinteresada del señor José María Alfaro, quien sin su apoyo no se hubiera podido alcanzar muchos de los objetivos de este estudio.

Todos los productores del DRAT que colaboraron en este trabajo así como los representantes de las instituciones entrevistadas merecen reconocimiento. Quiero destacar el aporte del señor Mario González, director del INA (Instituto Nacional de Aprendizaje) en La Soga, quien gracias a su colaboración se pudo realizar una actividad con un grupo de productores.

Agradezco la ayuda de mi familia y en especial de mi hermana, Isabel, quien siempre me auxilió en momentos de apremio.

Debo agradecer de forma especial la compañía, amistad y consejos que me ofreció María Luisa Ramos en estos dos años. Su visión del mundo y su firmeza de convicciones, siempre serán un ejemplo para mí.

Dedicatoria

A mis padres, María y Manuel (*q.e.d.g.*)

Efecto de los incentivos económicos y la acción colectiva sobre el uso del agua para irrigación en el Distrito de Riego Arenal Tempisque (DRAT), Costa Rica.

Autor: Róger Madrigal Ballesteros

Resumen

Palabras clave: *Eficiencia de retención del agua, productividad del uso del agua, tarifa por hectárea, tarifa volumétrica, tarifa mixta, acción colectiva, modelo de desarrollo y análisis institucional, confianza, reciprocidad, economía experimental, juego de provisión, juego de confianza, juego de ultimátum.*

Este trabajo busca dos objetivos generales: Primero, realizar un diagnóstico del uso actual del agua de riego en el DRAT y en segundo lugar, determinar el efecto que produce la tarifa de cobro actual y el marco institucional prevaleciente sobre los patrones de uso de agua de riego en el lugar.

En relación al primer objetivo, el estudio de eficiencia de retención demuestra que el 31% del agua aplicada al bloque de parcelas CL-3 de Bagatzí, se pierde en los drenajes, lo cual implica un mal uso del agua porque este volumen no se reutiliza por otros cultivos y podría arrastrar una cantidad importante de sedimentos y agroquímicos hacia las zonas vecinas de protección. Como complemento, se encontró que el arroz es la actividad que genera menos valor por metro cúbico de agua, a pesar que tiene la mayor participación en términos de área dentro del DRAT.

Con respecto al segundo objetivo, se demuestra cómo el sistema actual de tarifas provoca inequidad en el cobro entre cultivos. Como alternativa de cobro se presenta dos opciones: una tarifa mixta, compuesta por un componente fijo y uno volumétrico, y por otra parte, una tarifa diferenciada por cultivo.

Por otra parte, la aplicación del modelo de Desarrollo y Análisis Institucional en el Asentamiento Campesino de Bagatzí, para dos momentos en el tiempo, 1993 y 2003, demuestra cómo el marco institucional de cada momento incide sobre los patrones del uso del agua. En 1993, la escasez del agua, la relativa homogeneidad de la comunidad, las expectativas a futuro compartidas y la activa participación de la Sociedad de Usuarios, favorecía la acción colectiva de los usuarios en torno a las actividades relacionadas con el riego. Estos elementos favorecían el buen uso del agua debido a los bajos costos de monitorear las acciones de los usuarios. En 2003, el escenario es distinto, no existe la Sociedad de Usuarios, no hay cooperación entre los usuarios para usar el agua, la homogeneidad de productores y perspectivas a futuro es menor, y por último, el agua no es un factor limitante. En este escenario, el uso del agua es pobre ya que no existe elemento que motive la organización y además, el monitoreo es infectivo debido a que está centralizado, sin la participación activa de los usuarios de riego.

Finalmente, como complemento al análisis institucional, se utilizó tres ejercicios de economía experimental para estudiar el efecto de la confianza y la reciprocidad sobre los niveles de cooperación de un grupo de 20 de estudiantes de CATIE y en un grupo de 30 productores del DRAT. El grupo de productores mostró niveles de cooperación y confianza más bajos que los estudiantes. Se sugiere que la diferencia se debe a la mayor heterogeneidad del grupo de productores, la diferencia de aversión al riesgo y el menor número de espacios sociales de relación entre los productores. Estos resultados fortalecen la idea que la formación de organizaciones en el DRAT es un proceso largo y costoso y que recrear las condiciones del Asentamiento Bagatzí en 1993 no se puede lograr en el corto plazo.

Effect of economic incentives and collective action on utilization of irrigation water in Arenal Tempisque Irrigation District (DRAT), Costa Rica.
Author: Róger Madrigal Ballesterero.

Abstract

Key words: Water retention efficiency, water use productivity, non-volumetric pricing, volumetric pricing, mixed tariff, Institutional Analysis and Development framework, collective action, trust, reciprocity, experimental economics, provision game, trust game, ultimatum game.

The general objectives of the research were to conduct a diagnostic study of current utilization of irrigation water in the Arenal Tempisque Irrigation District (Distrito de Riego Arenal Tempisque - DRAT), and to determine the effect of present tariffs and institutional framework on water utilization patterns.

The diagnostic study conducted on water retention efficiency showed that 31% of water irrigating the CL-3 block of plots in Bagatzí was lost through drainage, thus implying a misuse of water resources since these are not re-utilized for other crops, and also because significant loads of sediments and agro-chemicals are likely to be leached to neighboring protection zones. It was also found that rice cultivation generates the least value per cubic meter of utilized water, despite being the crop covering the largest surface area within the DRAT.

It was found that the current system of water resource tariffs lead to inequities regarding the charges made for the different crops. Two options are presented as alternative tariff systems: 1) a mixed tariff comprised of fixed and volumetric components, and 2) a tariff per crop.

The effect of institutional frameworks on water utilization patterns was revealed by the application of the Institutional Analysis and Development framework in the study area in both 1993 and 2003. In 1993 it was found that the combined conditions of water scarcity, the relative homogeneity of the community demonstrating common prospects for the future, and the active participation of the local Society of Users favored collective action among users in relation to irrigation activities, as well as the rational use of water resources due to the low costs of monitoring the actions held by users. In 2003, however, these conditions differed in that the Society of Users no longer existed, there was no cooperation among users regarding water resource utilization, water was no longer a limiting factor, and producers were less homogenous as a group and demonstrated fewer prospects for the future. Under these conditions, water resource utilization was poor as there was little motivation for organization, and monitoring resulted to be ineffective since it is centralized and lacks users's active participation.

In order to complement the institutional analysis, three experimental economics exercises were conducted to study the effect of trust and reciprocity on cooperation levels. These were applied to a group of twenty CATIE students and a group of thirty DRAT producers. The group of producers demonstrated lower levels of trust and reciprocity than those of students. This is attributed to the greater heterogeneity, differences in risk aversion, and fewer possibilities to foment and maintain organizations within the group of producers. These results strengthen the concept that the formation of organizations in the DRAT is a long and costly process, and that the conditions experienced in 1993 cannot be recreated in the short term.

Tabla de contenidos

1.	<i>Introducción</i>	1
1.1.	Justificación del estudio	1
1.2.	Objetivos	1
1.3.	Hipótesis inicial	2
2.	<i>Materiales y métodos</i>	3
2.1.	Localización del estudio	3
2.2.	Recolección de información y metodología	9
3.	<i>Diagnóstico de la situación actual del DRAT</i>	19
3.1.	Producción y prioridades	19
3.1.1.	Actividades productivas	19
3.1.2.	Problemas presentes en el DRAT	21
3.2.	Administración del sistema de riego	26
3.2.1.	Marco legal	26
3.2.2.	Infraestructura	27
3.2.3.	Situación financiera	28
3.3.	Caracterización social y ambiental del DRAT	35
3.3.1.	El DRAT como proyecto de desarrollo rural integral	35
3.3.2.	Organizaciones sociales y acciones conjuntas	38
3.3.3.	Impacto ambiental	41
3.4.	Estudios previos de eficiencia del uso del agua en el DRAT	45
4.	<i>Uso del agua de riego en el DRAT</i>	49
4.1.	Oferta y demanda de agua de riego	51
4.2.	Estudio de eficiencia de retención en Bagatzi, abril-mayo 2003	55
4.3.	Productividad del uso del agua en el DRAT	60
5.	<i>Efecto de los incentivos económicos en el uso del agua de riego</i>	66
5.1.	Evaluación del sistema de tarifas de riego en el DRAT	69
5.2.	Diseño de un sistema óptimo de tarifas	73
5.2.1.	Tarifa mixta	76
5.2.2.	Tarifa diferenciada por cultivo	92
5.3.	Comparación de alternativas de tarifa	96
6.	<i>Efecto del marco institucional sobre el uso del agua</i>	100
6.1.	La gestión de los sistemas de riego en el mundo	100
6.2.	Modelos clásicos en el estudio de los recursos comunes	104
6.3.	Modelo de Desarrollo y Análisis Institucional (DAI)	108
6.3.1.	Las instituciones como reglas en uso	108
6.3.2.	Importancia de las instituciones como reglas de juego	110
6.3.3.	Estudio de caso en el Asentamiento Campesino de Bagatzi	111
6.3.3.1.	Escenario inicial del Asentamiento	113
6.3.3.2.	Escenario actual del Asentamiento	121
6.3.3.3.	Síntesis del caso de estudio	126

6.4.	Experimentos económicos y el DAI	128
6.4.1.	Juego de provisión	129
6.4.1.1.	Diseño del experimento	131
6.4.1.2.	Análisis de resultados	133
6.4.1.2.1.	Resultados del experimento en CATIE	133
6.4.1.2.2.	Resultados del experimento en La Soga	136
6.4.1.2.3.	Comparación de resultados en CATIE y La Soga	139
6.4.1.2.4.	Discusión del juego de provisión	142
6.4.2.	Juego de confianza	147
6.4.2.1.	Diseño del experimento	148
6.4.2.2.	Análisis de resultados	151
6.4.2.2.1	Resultados del experimento en CATIE	151
6.4.2.2.2	Resultados del experimento en La Soga	156
6.4.2.2.3	Comparación de resultados del experimento en CATIE y en La Soga	160
6.4.2.2.4	Discusión del juego de confianza	161
6.4.3.	Juego de ultimátum	166
6.4.3.1.	Diseño del experimento	167
6.4.3.2.	Análisis de resultados	168
6.4.3.2.1.	Resultados del experimento en CATIE	168
6.4.3.2.2.	Resultados del experimento en La Soga	169
6.4.3.2.3.	Comparación de resultados	169
6.4.3.2.4.	Discusión del juego de ultimátum	171
6.4.4.	Síntesis de los resultados experimentales	173
7.	<i>Conclusiones</i>	178
8.	<i>Recomendaciones</i>	181
9.	<i>Bibliografía</i>	186
10.	<i>Anexos</i>	192

Listado de cuadros

Número	Título	Página
Cuadro 1	Interrelaciones presentes en el área de influencia del proyecto ARCOSA	8
Cuadro 2	Estimación del valor de la producción en el DRAT, 2003	19
Cuadro 3	Problemas que enfrenta el DRAT y posibles soluciones	22
Cuadro 4	Estado de Resultados, DRAT (miles de colones corrientes)	30
Cuadro 5	Distribución del subsidio implícito según tamaño de finca	33
Cuadro 6	Índice de Desarrollo Social (IDS) para cantones, 1999.	36
Cuadro 7	Plan de Manejo Ambiental para el DRAT II	43
Cuadro 8	Análisis químico del agua en tres diferentes fuentes en el sector de Bagatzí.	45
Cuadro 9	Prácticas de manejo de agua en el DRAT	46
Cuadro 10	Demanda de caudales estimados para el año 2003, según cultivo	53
Cuadro 11	Estimación de eficiencia de retención, canal CL-3 de Bagatzí	56
Cuadro 12	Observaciones cualitativas por parcela, para cada día de medición en el período del 9 de abril al 7 de mayo de 20	59
Cuadro 13	Estimación de la productividad del uso del agua en el DRAT, 2003	62
Cuadro 14	Estimación de volúmenes de agua demandados por hectárea en el DRAT y estimación del pago por m ³ , según cultivo	71
Cuadro 15	Datos de área ocupada y volúmenes demandados de ARCOSA para cuatro cultivos seleccionados	80
Cuadro 16	Calculo del precio actual de respuesta en el DRAT	81
Cuadro 17	Cálculo del nuevo precio de respuesta para el DRAT	82
Cuadro 18	Cálculo de la tarifa volumétrica para el DRAT	83
Cuadro 19	Nueva tarifa por hectárea para el DRAT	83

Cuadro 20	Resumen de diferencias entre tarifa actual y propuesta	84
Cuadro 21	Efecto de la tarifa mixta sobre el gasto total de agua para diferentes tipos de productores.	86
Cuadro 22	Fases de implementación de la tarifa mixta en el DRAT	89
Cuadro 23	Resumen de las diferencias entre tarifa actual y una propuesta que brinda autonomía financiera y un ahorro del consumo del 15%	91
Cuadro 24	Tarifas recomendadas por cultivo	94
Cuadro 25	Impacto diferencial de la tarifa por cultivo	95
Cuadro 26	Comparación de tres tipos de tarifas	97
Cuadro 27	Comparación de los tipos de gestión formal del riego en el mundo	101
Cuadro 28	Número de individuos que tomaron la estrategia de <i>free-rider</i> puro durante las nueve rondas	135
Cuadro 29	Número de individuos que tomaron la estrategia de <i>free-rider</i> puro durante las nueve rondas	139
Cuadro 30	Resumen de estimaciones estadísticas para comparar promedios de contribución a la cuenta común	140
Cuadro 31	Pagos asociados al número de cartas rojas que entregan los jugadores	149
Cuadro 32	Frecuencia de parejas dentro de cada posible resultado, según número de cartas rojas que entregan, experimento en CATIE	152
Cuadro 33	Tipos de estrategia en cada ronda, experimento en CATIE	153
Cuadro 34	Efecto de los resultados de la ronda 1 sobre la decisión actual, experimento en CATIE	153
Cuadro 35	Efecto de los resultados de la ronda 2 sobre la decisión actual, experimento en CATIE	155
Cuadro 36	Frecuencia de parejas dentro de cada posible resultado, según número de cartas rojas que entregan, experimento en La Soga	157
Cuadro 37	Tipos de estrategia en cada ronda, experimento en La Soga	157
Cuadro 38	Efecto de los resultados de la ronda 1 sobre la decisión actual, experimento en La Soga	158
Cuadro 39	Efecto de los resultados de la ronda 2 sobre la decisión actual, experimento en La Soga	159

Listado de figuras

Número	Título	Página
Figura 1	Ubicación de la cuenca del Río Tempisque, Costa Rica	3
Figura 2	Diagrama del flujo del agua utilizada por el DRAT	6
Figura 3	Fuentes de ingreso de SENARA a nivel de todo el país, según balances de resultados	29
Figura 4	Evolución del déficit real de operación del DRAT, millones de colones del 2002	31
Figura 5	Evolución del gasto, ingreso y déficit real por hectárea en el DRAT, colones del 2002	31
Figura 6	Porcentaje del subsidio otorgado a cada sector productivo, colones del 2002	32
Figura 7	Tendencias de oferta y demanda de caudales para el DRAT, 2003	52
Figura 8	Participación en demanda estimada de caudales para el año 2003, uso consuntivo	54
Figura 9	Espiral del deterioro en el servicio de riego	103
Figura 10	Modelo DAI para la situación inicial del Asentamiento Bagatzí	112
Figura 11	Modelo DAI para el caso actual del Asentamiento Bagatzí	120
Figura 12	Tasa de contribución promedio grupal por ronda, experimento en CATIE	133
Figura 13	Tasa de individuos <i>free-riders</i> puros, experimento en CATIE	135
Figura 14	Tasa de contribución promedio grupal por ronda, experimento en La Soga	137
Figura 15	Tasa de individuos <i>free-riders</i> puros, experimento en La Soga	138
Figura 16	Comparación de tasas de contribución promedio	140
Figura 17	Comparación de tasas de individuos <i>free-riders</i> puros	141
Figura 18	Intercambio total de cartas rojas, experimento en CATIE	151
Figura 19	Intercambio total de cartas rojas, experimento en La Soga	156
Figura 20	Frecuencia de ofertas del jugador rojo, experimento en CATIE	168
Figura 21	Frecuencia de ofertas del jugador rojo, experimento en La Soga	169
Figura 22	Comparación de frecuencias de ofertas del jugador rojo	170
Figura 23	Escenario de acción colectiva	175

1. Introducción

1.1. Justificación del estudio

El agua constituye un insumo productivo fundamental en el campo agrícola. Su importancia es más evidente en aquellas regiones agrícolas con precipitaciones escasas o mal distribuidas espacial o temporalmente. Por estas razones los proyectos de riego agrícola se convierten en mecanismos que elevan significativamente la productividad de las tierras, reducen la dependencia a los ciclos climáticos naturales y por ende ayudan a aliviar los problemas de pobreza y equidad en muchas regiones.

El Distrito de Riego Arenal Tempisque (DRAT), ha servido para disminuir el impacto de las sequías y generar ingresos y empleo al Pacífico Norte de Costa Rica. No obstante, en términos generales el uso racional del recurso hídrico en el DRAT es bajo, debido a la falta de capacitación en la forma eficiente de utilizar el agua, el sistema de tarifa de cobro por hectárea y la ausencia de mecanismos de control, monitoreo y sanciones eficaces que procuren la buena utilización del agua.

Aunque la baja escala actual del proyecto hace que la oferta de agua supere las necesidades actuales de productores, esto no es justificación para detener un proceso de racionalización y valoración del recurso hídrico. El mal uso del agua tiene un impacto negativo sobre la sostenibilidad ambiental del sistema, perjudica el servicio actual de riego y las posibilidades de expansión futura del DRAT.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el impacto del esquema de tarifas actual y la influencia de marcos institucionales alternativos sobre los patrones de uso del agua riego en el DRAT.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Realizar un diagnóstico del sistema actual de riego en términos producción, impacto ambiental, nivel organizacional y administración actual del sistema.

2. Determinar el uso del agua de riego en el DRAT por medio de los conceptos de eficiencia de retención y productividad de uso del agua.
3. Evaluar el efecto de los incentivos económicos sobre el uso del agua en el DRAT y proponer un nuevo esquema de tarifas.
4. Utilizar el modelo de Desarrollo y Análisis Institucional para realizar un estudio de caso en el Asentamiento Campesino de Bagatzí. Este estudio comparará la situación organizacional del Asentamiento en los años de 1990 y 2003, con el propósito de determinar cómo los cambios institucionales han impactado sobre el nivel de eficiencia en la utilización del agua.
5. Realizar un ejercicio de economía experimental que permita identificar la influencia de la confianza, el comportamiento oportunista y la reciprocidad, sobre las decisiones de distintos grupos de participantes que se enfrentan a problemas donde el bienestar del grupo no coincide con el bienestar individual.

1.3. Hipótesis inicial

El mal uso del agua en el DRAT es resultado de una combinación de factores, donde se destaca la presencia de un sistema de tarifas inadecuado, la abundancia relativa del agua respecto a las necesidades de los productores, la escasa capacitación de los usuarios y un marco institucional que imposibilita monitorear y sancionar efectivamente a los productores que abusan del uso del recurso.

Estos problemas no se pueden corregir en el corto plazo, ni tampoco con una sola herramienta. Por ello es necesario promover una reforma integral que incluya como elementos principales, un cambio en el sistema de tarifas actual y un mayor control y sanciones efectivas para aquellos usuarios que abusan del uso del agua de riego.

contaminación provocada por la acción humana, una precipitación media de las más bajas en Costa Rica, el desarrollo de megaproyectos turísticos en zonas vecinas y la sobreexplotación del recurso hídrico (Barrantes y Vega 2002).

Dentro de la CRT se ubican 20 áreas silvestres protegidas bajo diferentes categorías de manejo y protección. La CRT tiene sus límites dentro de las áreas de conservación Guanacaste, Tempisque y Arenal. Asimismo el 19% del territorio total de la CRT está conformada por cuatro tipos diferentes de humedales, los cuales son fundamentales para la conservación de numerosas especies, el mantenimiento de la calidad del agua, la mitigación de desastres naturales, la retención de sedimentos, la recreación y el desarrollo de actividades económicas (Aguilar y González 1998). En 1991 el gobierno de Costa Rica ratificó con RAMSAR² un convenio internacional que incluye al Parque Nacional Palo Verde dentro de la “Convención sobre humedales de importancia internacional especialmente como hábitat para aves acuáticas” (Bravo y Windevoxhel 1997).

La disponibilidad de agua en la Cuenca Baja del Tempisque proviene de tres fuentes principales: el agua superficial del sistema de drenaje del río Tempisque y sus afluentes, el agua subterránea y el aporte del proyecto hidroeléctrico ARCOSA³ (IICA 1993). Sin embargo de acuerdo al balance hídrico de la CRT, la misma se encuentra actualmente sobreexplotada. El déficit aproximado anual es de 377.51 millones de metros cúbicos, lo cual implica que probablemente se están explotando las reservas disponibles y agotando los acuíferos (Barrantes y Vega 2002).

El problema anterior se complica porque no hay control de la utilización del recurso hídrico en la CRT, ya que el Departamento de Aguas del MINAE no cuenta con un inventario del total de aprovechamientos subterráneos, ni tampoco con datos que indiquen la cantidad de agua extraída de los pozos reportados (Barrantes y Vega 2002). Por otra parte, el Departamento de Aguas no está otorgando nuevas concesiones ni renovando las que se vencen. Adicionalmente, las concesiones autorizadas a las agroindustrias locales han colapsado prácticamente el caudal ecológico requerido por los humedales del Bajo Tempisque (Barrantes y Vega 2002).

Desde un punto de vista de manejo integrado de la cuenca, existe baja coordinación entre las instituciones y demás participantes locales, las consideraciones ambientales no han recibido la

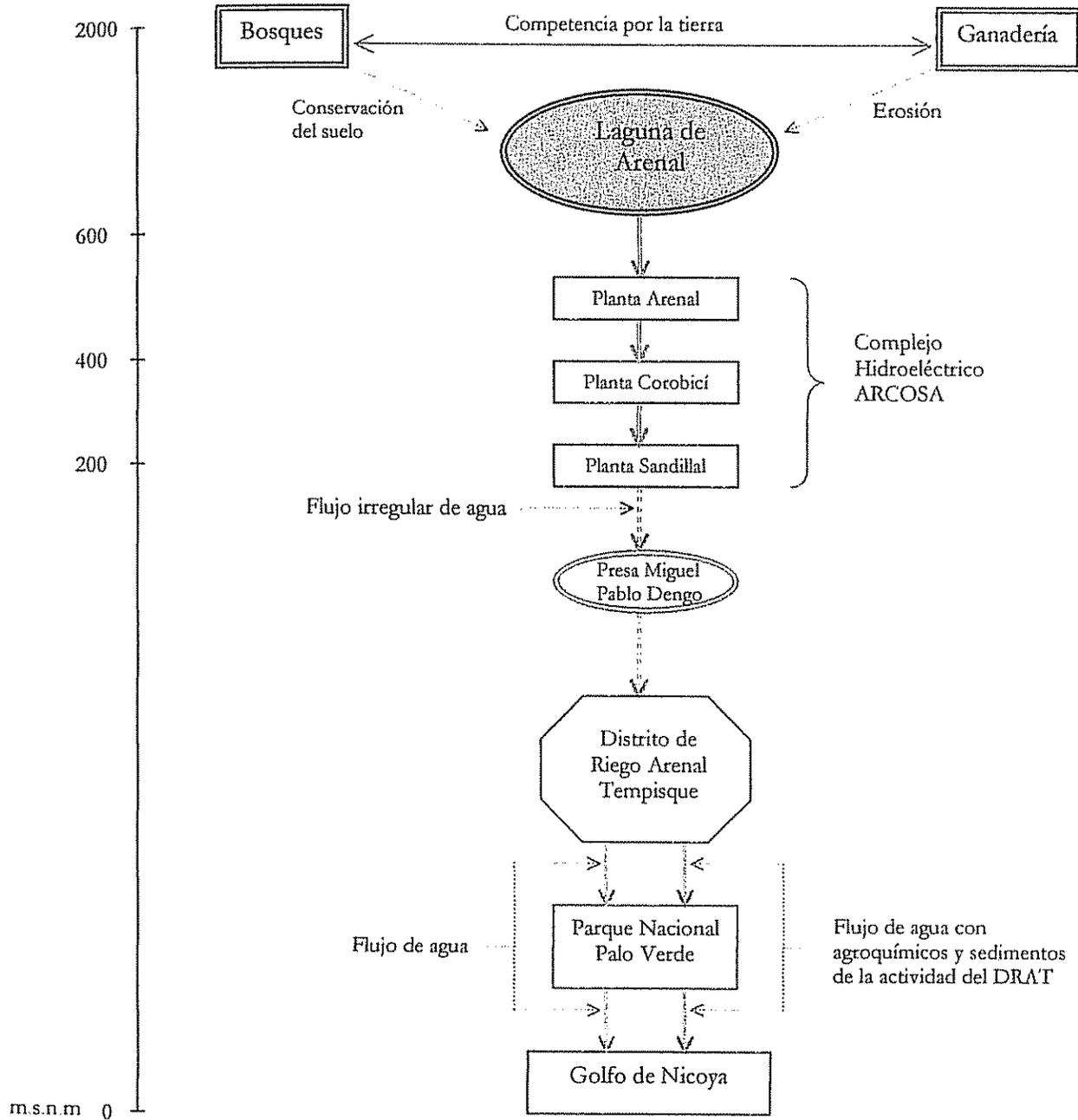
² Tratado Intergubernamental cuyo propósito es conservar y utilizar racionalmente los recursos de los humedales. En la actualidad cuenta con 136 Partes Contratantes. Tomado de <http://www.ramsar.org>

³ Deriva su nombre de las tres plantas generadoras que lo componen: Arenal, Corobici y Sandillal

adecuada atención y la valoración del recurso agua es inexistente. Debido a esta situación existe un divorcio entre las decisiones relacionadas con el uso de agua para generación de electricidad, la actividad de riego y las necesidades ambientales de los ecosistemas (Echeverría, J. 2001). Asimismo existe descoordinación entre el MINAE, AyA y SENARA para definir objetivos conjuntos de manejo del recurso hídrico, a pesar que la legislación procura la gestión adecuada en términos de protección y aprovechamiento del recurso hídrico (Contraloría General de la República 2002).

El DRAT se nutre de las aguas provenientes de la parte alta de la cuenca y drena sus aguas hacia las zonas ocupadas por el Parque Nacional Palo Verde y por el Golfo de Nicoya. En más detalle, la figura 2 ubica al Distrito de Riego Arenal dentro del contexto de la CRT.

Figura 2. Diagrama del flujo del agua utilizada por el DRAT



Fuente: Celis et al, 2001 y elaboración propia.

El agua utilizada en el Distrito de Riego proviene directamente del complejo hidroeléctrico ARCOSA, situado en la parte alta de la cuenca del Río Tempisque. El complejo ARCOSA incluye tres plantas generadoras, Arenal, Corobici y Sandillal, administradas por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Este sistema hidroeléctrico toma las aguas del Lago Arenal⁴, el cual se caracteriza porque las zonas aledañas de recarga poseen una fuerte competencia por la tierra entre las actividades ganaderas y de conservación.

Los excedentes de agua del DRAT se dirigen a dos lugares: el Parque Nacional Palo Verde y el Golfo de Nicoya. En ambos casos existe preocupación por los posibles daños ambientales que los flujos irregulares de agua cargados de agroquímicos y sedimentos pueden causar sobre la estacionalidad de los humedales y la pesca en el Golfo.

El cuadro 1 presenta un resumen del efecto de la interacción de los principales agentes de la cuenca del Río Tempisque que se relacionan con el sistema de riego del DRAT. Los impactos positivos de un agente sobre otro se identifican con (+) mientras que los negativos con (-). Así por ejemplo, la conservación de bosques en las partes altas de la cuenca tiene un impacto negativo sobre la ganadería porque disminuye el área disponible para esta actividad, pero a su vez, la conservación tiene un impacto favorable sobre la generación eléctrica que realiza el ICE ya que disminuye la erosión y la consecuente sedimentación que perjudica la operación normal de las plantas generadoras.

El cuadro 1 hace evidente un concepto fundamental en el manejo integrado de recursos hídricos en la Cuenca del Río Tempisque. Todas las actividades tienen un grado de dependencia, por lo que las soluciones que se plantean a los problemas de la cuenca necesariamente tienen que incluir a todos los participantes. Este principio de inclusividad, es la base para iniciar procesos de identificación de actores clave, planeamiento interactivo, fortalecimiento y creación de nuevas instituciones que conduzcan finalmente a un solución integral de administración sostenible de los recursos naturales (GWP 2002).

⁴ El nivel del Lago ha sido bastante estable en los últimos años, cubre un área de 87.8 Km² y almacena 2.416 millones de metros cúbicos, de los cuales 1.968 millones constituyen el embalse útil (ICE 2003)

	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales
	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales	Reservas forestales
Reservas forestales	Maximizar área con cobertura							
Ganadería doble proposito	Disminuye área disponible para ganadería (-)	Maximizar beneficios de ganadería						
ICE	Reduce la sedimentación en reservorios (+)	Incrementa sedimentación en reservorios *	Optimizar producción eléctrica **					
Producción de tilapia	No aplica	No aplica	Flujo irregular de agua (-)	Maximizar beneficios de venta de tilapia				
Producción agrícola	No aplica	Reduce cantidad de agua en años de sequía (-)	Flujo irregular de agua (-)	No aplica	Maximizar beneficios de venta de cultivos			Daño por aves (-)
Humedales	No aplica	Reduce cantidad de agua en años de sequía (-)	Flujo irregular de agua (-)	No aplica	Contaminación por agroquímicos y sedimentos (-)			Maximizar conservación
Pesca	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Contaminación por agroquímicos y sedimentos (-)			Reduce impacto de agroquímicos y sedimentos (+)
								Maximizar beneficios de la pesca

Fuente: Celis *et al* 2001 y Echeverría 2001.

* Según Aylward *et al* (1998), el efecto de la sedimentación sobre los reservorios es mínimo.

** A nivel global, la producción hidroeléctrica reduce efecto negativo de las emisiones de gases que se producirían con la generación a partir de combustibles fósiles.

2.2. Recolección de información y metodología

La metodología aplicada en este estudio es diversa y obedece a las necesidades de cada uno de los objetivos específicos planteados. Por esta razón, en este acápite se hace mención a diferentes fuentes de información y marcos metodológicos que sirven como insumos para alcanzar estos objetivos.

La información primaria que da sustento a este documento es la siguiente:

- Una encuesta semiestructurada⁵ que sirve de base para elaborar el diagnóstico de la situación del DRAT
- Un estudio de eficiencia de retención del agua en el bloque de parcelas CL-3 de Bagatzí, el cual es utilizado para conocer el estado actual de la eficiencia del uso del agua en la zona.
- La aplicación de ejercicios experimentales diseñados para evaluar confianza, reciprocidad y *free-riding* entre individuos. Los juegos fueron aplicados a un grupo de estudiantes de CATIE y un grupo de productores del DRAT.
- Aplicación de una encuesta a informantes claves para conocer la realidad y el pasado del uso del agua en Bagatzí. Esta información fue útil para realizar el estudio de caso en Bagatzí y evaluar el efecto de distintos marcos institucionales sobre el uso del agua en el DRAT.

A continuación se describe con más detalle cada uno de estos elementos y su relación con la metodología empleada. El propósito de la encuesta semiestructurada fue servir de soporte al diagnóstico general del DRAT, utilizando la opinión de los directores de las principales instituciones y centros de investigación que tienen influencia directa sobre el DRAT, así como la opinión de algunos productores de amplia trayectoria en este lugar. Por esta razón, las 14 personas⁶ que participaron en la encuesta fueron seleccionadas intencionalmente y entrevistadas de forma personal.

Los principales componentes de la encuesta se describen a continuación⁷:

- a) Situación general del DRAT: El objetivo de esta sección es tener un visión general del Distrito. Se utilizó una pregunta abierta para que los entrevistados identificaran en

⁵ La encuesta semiestructurada es una herramienta que no restringe al entrevistado a un esquema de preguntas cerrado ni a la secuencia de las mismas. Este formato permite mayor libertad para realizar la encuesta y abre la posibilidad de extraer más información relevante del entrevistado.

⁶ La lista de los mismos y la institución que representan se encuentra en el anexo

⁷ El original de la encuesta puede ser solicitado directamente al autor

orden de prioridad los principales problemas que aquejan al Distrito de Riego, señalando además posibles soluciones y los responsables de ejecutarlas. Adicionalmente, se utilizó el formato de pregunta abierta para obtener una opinión acerca del futuro del DRAT en términos de tenencia de la tierra, empleo, nivel de organización de los productores y la diversificación de cultivos, entre otros.

- b) Uso del agua en el DRAT: Esta sección evaluó la percepción de los entrevistados sobre el uso del agua en las parcelas. En el caso de que los entrevistados consideraron que este uso es inadecuado, se les pidió seleccionar de una lista los 3 factores más importantes que influyen sobre ese mal manejo.
- c) Opciones para mejorar el uso del agua: Este grupo de preguntas explora mecanismos que podrían ser utilizados para mejorar el uso del agua en el DRAT. Se enfatizó sobre la necesidad e inconvenientes de implementar un cobro volumétrico.
- d) Aspectos institucionales: El propósito de esta sección es observar el grado de interrelación y trabajo conjunto que existe entre varias instituciones con intereses directos en el DRAT. Asimismo, se buscaba identificar las principales restricciones que enfrentan estas instituciones para lograr mejoras en el uso del agua.
- e) Impactos ambientales: El objetivo primordial en este acápite fue determinar el grado de consenso entre los entrevistados acerca de los impactos ambientales asociados con el uso del agua de riego en el DRAT y las posibles soluciones de mitigación.

Los resultados de la encuesta no buscan representatividad estadística y las respuestas abiertas fueron clasificadas de acuerdo al criterio del autor. Con esta información, más los aportes de la información secundaria⁸ y la observación personal, se elaboró el diagnóstico, cuya estructura gira alrededor de cuatro grandes bloques: producción y prioridades en el DRAT; administración del sistema de riego; caracterización ambiental del DRAT y finalmente, estudios previos de eficiencia del uso del agua en el DRAT.

Por otra parte, el estudio de campo realizado en Bagatzi pretende servir de base para un diagnóstico rápido de la eficiencia de retención en el área. Este estudio se utiliza en el capítulo

⁸ La información secundaria fue recolectada en diversas instituciones públicas y ONG's: SENARA (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento), MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), ARESEP (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos), la OET (Organización para Estudios Tropicales), la Universidad Nacional y la Universidad de Costa Rica

de uso del agua en el DRAT y además sirve de apoyo para el estudio de caso donde se analiza el impacto de diferentes marcos institucionales sobre el uso del agua.

Las mediciones se tomaron en el bloque de parcelas CL-3 que corresponde al Asentamiento Agrícola de Bagatzi, ubicado dentro del subdistrito Cabuyo del DRAT. Los resultados obtenidos en el presente análisis de eficiencia serán comparados con un estudio similar hecho por Murillo y Pizarro (1993) en el mismo bloque CL-3.

El canal CL-3 está compuesto por 13 parcelas. Al momento del estudio, 12 de las parcelas se encontraban sembradas de arroz y una se preparaba para ser sembrada de caña. El área total sembrado en el bloque CL-3 al momento del estudio era de 117.3 ha y las parcelas tenían un tamaño promedio de 9.75 ha. La mayoría de parcelas del CL-3 se sembraron de arroz al principio del mes de febrero de 2003.

La eficiencia de retención (ER) se define como la relación entre el caudal retenido en los límites de la finca y el caudal suministrado a la parcela (Pizarro y Murillo 1993). La ER mide el porcentaje del total de agua aplicada que queda disponible en la parcela para la evapotranspiración e infiltración.

$$ER = \frac{\text{Caudal suministrado} - (\text{Drenaje} + \text{Pérdidas laterales})}{\text{Caudal suministrado}}$$

La eficiencia de retención aumenta cuando, dado un caudal de entrada, el drenaje y las pérdidas laterales disminuyen. La ER aumenta también cuando dado un caudal de drenaje y pérdidas laterales, incrementa el caudal de entrada.

La definición de ER utilizada en este trabajo es una modificación de la definición anterior ya que se calculó un único nivel de ER para todo el bloque de parcelas, es decir, solo se midió los caudales de entrada y salida del bloque. Esto se hizo debido a la dificultad de realizar una medición de ER para cada parcela, dada la limitación de tiempo, personal y estructuras de medición.

El inconveniente de medir la ER para todo el bloque es la sobreestimación de los resultados, debido a que parte del agua que ingresa al canal regador de CL-3 se pierde antes de llegar a la compuerta de las parcelas. No obstante, debido a que el canal regador está revestido, se espera

que estas pérdidas de distribución sean mínimas y que por lo tanto, la sobreestimación no sea demasiado grande.

Para medir la ER se utilizaron caudales como elementos de cuantificación, en intervalos instantáneos. En total se realizaron cinco mediciones durante el período de 9 de abril al 7 de mayo del 2003. Para medir el caudal de entrada al bloque CL-3 se calibró el aforador Parshall que se encuentra a la entrada del bloque de parcelas. La calibración se hizo con molinete, el cual fue utilizado también para medir el caudal de drenaje del bloque de parcelas.

Como complemento a las mediciones anteriores, se realizó una serie de observaciones cualitativas a nivel de parcela⁹. Las observaciones consistían en determinar cuáles parcelas se encontraban regando al momento de las mediciones, cuáles mantenían una lámina de agua y la cantidad de drenaje que se observaba en las mismas.

Adicionalmente al estudio de ER, se utilizó datos de SENARA de caudales y volúmenes estimados de consumo para diferentes cultivos para calcular indicadores y generar gráficos y tablas del uso del agua en el DRAT. Los parámetros de estimación de SENARA se encuentran en el anexo C de este documento. Datos de rendimientos por hectárea y precio de venta de algunos cultivos fueron recopilados para utilizarlos en el cálculo del valor de la productividad del uso del agua en el DRAT.

Por otra parte, los ejercicios experimentales aplicados de forma separada a un grupo de productores y a otro de estudiantes, se basan en la economía experimental, la cual es un área de la ciencia económica que utiliza situaciones controladas con individuos para probar la validez de distintas hipótesis de comportamiento. Con base en un conjunto de reglas establecidas por el investigador, los participantes en estos ejercicios reciben un pago en efectivo que depende de las decisiones que tomen durante la sesión. Las principales ventajas que ofrece la economía experimental a un científico social son la replicabilidad y el control (Davis y Holt 1993).

La replicabilidad se refiere a la posibilidad que otros investigadores reproduzcan el experimento y puedan verificar las conclusiones de forma independiente. El control se relaciona con la capacidad de manipular las condiciones de laboratorio para evaluar teorías alternativas.

⁹ Las observaciones fueron hechas por el autor de este documento y por el señor Wataru Harada del SENARA. Las observaciones son cualitativas por la dificultad de realizar mediciones cuantitativas a nivel de parcela.

La selección de un grupo de participantes en un ejercicio experimental y la simplicidad del entorno del experimento en relación a las situaciones reales, son dos de las críticas más frecuentes a la economía experimental (Davis y Holt 1993).

La utilización de estudiantes en sesiones experimentales es cuestionada frecuentemente porque ellos representan un segmento muy reducido de la población total con características muy especiales (Friedman y Sunder 1994). Sin embargo, aunque este argumento podría ser válido para algunos tipos de juegos particulares, en ningún caso cuestiona la validez del método experimental (Davis y Holt 1993).

La crítica relativa a la sencillez del ambiente experimental respecto a las situaciones reales, no difiere de las críticas usuales que se hacen a la realidad de las teorías. Lograr un realismo total es imposible, por más detallado que sea la elaboración de una teoría o sesión experimental, nunca se podrá lograr una réplica total de la realidad¹⁰. Por esta razón, una situación experimental de laboratorio debe ser juzgada por su impacto en el entendimiento de un fenómeno, no por fidelidad de sus supuestos con la realidad (Friedman y Sunder 1994).

La utilización de un pago en efectivo a los participantes se basa en la teoría del valor inducido y pretende inducir las siguientes características en los sujetos (Friedman y Sunder 1994):

- **Monotonicidad:** Los sujetos tienen que preferir un pago mayor a uno menor, sin llegar a saciarse. Esta característica es más probable que ocurra con una retribución monetaria efectiva que con un pago en especie (Davis y Holt 1993).
- **Prominencia:** Las retribuciones que recibe un participante deben estar en función de sus decisiones en el juego, por ello, un pago fijo por participar no es recomendable. Por supuesto, necesariamente los individuos deben entender claramente la forma en que sus acciones afectan su pago al final de la sesión.
- **Dominancia:** Los cambios en la utilidad del participante durante la sesión deben provenir de la retribución recibida por sus decisiones, manteniendo todo lo demás constante. Esta es la condición más difícil de lograr porque “todo lo demás” suele ser no observable. Para tratar de cumplir el supuesto de dominancia, el experimentador debe mantener los pagos de los individuos en secreto y en privado, ya que algunos participantes

¹⁰ La economía experimental hace un supuesto de paralelismo, el cual afirma que los resultados del laboratorio se pueden aplicar en la vida real. Esto es válido en el tanto las condiciones relevantes de la realidad sean capturadas por las reglas establecidas en el juego.

podrían cambiar sus decisiones si observan que otros ganan más o menos que ellos. Otro factor que puede controlar el experimentador es evitar que las hipótesis a verificar en el ejercicio las conozcan los participantes, ya que estos pueden sesgar sus decisiones para ayudar o perjudicar el trabajo del experimentador.

Los dos grupos de individuos que participaron en los experimentos diseñados para alcanzar los objetivos establecidos en este documento son los siguientes. El primer grupo consistió en 20¹¹ estudiantes de diversas maestrías del CATIE, los cuales asistieron voluntariamente a la sesión experimental¹². La nacionalidad de los estudiantes era diversa, aunque se limitaba a países latinoamericanos. La sesión se llevó a cabo dentro de las instalaciones del CATIE, durante una hora y 30 minutos aproximadamente.

El segundo grupo estaba conformado por productores que cultivan dentro de los límites del DRAT. La selección de este grupo fue gracias a la colaboración del Instituto Nacional de Aprendizaje¹³, ya que localizar a los productores del DRAT es una labor muy difícil porque no todos viven dentro del Distrito y muchos ni siquiera habitan en comunidades vecinas. Por esta razón, para reunir a los productores se aprovechó que el INA tiene un centro de capacitación agrícola donde productores de todo el DRAT asisten regularmente a tomar cursos en distintas áreas. Las autoridades del INA invitaron a participar en la sesión experimental a aquellos productores, que aunque tomaban cursos de capacitación distintos, asistían el mismo día a las instalaciones de esta institución, ubicadas en un sitio llamado La Soga. En este caso, la sesión experimental duró dos horas.

El grupo de productores estuvo formado por 30 agricultores¹⁴, con una edad promedio de 50 años y con niveles de escolaridad relativamente bajos, ya que la mayoría no superaba la educación primaria. Los cultivos que sembraban eran diversos, desde arroz y caña de azúcar, hasta frutales. La mayoría producía en parcelas de 10 o menos hectáreas.

Para ninguno de los grupos seleccionados se realizó un método estadístico de muestreo, debido a dos razones. Primero, aunque se pueda seleccionar una muestra aleatoria, es difícil reunir a los seleccionados en un mismo día a la misma hora. Segundo, en el caso de los

¹¹ Para el primer juego solo participaron 18 estudiantes, mientras que en los otros dos juegos participaron 20 estudiantes. La razón de esa diferencia se debe a que dos estudiantes llegaron tarde y no se les permitió participar en el primer juego.

¹² Se colocaron anuncios en distintos lugares del campus donde se ofrecía ganar entre 4\$ y 14\$ de acuerdo a las decisiones tomadas en la sesión experimental. Se restringió el cupo a los primeros 26 estudiantes que se anotaron en una lista.

¹³ Institución del gobierno costarricense encargada de la capacitación técnica de la mano de obra en distintas áreas.

¹⁴ En el primer juego participaron 25 productores, mientras que en los dos juegos participaron 30. El incremento en el número de participantes ocurrió porque 5 productores llegaron tarde y no se pudieron incluir en el primer juego.

productores no se contaba con un marco muestral fidedigno a partir del cual tomar una muestra.

No obstante, existe la posibilidad de que esta forma de seleccionar a los participantes introduzca algún sesgo, ya que los estudiantes o productores que asistieron a las sesiones podrían ser no representativos de la población donde provienen. Es probable que los participantes se presentaron el día indicado por la recompensa monetaria ofrecida, más que por otras razones. Friedman y Sunder (1994) argumentan que una situación de selección como esta y cuando uno de los objetivos fundamentales de la sesión es identificar el efecto del altruismo sobre las decisiones de los participantes, es probable que los resultados pudieran estar sesgados por un grupo cuyo interés es esencialmente pecuniario.

Por otra parte, no existe consenso acerca de un número mínimo de participantes necesario para lograr validez en las sesiones experimentales, aunque por supuesto, entre más grande sea el grupo de individuos mayor será la solidez estadística de la sesión experimental¹⁵. Ostrom *et al.* (1994) utilizan 8 participantes para sus sesiones experimentales relacionadas con individuos que resuelven dilemas sociales. Estos autores reconocen que en la vida real de un recurso común pueden haber más de 8 participantes, sin embargo, este número es suficiente para capturar la complejidad de las estrategias que desarrollan los individuos

Los grupos seleccionados fueron sometidos sesiones experimentales similares, conformadas por tres juegos o ejercicios experimentales independientes. El primer ejercicio era un juego de provisión, el cual pretendía observar las decisiones de los individuos en relación con un objetivo común. El segundo ejercicio se trataba de un juego de confianza, el cual tenía la estructura del dilema del prisionero y buscaba identificar niveles de cooperación y confianza entre los individuos. Por último, el tercer ejercicio era un juego de ultimátum cuyo objetivo fundamental era observar la preferencia de los individuos por resultados equitativos.

Al inicio de cada juego los participantes recibían las instrucciones correspondientes y un ejemplo resuelto del juego. Debido a las diferencias educativas de ambos grupos, se hizo una diferencia en la forma de presentar las instrucciones. En el caso de los estudiantes, cada participante recibía las instrucciones escritas con el ejemplo y la hoja de anotación de sus

¹⁵ La restricción técnica de manejar grupos grandes es importante, no obstante, gracias al desarrollo de equipo de computación, cada día es más fácil trabajar con grupos más grandes.

decisiones¹⁶. El organizador leía en voz alta las instrucciones y explicaba el ejemplo, el cual también se presentaba en la pizarra del aula. Luego de esto, se atendía dudas en voz alta y posteriormente se iniciaba el juego. Para el caso de los productores, no se les entregó las instrucciones por escrito sino que se optó por explicarles los juegos de manera más directa, con la ayuda de los ejemplos. Incluso, durante el primer juego se hizo una primera ronda de prueba, con el propósito que los productores entendieran bien las instrucciones del ejercicio.

El efecto de la diferencia en la presentación de las instrucciones sobre las decisiones de los jugadores de cada grupo es desconocido. No obstante, el organizador tuvo el cuidado de no sugerir estrategias o mostrar predilección por algún resultado particular.

Por otra parte, para realizar el estudio de caso en el Asentamiento Campesino de Bagatzí, se utilizó como insumos el estudio de eficiencia de retención descrito anteriormente, un estudio de eficiencia similar realizado por Roberto Murillo y Humberto Pizarro en Bagatzí en el año 1993 y una encuesta semiestructurada aplicada a cuatro informantes clave¹⁷.

Esta encuesta semiestructurada se dividió en dos bloques principales de preguntas. El primer bloque enfatizaba sobre las características de la población de Bagatzí en 1993 y en el momento actual. Se hacía énfasis en el origen de los agricultores, sus características principales y las actividades conjuntas que desarrollan en ambos momentos. El segundo bloque de preguntas enfatizaba en la organización alrededor de las actividades de riego y el papel de SENARA en este proceso.

Estos insumos disponibles para el estudio de caso, fueron utilizados dentro del marco metodológico del modelo de Análisis y Desarrollo Institucional¹⁸. La unidad conceptual básica del DAI es la *arena de acción*, la cual está constituida por el grupo de *actores* y el espacio social donde estos se desenvuelven, el cual se conoce como la *situación de la acción*¹⁹. Los componentes de la arena de acción están influidos por una combinación de atributos físicos del entorno, la cultura de la comunidad de usuarios y las reglas que regulan la vida dentro del recurso común.

¹⁶ Todo este material se encuentra en el anexo.

¹⁷ Se entrevistó a los señores Roberto Murillo y Gustavo Ajún del SENARA y a Javier Castro y Luis Sandoval, productores en Bagatzí desde hace más de 15 años.

¹⁸ Para una descripción más detallada léase el capítulo 2 de *Rules, Games and Common-Pool Resources* de Ostrom *et al* (1993)

¹⁹ Existen muchas situaciones de acción y la diferenciación empírica entre ellas es difícil. No obstante, la separación de las múltiples situaciones es necesaria para propósitos de análisis. Una situación de la acción está compuesta por participantes, posiciones que ocupan estos, acciones, posibles resultados, relación entre acciones y resultados, información, y costos y beneficios asignados a cada acción y resultado.

La configuración de la arena de acción produce una serie de interacciones particulares, las cuales dan lugar a distintos resultados en relación al uso y la provisión del recurso común.

Los factores que condicionan la arena de acción son fundamentales en el análisis DAI porque generan los incentivos para que los individuos actúen en la búsqueda de soluciones para los problemas de apropiación y provisión de un recurso común. A continuación se describe cada uno de estos elementos:

1. Atributos físicos del entorno: La importancia de las características físicas del entorno varía de acuerdo a la situación. Un cambio en estos atributos puede provocar variaciones significativas en los resultados, aún cuando las reglas de juego se mantengan iguales. Así por ejemplo, en el juego de ajedrez, el cambio de tamaño en las fichas no cambia la esencia del juego, sin embargo, en el fútbol, el cambio en el balón de juego, sí representa un cambio fundamental sobre las estrategias que deben seguir los individuos.

2. Atributos de la comunidad: Esto incluye normas aceptadas de comportamiento social, el entendimiento común acerca de la arena de acción, los horizontes temporales de decisión, la homogeneidad de preferencias y la distribución de recursos. Las normas de comportamiento que promueven la confianza entre los individuos en diferentes escenarios comunes y recurrentes, sirven de base para la creación de capital social que puede ser utilizado para lograr soluciones cooperativas sobre el uso de un recurso común.

En el capítulo de análisis institucional de este documento, se utilizarán dos experimentos económicos para estudiar la importancia de la reciprocidad, la confianza y el altruismo sobre las decisiones de los individuos.

3. Reglas efectivas: Se refiere a las instituciones como reglas de juego efectivas, las cuales regulan el comportamiento de los individuos. La caracterización de las reglas en uso es importante para predecir las posibilidades de desarrollar o implementar un cambio en el uso de un recurso común. El análisis DAI permite determinar si existen las condiciones necesarias para que los propios usuarios del recurso sean quienes cambien sus propias reglas o si es necesaria la participación de un agente externo (gobierno, ONG) que motive y controle el cambio.

Para evaluar los resultados de un marco institucional particular el analista puede utilizar, de acuerdo a su criterio, una amplia variedad de herramientas (Ostrom *et al.* 1994). En el presente estudio se utilizan los criterios de equidad, monitoreo y sanciones. Estos criterios son parte de los 8 principios básicos que según Ostrom (1992), caracterizan a las instituciones que han manejado recursos comunes con éxito por muchos años²⁰.

²⁰ Ostrom analiza instituciones que funcionan actualmente en sistemas de riego en España y Filipinas, así como bosques y pastizales de uso común en Japón y Suiza. El origen de estas instituciones data desde los 100 hasta los mil años atrás

3. Diagnóstico de la situación actual del DRAT

3.1. Producción y prioridades

3.1.1. Actividades productivas

El DRAT posee en la actualidad 27,281 hectáreas²¹ de cultivos entre los que destaca la participación del arroz (47%), caña de azúcar (40%) y otros cultivos (13%), principalmente pastos, melón y piscicultura (SENARA 2003). En el cuadro 2 se presenta una estimación del valor total de la producción agrícola y piscícola que desarrolla en el DRAT en el año 2003²².

Cuadro 2. Estimación del valor de la producción agrícola DRAT 2003					
Cultivo	Área (hectáreas)	Rendimiento por hectárea	Precio en colones por unidad de medida del rendimiento	# de cosechas al año	Valor de la producción anual
Arroz	13,375 47%	5 toneladas	¢ 98,370	2	¢ 13,156,987,500 20%
Caña de azúcar	11,255 40%	90 toneladas caña	¢ 9,000	1	¢ 9,116,550,000 14%
Pastos	1,211 4%	5.25 toneladas secas	¢ 40,000	4	¢ 1,107,240,000 2%
Tilapia	278 1%	50.36 toneladas	¢ 2,996,760	Continua	¢ 41,954,640,000 64%
Sandía	56 < 1%	15 toneladas	¢ 100,000	2	¢ 168,000,000 < 1%
Valor total de producción, colones					¢ 65,503,417,500
Valor total de producción, dólares (tipo de cambio: 400 ¢/\$)					\$ 163,758,544

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria

Nota 1: Los productos que se dejaron fuera de la estimación representan el 7% del total de área regada en el primer ciclo del 2003. No se incluyó estos productos en la estimación debido a la escasez de datos de los mismos.

²¹ Los planes iniciales contemplaban cubrir cerca de 60 mil hectáreas (ARESEP 2002).

²² La información necesaria para realizar la estimación fue tomada del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Consejo Nacional de la Producción (CNP), Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER), Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA), Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ), Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos (CENADA) y el SENARA. Esta misma información sirve en el siguiente capítulo para estimar la productividad del uso del agua en el DRAT. En el anexo D se encuentran detalles de la estimación del valor de la producción en el DRAT y de la productividad del uso del agua.

Se estima que en el año 2003 el DRAT producirá 65 mil millones de colones. Es necesario destacar que la producción de tilapia contribuye con un 64% de ese total, a pesar que solo mantiene ocupado el 1% del área regada actualmente dentro del DRAT. Otros cultivos como el arroz, el cual ocupa casi la mitad del área del DRAT, aporta el 20% del valor total generado en el 2003.

La producción de tilapia se ha desarrollado rápidamente en los últimos años. En la actualidad el DRAT mantiene cerca de 288.75 ha bajo piscicultura, con una producción total de 14,000 toneladas y la generación de 800 empleos directos y unos 1000 indirectos (SENARA 2003). En la actualidad se encuentra en trámite el empadronamiento de más hectáreas dentro del DRAT (SENARA 2003) y se espera que la actividad siga creciendo en el futuro cercano dado que las expectativas del mercado son favorables (Barquero 2003).

La industria está en manos de cuatro empresas, siendo Aqua Corporación Internacional (ACI) la de mayor relevancia en el DRAT al poseer 222 ha (SENARA 2003) y ser considerada la principal exportadora mundial de tilapia (Estado de la Nación 1999). Estados Unidos compra alrededor del 90 por ciento de toda la cosecha, un 3 por ciento se envía a mercados europeos y el otro 7 por ciento se destina al consumo nacional (Barquero 2003).

Por otra parte, a nivel nacional, se estima que el área de caña sembrada en el DRAT representa el 48% del total de caña sembrada en el país. Asimismo el área de arroz sembrada en el DRAT representa el 42% del total de arroz cultivado en el país, lo cual permite satisfacer las necesidades de cerca del 30% del consumo nacional²³.

La alta participación que tiene el arroz dentro del DRAT (47%) se explica en parte desde el punto de vista fisiológico, ya que el arroz es un cultivo que soporta condiciones de exceso de agua y baja aireación. Los suelos vertisoles²⁴ que se encuentran en el DRAT, tienen características físicas que favorecen la retención de humedad y por lo tanto, los hace propicios para el desarrollo del cultivo de arroz, el cual necesita para su crecimiento condiciones de saturación en aproximadamente el 70% de su período vegetativo (Pizarro y Sepúlveda 1998). Estos elementos, aunados a una sobreoferta de agua a precios bajos e independientes de la cantidad de agua consumida, la fijación estatal²⁵ de todos los precios pagados por el grano en la

²³ Datos elaborados a partir de información de la Oficina del Arroz y SENARA.

²⁴ Este tipo de suelos ocupan el 47.5% de los suelos del DRAT y el 39% de los suelos de la CRT (OET 2002).

²⁵ Esta labor le corresponde al Ministerio de Economía Industria y Comercio (MEIC).

cadena de comercialización y la protección arancelaria al sector han generado un ambiente muy favorable para el desarrollo de este cultivo en el DRAT.

Por otro lado, los ingenios que se encuentran en el DRAT²⁶ se caracterizan por un alto desarrollo tecnológico que les permite la producción de varios tipos de azúcar, alcohol, energía de biomasa y mieles (Estado de la Nación 1999). Tanto el arroz como la caña generan empleo temporal y relativamente intensivo en las épocas de siembra y cosecha. Sin embargo, el impacto sobre el empleo regional es bajo sobre todo porque la caña utiliza mano de obra migrante de baja calificación (Estado de la Nación 1999).

Finalmente, una alternativa que tiene buena expectativa de desarrollo en el DRAT es la producción de pastos de corte, gracias a que la misma ha tenido un proceso importante de investigación de producción y mercado. En la actualidad se producen pacas para heno de especies como el transvala (*Digitaria decumbens*), alfalfa (*Medicago sativa*), maní forrajero (*Arachis pintoi*) y clitoria (*Clitoria ternatea*) (OET et al. 2002). El pasto de calidad producido no solo sirve para alimentar el ganado en época de sequía sino que también proporciona un alimento de alto contenido proteico para el ganado de carne y el de producción de leche (OET et al. 2002).

3.1.2. Problemas presentes en el DRAT

La construcción del DRAT ha permitido reciclar las aguas utilizadas en la producción hidroeléctrica y con ello mitigar los efectos de la severidad del clima en la zona guanacasteca. Estos elementos se han traducido en beneficios considerables en términos de producción agrícola, disminución del riesgo climático, incremento en el valor de la tierra, empleo, generación de divisas y desarrollo de una incipiente cultura de riego.

A pesar de los anterior, los problemas que enfrenta el DRAT en la actualidad son diversos y complejos, e impiden potenciar los logros alcanzados hasta el momento. La encuesta semiestructurada que se describió en la sección de materiales y métodos, se utilizó con el propósito de aislar los problemas más importantes que frenan la consolidación del DRAT como una herramienta dinámica y eficiente para solucionar los problemas de pobreza en la zona. La experiencia de los entrevistados se consideró fundamental en este proceso de identificación por lo que se decidió preguntarles de forma abierta su percepción acerca de las dificultades actuales que enfrenta el DRAT. Los resultados se presentan en el cuadro 3.

²⁶ Los ingenios son CATSA, El Viejo y Taboga.

Categoría: Problemas ambientales del DRAT			Institución: SENARA		
Problema general		Problemas específicos		Soluciones	
Prioridad I	Mal uso del agua de riego	Desperdicio del agua. Falta conciencia acerca del uso racional por parte de productores y funcionarios		Tarifa volumétrica, organizaciones de usuarios, automatización de caudales, capacitación, riego por turnos, cobrar agua como insumo, valoración ambiental del recurso agua	
		Tarifa por ha. provoca desperdicio y es injusta con cultivos de baja demanda		Tarifa volumétrica, tarifa diferenciada por cultivo	
		El agua no está disponible en el momento que lo requiere el productor		Los canaleros deben trabajar fines de semana, mayor compromiso de funcionarios de SENARA	
Prioridad II	Impactos ambientales de la agricultura de riego	Falta conciencia ambiental acerca de los impactos por agroquímicos y el desgaste de suelos por fangueo		No sembrar en Tamarindo, mayor control institucional y de los mismos productores, promover alternativas de producción orgánica, MIP, coordinación interinstitucional	
		La personas que alquilan parcelas no se preocupan por conservar suelo y agua		Mayor fiscalización por parte de canaleros e ingenieros de SENARA, control agrario	
	Problemas productivos y de comercialización	Falta rotación de cultivos y diversificación		Alternativas de producción con mercado asegurado, investigación sobre posibilidades para suelos vertisoles	
		Falta de investigación en relaciones agua-planta-suelo-atmósfera y la capacitación asociada		Apoyo de instituciones estatales	
		Problemas de malezas en el arroz		Nuevas variedades, investigación en alternativas de control de bajo costo	
		Semillas de baja calidad		Control de instituciones gubernamentales	
	Pobre manejo integral del DRAT y bajo nivel de organización	Falta de organización de parceleros en producción agrícola y administración del riego		Capacitación, apoyar con crédito a organizaciones, descentralizar funciones del SENARA	
		Falta dirección integral para el DRAT. Escaso apoyo estatal		Establecer política integral hacia el agro, modelo de desarrollo regional, participación de productores	
Falta de recursos económicos para atender necesidades del DRAT		Apoyo del gobierno central, gestión política para atraer recursos			
Competencia del uso del agua entre SENARA y el ICE		Planificación integral de la cuenca, coordinación entre instituciones			
Prioridad III	Distribución de la tierra	Productores ausentes en las parcelas y asentamientos		Mejorar servicios básicos en los asentamientos	
		Concentración de la tierra		Control agrario, mejor selección de parceleros	

Fuente: Elaboración propia

Las respuestas dadas en las entrevistas fueron clasificadas en cinco grandes grupos de problemas²⁷: mal uso del agua, impactos ambientales de la agricultura de riego, problemas productivos y de comercialización, manejo integral del DRAT y nivel de organización y por último, problemas de distribución de la tierra. Debido a la ausencia de indicadores cuantitativos, estos grupos principales fueron clasificados en tres ordenes de prioridad, según la frecuencia con que los entrevistados hacía referencia a ellos. La prioridades están ordenadas de mayor importancia (I) a menor importancia (III).

En orden de prioridad I, el problema más citado por los encuestados es el desperdicio y uso inadecuado del agua de riego, motivado por la falta de conciencia acerca de la escasez del recurso y del consecuente uso racional que se debe hacer. Dentro de las soluciones propuestas a este problema, los entrevistados hacen énfasis en la necesidad de establecer equipo de medición de caudales de entrada a las parcelas que permita el cobro volumétrico. En este sentido, existe un descontento general por el método de cobro actual, ya que el mismo no genera incentivos para ahorrar agua o emplearla de forma más eficiente, con el agravante de que aquellos cultivos que consumen menos agua por hectárea, terminan pagando lo mismo que aquellos cultivos intensivos en el uso del agua. Los entrevistados también enfatizaron la necesidad de capacitar a productores y funcionarios en el uso y valoración del recurso hídrico.

Aunque el problema de la mala utilización del recurso hídrico es reconocido por los representantes de las instituciones del DRAT, el trabajo que hace cada institución para solucionar el problema es poco y aislado. No obstante, hay que resaltar los esfuerzos de SENARA por actualizar los cálculos de demandas y realizar talleres con productores y técnicos, con la colaboración del INA (Instituto Nacional de Aprendizaje) y la OET (Organización para Estudios Tropicales). Adicionalmente, el INA realiza experimentos con cultivos en invernadero, los cuales utilizan tecnologías eficientes de riego. Asimismo el CURTDS (Colegio Universitario para el Riego y el Desarrollo del Trópico Seco) está estimando las demandas reales de agua de diferentes cultivos e investiga la producción de cultivos no tradicionales. La transferencia y diseminación de este tipo de iniciativas, apoyadas por adecuados canales de comercialización, es vital para afrontar los retos futuros de producción y escasez de agua en el DRAT.

²⁷ La clasificación de un problema específico en un grupo de problemas generales, no excluye su inclusión en otra categoría, puesto que los problemas son complejos e interrelacionados.

Las posibilidades de las instituciones entrevistadas para lograr una mejora directa en el uso del agua, se ven restringidas por la escasa coordinación interinstitucional que caracteriza al DRAT, además de la falta de personal y presupuesto para llevar a cabo labores específicas. Adicionalmente, los esfuerzos de capacitación de las instituciones hacia los productores se ven disminuidos por la dispersión de los parceleros y la ausencia de organizaciones que reduzcan los costos de localización y capacitación individual.

En segundo orden de prioridad, los entrevistados identificaron los problemas ambientales, productivos y de manejo integral en el DRAT. Respecto a los problemas ambientales, se resaltó la necesidad de considerar los impactos negativos de la agricultura de riego sobre el suelo y los hábitat vecinos. En este sentido, los entrevistados insistieron en la necesidad de reducir la utilización de agroquímicos, por medio de la investigación en alternativas orgánicas y control biológico de plagas. Adicionalmente, se propuso utilizar y promover alternativas de preparación del suelo diferentes al fanguero utilizado en verano para la siembra de arroz. Como catalizador de estos cambios, consideran fundamental el incremento en el grado de coordinación e intercambio de información entre las instituciones del sector agropecuario y los centros de investigación.

Los problemas de producción y comercialización se manifiestan de diversas formas, según los expertos entrevistados. La falta de rotación de cultivos, la baja diversificación, las semillas de baja calidad y la incidencia alta de malezas en el arroz, son síntomas del escaso nivel de capacitación e investigación generada para el DRAT. Como solución se propuso fomentar los programas gubernamentales de investigación de nuevas variedades y prácticas agrícolas mejoradas, las cuales deben llegar de forma efectiva a los productores. La comercialización de productos debe ser mejorada con investigación de mercado precisa y disponible a los productores.

El Distrito de Riego carece de un manejo integral, el cual también es inexistente a nivel de toda la Cuenca del Tempisque. De acuerdo a la opinión de los encuestados, uno de los factores más evidentes de esta situación son los conflictos de uso entre SENARA y el ICE, los cuales continúan presentes a pesar de las negociaciones entre ambas partes. La falta de coordinación de las instituciones involucradas en el DRAT también perjudica el progreso del sector agropecuario, el cual necesita un modelo de desarrollo bien estructurado, donde se consideren aspectos de investigación, capacitación, producción y comercialización. Esto se agrava al

considerar que las instituciones del sector se quejan de una constante reducción en los presupuestos destinados por el gobierno central.

Los entrevistados señalan que la falta de organización de los parceleros para administrar el sistema de riego o bien conformar grupos productivos, es un problema importante que restringe el desarrollo del DRAT. En el caso del riego esta debilidad impide un control más estricto del uso del agua y limita en algunos casos la calidad del servicio que reciben los productores. En el caso productivo, la baja cohesión de los productores se refleja en la ausencia de cooperativas de producción o grupos similares, lo cual limita las posibilidades de obtener mejores precios para los insumos y los precios de venta de sus productos.

En este escenario los entrevistados sugirieron la necesidad de diseñar esquemas donde la centralización de las actividades por parte de SENARA sea menor. Sin embargo, esta alternativa merece mayor atención porque hay que superar la escasa cooperación entre los usuarios del DRAT, originada en muchos casos por la ausencia de los mismos en los asentamientos. Las causas y efectos de los bajos niveles de cooperación serán analizados en el capítulo 6, donde se detalla las condiciones que afectan las posibilidades de que los propios usuarios de riego se encarguen de algunas de las actividades manejadas por SENARA en la actualidad.

Por último, en tercer orden de prioridad los entrevistados hicieron mención de los problemas de distribución de la tierra, ocasionados por la mala selección de los adjudicatarios iniciales y el bajo tamaño de las parcelas asignadas. Esto se refleja en la actualidad en la ausencia de los productores en las parcelas, ya que muchos de los mismos ni siquiera pertenecen a la provincia de Guanacaste y tienen otras actividades diferentes a la agricultura.

La reconcentración de la tierra en pocas manos es otro resultado de las malas políticas de asignación iniciales y del entorno productivo actual. Las causas de este problema no solo afectan la concentración de la tierra y la ausencia de los productores, sino que también podrían tener efectos importantes sobre la conservación del suelo y el agua, ya que productores no identificados con la zona o personas que alquilan las parcelas, pueden tener una menor preocupación por la conservación de estos recursos.

Los problemas de la tenencia de la tierra citados anteriormente influyen directamente sobre la conformación de capital social que podría ser utilizado en el desarrollo de organizaciones de

distinta índole. Este tema será discutido en más detalle en el análisis institucional que presentará adelante en este documento.

La solución al problema de la distribución de la tierra es complejo, ya que muchas de las causas son casi irreversibles. No obstante, los entrevistados sugieren incrementar el control agrario, seguir criterios técnicos en futuras entregas de parcelas y mejorar los servicios básicos dentro del DRAT para motivar la presencia de los productores en los asentamientos.

3.2. Administración del sistema de riego

3.2.1. Marco legal

El Distrito de Riego Arenal Tempisque es administrado por el Servicio Nacional de Agua Subterránea, Riego y Avenamiento (SENARA), institución autónoma del estado costarricense encargada de los proyectos de riego y drenaje, el control de las inundaciones con fines agrícolas y la explotación de las aguas subterráneas a nivel nacional (SENARA 2002).

El servicio público de riego administrado por SENARA se basa en cinco principios básicos²⁸:

- a) Igualdad de trato: Implica la no discriminación entre usuarios
- b) Regularidad: Garantía de ofrecer el servicio a los productores²⁹
- c) Confiabilidad: Cantidad y calidad de agua aptas para cultivos
- d) Continuidad: Dar servicio de acuerdo a necesidades de productores
- e) Eficiencia: Uso óptimo del recurso agua

El SENARA está a cargo de la construcción, administración, operación y mantenimiento de los canales a nivel primario y secundario, los caminos de acceso y las obras de drenaje primario del DRAT³⁰. La construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura dentro de cada

²⁸ Tomado del taller: Aprovechamiento del agua en sistemas de riego. SENARA, Cañas, 28/3/03.

²⁹ Según el Reglamento de Servicios de Riego (La Gaceta 1999), la responsabilidad de SENARA en cuanto al suministro de agua queda condicionada a la disponibilidad del recurso en las fuentes. En caso fortuito o de fuerza mayor, la entrega podrá ser limitada a juicio de SENARA, procurando que dicha asignación ocurra bajo condiciones de equidad, hasta donde sea técnicamente posible. El sistema de riego es "de uso conjunto y por lo tanto requiere programación y orden en su aplicación, recordando que el bien común está por encima del bien particular y que los derechos de un usuario terminan donde comienzan los del vecino" (La Gaceta 1999)

³⁰ Para efectos administrativos, geográficos y de operación y mantenimiento, el DRAT se dividió en los siguientes subdistritos: Abangares, Lajas, Cañas, Piedras, Cabuyo, Tempisque, Zapandí Norte y Zapandí Sur. En la actualidad se encuentran bajo riego en su totalidad los subdistritos Cañas y Piedras, y parcialmente los subdistritos Lajas, Cabuyo (incluye Asentamientos Agrícolas de Tamarindo, Falconiana y Bagatzi) y Zapandí Sur (SENARA 2003). El mapa del DRAT se encuentra en el anexo A de este documento.

parcela corresponde a cada agricultor pero estos deben seguir las recomendaciones de orden técnico que determinen los funcionarios de SENARA (La Gaceta 1999).

Semestralmente el SENARA construye el plan de riego del distrito de acuerdo a los planes que presentan los agricultores. Con base en esto y tomando en cuenta la disponibilidad de agua, las condiciones del suelo y los requerimientos del cultivo, el SENARA procede a la asignación de caudales y períodos de entrega. Dos días antes de la fecha deseada de riego, el usuario debe comunicar por escrito su solicitud al funcionario de SENARA encargado de abrir las tomas de agua de la parcela. Este funcionario, conocido como canalero, tiene la potestad de negarse a dar el servicio si detecta alguna anomalía en la infraestructura de la parcela del usuario.

El reglamento del SENARA (La Gaceta 1999) permite suspender el servicio de riego en el caso de morosidad en el pago de la tarifa y cuando la infraestructura de riego o manejo de agua a nivel de parcela sean inadecuados, en condiciones que provoque contaminación o desperdicio inaceptable de agua, o que puedan provocar daños a propiedades aledañas y/o a la infraestructura de riego del Distrito. La suspensión se mantendrá mientras persista la situación que le dio origen.

Existe un reglamento de uso diferenciado para el caso de la piscicultura. Las diferencias principales son la tarifa de cobro y la obligación de devolver el agua utilizada en la producción de peces, bajo condiciones de calidad aceptables³¹, para que pueda ser reutilizada por otros usuarios del DRAT.

3.2.2. Infraestructura

La construcción de la infraestructura de riego ha sido progresiva. La I Etapa (1980-1988) del DRAT cubrió 6006 has ejecutadas gracias a un préstamo del BID por US\$15.1 millones (IICA 1993). La II Etapa del DRAT (1986-1994) comprende la ampliación hacia 12.170 has con un costo aproximado de US\$44.5 millones, financiado nuevamente por el BID.

A principios del año 2003, empezó a funcionar la ampliación del Canal Oeste-Tramo II, capaz de satisfacer las necesidades de 7900 has de la empresa Coopevica y 1150 has correspondientes a la habilitación de sectores de asentamientos IDA³². La ampliación de las 7900 ha de

³¹ Según "Reglamento de Vertidos y Reuso de Aguas Residuales" del MINAE, decreto 26042 del 19 de junio de 1997.

³² Corresponde a Playitas, San Ramón y Reajuste.

Coopevica se llevó a cabo por medio de un Contrato de Concierto³³, firmado el 11 de setiembre de 2000, donde SENARA se compromete a entregar a Coopevica un caudal de 10.5 m³/s en época de verano (ARESEP 2002). El dinero de esta ampliación fue aportado por Coopevica³⁴ y será reintegrado por parte de SENARA mediante la suspensión del pago de la tarifa de riego por un plazo suficiente para amortizar toda la deuda (ARESEP 2002).

Por otra parte, en el futuro se planea la construcción del tercer tramo del Canal Oeste para habilitar 2000 has adicionales³⁵ y la expansión del Canal del Sur hacia la zona de Abangares para dotar de agua unas 7000 ha extra.

3.2.3. Situación financiera

Desde sus inicios el SENARA ha contado con aportes y subvenciones gubernamentales, además del pago de los préstamos a los bancos internacionales con los cuales se financió la mayoría de la infraestructura de riego y que fueron asumidos por completo por el Gobierno de la República (ARESEP 2002).

El sistema actual de operación del SENARA a nivel nacional³⁶ está subsidiado en alta proporción por el gobierno central, según lo indica la figura 3. En el período de 1997 a 2002, las tarifas representan apenas el 40% del total de los ingresos. En el mismo período, la administración central del SENARA ha recibido 2,855 millones de colones de subvenciones del gobierno central, las cuales representan en promedio el 60% del total de ingresos anuales de todo el SENARA.

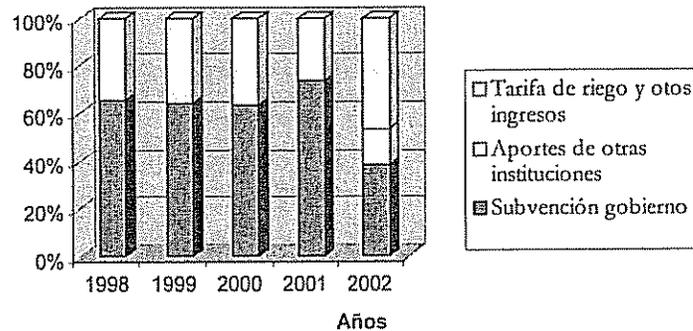
³³ Figura jurídica de gestión de servicios públicos, mediante la cual la Administración (SENARA) pacta con una empresa privada existente (Coopevica), la realización de prestaciones y servicios (construcción y mantenimiento de obras de riego) durante un periodo determinado y sujeto a las condiciones del contrato (ARESEP 2002).

³⁴ Para efectos fiscales el proyecto tiene un costo de 980 millones de colones (ARESEP 2002).

³⁵ Cubriría desde río Cabuyo hacia el río Tempisque y la margen izquierda del río Tempisque.

³⁶ Además del DRAT, SENARA posee proyectos de riego a baja escala en distintas zonas del país.

Figura 3. Fuentes de ingreso de SENARA a nivel de todo el país, según balances de resultados



Elaborado a partir de datos del SENARA

Los ingresos de SENARA se derivan fundamentalmente de las tarifas cobradas por el servicio de riego, las cuales son aprobadas y revisadas todos los años por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP)³⁷. Esta se desglosa en dos componentes, una Cuota de Operación y Mantenimiento (COM) y una Cuota de Recuperación de la Inversión (CRI)³⁸. La COM corresponde a los gastos de operación y mantenimiento de los servicios del DRAT mientras que la CRI se refiere a los costos originados en las inversiones iniciales del proyecto.

A pesar de las revisiones periódicas de tarifas que realiza la ARESEP, a nivel del DRAT, el sistema opera con pérdidas operativas para el período de 1997 al 2002. A partir del cuadro 4 se obtiene que a nivel acumulado, el DRAT reporta pérdidas operativas de 1,657 millones de colones en el período analizado³⁹.

³⁷ La ARESEP se encarga además de la fiscalización contable, financiera, técnica y de calidad del servicio de riego. La tarifa de piscicultura se rige por un reglamento diferente y es fijada por la Contraloría General de la República.

³⁸ En la actualidad el COM asciende a ₡15230 mientras que el CRI representa ₡3400. El CRI no se actualiza desde 1984 (ARESEP 2002).

³⁹ Los datos del Distrito de Riego Arenal no se encuentran totalmente desagregados de otras actividades, ya que se deben tomar datos de subcuentas específicas, con el fin de determinar los gastos propios del Distrito. Los gastos atribuibles al Distrito Arenal son los gastos directos de cada uno de los subdistritos: Cañas, Piedras y Cabuyo. Adicionalmente se consideran los gastos por salarios y demás gastos administrativos de las oficinas de SENARA en Cañas así como los gastos administrativos de la Oficina Central en San José atribuibles al DRAT, los cuales representan el 10.34% del total de gastos de la Oficina Central, según distribución efectuada a diciembre de 1997 (ARESEP 2002).

Cuadro 4. Estado de Resultados DRAT
(Cifras de colones constantes)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002
INGRESOS						
Ingresos por servicios	60,751.71	133,785.79	193,716.55	244,682.00	244,074.06	260,653.84
Otros Ingresos	1,625.00	1,652.00	4,927.43	19,041.22	22,350.60	35,467.00
Total Ingresos	62,376.71	135,437.79	198,643.98	263,723.22	266,424.66	296,120.84
GASTOS						
Operación-Subdistrito Cañas	15,828.12	17,790.81	24,213.66	92,707.04	111,064.07	120,326.81
Operación-Subdistrito Piedras	9,820.42	11,038.16	17,614.93	81,374.14	97,753.25	105,905.87
Operación-Subdistrito Cabuyo	10,937.92	12,294.22	25,722.21	56,365.53	64,025.98	69,365.75
Administración. Ofic. Central	31,426.05	35,059.39	47,224.54	47,483.99	52,165.30	56,515.88
Administración. R. Chorotega	164,314.75	182,239.75	215,432.62	113,875.95	86,173.66	93,360.54
Depreciación	42,779.17	137,925.05	155,643.00	152,065.00	139,935.18	127,871.47
Canon de Regulación					16,479.59	37,660.00
Total Gastos	275,106.44	396,347.37	485,850.96	543,871.65	567,597.03	611,006.33
UTILIDAD NETA	-212,729.73	-260,909.58	-287,206.98	-280,148.43	-301,172.37	-314,885.49

Tomado de ARESEP 2002

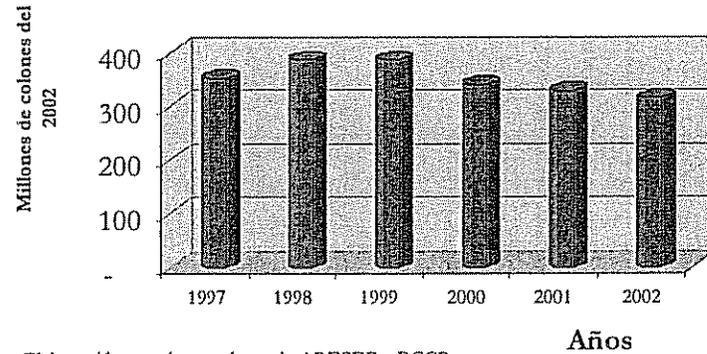
Las pérdidas operativas son cubiertas por el gobierno central y de los fondos provenientes de la cuota de recuperación de inversiones, CRI⁴⁰(Rojas 2003). Otra fuente de fondos para el DRAT lo constituye los recursos provenientes del IDA, los cuales son no reembolsables y se han aplicado para construir infraestructura de riego en los Asentamientos Campesinos de Playitas, San Ramón y Reajuste - San Ramón (ARESEP 2002).

Los datos del estado de resultados presentado anteriormente se encontraban en colones corrientes, lo cual impide una comparación directa entre los años. Por esta razón los valores fueron llevados a precios del 2002⁴¹ y adicionalmente se construyó la figura 4, donde se observa que la evolución real del déficit operativo del DRAT es ligeramente decreciente para el período analizado. Esto refleja una menor dependencia real de los recursos del gobierno, lo cual constituye un paso importante en la búsqueda de autonomía financiera para el distrito.

⁴⁰ Para el año 2001 los ingresos CRI fueron de ₡61 671 750,00. No obstante lo anterior, de ese monto únicamente se invirtió ₡4 752 000,00 (ARESEP 2002).

⁴¹ Se utilizó el Índice de Precios publicado por el Banco Central de Costa Rica (BCCR 2003).

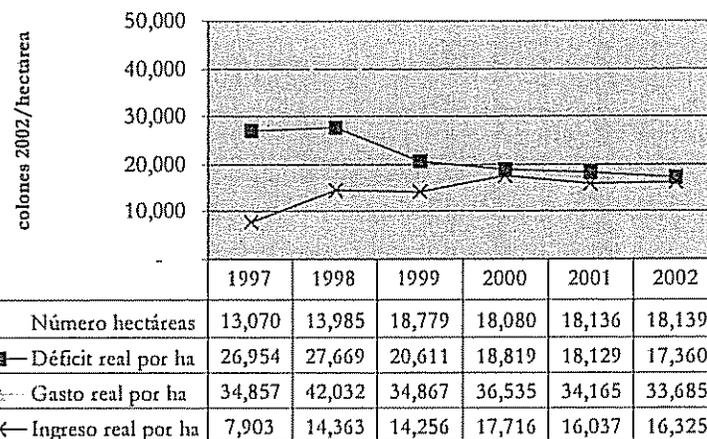
Figura 4. Evolución del déficit real de operación del DRAT, millones de colones de 2002



Fuente: Elaboración propia con datos de ARESEP y BCCR

Por otra parte, durante el período de 1997 a 2002, el número de hectáreas servidas de riego aumentó cerca de un 40%, al pasar de 13 mil a 18 mil hectáreas. Dado este cambio, es importante evaluar la evolución real por hectárea de los variables de ingresos, gastos y el consecuente déficit real. La figura 5 resume estas tendencias.

Figura 5. Evolución del gasto, ingreso y déficit real por hectárea en el DRAT, colones de 2002



Fuente: Elaborado a partir de datos de ARESEP y SENARA

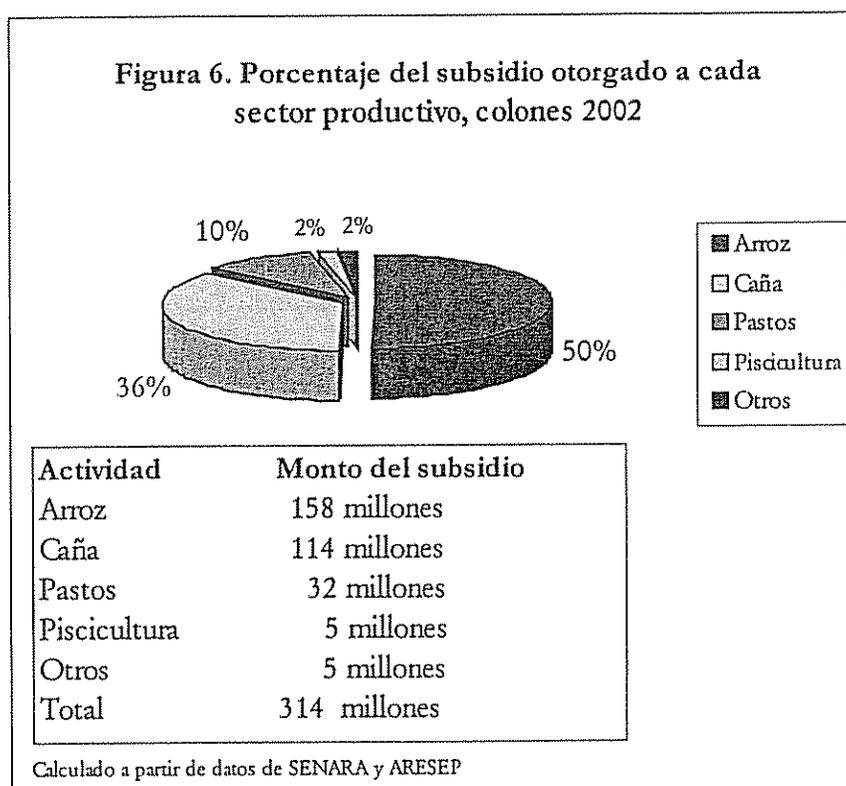
Lo primero que se debe notar en el gráfico anterior es el cambio en el número de hectáreas servidas de riego que ocurrió en 1999, cuando entró en funcionamiento la II etapa del DRAT. Este cambio sumado a un déficit real de operación relativamente constante (el cual se observa

en el gráfico 1), provocó una caída importante en el déficit real por hectárea en 1999. Luego de este año, el déficit real por hectárea tiene una leve tendencia a disminuir. La razón de esto es la siguiente.

A excepción de 1998, los gastos operativos reales por hectárea se han mantenido relativamente constantes. Sin embargo, los ingresos reales operativos por hectárea mantienen una leve tendencia a mejorar en el período analizado. La combinación de ambos factores incide en el descenso del déficit real por hectárea en el DRAT.

Por otra parte, el sistema de tarifas subsidiado que presenta el DRAT para cubrir sus necesidades operativas, implica un subvención directa y homogénea. Solo para el año 2002, el subsidio fue de 17,360 colones⁴² a cada una de las hectáreas ubicadas dentro del Distrito.

Sin embargo, a nivel de sectores productivos, la situación es diferente ya que la asignación del subsidio no es equitativa. La figura 6 muestra la distribución del subsidio por sectores, calculado a partir de la participación relativa en términos de área de las principales actividades productivas en el DRAT para el año 2002⁴³ y el monto de déficit nominal para el año 2002.



⁴² Resulta de dividir la pérdida del año 2002 entre el número de hectáreas del mismo año.

Como se observa en la figura anterior, el sector arrocero obtiene la mayor proporción del subsidio otorgado por el gobierno (50%), seguido del sector cañero (36%). En más detalle interesaría conocer la distribución del subsidio dentro de cada sector, sin embargo no estaba disponible la información de productores en cada sector productivo.

No obstante, a nivel global, en el DRAT hay 794 usuarios reportados en el padrón de riego del primer ciclo agrícola de 2002. Considerando el área neta regable que se reporta para cada usuario en este padrón y multiplicándola por el monto del subsidio por hectárea para el 2002, se estimó el monto del subsidio implícito que recibe cada productor del DRAT, independientemente del cultivo que tenga y la cantidad de agua que utilice.

Estas estimaciones muestran que el 88% de los productores inscritos recibieron subsidios por debajo de los 250 mil colones en el año 2002, mientras que el 5% de los productores recibieron subsidios por encima de un millón de colones para el mismo año. Esto se debe a que la distribución de la tierra en el DRAT es bastante desigual, lo cual se verifica en el cuadro 5, construido con base en el padrón de usuarios de SENARA para el I ciclo del 2002⁴⁴.

Cuadro 5. Distribución del subsidio implícito según tamaño de finca					
	10 o menos ha	Más de 10 hasta 100 ha	Más de 100 hasta 200 ha	Más de 200 ha	Total
Número de productores	667 84%	103 13%	11 1%	13 2%	794 100%
Área acumulada, Hectáreas	4,782 26%	2,868 16%	1,739 10%	8,770 48%	18,159 100%
Subsidio acumulado	¢ 82,921,971 26%	¢ 49,732,374 16%	¢ 30,155,020 10%	¢ 152,075,634 48%	¢ 314,885,000 100%
Subsidio promedio por tipo de finca	¢ 124,321	¢ 482,839	¢ 2,741,365	¢ 11,698,126	¢ 396,581

Elaboración propia a partir de datos de SENARA y ARESEP

⁴³ La información de la participación relativa de los cultivos en el 2002 fue obtenida en SENARA (2003). Note que la participación relativa que se presentaba anteriormente para estimar el valor de la producción en el DRAT es para el año 2003, mientras que este análisis de subsidios usa la participación de cada cultivo en el año 2002.

⁴⁴ Este el padrón oficial de usuarios. Sin embargo, debido al escaso control agrario que existe en el DRAT, es probable que existan menos usuarios de los reportados ya que existe alquiler ilegal y venta de parcelas hechas al margen de la ley. Esto se amplía en la sección de aspectos sociales del DRAT que se encuentra en este mismo capítulo

Aunque el 84% de los productores tienen 10 o menos hectáreas, los mismos importantes en relación al total del área del DRAT. Existen 13 productores que acumulan el 48% del total de la tierra que cuenta con infraestructura de riego en el 2002. Esta desigualdad en la tenencia de la tierra se traduce en una asignación desigual del subsidio operativo otorgado al DRAT.

Si el área de la finca de cada productor se multiplica por el monto de subsidio que se paga por hectárea (17 mil colones por ha), se obtiene que del total de los 314 millones de colones asignados en el 2002, el 26% fue para 667 fincas de 10 o menos hectáreas, mientras que el 48% del total (cerca de 150 millones) se asignaron a 13 fincas de más de 200 hectáreas. Esto quiere decir que en promedio, los pequeños (10 o menos ha) recibieron 124 mil colones mientras que los grandes recibieron en promedio, 11.6 millones de colones.

Es muy importante destacar que en este análisis se supone que los gastos operativos son iguales para usuarios grandes y usuarios pequeños. Esto es razonable a nivel de operación de la presa de derivación Miguel Pablo Dengo, los canales principales y el personal administrativo de la oficina del SENARA en Cañas. Sin embargo, en un nivel más bajo es incorrecto porque las fincas grandes implican menor trabajo por parte de los canaleros y una menor cantidad de recursos destinados al mantenimiento de la infraestructura de entrada a la parcela. Esto implica que las fincas grandes representan menos gastos de mantenimiento y operación para el SENARA, lo cual reduciría el monto del subsidio implícito que reciben.

Adicionalmente, el análisis anterior se hizo con base en el área que mantiene cada cultivo dentro del DRAT, lo cual supone que los gastos operativos y de mantenimiento son independientes de la cantidad de agua demandada por cada sector. En un futuro sería necesario calcular el valor social ajustado de un litro de agua utilizado en el DRAT. Con este valor se podría entonces conocer el monto del subsidio implícito que cada cultivo o productor está obteniendo por cada litro de agua que utiliza en el DRAT.

Estos subsidios implícitos se suman a otros otorgados a algunos sectores del DRAT. Los aranceles de protección contra la importación de arroz son un ejemplo de ello, sin embargo, la estimación de los mismos está fuera del alcance de este trabajo.

3.3. Caracterización social y ambiental del DRAT

3.3.1. El DRAT como proyecto de desarrollo rural integral

La idea original del Distrito de Riego era la creación de un proyecto de desarrollo rural integral para la zona de Guanacaste, que permitiera conjuntar los recursos agua y tierra en un sistema de producción agroindustrial basado en el riego, con el propósito de elevar las condiciones socioeconómicas de la región mediante acciones de reforma agraria y oportunidades de empleo (Villalta 1992). Sin embargo, luego de dos décadas de funcionamiento, el proyecto no ha alcanzado a plenitud este objetivo y más bien se caracteriza por la escasa organización de los productores, la alta dependencia a los monocultivos, la escasa participación femenina en los procesos productivos, la tendencia a la reconcentración de la tierra y la pobre utilización del agua en las parcelas.

Las ideas iniciales del proyecto de desarrollo del DRAT tuvieron un fuerte respaldo en la corriente de desarrollo de intervención estatal promovida en los años 70, donde el papel del Estado como motor de desarrollo y diversificación de la estructura productiva era fundamental. Según Villalta (1993), este es uno de los problemas principales que ha tenido que superar el DRAT ya que el mismo se diseñó bajo un esquema de desarrollo paternalista y comenzó a ejecutarse dentro de otro modelo de desarrollo que más bien buscaba la reducción del aparato estatal.

Con el propósito de incrementar el valor de la producción agrícola bajo riego, el Plan Maestro establecía una adecuada diversificación de cultivos⁴⁵, la cual sería alcanzada paulatinamente conforme aumentara la experiencia en la agricultura bajo riego y la comercialización (Villalta 1993). Lamentablemente, en la actualidad el sector agropecuario de la zona no muestra dinamismo y la producción se concentra en pocas actividades (arroz, caña).

La diversificación está limitada por problemas de comercialización, disponibilidad de suelos aptos, escasa investigación y transferencia de tecnología, aunado a la ausencia de una zonificación agrícola que permita disminuir el impacto de la fumigación aérea que se practica en los monocultivos existentes.

A pesar de los esfuerzos de coordinación entre las instituciones del sector agropecuario, los logros en materia de estrategias conjuntas de atención a los productores de la región están

⁴⁵ Cultivos tradicionales de la zona, arroz, caña de azúcar y pastos (40% del total), frutales y maderas tropicales (36%), granos básicos (10%), oleaginosas (12%) y hortalizas (2%) (IICA 1993).

ausentes y las brechas entre la agricultura empresarial y la agricultura campesina se han profundizado debido a las diferencias en tecnificación, acceso al crédito y asistencia técnica (Estado de la Nación 1999).

En la actualidad la zona donde se desarrolla el DRAT es la región más pobre de Costa Rica, caracterizada porque la pobreza extrema está vinculada directamente con la participación laboral en la agricultura⁴⁶. Adicionalmente, el Índice de Desarrollo Social (IDS)⁴⁷ para los cantones de Costa Rica (MIDEPLAN 2001), establece que los cantones de la Provincia de Guanacaste están rezagados respecto al resto del país y muestran un desarrollo dispar dentro de la misma provincia.

Resulta paradójico que Bagaces y Cañas cuentan con una costosa infraestructura de riego instalada para elevar el nivel de vida de la región y sin embargo, no muestran niveles de IDS altos, comparados con otros cantones de Guanacaste. En el cuadro 6 se presentan los resultados del IDS para Guanacaste y algunos cantones del resto del país.

Cuadro 6. Índice de Desarrollo Social (IDS) para cantones (1999)			
Cantones de Guanacaste	IDS	Cantones de otras provincias	IDS
La Cruz	16.4	Los Chiles	8.9
Abangares	43.1	Siquirres	36.4
<i>Bagaces</i>	<i>43.9</i>	Limón	48.0
Carrillo	46.1	Turrialba	53.6
Nicoya	48.4	Puntarenas	54.8
Liberia	48.9	San José	63.7
<i>Cañas</i>	<i>49.9</i>	Palmares	73.4
Santa Cruz	52.8	Alvarado	76.8
Nandayure	53.1	Montes de Oca	85
Hojancha	56.9	Belén	94.9
Tilarán	63.2	Flores	100

Elaborado a partir de datos de MIDEPLAN 2001.

⁴⁶ El DRAT se ubica en la Región Chorotega donde el 68.7% de los ocupados que se ubican en pobreza extrema están laborando en el sector agrícola (Estado de la Nación 1999).

⁴⁷ El mismo es desarrollado por MIDEPLAN y constituye un indicador resumen de las siguientes variables: Infraestructura educativa, acceso a programas educativos especiales, mortalidad infantil, defunciones de la población menor de 5 años respecto a la mortalidad general, retardo en talla de la población de primer grado de escuela, consumo promedio mensual de electricidad residencial y nacimientos de niños (as) de madres solas. El valor del IDS oscila entre 0 y 100, correspondiendo el valor más alto al cantón en mejor situación sociodemográfica.

El componente de reforma agraria que pretendía alcanzar el DRAT se ha logrado parcialmente ya que el 84% de las 800 parcelas a las que SENARA les presta el servicio, tienen 10 o menos hectáreas de tamaño⁴⁸. No obstante, en términos del área total del DRAT, la importancia de este grupo de productores es mucho menor porque apenas representan el 26%, mientras que los 13 productores que mantienen 200 hectáreas o más hectáreas en el DRAT, poseen el 48% del total de la tierra. Sin embargo, no debe quedar la impresión de que no habido avances en términos de distribución de la tierra ya que en el año 1973, la zona se caracterizaba por la presencia de 6 fincas con 5000 o más hectáreas de terreno, las cuales ocupaban el 55% del área destinada al proyecto de riego (Villalta 1993).

Las mejoras en la redistribución de la tierra parecen revertirse en los últimos años ya que el escaso control agrario ha permitido que muchos de los adjudicatarios iniciales de terrenos hayan comenzado a vender o alquilar sus parcelas, aún cuando la legislación imperante no se los permite sino hasta después de 15 años de haberles entregado el título⁴⁹ (Esquivel 2003). La imposibilidad de realizar un proceso de reforma agraria profunda se ha visto afectado por una pobre selección de los adjudicatarios iniciales, la cual obedeció más a criterios políticos que a criterios de idoneidad de las personas como productores agrícolas identificados con la zona (Esquivel 2003, Rodríguez 2003, Alvarado 1999).

Retomando la encuesta semiestructurada, algunos expertos señalaron que otro factor que estaría provocando la reconcentración de la tierra es la crisis del sector arrocero y la baja escala de las parcelas asignadas inicialmente. Por esta razón, los pequeños productores con parcelas de 10 hectáreas no pueden sostenerse ante la crisis de competitividad del sector y tienen que vender o alquilar su tierra a otros que comienzan a convertirse en medianos y grandes productores.

La mayoría de los representantes de las instituciones consultadas afirmaron que aunque las condiciones están dadas para que el DRAT produzca una transformación radical en la región, hasta el momento no se ha logrado. El éxito relativo derivado de la generación de empleo y la producción agrícola no se traduce en desarrollo integral para la región. Aún queda pendiente resolver los problemas de comercialización, diversificación y mitigación de impactos ambientales negativos que permitan establecer unidades productivas sostenibles. La falta de asistencia técnica, servicios básicos y acceso al crédito son algunas de las barreras más

⁴⁸ Estos datos están contruidos a partir del padrón de usuarios de SENARA para el I ciclo del 2002.

⁴⁹ Artículo 46, Reglamento Autónomo para la Selección de Beneficiarios. IDA. 1994.

importantes que según los entrevistados deben levantarse para que el DRAT produzca los beneficios por los cuales el país realizó una gran inversión.

Los mismos entrevistados coinciden en que redefinición del rumbo del DRAT hacia un modelo de desarrollo integral no es labor de una sola institución sino de la totalidad de las instituciones involucradas. En este sentido, se señaló como fundamental la conformación de un organismo que agrupe a todos los actores de la cuenca y sea facultado con potestad y recursos para tomar decisiones. La participación de los usuarios de riego en este proceso debe jugar un rol esencial, no solo desde punto de vista de defensa de sus intereses sino también como fiscalizadores directos del trabajo desempeñado por la Organización de Cuenca.

3.3.2. Organizaciones sociales y acciones conjuntas

Aunque el Plan Maestro del DRAT asigna un papel preponderante a las organizaciones de productores en términos de administración del agua, asistencia técnica, producción, crédito y la provisión de servicios, la situación actual se aleja bastante de ese objetivo.

Los asentamientos de productores promovidos inicialmente por el ITCO, hoy conocido como Instituto de Desarrollo Agrario (IDA), no han tenido los resultados esperados. Hasta el momento no se ha logrado que los agricultores se queden en los asentamientos, principalmente por los problemas de falta de servicios básicos, la fumigación área en zonas aledañas a los poblados, las escasas posibilidades empleo y una cuestionada selección de los productores beneficiarios de parcelas.

En la encuesta aplicada, los representantes indicaron que sus intentos por elevar el nivel de organización de los productores, se enfrentan al gran problema de que la mayoría de estos no viven en sus parcelas ni tampoco en los asentamientos establecidos para ellos⁵⁰, lo cual dificulta su localización y la conformación de grupos que disminuyan los costos y aumenten la eficacia de los programas de capacitación.

La ausencia de los productores en los asentamientos disminuye las posibilidades de generar interacción y compartir experiencias entre ellos. Este elemento puede influir negativamente sobre el establecimiento de normas compartidas o interrelaciones necesarias para crear el

⁵⁰ Estos productores dedican la mayor parte de su tiempo laboral a actividades diferentes a la agricultura. Aunque no existe una cuantificación del número de parceleros en esta situación, la afirmación es respaldada por la mayoría de expertos entrevistados.

capital social suficiente para que los productores administren por sí solos el sistema de riego de forma sostenible.

Esta carencia de cooperación social se debe en gran medida a que no existe una necesidad o elemento aglutinador que identifique a los productores, sin embargo, es probable que esta situación cambie en los próximos años si se agudizan los problemas de escasez de agua u otras exigencias del entorno productivo. En el capítulo 6 de este documento, se profundizará acerca de las posibilidades de desarrollar actividades grupales de forma sostenida en el DRAT.

Por otra parte, las Sociedades de Usuarios de Agua del DRAT no cumplen ninguna labor en la actualidad, aunque se esperaba que SENARA apoyara la constitución de estos organismos (Ramakrishna y Sepúlveda 1998). La única sociedad que ha tenido un regular desempeño es la Sociedad de Usuarios de Bagatzí, la cual se encargó a principios de los años noventa de la operación y mantenimiento de la infraestructura de riego por medio de contratos por los cuales SENARA les traspasaba los fondos necesarios para realizar las labores.

No obstante, en la actualidad el SENARA es la encargada de la operación, administración y mantenimiento de todas las obras en los canales primarios y secundarios de riego, lo cual ha provocado una fuerte relación paternalista entre la institución estatal y los usuarios. En el capítulo que se presentará adelante acerca de la influencia del marco institucional sobre el uso del agua de riego, se discutirá en detalle el caso de la Sociedad de Usuarios de Bagatzí, destacando las razones que provocaron la centralización de labores en manos del SENARA y el efecto que esto ha causado en el uso racional del riego.

El hecho de que las Sociedades de Usuarios se conformaran a partir de un requisito legal⁵¹ para acceder al riego, en lugar de ser el resultado de una necesidad de los usuarios, les ha restado representatividad y legitimidad (Alvarado 1999). Esto ha contribuido a que los agricultores no tengan interés de participar en las asociaciones y que por lo tanto no perciban al riego como algo propio sino como un servicio más del Estado, del cual no son responsables de cuidar o pagar por él.

A nivel familiar, el nivel de organización alrededor de las actividades productivas del DRAT es bastante bajo. La participación de la mujer en las actividades productivas del DRAT es muy

⁵¹ De acuerdo con la Ley de Aguas, artículo 131, es necesario pertenecer a una Sociedad de Usuarios cuando a juicio del MINAE el aprovechamiento de las aguas públicas sea más beneficioso al interés público que al de los particulares. El Reglamento de SENARA no obliga a formar parte de una asociación para poder obtener el servicio de riego.

reducida⁵² y en general la incorporación de todos los miembros de la familia a las labores agrícolas está restringida por la poca demanda de empleo permanente de los cultivos tradicionales (arroz, caña) y la escasa diversificación hacia cultivos más intensivos en la mano de obra (Alvarado 1999).

Además, como afirma Alvarado (1999), el alto grado de tecnificación de las principales labores de los cultivos tradicionales así como la presencia de compañías agrícolas dedicadas al alquiler de maquinaria para la preparación del terreno, cosecha y fumigación aérea, hacen cada vez menos indispensable la presencia del agricultor en su parcela y los convierte en “productores espectadores”.

Las cooperativas en el DRAT no han tenido el éxito esperado ya que fueron impuestas por parte el IDA, sin la adecuada participación de los usuarios y en algunos casos se convirtieron en un requisito para tener acceso a los beneficios de la adjudicación de tierras (IICA 1993). En la actualidad solo funciona la Cooperativa de Bagatzí, la cual hace esfuerzos importantes para difundir prácticas de control biológico de plagas en los arrozales de la zona.

Por último, la Junta Coordinadora del DRAT es el organismo destinado a coordinar la acción de las instituciones y productores involucrados en el DRAT. En la actualidad la Junta trabaja en la atención integrada a las nuevas áreas puestas bajo riego en el Subdistrito Cabuyo por la ampliación del Canal del Oeste, así como el fortalecimiento de la asistencia técnica integrada a productores de arroz financiados con préstamos de reconversión productiva (SENARA 2003).

En la encuesta semiestructurada, los expertos juzgaron en términos generales, los resultados de la gestión de la Junta Coordinadora. Los entrevistados coincidieron en que los resultados de la Junta son regulares, debido al poco poder de decisión real y autonomía presupuestaria, la falta de recursos económicos y la escasa participación de los productores⁵³. Según estos expertos, para mejorar el trabajo de la Junta es necesario corregir estos problemas y además, trabajar con un plan definido a largo plazo que sea conocido y evaluado periódicamente por las comunidades de productores afectadas.

⁵² La Asociación de Mujeres de San Luis ha desarrollado de forma no continua actividades agrícolas, con escaso apoyo en el diseño de sistemas de producción y comercialización (IICA 1993). En la actualidad hay intentos por organizar a las mujeres en un proyecto de elaboración de productos a base de papel de tifa.

⁵³ Solo existe un representante de los productores dentro de los nueve miembros que conforman la Junta.

3.3.3. Impacto ambiental

El establecimiento del DRAT ha propiciado la intensificación de la agricultura y un aumento paralelo en la utilización de fertilizantes y pesticidas. Varios autores enfatizan sobre los posibles efectos adversos de los agroquímicos y la sedimentación sobre los humedales del Parque Nacional Palo Verde y la pesca del Golfo de Nicoya (Mateo 2001, Chakravorty y Chen 2001, Tabilo y McCoy 1998).

Es necesario destacar que hay impactos que tendrán sus efectos a mediano y largo plazo, ya que los mismos tienen un carácter acumulativo, es decir, son impactos que actúan sistemáticamente sobre los ecosistemas, produciendo un efecto acumulativo (Mc Coy y Tabilo 1998).

Los impactos negativos que se han señalado en la zona por el desarrollo del DRAT son:

- Contaminación de acuíferos⁵⁴ y aguas superficiales por la infiltración, percolación y escorrentía de las aguas utilizadas en las parcelas⁵⁵.
- Ascenso del nivel freático.
- Eliminación de la cobertura boscosa por la construcción de la infraestructura, los cultivos y los asentamientos humanos.
- Reducción o extinción de la fauna silvestre por intoxicación con agroquímicos y/o creación de canales o sembradíos que impiden el traslado de las especies.
- Pérdida de productividad de los suelos por malas prácticas agrícolas, especialmente el fangueo en época de verano.
- Ingreso de agua de drenaje sobre algunos humedales, lo cual cambia su estructura, composición y estacionalidad.
- La presencia de monocultivos podría crear un desequilibrio en los micronutrientes del suelo (Ramakrishna y Sepúlveda 1998).
- La construcción de caminos y diques altera el flujo de agua en los humedales de Palo Verde.

⁵⁴ Aunque no existen evidencia concluyente acerca de la contaminación de acuíferos, se destaca la alta vulnerabilidad de los mismos a posibles contaminaciones humanas (Ramírez 2000).

⁵⁵ No se puede haber podido demostrar la presencia de concentraciones importantes de contaminantes en las aguas de descarga de las parcelas de arroz, se especula que esto ocurre por las metodologías de detección empleadas y los altos volúmenes de agua que limpian cualquier concentración (Robinson 1992).

A pesar de la necesidad de mitigar y corregir muchos de estos impactos, en la actualidad no existe la coordinación institucional suficiente para lograrlo. La Comisión Ambiental del DRAT⁵⁶ se creó con el fin de coordinar acciones institucionales relacionadas con la problemática ambiental de la zona, sin embargo, la misma no tiene autoridad legal para obligar el acatamiento de sus recomendaciones, lo cual desmotiva la participación de las mismas instituciones (Pineda 2003).

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) elaborado para la II etapa del DRAT ha tenido poco apoyo y muchas de las actividades de mitigación y monitoreo están fuera de contexto porque la etapa de construcción de la infraestructura de riego ya terminó. No obstante, el PMA proporciona los lineamientos necesarios para apoyar el monitoreo largo plazo sobre Palo Verde. En el cuadro 7 se resume algunos de los elementos más importantes del PMA de la II etapa del DRAT.

⁵⁶ La Comisión está conformada por representantes de SENARA, MINAE, IDA, OET, UNA, INA, Defensa Agrícola (MAG), Ministerio de Salud.

Cuadro 7. Plan de Manejo Ambiental para el DRAT II (versión resumida, tomado de Mc Coy y Tabilo, 1998)

Impactos	Magnitud	Mitigación	Monitoreo	Prioridad	Costo/año	Época	Frecuencia	Responsables
Uso de herbicidas	Moderado	En verano nivelar con láser, no fanguear, sembrar en lámina de agua y no drenar al sembrar	Vigilancia, encuesta de uso de herbicidas	1	Actividad normal + 500\$	Verano	Continuo	Extensionistas, asesores agrícolas, gerentes de bancos deben exigir inversión en láser en vez de fangueo
		En invierno fanguear y no drenar por 4 días	Vigilancia, si dreña antes o se cambia agua se aplicará reglamento de riego	1	Actividad normal	Invierno	Continuo	SENARA, Inspector del DRAT, Asociación de Usuarios, Universidades
		No drenar parcelas fangueadas hasta 4 días después	Ejecución en el campo	1	Actividad normal	Invierno	Continuo	SENARA, Inspector del DRAT, Asociación de Usuarios, Universidades
Erosión del suelo	Muy severo	No cambiar agua fangueada por agua limpia antes de sembrar	Ejecución en el campo	1	Actividad normal	Invierno	Continuo	Bancos deben exigir inversión en cajas de control, SENARA, Inspector del DRAT, Asociación de Usuarios, Universidades
		Uso de láminas de plástico o construir cajas de control de agua en los muros entre bancales	Vigilancia	1	Actividad normal	Annual	Continuo	FLAR, fincas grandes, UNA, MAG, Oficina del Arroz, Oficina de Semillas
Uso de funguicidas e insecticidas	Muy severo	Crear variedades de arroz resistentes, control biológico y agricultura orgánica	Encuesta de uso y medir eficiencia de variedades	1	Actividad normal + cuota FLAR	Annual	continuo	ACT, Municipios, ONGs, UNA, MINAE
		Proteger bosques remanentes	Vigilar cobertura con sensores	1	5000\$	Verano	Cada 2 años	ACT, Municipios, voluntario con avioneta, MINAE
Pérdida de bosque seco	Muy severo, irreversible	Mantener cobertura boscosa riparia	Vigilar cobertura en el campo	1	600\$	Annual	Cada 2 meses	ACT, Municipios, voluntario con avioneta, MINAE
		Mantener corredores biológicos, comprar parcelas de La Muña	Vigilar cobertura con sensores y en el campo, evaluar uso de corredores	1	Actividad normal	Annual	Continuo	ACT, Bancos, Municipios, IDA, Universidades
Migración forzada de especies terrestres, desaparecen y reducen algunas especies	Muy severo	Construir puentes y otra infraestructura para asegurar el paso de animales	Evaluar eficiencia de las medidas	1		Annual	Cada año	SENARA, ACT, MINAE, Universidades
		Proteger corredor La Muña, Fila Nambiral y corredor Norte						

Uno de los conflictos ambientales más importantes que se plantean en la actualidad son los daños ambientales que se producen sobre la Reserva Biológica La Mula por el drenaje de las aguas del DRAT, provenientes de los Asentamientos Campesinos de Tamarindo y Bagatzí, así como de una finca privada (Tribunal Ambiental Administrativo, 2001). En enero del 2001, la Secretaría Técnica Ambiental (SETENA) constató que la Reserva La Mula ha sido afectada negativamente por el exceso de agua proveniente del DRAT, específicamente se documentó la muerte en el lugar de unas 59 hectáreas de pochote (*Bombacopsis quinata*).

Ante esta situación la SETENA solicita una propuesta para encauzar los excedentes de agua de riego hacia otros sectores, el diseño de lagunas de sedimentación, la creación de un plan de monitoreo de las aguas que desembocan en la Quebrada La Mula y además, que se cumpla con una evaluación ambiental de los posibles impactos de la extracción de sedimentos de la misma quebrada (Tribunal Ambiental Administrativo 2001).

Las aguas que pasan por la Quebrada La Mula descargan sobre la laguna La Bocana, uno de los humedales de Palo Verde. Esta laguna dejó de ser estacional y presenta cambios drásticos en su estructura, composición y función biológica⁵⁷ (OET 2002). En la actualidad SENARA realiza las gestiones necesarias para la construcción definitiva de un muro de desvío de las aguas de drenaje dirigidas hacia La Mula, las cuales se aprovecharán en riego y abrevadero en Bagatzí y el remanente se verterá hacia el dren colector de Bagatzí (SENARA 2003).

Por otra parte y en relación con el impacto de la agricultura de riego sobre el nivel del manto freático, Campos (1994) demostró que en el Área Demostrativa de San Luis, los bajos niveles de eficiencia del sistema de riego son la causa principal del ascenso del nivel freático hasta menos de 2 metros de la superficie. En general, la tabla de agua se acerca a la superficie en la época de riego en verano y posteriormente cuando llega la lluvia.

Este problema se minimiza porque los cultivos actuales del DRAT son resistentes a mantos freáticos superficiales, sin embargo, esto no es excusa para no solucionar la situación ya que las posibilidades de diversificación del Distrito hacia otros cultivos se pueden ver seriamente afectadas. Para disminuir el nivel del manto freático se recomienda mejorar la eficiencia de riego, utilizar un programa de riego deficitario, realizar una zonificación de cultivos que incluya

⁵⁷ Los registros de pozos piezométricos en La Bocana muestran la presencia de agua en febrero de 2002, momento en el cual debería estar seca, dado que es estacional. Los cambios en la estacionalidad alteran la estructura y composición del humedal, con consecuencias desconocidas para la vida silvestre (OET 2002).

la prohibición de sembrar arroz en suelos livianos donde la percolación es excesiva y cambiar en algunas zonas de riego superficial a riego por aspersión (Campos 1994).

El fanguero practicado en la producción de arroz es una de las prácticas más criticadas en el DRAT. El método permite reducir la presencia de malezas y reducir las pérdidas de agua por precolación. Sin embargo, si el fanguero se practica en verano, los fuertes vientos impiden que las partículas de suelo se sedimenten de nuevo en la parcela por lo que al drenar el agua, también se pierde parte del suelo y nutrientes. Mc Coy (1999) ha demostrado que la pérdida de suelo por cada 10 ha fangueadas con 30 cm de profundidad de agua es de 330.5 TM, lo que equivale a 43g de suelo por cada galón de agua drenado. Asimismo, análisis practicados por Mc Coy (1999) demuestran la concentraciones importantes de amonio, nitratos, fósforo soluble y potasio en el agua drenada luego del fanguero. Estos resultados se muestran en el cuadro 8.

	Nitratos (NO ₃ ⁻)	Amonio (NH ₄ ⁺)	Fósforo soluble (PO ₄ ²⁻)	Potasio (K)
Agua limpia de riego	0.63	<0.01	<0.01	1.48
Agua fanguuada	5.99	0.74	0.13	3.88
Agua drenaje final	1.47	0.09	0.39	3.48

Tomado de Mc Coy (1999)

3.4. Estudios previos de eficiencia del uso del agua en el DRAT

En esta sección se presenta un recuento de los estudios de eficiencia en el uso del agua realizados en el DRAT, los cuales sirven de base para realizar un diagnóstico inicial del uso del agua en el sistema. El énfasis de estos estudios es desde la perspectiva agronómica y se basan en los criterios tradicionales de eficiencia del uso del agua. En el siguiente capítulo se hará un análisis más extenso del uso del agua en el DRAT donde no solo se considerara la eficiencia del uso del agua sino también la productividad del uso de la misma. Para ello se utilizará información del SENARA y otras instituciones así como datos de campo recolectados al inicio del año 2003 en la zona de Bagatzí.

Para empezar a describir el uso del agua de riego en el DRAT, el cuadro 9 enfatiza la escasa cultura de regadío presente y detalla las diferencias entre las recomendaciones técnicas de

manejo del agua para el caso del arroz y las prácticas realizadas por los agricultores. En todos los casos las diferencias inciden en una sobreutilización del recurso, lo cual tiene impactos sobre el nivel freático, la utilización de agroquímicos, los humedales de Palo Verde, la salinización de los suelos y en última instancia, sobre el manejo sostenible del recurso y las posibilidades de ampliación del sistema de riego.

Caracterización	Recomendación técnica	Práctica observada	Posibles impactos ambientales
Lámina de agua	Intermitente 3 a 5 cm	Continua Mayor de 10 cm	Consumo excesivo de agua, lavado de suelo y agroquímicos, salinización
Control de la lámina	Dispositivos para mantener lámina en terraza, drenar el exceso	Los caudales de drenaje son excesivos	Lavado de suelos y fertilizantes. Se utiliza más agua de la necesaria
Suelos	Arcillosos, altamente retentivos	Arcillosos, franco arcillosos y francos	La percolación sube manto freático y saliniza los suelos
Nivelación del suelo	Superficie nivelada para facilitar lámina uniforme	Algunas superficies no están niveladas lo cual provoca láminas no uniformes	Aplicación excesiva de agua
Función del agua	Satisfacer evapotranspiración de los cultivos	Evapotranspiración, facilita operaciones mecanizadas, refrigerante, control de malezas y ratas	Mayor volumen de agua aplicado, mayor drenaje
Caudal aplicado	Moderado, relación con el tamaño de la parcela	Caudales excesivos (40-50 lts/s), alta pendiente superficial en parcela	Fuerte escorrentía y alta velocidad del agua. Mala utilización agroquímicos y lavado del suelo. Restringe ampliación del DRAT
Control del caudal aplicado	Utilizar dispositivo de medición	No se mide el agua	Consumo excesivo de agua
Capacitación de usuarios	Capacitar a los agricultores en relación a la agricultura de regadío	La capacitación no ha sido impartida de acuerdo a las demandas de los agricultores	Utilización ineficiente del agua por parte de los parceleros

Elaborado a partir de Pizarro y Sepúlveda (1998)

La escasa capacitación en riego por parte de los agricultores del DRAT, provoca la creencia en la necesidad de cultivar arroz por medio de una lámina de agua continua con renovación

permanente⁵⁸ (Villarreal 1994). Sin embargo, el uso de lámina intermitente en lugar de lámina continua permite un ahorro importante de agua así como una mayor retención de los agroquímicos y el suelo con la ventaja que estos factores no disminuyen la productividad de las parcelas (Pizarro y Sepúlveda 1998, Guera *et al.* 1998).

Asimismo, la mayoría de agricultores de arroz utilizan el fanguero para preparar los terrenos en verano, sin embargo, se ha demostrado que esta práctica no es necesaria sino que se puede utilizar la siembra en lámina de agua y sin drenar al sembrar lo cual además de controlar las malezas⁵⁹, disminuye el volumen de agua utilizada y la pérdida de suelo (McCoy 1999).

Con el propósito de tener una cuantificación del nivel de eficiencia del uso del agua en el DRAT, se han realizado una serie de estudios por autores independientes. Pizarro y Sepúlveda (1998) estimaron que el nivel de eficiencia de uso consuntivo⁶⁰ del agua es 31% en la finca El Nilo, ubicada en la localidad de San Luis⁶¹. En este caso se demuestra que la cantidad de agua aplicada a la parcela fue 3.2 veces mayor a las necesidades de consumo del cultivo. El excedente de agua se perdió por escorrentía superficial, percolación, evaporación e infiltración lateral.

Por otra parte, Villarreal (1994) realizó un estudio para arroz y caña en el Área Demostrativa de San Luis ubicada en las cercanías de Cañas. Para el caso del arroz la eficiencia de aplicación es del 36.3%, valor considerado bajo, ya que en otros lugares con condiciones similares de suelos y nivelación imperfecta, la eficiencia de aplicación en riego por inundación de arroz es del 55% (Villarreal 1994). Para el caso de la caña de azúcar, el nivel de eficiencia es más bajo aún al situarse en 13.8%. Estos resultados son producto de grandes pérdidas por escurrimiento superficial en las parcelas de arroz y percolación profunda en las áreas cultivadas con caña de azúcar. Villarreal (1994) enumera los principales problemas que provocan pérdidas en la aplicación de ambos cultivos:

- Canales regadores en mal estado
- Parcelas con suelo muy liviano lo cual incrementa la percolación

⁵⁸ El argumento para utilizar este método es mantener la oxigenación del agua y prevenir el calentamiento de la misma

⁵⁹ Se elimina casi la totalidad de coyolillo y *E. diuochloa*, con el consecuente ahorro en herbicidas

⁶⁰ La eficiencia de uso consuntivo o de aplicación de agua a nivel de parcela se define como la razón entre las necesidades de evapotranspiración de la planta y la cantidad de agua aplicada. Las necesidades de evapotranspiración se obtienen teóricamente a partir de datos meteorológicos y coeficientes calculados por la FAO (Pizarro y Sepúlveda 1998).

⁶¹ En un estudio posterior en la misma finca El Nilo, Macías (1999) obtuvo un nivel de eficiencia de aplicación del 45% pero con una desviación estándar de 16.48%, esto atribuido a que al inicio de este ciclo se utilizó gran cantidad de agua para combatir malezas mientras que en etapas posteriores esta disminuyó.

- . Ausencia de criterios técnicos en cuanto a frecuencia y duración de riegos
- . No hay control de suministro de agua a las parcelas
- . En las parcelas de arroz hay mala nivelación por lo que hay diferencias de láminas de agua de melga a melga y dentro de una misma melga, se observa crecimiento y maduración diferencial entre diferentes zonas.
- . Alta escorrentía superficial
- . Ingresar un alto caudal a la parcela a gran velocidad, esto provoca erosión y pérdida de fertilidad del suelo y los químicos que se aplican.

El mismo autor estima que la eficiencia de conducción de la red⁶² es de 86%. La causa principal de las pérdidas por conducción se deben a la infiltración causada por canales no revestidos. En ese estudio se recomienda dedicar más recursos para el mantenimiento del sistema, con el fin de reducir las pérdidas operacionales del sistema de conducción. Adicionalmente, se propone el establecimiento de un calendario de siembra para los agricultores que permita un mayor orden y control en la asignación del agua. Esta planificación debería ser acompañada por la capacitación de los usuarios en relación al riego y el conocimiento preciso del SENARA de las necesidades reales de cada usuario, según cultivo, área sembrada, tipo de suelo, nivelación y sistema de riego utilizado.

⁶² La eficiencia de conducción se define como la razón entre el volumen servido a los usuarios y el volumen recibido a la entrada del sistema.

4. Uso del agua de riego en el DRAT

En el capítulo previo se encontró que varios estudios realizados en el DRAT demuestran que los niveles de eficiencia del uso del agua por parte de los productores son relativamente bajos. Con base en la observación en el campo y la información recolectada en la encuesta semiestructurada utilizada para el diagnóstico de la situación del DRAT, las causas de estos bajos niveles de eficiencia se deben a lo siguiente:

- a) La sobreoferta de agua ocasionada por la baja escala actual del DRAT ha hecho que tanto los agricultores como los técnicos de las instituciones involucradas se despreocupen por racionar un recurso que excede sus necesidades reales.
- b) El sistema de cobro por tamaño de parcela no genera incentivos para utilizar el agua de forma racional.
- c) Los mecanismos de monitoreo, control y sanciones aplicados por el SENARA no son efectivos. El vandalismo continuo que se presenta en el DRAT por parte de usuarios que rompen los candados de las tomas de entrada a sus parcelas o que bloquean deliberadamente los canales, son síntomas evidentes de este problema.
- d) No hay ningún tipo de organización en los usuarios para establecer reglas de uso que promuevan la conservación y mejor utilización del agua.
- e) No existe una cultura de regadío, lo cual implica desconocimiento de cómo aplicar correctamente el agua para el máximo aprovechamiento del cultivo y la minimización de los impactos ambientales.

Aunque los estudios citados muestran niveles de eficiencia relativamente bajos, es importante analizar el estado actual del uso del agua en el DRAT utilizando conceptos más novedosos que el concepto tradicional de eficiencia del uso⁶³, el cual ignora el uso de las aguas de reciclaje y la productividad por unidad de agua utilizada.

La distinción anterior es fundamental en un entorno mundial caracterizado por una población creciente y una mayor escasez relativa del recurso hídrico. La correcta utilización del agua en este contexto debe ser evaluada por medio de dos conceptos complementarios: la eficiencia del uso del agua y la productividad del uso del agua.

⁶³ Este concepto se refiere más al aprovechamiento del agua que al concepto de eficiencia, ya que este último se refiere al momento óptimo de regar, la cantidad precisa que se debe aplicar, el lugar donde se debe aplicar y al método de riego más conveniente.

El desempeño de un sistema de riego es medido usualmente por la eficiencia del uso del agua, definida como una razón entre las necesidades de evapotranspiración de las plantas y el total de agua aplicada en una parcela⁶⁴, siendo la diferencia entre ambas una pérdida. A nivel de parcela o finca, la infiltración, la percolación y el drenaje constituyen una pérdida porque el agua fluye fuera de la parcela sin que haya sido utilizada por la planta. Por esta razón, si se logra reducir estas pérdidas, el nivel de eficiencia del agua a nivel de parcela se incrementaría.

No obstante, se debe notar que si esta “agua perdida” se puede reutilizar para riego en las partes bajas (bombeo de un acuífero, por ejemplo), a nivel de sistema de irrigación no debería contemplarse ninguna pérdida y la eficiencia quedaría prácticamente intacta. Por la misma razón, pérdidas a nivel de sistema de riego no son necesariamente pérdidas a nivel de cuenca (Guera *et al.* 1998).

La industria de piscicultura que se desarrolla en el DRAT es un ejemplo donde el agua “perdida” en la producción de tilapia es reutilizada posteriormente por cultivos agrícolas⁶⁵. Este tipo de manejo no es capturado por los estudios de eficiencia del uso realizados previamente en el DRAT, sin embargo, constituye la base para consolidar un proceso de uso racional del recurso hídrico en la zona.

La productividad del uso del agua mide el valor de la producción que se puede obtener por unidad de agua utilizada⁶⁶. Este concepto permite reconocer el valor del agua como insumo de la producción y la consecuente necesidad de sacar el mayor provecho por cada unidad utilizada del mismo.

A continuación se presenta un análisis de la utilización del agua de riego en el DRAT utilizando los conceptos de eficiencia y productividad del uso del agua. Previo a estos resultados se presenta una revisión de la oferta y demanda de caudales en el DRAT.

⁶⁴ La parcela es un dominio de interés particular. La eficiencia de uso también se puede definir para todo el sistema de riego o bien para toda la cuenca.

⁶⁵ Se supone que bajo condiciones similares de calidad.

⁶⁶ De forma similar al caso de eficiencia, el concepto de productividad de agua necesita de una escala de medición claramente definida porque por unidad de agua utilizada se puede entender varios componentes: evaporación, transpiración, cantidad aplicada total, entre otros.

4.1. Oferta y demanda de agua de riego

El DRAT reutiliza para riego las aguas liberadas por la producción hidroeléctrica del proyecto ARCOSA del ICE (Instituto Costarricense de Electricidad). Esto condiciona la cantidad de agua disponible al Distrito de Riego, ya que mientras el ICE no genere electricidad, no existe caudal disponible para el riego⁶⁷.

La interrelación existente entre la generación hidroeléctrica y las necesidades de agua para riego genera conflictos de uso importantes ya que las necesidades diarias de ambos sectores no coinciden siempre, con el agravante que en el invierno la generación eléctrica del sistema disminuye y la recarga del Lago Arenal se inicia en preparación para la temporada de sequía.

De esta forma, el agua que nutre al sistema de riego⁶⁸ tiene un flujo irregular porque depende directamente de las oscilaciones en la generación de energía eléctrica. Durante el día hay excesos de agua en las horas pico de producción eléctrica, 05:00, 11:00 y las 18:00 horas, mientras que en las otras horas puede existir déficit de agua para irrigación (Celis *et al.* 2001).

Para disminuir esta inestabilidad se construyó un reservorio en la planta Sandillal, sin embargo en la actualidad el SENARA mantiene negociaciones con el ICE para la construcción de más embalses reguladores y para procurar una dotación de agua continua para el DRAT (SENARA 2003a). Asimismo, para resolver este problema se está inyectando aguas del Río Cañas (1.50 m³/s) al sistema de riego y está en proyecto la construcción del trasvase del río Corobicí al Canal Oeste, lo cual permitiría agregar 5 m³/s adicionales (SENARA 2003b).

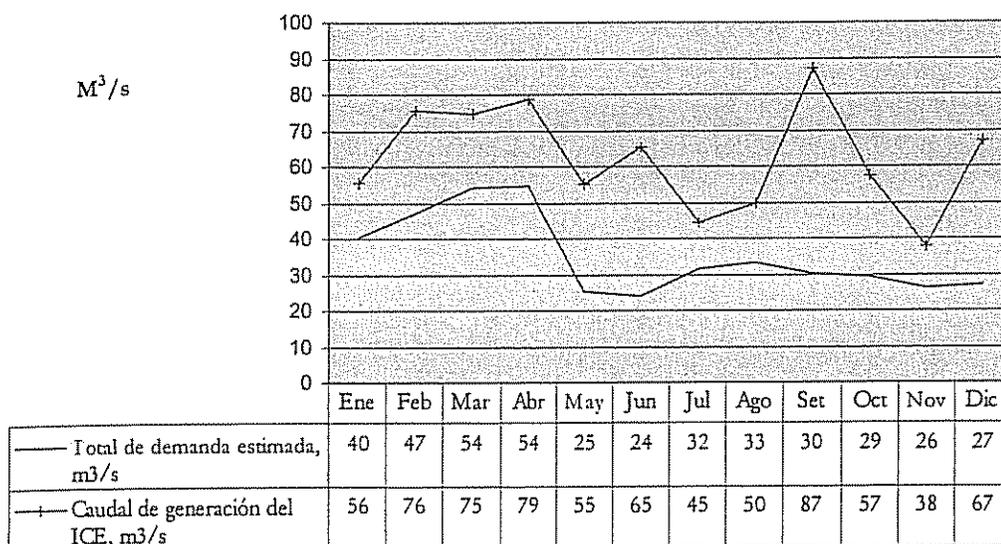
La figura 7 resume el comportamiento de la oferta de caudal proveniente de ARCOSA y la demanda estimada de caudales de ARCOSA para el año 2003⁶⁹.

⁶⁷ La cantidad de energía producida por ARCOSA es determinada por en el Centro Nacional de Control de Energía (CENCE), organización que actúa como comprador y vendedor único bajo una figura de comercializador mayorista. El CENCE asigna con un orden estricto la producción eléctrica: la fuente inicial de energía corresponde a las plantas geotérmicas, seguidas de las empresas privadas generadoras, las plantas del ICE de baja capacidad, el complejo ARCOSA y finalmente las plantas que utilizan combustibles fósiles. CENCE transmite el orden de producción a ARCOSA vía control remoto a cada una de las plantas del complejo (Celis *et al.* 2001; ICE 2003).

⁶⁸ El sistema se nutre además de la precipitación, la cual varía entre los 1500 y 2500 mm promedio anuales, con una distribución estacional que corresponde a un 88% del total entre los meses de mayo a noviembre y solo el 12% a la estación seca de noviembre a mayo (IICA, 1993). La evaporación es especialmente alta de enero a mayo donde llega a 1308 mm, con temperaturas que pasan los 30 °C y hay vientos de hasta 100 km/h (Pizarro y Sepúlveda 1998). Según datos de Hagnauer (1992), los veranos de la zona tienden a ser más extensos y los inviernos generan menor precipitación.

⁶⁹ Estimaciones teóricas hechas por SENARA con base en necesidades de los cultivos, evapotranspiración, precipitación, área cultivada y un nivel de eficiencia dado. Nótese que las demandas de agua estimadas que se presentan en la figura 7, suponen que parte de la demanda hídrica total de los cultivos se suple por medio de la precipitación. Detalles de estas estimaciones se encuentran en el anexo C de este documento.

Figura 7. Tendencias de oferta y demanda de caudales para el DRAT, año 2003



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SENARA

Como se observa en la figura anterior, en ningún mes la demanda promedio supera al caudal disponible promedio, sin embargo, sí existen excesos de demanda en algunos días del mes cuando la generación eléctrica es insuficiente para satisfacer las necesidades del DRAT. En ese mismo gráfico se nota como la demanda total de agua que exige el DRAT del proyecto ARCOSA disminuye significativamente a partir de la segunda mitad del año, debido a que parte de los requerimientos de los cultivos se satisfacen con la precipitación.

Según las estimaciones del ICE proyectadas hasta el 2017, el caudal promedio anual turbinado en Sandillal será de 49,22 m³/s (SENARA 2003b). En este período el caudal anual máximo promedio sería de 63,35 m³/s en el año 2012 mientras que el mínimo sería de 33,64 m³/s en el 2013 (SENARA 2003b). Este último se daría debido al Fenómeno del Niño, lo cual traería baja precipitación para ese año y por ende, problemas operativos serios para el DRAT si no mejoran la eficiencia del uso actual del agua.

La demanda promedio de caudal estimada⁷⁰ en el DRAT está dominada en un 44% por las necesidades del cultivo de arroz. Aunque se había visto en secciones anteriores que la

⁷⁰ La demanda estimada de caudal para el 2003 incluye el Tramo II del Canal Oeste, lo cual implica satisfacer las necesidades de 27,281 ha de cultivos.

piscicultura tenía una importancia muy baja en términos de área, no resulta así cuando se trata de caudal demandado, ya que esta industria ocupa el 26% del promedio total demandado para el año 2003. Esta información se resume en el cuadro 10, el cual se presenta a continuación.

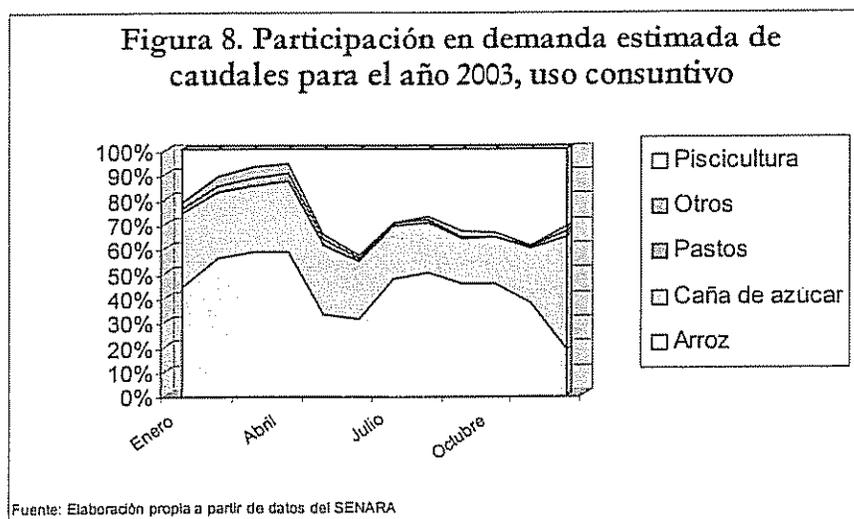
Cuadro 10. Demanda mensual de caudales requeridos para el año 2003, 50 granjas piscícolas													
Cultivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Arroz	17.8 44%	26.5 56%	31.8 59%	31.8 58%	8.3 33%	7.4 31%	15.0 47%	16.5 50%	13.8 46%	13.3 46%	10.0 38%	5.1 19%	16.43 44%
Caña de azúcar	11.9 30%	12.5 26%	14.3 27%	15.8 29%	7.1 28%	5.6 23%	6.7 21%	6.8 21%	5.4 18%	5.4 19%	5.9 22%	12.2 45%	9.15 26%
Pastos	0.9 2%	1.2 3%	1.5 3%	1.6 3%	0.6 2%	0.4 2%	0.5 1%	0.4 1%	0.3 1%	0.2 1%	0.1 0%	0.7 3%	0.70 2%
Piscicultura	8.5 21%	5.1 11%	3.7 7%	3.1 6%	8.6 34%	10.2 43%	9.3 30%	9.0 27%	9.9 33%	9.9 34%	10.2 39%	8.3 31%	7.98 26%
Otros	1.1 3%	1.9 4%	2.7 5%	2.2 4%	0.5 2%	0.3 1%	0.1 0%	0.4 1%	0.8 3%	0.4 1%	0.2 1%	0.6 2%	0.93 2%
Total demanda estimada	40.3	47.3	54.1	54.5	25.1	23.8	31.6	33.2	30.1	29.1	26.4	26.9	35.2 100%

Fuente: Elaborado a partir de datos de caudales calculados por SENARA

La empresa Aqua Corporación Internacional, la cual domina la industria de piscicultura en el DRAT, requiere un flujo constante de cerca de 13 m³/s (Alfaro 2003). Sin embargo, si se observa con detalle los caudales demandados para la piscicultura que se presentan el cuadro 9, se nota que existen variaciones importantes en estos, y en ningún caso llegan a los 13 m³/s.

La razón de esta aparente contradicción es que los datos del cuadro 10 se refieren a caudales no reutilizables o de uso consuntivo⁷¹. El reglamento de piscicultura establece que esta industria debe retornar el agua al sistema cuando el SENARA lo requiera⁷². En verano, como la demanda de los cultivos se incrementa, el SENARA pide retornar los caudales usados en piscicultura. En invierno hay mayor cantidad de caudal no reutilizable en piscicultura puesto que los cultivos demandan menos. De esta forma, y sobre todo en verano, un caudal considerable puede ser utilizado dos veces en el DRAT⁷³.

Con el fin de observar en más detalle la variación mensual de la demanda relativa (la cual se presenta en los porcentajes del cuadro 9) de cada cultivo respecto al total el total de los caudales demandados, se construyó la figura 8. Ahí se observa que la distribución de la demanda de caudales oscila principalmente por los dos ciclos productivos del arroz.



⁷¹ Uso consuntivo del agua (UC) en la producción agrícola se define como la cantidad de agua necesaria para la transpiración y construcción de tejidos de la planta y la evaporación realizada por la superficie del suelo durante el ciclo vegetativo. UC = Agua para tejidos + Transpiración + Evaporación. La transpiración y la evaporación se denominan en forma conjunta como evapotranspiración (Et). Como el agua para tejidos representa alrededor de 1 % del valor total del uso consuntivo, normalmente se considera el valor del uso consuntivo igual a la evapotranspiración. UC = Evapotranspiración (SENARA 2003b).

⁷² El artículo 5 del reglamento de piscicultura (SENARA 2002) establece "Las aguas excedentes de proyectos de piscicultura deben ser devueltas al sistema de riego en el sitio que SENARA defina y de conformidad con la reglamentación vigente sobre la calidad de aguas residuales. Sin embargo, el SENARA podría, por razones de interés público, autorizar que las aguas excedentes no sean devueltas al sistema de riego sino a un drenaje natural".

⁷³ Los análisis de calidad de agua demuestran que el agua devuelta al sistema de riego luego de ser utilizada en tilapia se encuentra dentro de niveles aceptables de calidad según el Reglamento de Vertidos y Reuso de Aguas Residuales del MINAE. El Tribunal Ambiental Administrativo y la ARESEP han declarado sin lugar denuncias de contaminación de las aguas por propietarios de parcelas de arroz que reutilizan las aguas de Aqua Corporación Internacional S.A. (ARESEP 2001).

En el ciclo de verano la importancia relativa del arroz es mayor en las fases de crecimiento y desarrollo del cultivo, mientras que en la época de la cosecha (may-jun), su importancia disminuye significativamente. Este mismo patrón se repite en el segundo ciclo productivo del año, el cual empieza alrededor de junio y julio.

4.2. Estudio de eficiencia de retención en Bagatzí, abril-mayo 2003

Este estudio pretende alcanzar dos objetivos a la vez: servir de base para un diagnóstico rápido de la eficiencia de retención en el área de Bagatzí y principalmente, formar parte de los insumos necesarios para elaborar un estudio de caso, el cual será presentado más adelante para explicar la influencia del marco institucional sobre el uso del agua de riego en el DRAT. Aunque se pudo realizar un estudio de eficiencia de otro tipo, se decidió realizar el estudio de eficiencia de retención para poder comparar los resultados con los de otro similar realizado 10 años antes en el mismo sitio. Adicionalmente, los resultados que se encuentran en el presente estudio de eficiencia de retención pueden motivar un estudio riguroso y actualizado de la eficiencia del uso del agua en el DRAT y a su vez, pueden servir de alerta a los decisores de política y usuarios acerca de los patrones de uso del agua de riego en el sector.

El último estudio de eficiencia en Bagatzí se realizó en 1993 y demostró que el uso del agua en la zona era satisfactorio, a pesar de la ausencia de estructuras adecuadas para la medición de caudales y la presencia de agua en los drenajes (Murillo y Pizarro 1993). Luego de 10 años es necesario comparar ese resultado para poder verificar el estado actual del uso del agua en la zona y tener algunas conclusiones preliminares acerca de la evolución del sistema.

El trabajo se desarrolla en un bloque de 13 parcelas llamado CL-3, ubicado en el Asentamiento Agrícola de Bagatzí. Este bloque está dominado casi por completo por la producción de arroz. Los detalles de la producción en esta región se encuentran en el anexo B de este documento.

La descripción de la metodología de cálculo de la eficiencia de retención se encuentra en la sección de materiales y métodos presentada inicialmente. Retomando algunos conceptos presentados en ese capítulo, se tiene que la eficiencia de retención (ER) es la relación entre el caudal retenido en los límites de la finca y el caudal suministrado a la parcela (Pizarro y Murillo 1993). La ER mide el porcentaje del total de agua aplicada que queda disponible en la parcela para la evapotranspiración e infiltración.

$$ER = \frac{\text{Caudal suministrado} - (\text{Drenaje} + \text{Pérdidas laterales})}{\text{Caudal suministrado}}$$

La definición de ER utilizada en este trabajo es una modificación de la definición anterior ya que se calculó un único nivel de ER para todo el bloque de 13 parcelas, es decir, solo se midió los caudales de entrada y salida del bloque. Esto implica la sobreestimación de los resultados, ya que parte del agua que ingresa al canal regador de CL-3 se pierde antes de llegar a la compuerta de las parcelas. Sin embargo, se espera que estas pérdidas sean mínimas debido a que el canal regador está revestido.

El resumen de los resultados de las mediciones se encuentra en el cuadro 11. Para cada medición se observa los datos de caudales y la ER correspondiente al día de la medición. La medición 4 muestra un caudal de entrada relativamente bajo porque ese día los canales principales tenían muy bajo nivel debido a que el ICE no estaba liberando suficiente agua hacia la zona del DRAT.

Cuadro 11. Eficiencia de retención en el canal CL-3 del regador

Número de medición	Fecha	Caudal de entrada (lt/s)	Caudal de drenaje (lt/s)	Eficiencia de Retención
1	09/04/2003	118	31.2	74%
2	15/04/2003	132.8	32	76%
3	23/04/2003	156	80	49%
4	30/04/2003	58	40	31%*
5	07/05/2003	143	31.2	78%
Promedio total				69%

* Este valor se excluye del cálculo del promedio final

Fuente: Elaboración propia

La ER total se obtuvo a partir del promedio simple de las cada una de las mediciones del período. La ER de la medición 4, la cual luce atípica, se dejó por fuera del cálculo del promedio total por la siguiente razón. La baja eficiencia de ese día puede deberse a que el agua que se estaba drenando pertenece a días atrás cuando el caudal de entrada era alto y no necesariamente se debe a un desperdicio del caudal de entrada del día 30/04/03.

El valor promedio de ER que se obtuvo es 69%, lo cual implica que el 31% del total de agua aplicada se va por el drenaje principal del CL-3. Este bajo valor de ER evidencia falta de preocupación por el manejo de agua en la parcela y por el posible arrastre de partículas de suelo y agroquímicos en solución. Además de los impactos ambientales que esto podría causar, el uso excesivo de agua podría elevar los costos de producción debido al bajo aprovechamiento de cada una de las aplicaciones de agroquímicos.

El agua es entregada a las parcelas a petición del usuario, con el visto bueno del canalero, pero en ningún momento se realiza una medición de la cantidad que entra a la parcela. Esta ausencia de medición puede provocar caudales de entrada diferentes a las necesidades reales del cultivo, lo cual puede incidir en el uso ineficiente del agua de riego y en muchos casos, en el desperdicio del recurso.

Los excesos de aplicación deben corregirse en el corto plazo debido a que el excedente del CL-3 no se reutiliza en otro lugar e incide sobre una mala utilización de los recursos agua y tierra. Incluso varios autores (Pizarro y Sepúlveda 1998, Pizarro y Murillo 1993) proponen que los caudales de drenaje debe ser mínimos y en la mayoría de casos, iguales a cero.

Los resultados del presente estudio contrastan con los resultados obtenidos por Pizarro y Murillo (1993) en el mismo canal CL-3. Los autores citados realizaron su trabajo cuando las parcelas de Bagatzí utilizaban el Río Piedras como fuente de agua para riego. El agua se extraía por medio de cuatro bombas cuyo caudal máximo era alrededor de 950 lt/s (1.58 lt/s por ha).

En esa época el costo del bombeo era subvencionado directamente por el gobierno costarricense. Además, en verano el caudal del Río Piedras disminuía y el agua se convertía en un factor limitante del área sembrada y los rendimientos del arroz. De esta forma el costo y la escasez relativa motivaban a maximizar el uso del agua, reduciendo al mínimo los caudales de drenaje y procurando la reutilización del agua por las parcelas vecinas.

Estos esfuerzos de conservación del recurso hídrico en Bagatzí se reflejaron en un nivel de eficiencia de retención de 93.6% para todo el bloque CL-3, lo cual implica que el 6.4% del agua aplicada en las parcelas se perdía en el drenaje. Este valor es considerado muy bueno por Murillo y Pizarro⁷⁴, no obstante, esos autores insisten en la necesidad de fortalecer la

⁷⁴ Esto también se apoya en otro estudio de Spesny y Murillo (1991) en el primer ciclo productivo del área de Bagatzí. En ese caso se obtuvo un nivel de eficiencia de uso del 47% a nivel de parcela mientras que la eficiencia de conducción llega a un 95.8%.

capacitación a los productores, además de medir y controlar los caudales de entrada y salida a las fincas.

Según los autores anteriores, en el primer ciclo 1992, los productores lograron sembrar el 85% del total del área regable en la zona, a pesar de las limitaciones de agua propias de la época de verano. Esto obligó a los productores a hacer un buen uso del agua y adoptar una actitud comunitaria para compartir las disponibilidades del recurso (Murillo y Pizarro 1993).

Al comparar los resultados de Murillo y Pizarro con los resultados del presente estudio, se nota una desmejora en los indicadores al pasar de 93.6% a 69%⁷⁵. Lo que podría motivar este retroceso es la relativa abundancia y el bajo costo del agua en el presente, así como la consecuente pérdida de organización de los productores y la disparidad actual del calendario de siembra. Este cambio en la estructura organizacional y el entorno del sistema, y su efecto sobre la utilización del recurso hídrico será estudiado con más profundidad en el estudio de caso que se presentará más adelante en este documento.

Por otra parte, las observaciones cualitativas realizadas para el presente estudio de ER se encuentran en el cuadro 12. En este cuadro se observa para cada número o fecha de medición, si la parcela correspondiente se encontraba o no regando, independientemente de la cantidad de agua que entraba a la parcela. También se observa si se mantiene o no lámina de agua, independientemente de la altura de la misma. Por último, se determina si existe agua o no en los drenajes finales y se clasifica a cada parcela según se considere que el drenaje es bajo, moderado o alto, de acuerdo al criterio del observador.

⁷⁵ Como se dijo anteriormente la comparación no es directa ya que hay diferencias metodológicas en los indicadores, no obstante, aunque la ER calculada en el 2003 está sobrestimada, se espera que esto no sea significativo ya que la sobrestimación proviene de ignorar la pérdidas de agua que ocurren desde la entrada al bloque CL-3 hasta cada una de las compuertas de entrada a las parcelas. Como el canal regador CL-3 está revestido de concreto, esta pérdida debe ser pequeña.

CUADRO 12. Observaciones puntuales para el plan de riego de las parcelas de la zona de estudio durante el período de estudio de marzo de 2005.

Número de parcela	Fecha de siembra	Area (ha)	Se encontraba regando					Mantención lámina					Drenaje				
			Día 1	2	3	4	5	Día 1	2	3	4	5	Día 1	2	3	4	5
50 A	2 feb	8.15	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	B	B	A	B	A
50	2 feb	9.91	S	N	S	S	S	S	N	S	S	S	B	B	M	M	B
51	2 feb	9.48	N	S	S	S	S	N	S	S	S	S	0	-	B	B	-
52	3 mar	9.53	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	B	B	-	B	B
53	-	9.41	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
54	2 feb	9.42	N	S	S	N	S	S	S	S	S	S	-	-	B	B	B
55	1 ene	10	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	M	-	0	-	0
56	2 feb	10	S	S	S	N	S	S	N	S	S	S	B	B	0	-	-
57	2 feb	10	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	B	0	M	B	M
58	2 feb	10	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	B	0	M	B	B
59	3 mar	10	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	B	B	B	B	B
60	1 ene	10	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	B	B	M	B	B
61	1 ene	10.84	S	N	S	N	S	S	N	S	S	S	-	-	-	-	M

Fuente: Elaboración propia

Notación: S=Si, N=No, NA=No aplica, 0=cero, B=bajo, M=medio, A=alto, "-" = no se tomo en cuenta porque no se podía observar el drenaje debido a la presencia de maleza.

Nota: La parcela 53 no aplica porque apenas se preparaba la tierra para sembrar caña

En el cuadro 12 se observa que en condiciones normales, prácticamente todas las parcelas se encontraban regando al momento de las mediciones. La excepción la constituye la medición 4, la cual fue tomada en un día inusual donde el caudal era relativamente bajo por la escasa generación del ICE. Lo importante de resaltar es que en ese día las parcelas que recibieron agua fueron las cuatro primeras del canal, lo cual evidencia que la ubicación de una parcela dentro del bloque es importante y que las oscilaciones del caudal principal pueden incidir en distribuciones no equitativas en los canales regadores.

En relación a las láminas de mantenimiento, casi todas las parcelas mantenían un nivel de lámina. Aunque no se midió la altura de las mismas, se podía observar una alta variabilidad de una parcela a otra y además diferentes niveles de humedad dentro de la misma parcela. Esto podría incidir negativamente sobre el desarrollo adecuado de los cultivos y constituiría por lo tanto, un uso inadecuado del agua de riego.

En relación a los caudales de drenaje, los mismos casi siempre se encontraban presentes en todas las parcelas. Había importantes variaciones de una parcela a otra pero se identificaba una

leve tendencia a que las parcelas ubicadas en la parte alta del CL-3, tenían caudales de drenaje relativamente altos. Es puede ser consecuente con un mayor caudal de entrada en las parcelas de la parte alta del bloque, lo cual sugiere la necesidad de colocar estructuras de medición en las parcelas para lograr un uso más racional y equitativo del recurso hídrico.

Finalmente, este estudio de eficiencia de retención descuida otros aspectos fundamentales en la evaluación de la eficiencia de uso del agua en la parcela. Un estudio más riguroso requiere medir las necesidades reales de la planta, la infiltración básica, la altura de la lámina de agua y la irregularidad de la humedad en el perfil del suelo.

Asimismo se debe tener presente que un estudio de la eficiencia en el uso del agua no solo debería incluir el desperdicio de agua sino también el momento oportuno para regar, la cantidad que se debe aplicar, además de la forma y lugar de aplicación del agua. Conociendo estos elementos, se podría tener una idea más precisa del uso adecuado o eficiente del agua, las necesidades de capacitación y la relación de estos elementos con la producción obtenida por parcela.

4.3. Productividad del uso del agua en el DRAT

Como se destacó anteriormente, el concepto tradicional de eficiencia de uso del agua ignora el manejo integral del recurso hídrico y el potencial de reutilización del agua de riego (Bandaragoda 2001). Esto se debe tener presente para evitar conclusiones erróneas que conduzcan a una mala administración y asignación de los recursos hídricos.

Aún cuando se tenga presente estas distinciones, el concepto de eficiencia de uso no indica la cantidad de alimento que puede ser producida por unidad de agua utilizada en la agricultura. Esto es fundamental, ya que el entorno exige producir más alimentos con una dotación fija o decreciente de recursos hídricos.

La productividad del agua en la agricultura es un concepto que indica la cantidad de un cultivo que se puede obtener por unidad de agua utilizada en su producción. La productividad del agua puede ser incrementada al producir la misma cantidad de producto con menos agua o bien produciendo una mayor cantidad de producto agrícola pero con la misma cantidad de agua (Barker y Molden 2001).

Aunque la definición de productividad del uso del agua en términos de unidades físicas tiene la ventaja de comparar con facilidad la evolución de un mismo cultivo en diferentes años, la misma no permite las comparaciones entre cultivos. En cambio, la definición de productividad en términos monetarios permite la comparación entre cultivos así como el seguimiento de un cultivo a través de los años⁷⁶.

Asimismo, la productividad del uso del agua en términos de valor productivo destaca la importancia del agua de riego como generadora de riqueza en el campo agrícola⁷⁷. El agua se constituye así en el insumo productivo esencial, sin el cual sería casi imposible la producción en zonas secas y por ende, se convierte en factor determinante para generar ingresos a los productores.

En relación al DRAT, el servicio de riego ofrecido en la zona ha permitido elevar la productividad de la cosecha de arroz en secano de 3000 kg/ha a 5500 kg/ha, mientras que en la caña los rendimientos pueden pasar de 70 ton/ha por año a 100 ton/ha por año (Pizarro y Sepúlveda 1998). No obstante, no se tienen datos reales ni sistemáticos de la productividad del uso agua en el DRAT.

A continuación se realiza una aproximación a la productividad del uso del agua en términos monetarios para el DRAT, basada en los volúmenes de consumo de agua estimados por SENARA y los datos de rendimientos y precios brindados por el MAG, CNP, SENARA, CONARROZ, PROCOMER, INCOPECA y el CENADA. Los productos analizados se escogieron por su importancia relativa en términos de área ocupada dentro del DRAT y la disponibilidad de datos. Los detalles de las estimaciones se encuentran en el anexo D. El cuadro 13 se resume los cálculos.

⁷⁶ La comparación entre años solo es posible si mantienen los precios constantes.

⁷⁷ El agua de riego deriva su valor de la contribución que realiza sobre los beneficios de los productores. El US Water Resources Council, recomienda que la valoración del agua de riego se haga con base en el método CINI (Change in Net Income). Esto se resume en el cálculo de los beneficios del productor en dos situaciones: una sin riego y la otra con riego. La diferencia de ambas es el valor del agua de riego (Young 1996).

Cuadro B. Estimación de la productividad del uso del agua en el IRRAT, año 2008

(1) Cultivo	(2) Volumen estimado de demanda hídrica anual, (m ³ /ha)	(3) # Cosechas potenciales al año	(4) Rendimiento por hectárea	(5) Precio en colones por unidad de medida del rendimiento	(6) Valor de la producción potencial anual por hectárea, colones	(7) Diferencia relativa del valor de la producción por hectárea respecto al valor generado por el arroz	(8) Productividad del uso del agua (colones/m ³)	(9) Diferencia relativa de la productividad del uso del agua respecto al valor de la productividad del uso del agua en arroz
Arroz	34,425	2	5 toneladas	¢ 98,370	¢ 983,696	-	¢ 29	-
Caña	22,041	1	90 toneladas caña	¢ 9,000	¢ 810,000	-18 %	¢ 37	29 %
Pastos	14,937	8	5.25 toneladas secas	¢ 40,000	¢ 1,680,000	71 %	¢ 112	294 %
Tilapia	905,202	Continua	50.36 toneladas	¢ 2,996,760	¢ 150,915,971	15242 %	¢ 167	483 %
Sandía	3,743	4	15 toneladas	¢ 100,000	¢ 6,000,000	510 %	¢ 1603	5,509 %

Fuente: Elaboración propia a partir de datos secundarios

Nota 1: Para todos los cultivos se supone riego por gravedad con una eficiencia del 40% para arroz y 60% para el resto

Nota 2: En la actualidad los pastos y sandía solo producen la mitad del número de cosechas potenciales. Los otros cultivos producen el número de sus cosechas potenciales

Nota 3: El valor de la producción se obtiene de multiplicar el # de cosechas potenciales anuales, el rendimiento por ha y el precio de la unidad de medida

En el cuadro 13 se presenta dos tipos de análisis, el primero destaca la productividad por unidad de tierra utilizada mientras el segundo se concentra en la productividad por unidad de agua usada en la producción.

La columna 6 del cuadro en cuestión contiene la información del valor anual de la producción potencial por hectárea. En este caso, la tilapia es la actividad que genera más ingresos por hectárea al superar los 150 millones de colones, cifra muy superior a la obtenida por cualquier otra actividad productiva que se desarrolle en el DRAT. De hecho, si se compara la productividad por hectárea de la tilapia respecto al arroz⁷⁸, se observa que la primera genera 15,242 % más de valor que la segunda.

No obstante, la comparación del arroz con las otras actividades no es tan dramática. Como se observa en la columna 7 del cuadro anterior, la diferencia en la generación de valor por hectárea entre caña y arroz es relativamente pequeña. El arroz muestra una ligera ventaja sobre el valor generado por la caña de azúcar pero es superado en 71% por los pastos y en 510% por la sandía.

Aunque el arroz mantiene una importancia preponderante dentro del DRAT en términos de área ocupada⁷⁹, su contribución como actividad generadora de valor por hectárea no es tan importante sino que es superada por todas las otras actividades analizadas, a excepción de la caña, la cual genera un 18% menos de valor por hectárea del DRAT ocupada en la actualidad.

Si se compara los cultivos con base en la productividad por unidad de agua utilizada, los resultados anteriores varían significativamente. La columna 8 destaca el valor generado en colones por cada metro cúbico de agua proveniente de ARCOSA utilizado en distintas actividades productivas dentro del DRAT. En dicha columna se observa que de los cultivos analizados, la sandía es el que permite generar mayor valor de producción por metro cúbico de agua utilizado hoy día en el DRAT.

La producción de tilapia es la actividad que genera más valor por hectárea en el DRAT, sin embargo, dada la gran cantidad de agua que consume⁸⁰, la productividad por metro cúbico de agua utilizado es relativamente bajo (167 colones) comparado con otras actividades.

⁷⁸ Se elige al arroz como patrón de comparación debido a su importancia en términos de área dentro del DRAT.

⁷⁹ El 47% del total de 27281 hectáreas de cultivos para el 2003.

⁸⁰ Recordar que para el caso de la tilapia, se considera que la industria consume agua cuando no la devuelve al sistema de riego para que otros cultivos del DRAT la utilicen. En promedio, la tilapia solo devuelve el 31% del caudal promedio que le entregan en el año. Ver más detalles en anexo D.

En la columna 9 se observa que la tilapia genera 483% más valor por metro cúbico de agua utilizado en comparación al arroz. Esta diferencia es importante, pero no tan marcada como la que se encontró entre arroz y tilapia cuando se hizo la comparación con base en el recurso tierra. Esto sugiere que la tilapia es una actividad muy rentable por unidad de tierra utilizada en comparación al arroz, pero no lo es tanto cuando se trata de la cantidad de agua utilizada. Esta distinción es importante para realizar una adecuada valoración del recurso hídrico como insumo productivo, ya que cada actividad genera rentabilidades muy diferentes por metro cúbico usado en la producción.

De forma similar al análisis por hectárea, aunque el arroz tiene una alta participación en el DRAT en términos de área, este cultivo muestra dentro de los cultivos analizados, la más baja productividad por metro cúbico de agua proveído por SENARA. Esto es una fuerte llamada de atención para los productores de arroz y decisores de política en el DRAT, ya que el cultivo que ocupa más área en el DRAT, es poco productivo en términos de área y cantidad de agua utilizada.

Las posibilidades de incrementar o al menos sostener la productividad del arroz, se ven restringidas por la aparición de malezas, la escasa asistencia técnica, la falta de investigación en nuevas variedades de semillas⁸¹, las plagas y la falta de rotación de cultivos que permitan la recuperación de los suelos. No obstante, la productividad podría ser mejorada si se promueve con más fuerza los métodos de siembra directa y de arroz de transplante, los cuales tienen la ventaja adicional que reducen los costos de producción y podrían permitir hasta 3 cosechas al año (González 2003).

Los esfuerzos por elevar la productividad del uso del agua en el arroz son ineludibles en un entorno donde la creciente población mundial exige más arroz para su alimentación, pero paralelamente se hacen predicciones de mayor escasez de los recursos hídricos. Siendo el cultivo de arroz básico en la dieta de la mayoría de países del mundo, las presiones mundiales se dirigen a que los productores produzcan más arroz con menos agua (Guera *et al.* 1998). Costa Rica no escapa a esta realidad, mas aún cuando el Fenómeno del Niño podría traer una disminución significativa de la oferta de agua en el DRAT en el año 2013. Por estas razones, la

⁸¹ Las variedades más comunes son CR-1113, CR-1114 y CR-5272. Tienen más de 25 años de haber sido introducidas y presentan susceptibilidad a enfermedades (Pérez 2002).

sostenibilidad de la producción de arroz en el DRAT depende de los esfuerzos que se hagan por elevar su productividad en el uso del agua.

Todo el análisis anterior es preliminar, dada la naturaleza teórica de las estimaciones de consumo de agua. No obstante, para manejar adecuadamente el recurso hídrico en el DRAT es fundamental tener estimaciones reales que sirvan para fijar parámetros, a partir de los cuales se hagan monitoreos periódicos que brinden información para encauzar los esfuerzos por elevar la productividad del uso del agua a nivel de todo el sistema del DRAT.

Finalmente, todo el análisis presentado sobre la productividad del uso del agua en el DRAT es estático. Esto implica que se mantienen constantes los precios de los productos y los rendimientos físicos por hectárea. Con un modelo de programación lineal sería posible determinar la conformación óptima del DRAT en términos productivos y analizar el impacto de variaciones en precios de cultivos o insumos sobre esta conformación. Como el lector puede notar, esto no se alcanza con el análisis presentado en este documento.

5. Efecto de los incentivos económicos en el uso del agua de riego

La Declaración de Dublín de 1992⁸² estableció cuatro principios básicos que deben regir la formulación de políticas de recursos hídricos a nivel nacional e internacional. El cuarto principio es el siguiente: "El agua tiene un valor económico en todos sus usos diversos y debería reconocérsele como un bien económico" (ICWE 1992).

A partir de esta declaración, el uso de incentivos económicos y herramientas de mercado ha recibido especial interés a nivel mundial como mecanismos para motivar el ahorro y uso eficiente del agua en sus diversos usos. La definición del agua como bien económico lleva inherente el concepto de escasez y por ende, la necesidad de asignar el recurso eficientemente entre diversos usos alternativos⁸³.

El uso del agua en la agricultura ha recibido especial énfasis debido a que este sector representa entre un 70% a 80% del total de agua consumida en el mundo⁸⁴, con un nivel estimado de eficiencia del uso del agua que oscila entre un 40% y 50%⁸⁵ (Tiwari y Dinar 2001). Estas cifras señalan que la prioridad a nivel mundial para incrementar el ahorro de agua se debe dirigir a incrementar la eficiencia de uso y la productividad por unidad de agua utilizada en la agricultura. Los incentivos económicos, implementados correctamente, han demostrado ser herramientas útiles para elevar los niveles de eficiencia del uso del agua en la agricultura (Tiwari y Dinar 2001).

Para el caso del riego, los incentivos económicos se definen como mecanismos o señales que afectan los procesos de decisión de los usuarios del agua, motivándolos a utilizar el recurso de forma más racional. Existe una amplia variedad de estos incentivos, los cuales deben ser establecidos tomando en cuenta la realidad física, institucional, socio-económica y política prevaleciente. Entre ellos se destacan: tarifas volumétricas, subsidios, impuestos, cuotas transferibles y derechos de propiedad.

⁸² Esta declaración surgió en el marco de la Conferencia Internacional del Agua y el Ambiente, realizada en Dublín, Irlanda, en enero de 1992. En este lugar se reunieron quinientos participantes, entre los que figuraban expertos designados por los gobiernos de cien países y representantes de ochenta organizaciones internacionales, intergubernamentales y no gubernamentales.

⁸³ El agua también se define como un bien social, esencial para la vida y salud de las personas. Asimismo el agua tiene importancia cultural, religiosa y ecológica. Las herramientas de mercado usualmente no satisfacen estos valores por lo que es necesario una fuerte intervención estatal que regule y procure el alcance de estos objetivos. El dilema consiste en conciliar el concepto de bien económico y bien social. Más detalles de esta disyuntiva se encuentran en *The New Economy of Water*, escrito por Peter Gleick y otros autores.

⁸⁴ En algunos países en desarrollo alcanza el 90% del total del uso en los respectivos países (Postel 2001)

⁸⁵ Esto varía según la medida de eficiencia utilizada: eficiencia de conducción, eficiencia a nivel de parcela, eficiencia ambiental, eficiencia institucional, eficiencia económica, eficiencia del sistema, entre otras.

Para elegir entre estos instrumentos no solo es necesario conocer el entorno sino priorizar de acuerdo al impacto deseado sobre el ahorro de agua, los costos de transacción y la factibilidad de aplicación. La evidencia mundial en cuanto a la aplicación de estos mecanismos es diversa ya que aunque hay algunos casos exitosos también han habido bastantes fracasos, sobretodo relacionados con una mala implementación de los incentivos (Tiwari y Dinar 2001).

La mayoría de sistemas de riego en el mundo utilizan sistemas de tarifas basados en un cobro por hectárea (Johansson 2002, FAO 2001). Adicionalmente, estos cobros suelen ser muy bajos, lo cual provoca dos problemas serios. El primero es que los usuarios reciben señales inadecuadas acerca de la escasez del recurso, lo cual les lleva a creer que el mismo es infinito y que por lo tanto, pueden obtener toda el agua que quieran. El segundo problema es que las organizaciones que administran los sistemas de riego se encuentran con recursos insuficientes para ofrecer un servicio apropiado a los productores en términos de calidad y cantidad de agua (FAO 2001).

Debido a los problemas anteriores, países como México, Marruecos, Australia, Colombia y la Unión Europea, entre otros, han dado pasos lentos pero irreversibles hacia modelos de gestión hídrica que eliminan la gratuidad del agua de riego y que buscan la autonomía financiera de las organizaciones administradoras de estos servicios (FAO 2001). Estas reformas involucran, en diferente grado, la implementación de tarifas de cobro basadas en el volumen de agua aplicado por cada productor a su parcela.

Los objetivos principales que persiguen las reformas en tarifas de riego son las siguientes (Bureau of Reclamation 1997, FAO 2001):

- a) Desalentar el consumo excesivo: Cuando existe agua de costo cero para el agricultor, el mismo aplicará agua hasta el punto donde su beneficio marginal sea también cero. En este punto el productor no tiene incentivos para racionar la aplicación del agua y más bien, cualquier intento por hacerlo le puede acarrear costos relativos a mayor mano de obra y atención, entre otros. Cuando el precio del agua es mayor que cero, el productor disminuirá su consumo hasta el punto donde la tarifa se iguale al beneficio que aporta la última unidad aplicada.
- b) Generar mayores recursos financieros: Se busca autonomía financiera y mayores posibilidades de mantener o ampliar infraestructura, además de mejorar el servicio.

- c) Mejorar la equidad: Los usuarios pagan por lo que consumen. Los que consumen más, pagan más, mientras que los austeros o eficientes, son premiados con una tarifa pequeña.
- d) Incrementar la legitimidad social de los usuarios de agua: Esto al demostrar que el colectivo de usuarios contribuye a financiar los costos del sistema. La legitimidad también se logra al reducir la dependencia de los recursos del Estado.
- e) Financiar costos de tratamiento y gestión de aguas de drenaje: Esto es deseable cuando por ejemplo, existen problemas de salinidad o concentración de compuestos químicos que deterioran ambientes naturales vecinos o acuíferos.
- f) Promover la adopción de tecnologías eficientes de riego: Estos métodos son deseables porque elevan la eficiencia de aplicación del agua (Ray 2002).

A pesar de esta serie de beneficios que ofrecen las tarifas que gravan el consumo, en la práctica su implementación tiene bastantes dificultades. Entre las más importantes se destaca:

- ♦ El tiempo requerido para el diseño, la implementación y seguimiento de nuevos sistemas de tarifas puede ser muy extenso. Esto porque las reformas requieren, en la mayoría de los casos, de cambios drásticos en la organización que administra el sistema. Es necesario a su vez, un sistema eficiente de facturación y cobro, entendible por los funcionarios y usuarios del servicio (Bureau of Reclamation, 1997).
- ♦ En casos donde el costo total del agua es muy bajo en relación al costo total de producción de los usuarios de riego, no es viable desde punto de vista político, elevar las tarifas hasta un punto donde puedan afectar significativamente la demanda de agua e influir sobre las decisiones de traslado de los productores hacia cultivos menos intensivos en el uso del agua (Ray, I 2002; Ray y Gül 1999). Las demandas inelásticas en los segmentos de bajos precios, provocan que los cambios que son significativos sobre el uso del agua, son políticamente inaplicables debido a la magnitud del cambio necesario en las tarifas. Por otro lado, los cambios que son políticamente viables, no producen mayor efecto sobre la demanda del agua porque no afectan significativamente el pago de los productores (Ray y Gül 1999).
- ♦ Las reformas provocan resistencia entre los usuarios (Bureau of Reclamation 1997). Esto se agrava si el consumo de los usuarios se mantiene constante luego del cambio de tarifa, lo cual en la mayoría de casos, incrementaría los gastos de los productores. Lo anterior

se complica aún más cuando los usuarios están organizados en grupos que pueden ejercer presión sobre la clase política gobernante.

Una forma de reducir la oposición al cambio es promover un sistema fácil de entender por todos los participantes y que represente un cambio modesto respecto al sistema de cobro anterior (Bureau of Reclamation 1997, FAO 2001).

- ♦ El costo de establecer equipos de medición precisa puede ser excesivo. En casos donde no se espera que los usuarios cambien significativamente su demanda de agua, el costo no sería compensado por las ganancias en eficiencia y por lo tanto, sería más conveniente seguir con un esquema de tarifa fija (FAO 2001).

5.1. Evaluación del sistema de tarifas de riego en el DRAT

Un sistema de tarifas cumple varias funciones simultáneas. Entre ellas se destaca la generación de ingresos para la organización que administra el servicio, la asignación de costos entre los distintos usuarios y la provisión de incentivos para utilizar el agua eficientemente (Hanemann 1997).

En relación con la generación de ingresos, un sistema de tarifas se debe evaluar en términos de su capacidad para permitir autonomía financiera a la organización administradora y la estabilidad de los ingresos generados. Adicionalmente, la flexibilidad administrativa para ajustarse a modificaciones tarifarias y la simplicidad en el cobro son elementos de consideración en la generación de ingresos.

Respecto a la asignación de costos entre los usuarios, Hanemann (1997) destaca la importancia de la equidad y la eficiencia económica. El primer elemento se refiere a que los costos del servicio se deben asignar de forma no arbitraria entre los usuarios, con el cuidado de evitar los subsidios cruzados entre grupos o usuarios individuales. Por otra parte, la eficiencia económica exige que la asignación de costos provocada por las tarifas en uso, reflejen el costo privado y social de la provisión del servicio a distintos usuarios.

Finalmente, la generación de incentivos no solo debe promover la eficiencia económica sino también la conservación del recurso y la promoción de inversiones en equipo de riego eficiente. Asimismo, la estructura de tarifas debe ser transparente y fácil de entender, de tal

forma que las señales que reciben los usuarios les permitan elaborar sus planes de producción con un mínimo nivel de incertidumbre.

Al evaluar el sistema actual de tarifas del DRAT a través de las funciones descritas anteriormente, se encuentra que aunque el sistema de cobro es muy simple administrativamente, no logra generar ingresos suficientes para la operación normal del Distrito ni tampoco provee incentivos para que los usuarios utilicen el agua eficientemente.

Actualmente el SENARA cobra una tarifa de 18,630 colones anuales por hectárea de cultivos, independientemente de la cantidad de agua consumida⁸⁶. En otras palabras, más que una tarifa de riego, el monto cobrado por SENARA constituye un impuesto a la tenencia de tierra que se sirve del riego. La recaudación de esta tarifa es muy fácil porque no requiere medición volumétrica ni un costo administrativo alto. Asimismo, este cobro fijo hace que las predicciones de ingresos para SENARA sean muy confiables porque basta conocer el área regable neta del DRAT en un año particular y multiplicarla por la tarifa esperada en ese momento.

No obstante, existen dos excepciones a la tarifa fija por hectárea. La primera corresponde al sistema de riego por bombeo, el cual paga una tarifa de 1.10 colones por cada metro cúbico de agua consumida⁸⁷ y cubre a 1200 hectáreas de cultivos. La segunda excepción corresponde a 288 hectáreas dedicadas a la industria de piscicultura, las cuales pagan una tarifa de riego que incluye componente fijo por hectárea regable neta y una cuota complementaria por volumen de agua consumido⁸⁸.

En el capítulo de diagnóstico de la situación actual del DRAT se destacó que las tarifas que cobra el SENARA por el servicio de riego están subsidiadas por el gobierno central. Con base en la información disponible se determinó que el DRAT opera con pérdidas operativas de 1,657 millones de colones para el período de 1997 al 2002. Estos datos demuestran que el sistema actual de tarifas no es capaz de brindar autonomía financiera al sistema, lo cual podría comprometer la permanencia de la institución en el largo plazo.

⁸⁶ Según resolución de la ARESEP, RRG-2671-2002 del 22 de julio del 2002. La tarifa se aplica sobre el área regable neta. La tarifa se determina de acuerdo a las necesidades reales de recursos del DRAT. Para ello se toma el total de gastos operativos del DRAT, se les rebaja las partidas de otros ingresos, la subvención del Estado y el alquiler de maquinaria. El monto resultante se divide entre el número de hectáreas servidas en el año respectivo.

⁸⁷ Se desglosa en 0.90 colones de COM y 0.20 colones de CRI (ARESEP 2002).

⁸⁸ En este caso la fijación de la tarifa es potestad de la Contraloría General de la República. En la actualidad, ese cobro genera un ingreso promedio de 4.5 millones de colones mensuales para el SENARA (SENARA 2002).

Por otra parte, la tarifa actual provoca una asignación de costos no equitativa entre los usuarios. En el cuadro 14 se observa como el sistema de tarifa fija por hectárea implica un costo excesivo para los cultivos que demandan menos agua, constituyendo a su vez, un subsidio implícito de estos cultivos hacia aquellos que demandan una mayor cantidad de agua.

Cultivo	Consumo de agua estimado anual, (m ³ /ha)	# Cosechas potenciales al año	Tarifa de riego por hectárea, colones	Precio por m ³ consumido al año, colones	Incremento en pago por m ³ en relación al arroz
Arroz	34,425	2	¢ 18,630	¢ 0.54	-
Caña	22,041	1	¢ 18,630	¢ 0.85	56 %
Pastos	14,937	8	¢ 18,630	¢ 1.25	130 %
Sandía	3,743	4	¢ 18,630	¢ 4.98	820 %

Fuente: Elaboración propia a partir de estimación de volúmenes demandados por parte del SENARA

Nota 1: Por consumo anual se entiende el total de agua que se debe aplicar a la hectárea del cultivo en un año. Para todos los cultivos se supone el uso de riego por gravedad con una eficiencia del 40% para arroz y 60% para el resto

Nota 2: El volumen de consumo de agua estimado se hizo con base en el número de cosechas potenciales en un año en el DRAT

El arroz es el producto agrícola del DRAT que demanda más agua por hectárea al año. Sin embargo, al dividir la tarifa de riego que paga cada uno de los cultivos del DRAT por la cantidad de agua que cada uno aplica a su parcela, se obtiene que los productores de arroz son los que menos pagan por cada m³ de agua aplicado al año (0.54 colones por metro cúbico).

Esta discriminación por cultivo que introduce el sistema de tarifa fija, implica que los cañeros pagan un 56% más por cada m³ utilizado, en comparación al arroz. Para otros cultivos, la diferencia en el pago es más dramática, por ejemplo, la sandía paga 820% más por m³ utilizado en comparación al arroz⁸⁹.

La anterior desigualdad elimina la posibilidad de que el precio del agua sirva de mecanismo de envío de señales a los productores para que se trasladen a cultivos que demanden menos agua. Igualmente, limita el incentivo para hacer inversiones en equipo de riego, reduce las

⁸⁹ Para el caso de la sandía y los pastos, la discriminación es aún mayor a lo reportado ya que en este análisis se supone que el volumen estimado de demanda hídrica (3,743 y 14,937 m³, respectivamente) es para el máximo de cosechas potenciales, sin embargo, en la actualidad estos cultivos solo producen la mitad de estas cosechas y por lo tanto su consumo de agua es considerablemente menor.

necesidades de capacitación en el manejo eficiente del agua, incrementa las posibilidades de generar impactos ambientales negativos por la sobre utilización del recurso y desacelera la búsqueda de variedades de cultivos más resistentes a la sequía.

El sistema de tarifa fija por hectárea aplicado en el DRAT no solo provoca discriminación entre cultivos sino también dentro de cada uno de ellos. El sistema premia a los ineficientes, ya que aquellos productores que por negligencia o desconocimiento utilizan más agua que otros productores del mismo cultivo, pagan menos por cada m³ utilizado. De esta forma, no hay incentivos para que los productores aprovechen el agua eficientemente y traten de ser más competitivos que los otros.

De esta forma, la tarifa fija no promueve la reducción de costos a través de un manejo racional del agua sino todo lo contrario, cualquier intento de reducir el desperdicio de agua implica un costo para el usuario en términos de mano de obra, coordinación con el canalero y capacitación, entre otros. Como cada hectárea cultivada paga lo mismo independientemente de la cantidad de agua consumida o de lo eficiente que sea el productor en utilizar el agua, no hay incentivos para conservar al agua de riego.

Por otra parte, el sistema actual desconoce por completo el costo que implica la provisión del agua en las partes altas de la cuenca. Los usuarios del DRAT no reconocen el servicio ambiental hídrico que ofrecen los dueños de tierras de las zonas cercanas al Lago de Arenal. Asimismo, los costos ambientales de la sobreutilización del agua que se observa en la zona limítrofe de Palo Verde, no son cubiertos de ninguna forma por los productores que drenan sus excesos de agua de riego a este lugar. Los argumentos anteriores implican que las tarifas actuales están lejos de reflejar el costo social del uso del agua de riego en el DRAT.

5.2. Diseño de un sistema óptimo de tarifas

La regulación o fijación arbitraria de tarifas en servicios públicos como el sistema de riego del DRAT, es necesario porque constituyen una forma de organización económica conocida como monopolio natural⁹⁰. En ausencia de regulación, los monopolistas tienden a ofrecer una menor cantidad y un precio más alto del que se hubiera cobrado en un escenario competitivo. Para regular este comportamiento hay varias opciones, las cuales se describen a continuación.

Desde el punto de vista teórico, la economía del bienestar establece que la producción de un bien será eficiente económicamente si ocurre en el punto donde el costo adicional de producir una unidad extra del bien (costo marginal) se iguala al beneficio adicional (beneficio marginal) que reporta el consumo de dicha unidad⁹¹. Este nivel de producción maximiza el bienestar de la sociedad y constituye un punto Pareto eficiente, es decir, una situación donde no es posible lograr una redistribución de los recursos para que algún individuo mejore sin que otro empeore su situación.

El principio anterior es la base de la teoría de *marginal cost pricing*, la cual se utiliza frecuentemente para recomendar tarifas óptimas económicamente. El argumento del *marginal cost pricing* establece que dada una capacidad productiva de la sociedad en un momento en el tiempo, el aumento en la producción de un bien implica necesariamente el sacrificio de la producción de otro. En el óptimo de bienestar social, el beneficio de producir esa unidad extra debería ser igual al costo de dejar de recibir los beneficios de la unidad sacrificada.

De esta forma, si se quiere asegurar que la producción de un bien sea eficiente económicamente, el precio⁹² del mismo debería ser igual al costo marginal de su producción, o lo que es lo mismo, en el margen, el precio del bien debería reflejar su escasez relativa.

La teoría económica hace una distinción entre el corto plazo y el largo plazo. El primero se refiere a una situación donde al menos un insumo productivo no se puede variar, usualmente el capital. El largo plazo es una situación donde todos los insumos son variables, incluido el capital. Esta distinción obliga a definir un costo marginal a corto plazo (CMgCP) y otro a largo plazo (CMgLP).

⁹⁰ El monopolio natural surge por la sub-aditividad de costos, lo cual cuando el costo de ofrecer un bien es menor para una sola empresa que un grupo de las mismas.

⁹¹ Esto supone que los beneficios y costos marginales son idénticos a los beneficios y costos marginales sociales.

⁹² Se supone que el precio refleja la disposición de pago del individuo por disfrutar de una unidad extra. Esto debería ser idéntico al beneficio marginal que le produce su consumo.

Bajo el enfoque del *marginal cost pricing*, la tarifa de riego óptima debería ser igual al costo marginal a largo plazo. Dado que la estructura de costos a largo plazo de un sistema de riego suele ser escalonado, debido a las discontinuidades provocadas por diferentes escalas, lo óptimo es definir un sistema de cobro volumétrico que establezca una tarifa creciente por bloques de consumo. Los bloques actuarían como elementos disuasorios de patrones excesivos de consumo, evitando así la construcción de nuevas infraestructuras de baja probabilidad de explotación a su máxima capacidad (FAO 2001).

La ventaja principal de fijar la tarifa de riego con base en el CMgLP, es que se envían señales correctas acerca de la escasez del recurso, lo cual motiva una asignación eficiente en el tiempo. No obstante, la determinación de los costos marginales en la práctica es muy complicada. La mayoría de costos asociados al servicio de riego no varían directamente con la cantidad de agua servida a los usuarios. Asimismo, la relativa inestabilidad de la demanda de riego, sumado a la dificultad de alterar la capacidad del sistema fácilmente, provoca que este deba operar con un exceso de capacidad para poder atender la demanda en momentos críticos (Hanemann 1997).

Las variaciones de demanda estacionales entre verano e invierno por ejemplo, introducen más complicaciones a la determinación del verdadero costo marginal en cada momento del tiempo. En períodos de verano, donde la escasez es severa, el precio de agua debería incrementarse significativamente, lo cual afecta a los grupos de bajos ingresos (Johansson 2002).

Un esquema de tarifas óptimo debería captar todas las complicaciones anteriores para cada tipo de productor particular, lo cual lo convierte en una herramienta imposible de manejar en la vida real. Por ello muchas recomendaciones de fijación de tarifas se apartan del *marginal cost pricing* y entran en lo que la literatura denomina *second best*⁹³.

Siempre que el costo marginal sea menor que el costo promedio de producción, la fijación de precios de acuerdo al costo marginal producirá pérdidas operativas. Para evitar este problema, se suele fijar el precio de acuerdo al costo medio, sin embargo, este obliga a desviarse de los objetivos de eficiencia económica. Para minimizar este problema, la literatura del *second best* recomienda que en estos casos la forma óptima de separarse de la regla de los costos marginales es aplicar la Regla de Ramsey y la tarifa en dos partes (*two-part tariff*).

⁹³ La teoría del *second best* fue elaborada por Lipsey y Lancaster en 1956. En resumen, esta teoría establece que si una de las condiciones de eficiencia paretiana no se cumple, mantener las otras condiciones de eficiencia no es deseable.

La Regla de Ramsey establece que la forma óptima de alejarse del cobro con base en los costos marginales, es ajustar los precios en relación inversa con las elasticidades de demanda de cada tipo de consumidor. No obstante, esta solución también tiene dificultades de aplicación práctica. La cantidad de información necesaria para determinar cada elasticidad de demanda puede ser inmanejable. Además, cobrar precios diferentes a cada consumidor viola el principio básico de equidad que debe regir en un sistema de tarifas de riego.

La tarifa en dos partes sugiere combinar un cobro fijo y un cobro basado en el costo marginal. El cobro fijo permite alcanzar los ingresos necesarios para cubrir los costos medios del sistema mientras que el componente variable envía señales acerca de la escasez del recurso. El inconveniente de esta tarifa es que si el componente fijo es muy alto, algunos consumidores podrían optar por salirse del sistema, lo cual desde el punto de vista social podría ser no deseable. Obviamente, el cálculo del costo marginal en este caso, también encierra todos los problemas descritos para el *marginal cost pricing*.

Conocer con precisión los costos marginales a corto plazo y largo plazo del servicio de riego en el DRAT no escapa de las dificultades técnicas discutidas anteriormente, lo cual hace que aplicar el *marginal cost pricing* en este contexto sea prácticamente imposible. Por esta razón, a continuación se presenta dos propuestas de tarifas para el DRAT de más fácil estimación, que aunque no generan resultados óptimos desde el punto de vista económico, sí corrigen muchas de las fallas del sistema actual en términos de equidad, generación de ingresos y conservación del agua. Los esquemas propuestos no necesitan la estimación de los costos marginales a corto o largo plazo de proveer una unidad extra de agua de riego.

La primera opción que se presenta es una tarifa mixta, la cual incluye un componente volumétrico y uno fijo por hectárea. La segunda opción es una tarifa diferenciada por cultivo. Ambas opciones se concentran en modificar aquellos cultivos del DRAT que se encuentran bajo el régimen de cobro por hectáreas únicamente, por lo tanto se excluye a la piscicultura y las áreas de bombeo.

La metodología para desarrollar estas propuestas se basa en los 6 pasos sugeridos por el *Bureau of Reclamation* para establecer el proceso de fijación e implementación de tarifas en sistemas de riego. El *Bureau of Reclamation* es una organización del Departamento del Interior del Gobierno de Estados Unidos, establecida en 1902, cuyo objetivo principal es administrar y desarrollar proyectos hídricos en la parte oeste de USA. La metodología desarrollada por esta

organización fue tomada posteriormente por la FAO (2001) para ilustrar un ejemplo práctico de estimación de tarifas para una asociación de regantes.

5.2.1. Tarifa mixta

Paso 1: Búsqueda de información y factibilidad de la propuesta

La oposición a la reforma por parte de los productores y las posibilidades efectivas de medir el consumo a nivel de parcela, son dos de las restricciones más importantes que pueden afectar el cobro volumétrico en el DRAT⁹⁴. El último punto es el más problemático, debido a que las oscilaciones actuales de caudales hacen que la medición sea muy difícil (Alfaro 2003). No obstante, la FAO (2001) afirma que la ausencia de equipos de medida no es un obstáculo para registrar los consumos de agua de cada regante ya que los mismos se podrían estimar indirectamente a partir de los caudales servidos y el tiempo de utilización. No es necesario medidas muy sofisticadas y precisas, sino un método relativamente confiable, aceptado por todos los participantes.

Por otra parte, la ARESEP destaca en la resolución RRG-2671 del año 2002, que SENARA debe aprovechar la experiencia e información que se genere con las áreas con riego por bombeo para tomar decisiones sobre una tarifa volumétrica. SENARA tiene información para determinar los mejores métodos de medición a utilizar considerando los costos y la situación de cada estación de bombeo, en otros factores.

Adicionalmente, el cobro a grandes usuarios podría ser una opción viable porque los costos de monitoreo serían menores y el valor del equipo de medición podría ser cubierto por las grandes empresas. De esta forma, la experiencia en cobro por bombeo, más la facilidad de cuantificar el consumo a los grandes usuarios, podrían ser elementos positivos en el establecimiento de un cobro volumétrico en el DRAT.

Adicionalmente, el *Bureau of Reclamation* (1997) insiste en la importancia de la comunicación con los usuarios en el proceso de planeamiento e implementación del nuevo sistema de tarifas. Esta interacción permite establecer credibilidad, identificar los intereses de los usuarios y desarrollar consenso entre los administradores del Distrito y los usuarios. Dado que la reforma de tarifas

⁹⁴ Los cambios legales se deben considerar con atención, no obstante, el artículo 9 del Reglamento de Servicios de Riego (1999), establece que "cuando las condiciones técnicas lo permitan, previa aprobación de la tarifa respectiva por ARESEP, el SENARA podrá cobrar el servicio por volumen de agua entregada".

involucra a distintos actores con intereses dispares, el proceso es esencialmente político. Esta característica complica el escenario y motiva a que las soluciones viables no necesariamente coincidan con las soluciones teóricas.

La aceptación de la reforma en las tarifas será mayor si los usuarios entienden claramente las razones que motivan el cambio. Todo cambio radical generará desconfianza por parte de los usuarios, así que es mejor procurar cambios pequeños pero creíbles y fácilmente entendibles por todos los involucrados. La mejora en el servicio prestado a los usuarios o al menos evitar el deterioro futuro del servicio actual, es otra de las condiciones básicas que se deben cumplir para disminuir el grado de rechazo hacia el nuevo sistema.

Teniendo presente las restricciones legales, de aceptación por los usuarios y la necesidad de contar con más criterios técnicos sobre la factibilidad de mediciones más o menos exactas, se continúa con el análisis para ver los beneficios que se podrían obtener de la implementación de una tarifa mixta en el DRAT.

Paso 2: Definición de objetivos

Hay dos objetivos que pueden ser alcanzados por la tarifa mixta: el ahorro de agua en el DRAT y el incremento en los ingresos del SENARA. La prioridad que se establezca entre ellos debe surgir del consenso entre los usuarios y el SENARA. No obstante, para la presente propuesta se definirá arbitrariamente un nivel de ahorro deseado de agua del 10% del consumo actual y un incremento del 10% en los ingresos del SENARA.

Aunque la autonomía financiera del SENARA es un objetivo deseable, en el presente análisis se hará una propuesta de incremento de ingresos más reducida, sobre todo pensando en la factibilidad política y social de su implementación. De hecho, en la última revisión anual de la tarifa actual por parte de la ARESEP, el SENARA ha pedido un aumento relativamente bajo porque considera "socialmente inaplicable" cobrar la tarifa promedio necesaria para satisfacer sus necesidades operativas en el período 2002-2004.

El alcance simultáneo de los objetivos de incremento en ingresos y ahorro de agua pueden ser contradictorios entre sí ya que la mejor forma de alcanzar una mejora en los ingresos es a través de un incremento en el tarifa fija, sin embargo, esto atenta contra el uso racional del agua. Por otra parte, si se otorga prioridad al ahorro de agua, la mejor forma de hacerlo es por

medio de una tarifa volumétrica, las cuales tienen el inconveniente de generar inestabilidad en los ingresos.

Paso 3: Selección tentativa de un nuevo sistema de tarifas

El fracaso con un sistema de cobro ambicioso puede dificultar nuevos intentos con otros sistemas menos innovadores pero de mayor aceptación (FAO 2001). La selección de la nueva tarifa debe representar un cambio relativamente pequeño pero en dirección de los objetivos que se quieren lograr.

Por esta razón, el *Bureau of Reclamation* recomienda que si el sistema actual es de cobro por hectárea, el nuevo sistema que se debe considerar es un sistema mixto, compuesto por un componente fijo y otro volumétrico. En esta propuesta se acepta dicha recomendación.

La ventaja de una tarifa mixta es que además de motivar el ahorro de agua, reduce la inestabilidad de los ingresos que SENARA obtendría con una tarifa exclusivamente volumétrica. El componente de tarifa fijo reduce las fluctuaciones que se obtendrían en los ingresos en casos donde hay variaciones importantes en los caudales entregados. Debido a las predicciones futuras de reducción en los caudales que dispondrá el SENARA por efecto del fenómeno del Niño, no conviene basar los ingresos solo en un cobro volumétrico.

Paso 4: Fijación de los parámetros iniciales

En esta etapa es necesario definir los parámetros de la nueva tarifa, con base en los objetivos de ahorro de agua e incremento de ingresos para SENARA. Esto se realiza en un proceso de secuencial, el cual se describe a continuación:

a) Cálculo del precio actual de respuesta:

La teoría económica sugiere que los usuarios de riego no responden a cambios en la tarifa fija pero sí lo hacen cuando varía el cobro por cada unidad de agua que aplican a su parcela. No obstante, cuando existe una tarifa mixta, la cantidad demandada de agua depende del componente variable directamente y de forma indirecta del componente fijo. La razón de este efecto indirecto es porque el usuario responde al efecto sobre su gasto total en agua que se produce cuando varía el componente de cobro fijo. En casos donde el factor fijo de cobro

aumenta, el usuario intentará compensar el incremento en el monto total de su recibo de pago, disminuyendo su consumo y por ende, el pago correspondiente al componente volumétrico⁹⁵.

La magnitud del efecto de un aumento en el componente fijo de la tarifa mixta dependerá del porcentaje que representa el costo del agua dentro de los gastos totales del productor. Si el costo del agua no es significativo para el productor, cambios en la tarifa fija no afectarán mucho sus gastos totales y por lo tanto, no se espera reducciones significativas en su consumo de agua. Por otro lado, si el porcentaje que representan los gastos de agua es importante, aún las variaciones pequeñas en el cobro fijo pueden tener un efecto significativo sobre la cantidad de agua demandada, y en algunos casos, podrían hacer que el usuario prescinda del servicio de riego.

La conclusión de este análisis es que los usuarios responden a cambios en el gasto total de su consumo de agua (el monto del recibo de pago al final del período) y a cambios en el gasto marginal de su consumo (tarifa volumétrica). No obstante, no es claro predecir cuál de los dos efectos será más fuerte. Para capturar este efecto a nivel de todo el grupo de productores, el *Bureau of Reclamation* propone definir un promedio simple, conocido como el precio de respuesta:

$$\text{Precio de respuesta} = \frac{\text{Tarifa Promedio del Distrito} + \text{Tarifa volumétrica}}{2}$$

La Tarifa Promedio del Distrito (TPD) resulta de dividir el total de los ingresos anuales por tarifas del Distrito por la cantidad total de agua suministrada en ese año. La TPD incluye los componentes fijos y variables de los ingresos del Distrito. Cuando las tarifas volumétricas son bajas o inexistentes, la TPD se acerca al gasto fijo del usuario por su consumo de agua de riego.

La respuesta del usuario ante un sistema de tarifas particular se analiza desde una perspectiva global de Distrito, es decir, no interesa un usuario particular sino el comportamiento grupal de los mismos. La TPD trata a todos los productores por igual, independientemente de su tamaño o consumo individual. Por ello, las respuestas esperadas en el consumo ante cambios en el precio de respuesta miden efectos agregados.

⁹⁵ Algo similar sucede en servicios públicos como electricidad, agua potable y luz. En estos casos el monto total del recibo de pago incluye un costo de conexión fijo más un componente variable de acuerdo al consumo del usuario.

El uso del precio de respuesta como mecanismo para estimar la respuesta del grupo de usuarios ante un cambio en las tarifas, se justifica porque incluye el efecto de la tarifa fija por la vía del gasto total, más el efecto de la tarifa variable predicho por la teoría económica. Asimismo, el precio de respuesta tiene la facilidad de poder calcularse para todo el Distrito, aún cuando este no tiene tarifa volumétrica. Finalmente, el cálculo del precio de respuesta como promedio simple entre la TPD y la tarifa volumétrica, implica que se trata por igual al efecto de ambos componentes sobre la decisión de los usuarios. Este es un supuesto razonable ya que no se conoce con precisión cuál de los dos es más importante.

Para calcular el precio actual de respuesta en el DRAT se seleccionó cuatro cultivos, con su respectiva área ocupada y el consumo estimado por hectárea. Esta información, resumida en el cuadro 15, fue proporcionada por SENARA con base en estimaciones para el año 2003.

Cuadro 15. Demanda anual ocupada y volúmenes de demandas de ANR-CUSA por cultivos en las Secciones			
Cultivo	Volumen estimado de demanda anual, (m ³ /ha)	Área (hectáreas ocupadas en año 2003)	Volumen total estimado de demanda anual (m ³)
Arroz	34,425	13,375	460,432,987
Caña	22,041	11,255	248,069,763
Pastos	14,937	1,211	18,088,384
Sandía	3,743	56	209,631
Total		25,897	726,800,764

Fuente: Elaborado a partir de datos del SENARA

Con base en la información anterior y la definición de precio de respuesta, el cuadro 16 presenta el cálculo del precio actual de respuesta en el DRAT.

Cuadro 16. Cálculo del precio actual de respuesta para el DRAT	
Tarifa volumétrica actual	0
Tarifa por hectárea actual	¢18,630
Ingresos totales	¢18,630 * 25,897 = ¢482,461,110
Suministro total de agua (m ³)	726,800,764
Tarifa Promedio del Distrito (colones/m ³)	¢482,461,110 / 726,800,764 = ¢ 0.66
Precio actual de respuesta	(¢0.66 + 0)/2 = ¢ 0.33

Fuente: Elaboración propia

Como se ha dicho repetidamente, el DRAT no tiene tarifa volumétrica, solamente posee tarifa por hectárea. Por esta razón, el precio actual de respuesta calculado (¢0.33) es simplemente la mitad de la TPD. Este precio de respuesta es la base para calcular el nuevo precio de respuesta para el DRAT, necesario para satisfacer los objetivos deseados de ingresos y ahorro de agua.

b) Cálculo del nuevo precio de respuesta para satisfacer objetivo de ahorro de agua:

Para estimar el grado de respuesta en el consumo de los usuarios ante cambios en las tarifas es necesario recurrir al concepto de elasticidad precio de la demanda⁹⁶. La elasticidad de demanda de riego está determinada por varios factores entre los que se destaca: la facilidad para buscar fuentes alternativas de agua, el valor de los cultivos regados, el volumen total de los costos de producción, el tipo de suelo, el nivel de eficiencia de uso del agua actual, las posibilidades de cambiar de cultivo y la tecnología de riego.

La literatura destaca que la elasticidad de demanda de riego es bastante inelástica, sobretudo en los rangos de precios bajos (FAO 2001, Bureau of Reclamation 1997, Ray 2002). El Bureau of Reclamation recomienda, en ausencia de estimaciones reales, el uso de una elasticidad de -0.2.

Si se define que es necesario un 10% de ahorro de agua en el DRAT, el cuadro 17 resume el cálculo del nuevo precio de respuesta necesario para alcanzar dicho objetivo.

⁹⁶ La elasticidad precio de la demanda se refiere al cambio relativo en la cantidad demandada ante un cambio relativo en el precio del bien en cuestión. Cuando la elasticidad es menor que uno (en valor absoluto), la demanda se denomina inelástica para el segmento relevante. $\epsilon = \Delta\% \text{ en la cantidad demandada} / \Delta\% \text{ en el precio del bien}$

Cambio propuesto en el consumo de agua	- 10%
Reducción deseada en m ³	726,800,764 * -0.1 = - 72,680,076
Consumo final deseado, m ³	726,800,764 - 72,680,076 = 654,120,688
Elasticidad (ε)	- 0.20
Cambio necesario en precio de respuesta	-0.10 / -0.20 = 50%
Precio actual de respuesta	¢ 0.33
Cambio en el precio de respuesta (colones/m ³)	0.50 * ¢ 0.33 = ¢ 0.17
Nuevo precio de respuesta (colones/m ³)	¢ 0.33 + ¢ 0.17 = ¢ 0.50

Fuente: Elaboración propia

Como la elasticidad es -0.2^{97} , y se tiene como meta una disminución en la cantidad demandada del 10%, es necesario incrementar el precio de respuesta en 50%. Se debe recordar que en este análisis el precio que afecta la demanda de agua es el precio de respuesta, por lo tanto el precio que se incluye en la elasticidad de demanda es este mismo. En la última línea del cuadro anterior se destaca que el nuevo precio de respuesta debe ser ¢0.50.

c) Cálculo de la tarifa volumétrica:

Una vez conocido el nuevo precio de respuesta se puede calcular la tarifa volumétrica mediante un procedimiento de dos pasos. Primero se calcula la nueva TPD mediante la división del ingreso total deseado por la demanda de agua deseada en la nueva situación. Luego, utilizando la fórmula de cálculo del precio de respuesta, se estima la tarifa volumétrica. El cuadro 18 contiene dichos cálculos.

⁹⁷ Para el cálculo del cambio necesario en el precio de respuesta se debe utilizar la definición de elasticidad y despejar de ahí la incógnita.

Cuadro 18: Cálculo de la nueva tarifa volumétrica para el DRAT	
Aumento propuesto en los ingresos	10%
Cambio deseado en ingresos, colones	$\text{¢ } 482,461,110 * 0.1 = \text{¢ } 48,246,111$
Ingresos finales deseados	$\text{¢ } 482,461,110 + \text{¢ } 48,246,111 = \text{¢ } 530,707,221$
Nuevo precio promedio del Distrito (colones/m ³)	$\text{¢ } 530,707,221 / 654,120,688 = \text{¢ } 0.81$
Nueva tarifa volumétrica	$2 * \text{¢ } 0.50 - \text{¢ } 0.81 = \text{¢ } 0.18$

Nota: Los valores están redondeados a dos decimales. Esto causa algunas discrepancias en los cálculos
Fuente: Elaboración propia

La tarifa volumétrica que se estima para satisfacer un ahorro del 10% en el consumo de agua es de 0.18 ¢/m³. Esta tarifa se cobraría por igual a todos los cultivos seleccionados, sin excepción. Esta tarifa volumétrica debe ser complementada por un cobro fijo, similar al prevaliente en la actualidad. A continuación se presenta el cálculo de dicho componente fijo.

d) Cálculo de la nueva tarifa fija por hectárea:

La nueva tarifa por hectárea cubre la diferencia entre los ingresos generados por la tarifa volumétrica y el ingreso total deseado para el DRAT en el 2003. El cuadro 19 resume la estimación de la nueva tarifa por hectárea.

Cuadro 19: Nueva tarifa por hectárea para el DRAT	
Nuevos ingresos generados con tarifa variable	$\text{¢ } 0.18 * 654,120,688 = \text{¢ } 120,615,278$
Ingresos necesarios a cubrir con tarifa fija	$\text{¢ } 530,707,221 - \text{¢ } 120,615,278 = \text{¢ } 410,091,944$
Superficie del DRAT (ha)	25,897
Nueva tarifa por hectárea (colones/ha)	$\text{¢ } 410,091,944 / 25,897 = \text{¢ } 15,836$
Ingresos totales	$\text{¢ } 120,615,278 + \text{¢ } 410,091,944 = \text{¢ } 530,707,221$

Fuente: Elaboración propia

Bajo este esquema la dependencia del SENARA a los ingresos provenientes del componente volumétrico es relativamente bajo (¢ 120,615,278 de los ¢ 530,707,221 esperados). Esto hace que los ingresos del SENARA sean relativamente predecibles, lo cual brinda la seguridad financiera de contar con al menos esos recursos, aún en años extraordinariamente secos, como los pronosticados por el efecto del fenómeno del Niño.

En este punto ha finalizado la parte de estimación de la tarifa mixta para el DRAT. Para comparar los cambios que existen entre el sistema actual y la tarifa mixta propuesta, el cuadro 20 resume las principales diferencias cuantificables entre ambos sistemas.

Cuadro 20. Resumen de las diferencias entre el sistema actual y la tarifa mixta		
	Tarifa actual	Tarifa mixta
Tarifa fija por hectárea (colones/ha)	¢ 18,630	¢ 15,836
Tarifa variable con el consumo (colones/ha)	0	¢ 0.18
Ingresos fijos (colones)	¢ 482,461,110	¢ 410,091,944
Ingresos variables (colones)	0	¢ 120,615,278
Ingresos totales (colones)	¢ 482,461,110	¢ 530,707,221
Consumo de agua (m ³)	726,800,764	654,120,688

Fuente: Elaboración propia

Como el lector nota en el cuadro anterior, el componente fijo de la tarifa mixta es menor que el cobro que se hace en la actualidad. El faltante de ingresos para el SENARA es cubierto por el cobro de 0.18 colones por metro cúbico de agua demandado por los usuarios. En conjunto ambas fuentes de ingreso permiten alcanzar el objetivo deseado de incremento en los ingresos del SENARA. Simultáneamente, la tarifa mixta permite, bajo el supuesto que los usuarios reaccionen ante los incentivos del nuevo sistema, un ahorro en el consumo de agua de 72,680,076 m³.

El monto resultante de tarifa fija y variable depende del valor del parámetro de elasticidad. Para no complicar el análisis, no presentan las estimaciones de la tarifa mixta para diferentes valores de elasticidad. No obstante, en el anexo se encuentran un análisis de sensibilidad para observar el efecto de diferentes valores de este parámetro sobre la composición de la tarifa mixta.

Las anteriores estimaciones de la tarifa mixta pueden modificarse para considerar la entrega de un volumen gratis de agua a los usuarios. El cálculo no se presenta⁹⁸ pero su estimación implica un recargo para el monto de tarifa fija que deben pagar los usuarios (suponiendo que sigue siendo deseable incrementar los ingresos en 10%). La dotación de un caudal gratis podría ser útil para aumentar la certeza en los regantes acerca del monto que deben pagar, sobre todo cuando no hay seguridad acerca de los consumos individuales. Asimismo, ayuda a disminuir la posible oscilación en los ingresos del SENARA en casos de alta dependencia de los ingresos provenientes de la tarifa volumétrica.

Paso 5: Evaluación de posibles impactos del nuevo sistema de cobro

La respuesta de los usuarios del sistema a la tarifa mixta no puede ser predicha con exactitud. Por ello la cantidad de agua ahorrada y los ingresos del SENARA podrían ser diferentes a los deseados originalmente. Adicionalmente hay que recordar que la tarifa mixta se estableció con base en objetivos agregados por lo que es importante conocer el impacto posible sobre ciertos tipos de consumidores.

En el cuadro 21 se presenta el efecto de la tarifa mixta sobre los gastos totales de agua de los productores, según el tipo de cultivo que mantengan. Dado que no se conoce la forma en la que reaccionará el usuario de riego ante la nueva tarifa, en cada cuadro se plantea la posibilidad de que el productor reduzca o no la aplicación de agua a la parcela.

⁹⁸ Es relativamente fácil de calcular. Tome el volumen que se desea dar gratis. Estime la reducción en los ingresos totales por no cobrar este volumen. Luego ajuste la tarifa fija para llenar este faltante.

Sistema actual de tarifas en el DRAT

	Arroz	Caña de azúcar	Pastos	Sandía
Tarifa fija (colones/hectárea)	¢ 18,630	¢ 18,630	¢ 18,630	¢ 18,630
Consumo anual (m ³ /hectárea)	34,425	22,041	14,937	3,743
Tarifa volumétrica (colones/m ³)	0	0	0	0
Pago por tarifa volumétrica (colones/hectárea)	0	0	0	0
Pago total actual	¢ 18,630	¢ 18,630	¢ 18,630	¢ 18,630
Incremento en utilidad por hectárea debido al riego (según ARESEP)	¢ 219,752	¢ 143,862	ND	ND
% que representa tarifa sobre incremento en utilidad por hectárea debido al riego	8.48%	12.95%	-	-

Nuevo sistema de tarifas (sin cambio en el consumo)

	Arroz	Caña de azúcar	Pastos	Sandía
Tarifa fija (colones/hectárea)	¢ 15,836	¢ 15,836	¢ 15,836	¢ 15,836
Consumo anual (m ³ /hectárea)	34,425	22,041	14,937	3,743
Tarifa volumétrica (colones/m ³)	¢ 0.18	¢ 0.18	¢ 0.18	¢ 0.18
Pago por tarifa volumétrica (colones/hectárea)	¢ 6,348	¢ 4,064	¢ 2,754	¢ 690
Nuevo pago total	¢ 22,183	¢ 19,900	¢ 18,590	¢ 16,526
Diferencia de pago respecto a situación actual	¢ 3,553	¢ 1,270	¢ -40	¢ -2,104
Incremento en utilidad por hectárea debido al riego (según ARESEP)	¢ 219,752	¢ 143,862	ND	ND
% que representa tarifa sobre incremento en utilidad por hectárea debido al riego	10.09%	13.83%	-	-

Nuevo sistema de tarifas (con reducción en consumo)

	Arroz	Caña de azúcar	Pastos	Sandía
Tarifa fija (colones/hectárea)	¢ 15,836	¢ 15,836	¢ 15,836	¢ 15,836
Consumo anual (m ³ /hectárea)	34,425	22,041	14,937	3,743
Reducción en consumo esperada	3,442	2,204	1,494	374
Consumo final (m ³ /ha)	30,982	19,837	13,443	3,369
Tarifa volumétrica (colones/m ³)	¢ 0.18	¢ 0.18	¢ 0.18	¢ 0.18
Pago por tarifa volumétrica	¢ 5,713	¢ 3,658	¢ 2,479	¢ 621
Nuevo pago total	¢ 21,548	¢ 19,493	¢ 18,314	¢ 16,457
Diferencia de pago respecto a situación actual	¢ 2,918	¢ 863	¢ -316	¢ -2,173
Incremento en utilidad por hectárea debido al riego (según ARESEP)	¢ 219,752	¢ 143,862	ND	ND
% que representa tarifa sobre incremento en utilidad por hectárea debido al riego	9.81%	13.55%	-	-

Fuente: Elaboración propia

Hay dos puntos importantes a destacar en el cuadro 21. Lo primero se refiere al impacto diferencial de la tarifa mixta sobre los distintos cultivos, en contraposición al impacto del sistema actual. El segundo punto tiene que ver con el peso de la nueva tarifa sobre las ganancias adicionales que genera el riego a los productores del DRAT.

En relación al primer punto, el esquema de tarifa mixta es equitativo en el cobro, ya que los que más consumen, son los que más pagan. Si suponemos que el cambio de tarifa hace que todos los productores reduzcan su consumo en el volumen deseado inicialmente (10% del total de consumo), se observa que el cultivo que sufre el mayor aumento en su pago anual es el arroz (¢ 2,918 de recargo), seguido de la caña de azúcar con un aumento de ¢ 863 por hectárea. Sin embargo, la tarifa mixta premia a los cultivos de baja demanda al reducirles el monto pagado al final del año. Las rebajas en el pago para los pastos y la sandía son de ¢ 316 y ¢ 2,173, por hectárea respectivamente.

Si los productores no varían su consumo ante el nuevo sistema de tarifas, hay dos efectos importantes. Por un lado, los ingresos del SENARA serían más altos de los esperados. Por otra parte, el efecto de la nueva tarifa sobre el presupuesto de los productores sería más fuerte. En el caso del arroz, el incremento en el pago por hectárea sería de ¢ 3,553, mientras que para la caña el incremento sería de ¢ 1,270. Los pastos y la sandía aún tendrían un premio por su bajo consumo pero este monto sería menor que el que hubieran obtenido en el caso que redujeran su consumo.

El segundo punto a destacar en el cuadro 21 es el siguiente. En 1984 el SENARA estableció como criterio para definir las tarifas de riego que el importe de la tarifa nunca supere el 25% del incremento de utilidad producido por el riego (Citado por ARESEP 2002). Debido a este principio, la ARESEP procura que las tarifas establecidas para el DRAT no superen este umbral.⁹⁹

Como se observa en el cuadro 21, el sistema actual de tarifa fija cumple con el principio anterior. En el caso del arroz, el pago por la tarifa actual representa el 8.48% del incremento en la utilidad por hectárea debida al riego. En el caso de la caña de azúcar, el principio de fijación de tarifas del SENARA también se cumple ya que el pago anual representa 12.95% de la

⁹⁹ La ARESEP tiene estimaciones de la utilidad adicional que produce la disponibilidad de riego en el cultivo de arroz y caña de azúcar. Estas estimaciones se obtienen de información de costos e ingresos por hectárea en dos escenarios distintos: uno sin riego y el otro con riego. La diferencia en los beneficios netos de cada escenario es lo que se define como el incremento en la utilidad por hectárea debido a la disponibilidad de riego. La ARESEP solo tenía estas estimaciones para el caso de arroz y caña de azúcar.

utilidad extra generada por la disponibilidad del riego. Asimismo, la tarifa mixta propuesta satisface este criterio, incluso si los productores no varían su consumo. En este caso, el monto de la tarifa representa el 10.09% y el 13.83% de las utilidades adicionales derivadas del riego para el arroz y el azúcar, respectivamente¹⁰⁰.

Paso 6: Implementación y monitoreo del nuevo sistema

La tarifa mixta se calculó bajo el supuesto que todo el grupo usuarios reaccionaría de acuerdo al valor sugerido de la elasticidad ($\epsilon=-0.2$). Aunque este valor es el recomendado como punto de partida, una vez implementado el sistema la reacción de los usuarios puede ser menor o mayor a la esperada. Por esta razón, la implementación del nuevo sistema no es una tarea de una sola vez, sino es un proceso de prueba y error, donde la tarifa es ajustada progresivamente conforme se tienen datos reales del comportamiento de los usuarios.

Si el grupo de usuarios reduce su consumo más de lo que se esperaba inicialmente, los ingresos del SENARA serán más bajos de lo deseado pero el aumento en el ahorro de agua en el DRAT será mayor al esperado. Esto implica que el supuesto de elasticidad de la demanda ($\epsilon=0.2$) es incorrecto, porque dicho valor debería ser más alto.

Para solucionar esta situación, la tarifa mixta debe ajustarse con un mayor componente fijo y una disminución del monto cobrado por metro cúbico. Este cálculo se puede hacer con base a los 5 pasos descritos anteriormente pero ahora con un valor de elasticidad más alto.

Por otra parte, si la respuesta de los usuarios es menor a lo esperado, los ingresos del SENARA serán mayores a la expectativa pero el ahorro de agua deseado no será cumplido. Esto significa que el valor de la elasticidad debe ser menor al supuesto. Realizando de nuevo los cálculos de la tarifa mixta con un valor de elasticidad más bajo, se debería obtener un componente fijo menor pero un cobro mayor por metro cúbico utilizado.

En el caso anterior, el SENARA debería procurar una mayor capacitación a los usuarios para que aprendan a disminuir el consumo de agua en sus parcelas, lo cual incidirá en un incremento en la elasticidad de demanda para todo el DRAT¹⁰¹. El exceso de ingresos del

¹⁰⁰ En este cálculo se utilizó el mismo valor de la utilidad adicional del riego usada por ARESEP para analizar la tarifa actual. Este valor debe ser menor con las tarifas propuestas, sin embargo, para simplificar se dejó el mismo valor calculado por ARESEP para una tarifa fija de 18,630 colones.

¹⁰¹ Hay una importante distinción entre la elasticidad de demanda a corto plazo y la elasticidad de demanda a largo plazo. La primera suele ser menor, debido a que los usuarios tienen poco tiempo para adaptarse o no tienen la tecnología o el conocimiento para hacerlo.

SENARA podría ser utilizado en este propósito o bien para ofrecer un fondo de crédito barato para quienes deseen hacer inversiones que promuevan la conservación del agua en sus parcelas. El proceso de implementación de tarifas recomendado por el Bureau of Reclamation (1997), consta de tres fases, acomodadas en un período de cuatro años. Durante este lapso se realiza una implementación progresiva de la tarifa propuesta, con revisiones periódicas que permiten un mejor ajuste a la realidad. A continuación se describe dichas fases, modificadas dentro del marco de la propuesta actual para el DRAT.

Tabla 2.2. Fases de implementación recomendadas para el DRAT			
Fase 1	Fase 2		Fase 3
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Establecer el nuevo sistema de tarifas, manteniendo la tarifa fija anterior y usando la mitad de la volumétrica estimada	Observar la respuesta del consumo de los usuarios. Hacer ajustes a la tarifa fija	Observar la respuesta del consumo de los usuarios. Hacer ajustes adicionales a la tarifa fija	Si la respuesta de los usuarios es la deseada, se implementa la tarifa mixta calculada inicialmente. Si este no es el caso, se debe recalcular con un valor diferente de elasticidad

Fuente: Elaboración propia

Fase 1: Esta fase comprende el primer año de operación del nuevo sistema de tarifa mixta. La variante que se realiza en la implementación del sistema es que se mantendrá la tarifa fija anterior, no la calculada en este estudio. De esta forma el SENARA se asegura contar con los ingresos deseados, evitando así una subestimación en la reacción del consumo de los usuarios. Al usar la mitad de la tarifa volumétrica estimada, el precio de respuesta efectivo estará cerca del precio de respuesta estimado en este estudio.

Al final del primer año se evalúa el uso del agua en el DRAT. Es de esperarse que el cambio no sea significativo, dado que la elasticidad a corto plazo tiende a ser muy baja. Por lo tanto, se debe esperar otro año para ver la reacción de los usuarios.

Fase 2: Esta fase inicia en el segundo año de implementación. En este momento es importante obtener información acerca del consumo actual de los usuarios en respuesta a la nueva tarifa. Esto se debe hacer por lo menos dos años, en condiciones normales de oferta de agua en ARCOSA. Cualquier otro ajuste necesario se debe hacer en este momento, sobre todo se debe revisar la aceptación de todos participantes de las mediciones de consumo realizadas.

Adicionalmente, se debe ajustar el componente fijo para reflejar el exceso de ingresos logrado en el primer período. El monto del ajuste dependerá del criterio del SENARA, no obstante, se recomienda ajustar el exceso en un 50%, esto con el fin de mantener una reserva para financiar la capacitación o algún programa de apoyo a los productores.

Al inicio del año 3, de nuevo es muy importante recolectar la información acerca del consumo de los usuarios y su respuesta al nuevo sistema. La tarifa volumétrica se sigue manteniendo al 50% del valor estimado pero el componente fijo requerirá ajustes adicionales para reflejar el exceso de ingresos.

Fase 3: Esta fase inicia en el año 4 de la implementación. En condiciones normales de oferta de caudales y teniendo la información de consumo de los años anteriores, es posible tener una buena idea de la respuesta de los usuarios al nuevo sistema. Si esta respuesta es similar a la esperada, se debe establecer la tarifa mixta calculada en este estudio. Si los resultados no son los esperados, se debe recalcular la tarifa mixta pero ahora con un nuevo valor de elasticidad.

Dos consideraciones finales. Primero, en estos cuatro años de implementación se ha supuesto precios constantes, lo cual es irreal para el contexto del país. Se necesitan ajustes adicionales en las tarifas para reflejar el incremento inflacionario.

El segundo punto es que los objetivos de ahorro de agua e ingresos para SENARA fueron definidos arbitrariamente, no obstante, los cálculos se pueden modificar fácilmente para satisfacer objetivos más ambiciosos. Por ejemplo, se podría estimar una tarifa mixta que incremente los ingresos del SENARA hasta el punto donde el DRAT funcione sin la necesidad de subsidios estatales y además, se pueda obtener una reducción en el consumo agregado del 15%. Este cálculo se describe a continuación.

Si se aplica un incremento del 10% por inflación en los gastos del 2002, el total de gastos operativos del SENARA en el DRAT para el año 2003 sería de 672,106,963 colones. Para satisfacer este nivel de gastos, se requiere un incremento del 39% en los ingresos actuales, los cuales fueron calculados en el cuadro 16.

Con este objetivo de incremento en los ingresos, suponiendo una elasticidad de -0.20 y con un ahorro deseado en el consumo del 15%, la tarifa mixta sería de ₡ 24,194 por componente fijo y un cargo de ₡ 0.07 por metro cúbico utilizado. Si suponemos que ocurre una reducción en el consumo, este esquema de tarifas representa un incremento de ₡ 7,722 por hectárea de arroz y ₡ 6,946 para la caña de azúcar. Estos aumentos implican que el gasto total en el agua de riego por hectárea representaría el 12% y 18% de la utilidad debido al riego en arroz y la caña de azúcar, respectivamente.

En el esquema anterior de tarifas que buscan autonomía financiera, se hace énfasis en el incremento en los ingresos del SENARA. Por esa razón, el componente fijo es muy importante. Como el objetivo de reducción en el consumo es modesto en comparación al de incremento en los ingresos, la tarifa volumétrica es relativamente baja porque no interesa desalentar en gran medida el consumo.

Para finalizar, el cuadro 23 resume la comparación entre el sistema actual y la tarifa propuesta anteriormente para lograr autonomía financiera.

Cuadro 23. Resumen de las diferencias entre el sistema actual y la tarifa propuesta que garantiza autonomía financiera con un ahorro del consumo del 15%		
	Tarifa actual	Tarifa mixta
Tarifa fija por hectárea (colones/ha)	₡ 18,630	₡ 24,194
Tarifa variable con el consumo (colones/ha)	0	₡ 0.07
Ingresos fijos (colones)	₡ 482,461,110	₡ 626,553,025
Ingresos variables (colones)	0	₡ 45,553,938
Ingresos totales (colones)	₡ 482,461,110	₡ 672,106,963
Consumo de agua (m ³)	726,800,764	617,780,650

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Tarifa diferenciada por cultivo

Paso 1: Búsqueda de información y factibilidad de la propuesta

La tarifa diferenciada por cultivo es un punto intermedio entre el sistema actual de cobro y la tarifa mixta propuesta inicialmente. Al igual que la tarifa mixta, el sistema de cobro diferenciado introduce equidad entre los cultivos existentes en el DRAT, de forma que los cultivos más intensivos en el uso del agua deben desembolsar más dinero por su consumo. Esto genera a su vez incentivos para que los productores quieran trasladarse hacia cultivos menos demandantes de agua de riego o cuya productividad en el uso del agua sea más alta.

Otra ventaja de importancia es que el costo de implementación de este sistema es mucho más bajo. La tarifa por cultivo no tiene componente volumétrico, por lo tanto, se elimina el problema de la factibilidad técnica de medir caudales en el DRAT. Asimismo, la capacidad organizativa necesaria y la capacitación a los usuarios y técnicos es mucho menor.

No obstante, al igual que se discutió en el caso de la tarifa mixta, es necesario un proceso importante de divulgación y consulta del nuevo sistema con los usuarios de riego del DRAT. Es muy importante destacar en este proceso que el sistema busca la equidad en el pago, no se trata de una decisión arbitraria, sino que cada cultivo pague de acuerdo a lo que gasta. La desventaja de la tarifa por cultivo es que no premia a los usuarios eficientes en el uso de agua ni tampoco introduce incentivos para conservar el recurso.

La información necesaria para esta propuesta es la misma que se utilizó en el caso de la tarifa mixta.

Paso 2: Definición de objetivos

El objetivo de esta propuesta es la equidad en el pago y la búsqueda de bajos costos de implementación. Por esta razón, al menos de primera instancia, no se desea aumentar los ingresos del SENARA. Los objetivos de ahorro de agua no se pueden lograr con este sistema, ya que no existe componente volumétrico. No obstante, podría existir una disminución en el consumo si los usuarios deciden trasladarse hacia cultivos menos demandantes de agua.

Paso 3: Selección tentativa de un nuevo sistema de tarifas

Siguiendo la recomendación de FAO (2001), este sistema procura un cambio relativamente pequeño pero con mayores posibilidades de aceptación que otros. La implementación de este sistema sería un paso pequeño pero firme hacia la búsqueda de un sistema más ambicioso, como sería la tarifa mixta.

La tarifa por cultivo debe cobrarse al inicio del año, es decir, se debe pagar el servicio de riego por adelantado. Esto le serviría a SENARA para planificar con mayor precisión la asignación de caudales y además mantener siempre al día la información de cultivos en el DRAT. Adicionalmente, el pago por adelantado da la posibilidad de determinar a priori los ingresos por tarifas con que dispondrá en ese año.

Paso 4: Fijación de los parámetros iniciales

Lo más importante es determinar el criterio que debe prevalecer para determinar las diferencias de pago entre los cultivos. La sugerencia es la siguiente.

Realizar el mismo procedimiento del caso de la tarifa mixta, aunque la tarifa por cultivo no establezca un pago volumétrico. La idea es cobrar lo que el usuario de cada cultivo hubiera pagado hipotéticamente en el caso de la una tarifa mixta. Los objetivos serán un incremento de ingresos igual a cero y un pequeño ahorro en el consumo del 10%¹⁰².

Una vez que se tiene los cálculos de las tarifas fijas y variables, se estima el nuevo pago total que se debe hacer por cultivo, tal y como se presentó en el cuadro 21, en el caso de reducción en el consumo. Los valores de los nuevos pagos serán los que se deben cobrar a cada cultivo, independientemente del consumo de agua que hagan. Esta forma de discriminar entre cultivos tiene la ventaja de ser un método objetivo, basado en los consumos estimados por cultivo.

A continuación se presenta los valores sugeridos de tarifa por cultivo, el procedimiento de cálculo no se muestra porque es idéntico al realizado en el caso de la tarifa mixta.

¹⁰² Este ahorro es necesario para la discriminar entre cultivos porque si no el modelo daría exactamente la tarifa actual

Cuadro 24. Ingresos generados por los cultivos				
Cultivo	Volumen estimado de demanda anual, (m3/ha)	Área (hectáreas en año 2003)	Tarifa por hectárea de cultivo	Ingresos del SENARA
Arroz	34,425	13,375	¢ 20,108	13,375 * ¢ 20,108 = ¢ 268,939,345
Caña	22,041	11,255	¢ 17,230	11,255 * ¢ 17,230 = ¢ 193,927,756
Pastos	14,937	1,211	¢ 15,580	1,211 * ¢ 15,580 = ¢ 18,867,172
Sandía	3,743	56	¢ 12,979	56 * ¢ 12,979 = ¢ 726,837
Total		25,897		¢ 482,461,110

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 24 se observa que los ingresos del SENARA por la tarifa por cultivo son ¢482,461,110. Este monto es idéntico al que hubiera generado SENARA con una tarifa uniforme de ¢18,630. Por esta razón la tarifa por cultivo propuesta solo reasigna los pagos entre los cultivos, obligando a los que más consumen a que paguen más y premiando a los que utilizan una baja cantidad de agua.

Paso 5: Evaluación de posibles impactos del nuevo sistema de cobro

El posible traslado de productores de cultivos de alta demanda de agua hacia cultivos menos intensivos en el uso del agua no puede ser pronosticado con exactitud. Esto podría generar cierta inestabilidad a los ingresos del SENARA y un posible ahorro en el consumo de agua. Para mejorar la predicción de los ingresos del SENARA se recomienda hacer el cobro al inicio del año, antes de la entrega de agua.

Siguiendo el criterio de que la tarifa no puede superar el 25% del beneficio adicional que reporta el riego a los productores, en el cuadro 25 se analiza el peso del cobro por cultivo sobre dicha ganancia adicional.

Cuadro 25. Impacto del subsidio de la tarifa por cultivo				
	Arroz	Caña de azúcar	Pastos	Sandía
Tarifa fija actual (colones/hectárea)	¢ 18,630	¢ 18,630	¢ 18,630	¢ 18,630
Nueva tarifa por cultivo (colones/hectárea)	¢ 20,108	¢ 17,230	¢ 15,580	¢ 12,979
Diferencia de pago respecto a situación actual	¢ 1,478	¢ -1,400	¢ -3,050	¢ -5,651
Utilidad por hectárea debido al riego (según ARESEP)	¢ 219,752	¢ 143,862	N.D	N.D
% que representa tarifa sobre utilidad debido al riego	9.15%	11.98%	-	-

Fuente: Elaboración propia

El único cultivo que sufre un aumento en la tarifa actual es el arroz (¢ 1,478 por ha). Los otros cultivos reciben una disminución en el pago fijo por hectárea que realizan al SENARA. Esto es precisamente lo que busca la tarifa, que el pago esté asociado indirectamente al consumo respectivo del cultivo.

A pesar que el arroz paga 1,478 colones más por hectárea respecto a la tarifa actual, el peso de la tarifa diferenciada sobre las ganancias adicionales en este cultivo es de 9.15%, lo cual está lejos del umbral máximo de 25% establecido por el SENARA. En el caso de la caña de azúcar, este máximo tampoco se alcanza ya que el peso de la tarifa es de 11.98% respecto a la ganancia marginal producida por el riego.

Paso 6: Implementación y monitoreo del nuevo sistema

La implementación de esta tarifa no requiere un período de prueba. Puede ser implementada directamente en el próximo ciclo agrícola. No obstante, SENARA debe revisarla al año siguiente de su operación porque si cambia la conformación de las áreas dedicadas a los distintos cultivos, los ingresos de SENARA podrían variar significativamente.

El reglamento actual de SENARA obliga a que los usuarios presenten su plan de cultivos al inicio del ciclo agrícola¹⁰³. Con esta información el SENARA elabora el Plan de Cultivos para todo el DRAT, el cual es un listado de los usuarios que detalla las superficies a sembrar y las fechas de siembra de los diferentes cultivos en cada ciclo productivo bajo riego. Esta información es importante para que la institución estime los requerimientos de riego de cada parcela, del sector hidráulico, del subdistrito y por ende, del DRAT en general.

A pesar de la necesidad de SENARA de contar con la información actualizada de los planes de cultivo de los usuarios, en la actualidad los mismos no presentan dicha información y la institución debe estimarla con base en experiencia pasada (Alfaro 2003). El cobro por cultivo genera incentivos para que los usuarios revelen esta información ya que los que no son arroceros no desean que se les cobre como tales. De esta forma el sistema estaría cargado de nueva información constantemente, lo cual facilitaría la predicción de ingresos por parte del SENARA y mejoraría la elaboración del Plan de Cultivos del DRAT.

No debe olvidarse que la tarifa por cultivo debe ser un paso intermedio hacia un cobro mixto. La experiencia obtenida con la tarifa por cultivo por parte del SENARA más la lección que reciben los productores al estar su pago asociado al consumo, constituyen elementos que facilitan la aceptación posterior la tarifa mixta.

¹⁰³ Según el artículo 13 del Reglamento de Servicios de Riego (1999), es un deber de los usuarios solicitar semestralmente la incorporación de sus planes de cultivo dentro del plan de riego del Distrito, antes del 15 de abril y 15 de octubre de cada año. Si el usuario no aporta los datos a su debido tiempo, el SENARA procede a estimarlos discrecionalmente con base en la información que tenga disponible.

5.3. Comparación de alternativas de tarifa

La escogencia de un sistema de tarifas es una tarea complicada porque implica la ponderación de las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas alternativos. La habilidad del analista consiste en determinar cuál método de cobro es el más apropiado para un sitio y momento determinado.

Para facilitar la elección de un método de cobro para el DRAT, se caracterizó al sistema actual y a los sistemas propuestos en una serie de variables que se consideran relevantes. El cuadro 26 presenta los tres tipos de tarifas clasificadas ordinalmente respecto a cada característica.

Característica	Tipo de tarifa		
	Fija por hectárea	Mixta	Por cultivo
Sencillez	3	1	2
Estabilidad recaudatoria	3	1	2
Estímulo al uso eficiente del agua	1	3	2
Equidad	1	3	2
Implementación	3	1	2

La escala es cualitativa, va de 1 a 3, donde 3 es la nota mejor

Fuente: Elaboración propia

A continuación se define cada una de las características anteriores y se recomienda el sistema de tarifa más conveniente para el DRAT en el corto plazo:

- **Sencillez:** Esta característica se refiere a la facilidad de comprensión del sistema por parte de todos los participantes así como la sencillez de cálculo de la tarifa. La facilidad de monitoreo y control debe evaluarse igualmente.

Uno de los mayores atractivos del método actual de cobro en el DRAT es esta sencillez desde el punto de vista de entendimiento y administración. La tarifa por cultivo es

relativamente fácil de entender pero exige más esfuerzo administrativo que el simple cobro por hectárea.

La complejidad de cálculo, manejo y entendimiento es mucho mayor para el caso de la tarifa mixta, por ello este sistema requiere mayor divulgación, consenso para definir los parámetros de cálculo y capacitación de los funcionarios del SENARA y los productores .

- **Estabilidad recaudatoria:** Los ingresos para el SENARA deben ser estables. No es deseable que los ingresos por tarifas sean impredecibles, ya que pueden afectar la normal operación y la calidad del servicio ofrecido a los usuarios.

Aunque los tres sistemas analizados se caracterizan por generar ingresos predecibles, el sistema actual es el mejor en ese sentido. El más inestable es el de tarifa mixto, su posible volatilidad depende de la importancia que se le atribuya al componente volumétrico.

- **Estímulo al uso eficiente del agua:** Uno de los objetivos fundamentales de la fijación de precios en sistemas de riego es la conservación y manejo eficiente del agua.

Ya se ha discutido que la tarifa actual de cobro por hectárea no genera ningún incentivo para el uso eficiente y productivo del agua. Por otra parte, el sistema mixto es el mejor de los tres, motiva a los usuarios a racionar su consumo, provocando mejoras en la eficiencia y la productividad del uso del agua de riego.

- **Equidad:** El sistema debe ser justo en el cobro, quién más gasta debe ser el que más paga.

El sistema mixto es equitativo entre productores del mismo cultivo ya que los consumidores frugales y cuidadosos terminan pagando menos por el servicio de riego de que lo pagan sus competidores directos. Adicionalmente, la tarifa mixta genera equidad entre cultivos porque los que son intensivos en el uso del agua pagan más que aquellos que demandan poco volumen. Como se ha planteado antes, la tarifa fija no es equitativa en ninguno de los sentidos anteriores.

La tarifa por cultivo es el punto medio entre los otros dos sistemas. La misma produce equidad entre cultivos pero trata por igual a los productores de un mismo cultivo, lo cual reduce los incentivos para la competitividad y por ende, premia a los productores no eficientes en el manejo del agua.

▪ **Implementación:** La factibilidad técnica, política y legal son factores fundamentales para la adecuada implementación y éxito de cualquier reforma de tarifas.

La necesidad de medir el consumo por un método relativamente confiable introduce una importante limitación al cobro mixto. En el tanto las oscilaciones de caudal proveniente de ARCOSA no se regulen o al menos sean predecibles, el escenario se complica aún más. Es probable que la oposición de grupos de productores sea más fuerte con la tarifa mixta ya que implica la pérdida del privilegio de utilizar agua casi sin restricción, con un impacto adicional sobre sus presupuestos.

En este sentido, la tarifa por cultivo podría enfrentar menos oposición, siempre y cuando se destaquen los beneficios en términos de justicia entre cultivos y su establecimiento sin necesidad de infraestructura de medición.

Finalmente, debido a la discusión de las características anteriores, es claro que mantener el status quo del sistema de tarifa fija por hectárea no es aceptable. Aunque el sistema mixto corrige los problemas de equidad y genera incentivos para el uso eficiente del agua, las posibles restricciones de implementación técnica y política dificultan su éxito.

Por la razón anterior se recomienda el sistema de cobro por cultivo. Aunque este método no genera incentivos para el uso eficiente del agua, es un sistema de fácil implementación que representa un cambio relativamente modesto respecto al sistema actual, lo cual podría incrementar su aceptación. Este sistema tiene el atractivo adicional que corrige parte de la inequidad en el cobro y no necesita medición volumétrica. El uso de este sistema debería servir para empezar un proceso de reforma más profundo que establezca un sistema de cobro mixto y procure la autonomía financiera del DRAT.

6. Efecto del marco institucional sobre el uso del agua en el DRAT

6.1. La gestión de los sistemas de riego en el mundo

La importancia de los proyectos de riego como medios para proveer alimentos¹⁰⁴ y reducir la pobreza de los sectores rurales de las economías en desarrollo, motivó a inicios de la década del 60, la expansión de créditos por parte de las agencias de cooperación y bancos internacionales hacia proyectos de riego de grandes dimensiones¹⁰⁵.

No obstante, la sostenibilidad de estos proyectos queda en entredicho en los últimos años debido a la sobrestimación de sus beneficios económicos, la existencia de coberturas actuales inferiores a las planeadas, una pobre utilización del agua, la generación de impactos ambientales negativos y la poca inversión en el mantenimiento de los sistemas (Ostrom 1992).

El tipo de gestión en estos sistemas de riego ha sido diversa y en muchos casos se encuentran experiencias mixtas de administración. Los modelos más comunes de gestión son los estatales, sin embargo, estos han comenzado, con aciertos y errores, un proceso de transferencia de gestión hacia las comunidades de usuarios. El cuadro 27 resume los principales tipos de gestión del riego en el mundo y las características más importantes de ellos.

¹⁰⁴ A nivel mundial, cerca del 40% del total de productos agrícolas se generan en suelos irrigados, aunque estos últimos representan solo el 18% del total de tierra cultivada en el mundo (Postel 1999).

¹⁰⁵ La superficie de riego en América Latina se ha más que duplicado en las tres últimas décadas, al pasar de 8 millones de hectáreas a principios de 1960, hasta alcanzar 18 millones de hectáreas a finales de la década de los noventa (FAO 2001)

Cuadro 2. Caracterización de los tipos de gestión formal del agua en el mundo			
Aspectos principales	Tipo de gestión formal		
	<i>Gestión estatal</i>	<i>Gestión comunitaria</i>	<i>Gestión privada</i>
<i>Derechos sobre el agua</i>	Derechos poco definidos	Definidos por miembros de la comunidad, a veces transferibles	Derechos definidos
<i>Distribución del agua</i>	Reglas fijadas por la administración y basadas en la oferta	Reglas fijadas por los propios usuarios	Basada en la disponibilidad del agua
<i>Pago del agua</i>	Cobro por hectárea y a veces sobre la producción	Por hectárea o volumen. La contribución se puede suplir con trabajo	Pago por acceso y en función del consumo
<i>Problemas recurrentes</i>	Crisis financiera por falta de pago de las tarifas y burocracia	Desequilibrio entre reglas y prácticas	Exclusión de sectores pobres
<i>Dinámica actual</i>	Tendencia a transferir la gestión a las comunidades de regantes	Necesidad de renovar instituciones locales	Necesidad de nuevas formas de financiación para inversión en equipo

Adaptado de FAO (2001)

El marco de gestión es muy importante porque influye sobre el tipo y magnitud de los problemas presentes en un sistema de riego. No obstante, no es suficiente describir el marco de gestión formal de un Distrito de Riego sino que se debe hacer un análisis más profundo de las razones que motivan el comportamiento de los actores en estos sistemas.

Por esta razón, en este trabajo se desarrolla el modelo de Desarrollo y Análisis Institucional de Elinor Ostrom¹⁰⁶. Este enfoque estudia a los sistemas de riego desde la perspectiva de los recursos comunes y analiza cómo las reglas de uso efectivas, el entorno físico y las normas culturales influyen sobre las decisiones de los individuos en estos sistemas.

Los recursos comunes (*common pool resources*) son recursos naturales o recursos producidos por el hombre, caracterizados por dos elementos: la dificultad de exclusión de usuarios del disfrute mismo y la rivalidad en el consumo¹⁰⁷ (Ostrom 1990, Ostrom *et al.* 1994). La primera

¹⁰⁶ Elinor Ostrom es *Arthur F. Bentley Professor of Political Science* y codirectora del *Workshop in Political Theory and Policy Analysis* y el *Center for the Study of Institutions, Population and Environmental Change* de la Universidad de Indiana, Bloomington.

¹⁰⁷ La rivalidad en el consumo se presenta cuando el consumo de un individuo limita o disminuye las posibilidades de consumo de otra persona. La característica de no exclusión significa que es muy difícil, al menos a un costo razonable, excluir a personas del uso de un recurso. La no exclusión incentiva a que los usuarios no revelen su verdadera disposición a pagar por el bien, lo cual provoca que la recolección de ingresos para su construcción sea insuficiente y por lo tanto se produzca una cantidad ineficientemente baja del mismo. Los medios físicos para excluir a personas del disfrute de un bien (cercas por

característica es propia de los bienes públicos mientras que la segunda es distintiva de los bienes privados.

La imposibilidad de excluir a los usuarios de las mejoras del sistema en los recursos comunes, es similar a la no exclusión presente en bienes públicos¹⁰⁸. Esto provoca la tendencia de los usuarios del sistema a *free-ride*¹⁰⁹, ya que colaboren o no, o paguen o no, de todos modos obtendrán los beneficios de las mejoras. Además, es costoso y en muchos casos indeseable, excluir algún usuario de los beneficios derivados de las mejoras en la infraestructura de canales.

Por otra parte, la rivalidad en el consumo de las unidades del recurso¹¹⁰ impide que un mismo litro de agua sea utilizado por dos usuarios a la vez, lo cual es semejante a la situación que se presenta con los bienes privados. Por lo tanto, los usuarios de un sistema de riego que tratan de organizarse y administrar el sistema por sí mismos, se enfrentan simultáneamente a problemas relacionados con la provisión del servicio y la asignación del flujo de agua entre todos los miembros.

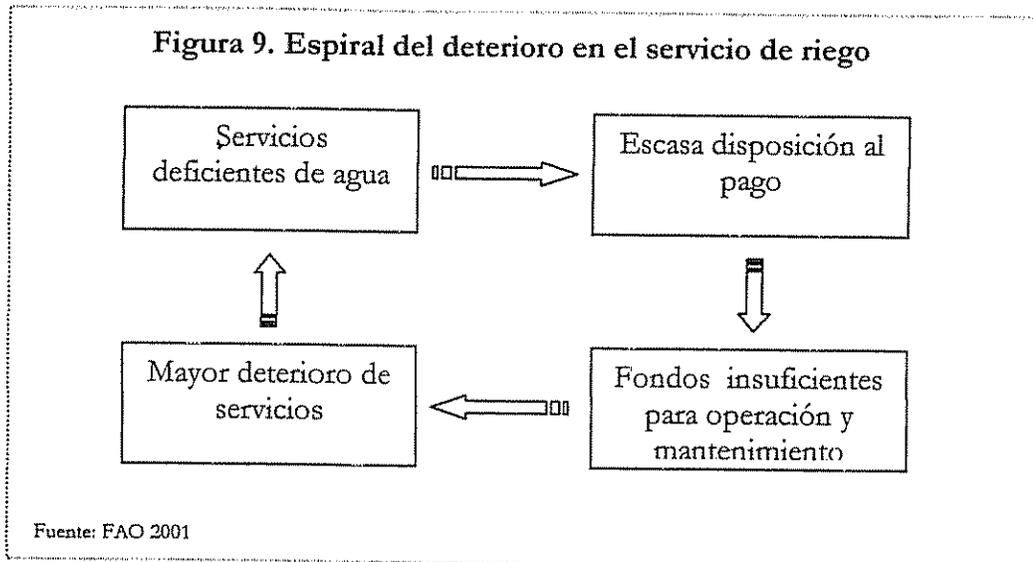
Los problemas de provisión y asignación dentro de un sistema de riego están mutuamente relacionados. Un ejemplo de ello lo constituye la espiral del servicio de riego (FAO 2001), la cual se resume en la figura 9.

ejemplo) deben complementarse con derechos legales de propiedad para que dicha exclusión sea efectiva. De esta forma, las posibilidades de exclusión dependen de los atributos físicos del bien y del marco legal imperante (Ostrom *et al.* 1994).

¹⁰⁸ La distinción entre bienes públicos y bienes comunes puede ser ambigua en la práctica, ya que no solo depende del tipo de bien sino de las características de explotación, escasez relativa que presenta y momento en el tiempo en que se evalúa. Dada esta complejidad en la práctica se encuentra un continuum de clasificación entre un bien público y un recurso común (Ostrom y Keohane 1995). Por ejemplo, un banco de peces con la presencia de muy pocos pescadores artesanales se asemeja bastante a un bien público, sin embargo, si en el transcurrir del tiempo llegan más pescadores y comienzan los problemas de sobreexplotación, la situación tiende hacia un bien común.

¹⁰⁹ El problema del *free-riding* es un fenómeno extensamente documentado en la teoría económica de bienes públicos. Aunque los individuos tengan una alta disposición a pagar por un bien, los mismos esperan obtener los beneficios del mismo gratis porque no se les puede excluir del disfrute de los mismos. Esto genera una falla de mercado porque existe un nivel bajo o inexistente de provisión privada de estos bienes.

¹¹⁰ En el mundo de los bienes comunes en general, esta característica abre la posibilidad de que se alcance el límite de las unidades producidas y que por lo tanto, se alcancen situaciones de sobreuso o congestión. El nivel de sobreuso puede ser tal que deteriore la capacidad del recurso de regenerarse (Ostrom *et al.* 1993).



Una asignación del agua inapropiada o la presencia de un servicio de riego ineficiente, desmotiva a los usuarios a pagar por el uso del sistema, ya sea en términos monetarios o bien por medio del ofrecimiento de mano de obra necesaria para el mantenimiento del servicio. Si esto ocurre, la escasez de recursos financieros o físicos se hará presente y con ello, se agravará la calidad del servicio y disminuirá aún más la disposición a pagar de los usuarios.

El comportamiento de los usuarios dentro del marco de gestión formal condiciona la forma en la cual se resuelven los problemas de provisión y asignación del agua dentro de un sistema de riego. La evolución histórica del DRAT ofrece una excelente oportunidad para evaluar el efecto de distintos marcos de gestión sobre el comportamiento de los usuarios en torno al uso del agua de riego.

A continuación se presenta una descripción de los modelos clásicos del estudio de los bienes comunes. Estos modelos sirven para analizar parcialmente el comportamiento de los individuos dentro de estos sistemas y a la vez constituyen herramientas útiles para elaborar el modelo de Desarrollo y Análisis Institucional que se presenta posteriormente.

6.2. Modelos clásicos en el estudio de los recursos comunes

En la literatura existen tres modelos pioneros en el análisis de bienes comunes: La Tragedia de los Comunes, La Lógica de la Acción Colectiva y El Dilema del Prisionero. Los dos primeros modelos identifican elementos básicos del comportamiento de los individuos que utilizan un recurso común, sin embargo, sus conclusiones no son generalizables para todos los casos. El Dilema del Prisionero, en su estructura más simple, ha sido un modelo de referencia para entender cómo las actuaciones de individuos que no tienen posibilidades de comunicarse y establecer acuerdos, conducen a una situación sub-óptima para ambos. A continuación se describe de forma general cada uno de estos modelos.

- a) La Tragedia de los Comunes: Este modelo propuesto inicialmente por Hardin (1968), ha sido utilizado para explicar la degradación del ambiente que ocurre cuando las personas utilizan un recurso escaso en forma común.

En su artículo, Hardin describe un escenario de un pastizal con libre acceso y actuaciones individuales por parte de los pastores. El autor argumenta que cada pastor está incentivado a agregar más animales a este lugar porque recibe un beneficio directo de esta acción, mientras que enfrenta de forma diferida los costos de sus acciones y las de otros pastores. Este razonamiento da lugar a la tragedia porque cada pastor piensa de forma similar, incrementando el número de animales en un mundo limitado, lo cual conduce al deterioro del recurso por el sobre pastoreo.

- b) El Dilema del Prisionero: Este modelo ha sido desarrollado ampliamente por la teoría de juegos no cooperativos con información perfecta. La estructura general de este juego trata de una situación hipotética donde existen dos sujetos que cometieron un crimen y que se encuentran en celdas separadas de una prisión, sin posibilidades de comunicarse. Cada prisionero debe elegir entre dos estrategias diferentes: delatar al compañero por el crimen cometido o bien, cooperar con el otro y no delatarlo.

Los supuestos del juego son que cada prisionero maximiza su propio bienestar y espera el otro prisionero haga lo mismo (Varian 1992). Cada uno de los prisioneros realiza una decisión única, de forma simultánea e independiente del otro jugador.

El número de años en prisión que cada prisionero tendrá dependerá de si delata o no al otro. Las condenas asociadas a cada una de las posibles estrategias de los prisioneros, llamados prisionero azul y prisionero rojo, se resumen a continuación:

		Prisionero rojo	
		Delatar	No delatar
Prisionero azul	Delatar	20 , 20	5 , 25
	No delatar	25 , 5	10 , 10

El número de años de condena asociados a las estrategias del prisionero azul, se destacan en azul. Para el caso del prisionero rojo, el número de años en prisión asociados a su cada una de sus estrategias se destacan en rojo. Entonces por ejemplo, si ambos prisioneros deciden delatarse mutuamente, el prisionero azul recibe 20 años de prisión y el rojo otros 20 años de prisión. El juego se resuelve de la siguiente forma:

Análisis para prisionero azul: Debido a que el prisionero azul no conoce la estrategia que escogerá el otro prisionero, debe hacer supuestos acerca de esta elección. Suponiendo que el prisionero rojo elige delatar al otro, el jugador azul también elige la estrategia de delatar debido a que esta le representa una condena menor que quedarse callado ($20 < 25$). En el caso que el prisionero rojo decida quedarse callado y no delatar, el prisionero azul elegirá nuevamente delatar, ya que esta estrategia le reporta menos años en la cárcel que si se quedara callado ($5 < 10$).

Conclusión para el prisionero azul: No importa lo que haga el prisionero rojo, el prisionero azul siempre elegirá delatar¹¹¹.

Análisis para prisionero rojo: Se debe seguir un razonamiento similar al del prisionero azul. Suponiendo que el prisionero azul elige delatar, el jugador rojo también toma la decisión de delatar porque con ella recibiría una condena menor ($20 < 25$). En el caso que el prisionero azul elija no delatar, el prisionero rojo elegirá de nuevo la estrategia de delatar porque esto le reporta un menor número de años en la cárcel ($5 < 10$).

Conclusión para el prisionero rojo: No importa lo que haga el prisionero azul, el prisionero rojo siempre elegirá delatar al otro.

¹¹¹ Cuando un jugador elige la misma estrategia, sin importar lo que el otro haga, se conoce como estrategia dominante

La solución de este juego se encuentra cuando cada prisionero decide no cooperar y por lo tanto, decide delatar al otro. En este resultado cada prisionero recibe una condena de 20 años. Este resultado tiene la particularidad de que cada prisionero ha maximizado su bienestar, tomando en cuenta las acciones del otro. Todo par de estrategias que se caracterizan porque cada jugador maximiza su beneficio, dada la expectativa de acción del otro, se conoce como *equilibrio de Nash*¹¹² (Varian 1992).

El dilema de este juego consiste en que los pagos asociados con el resultado de equilibrio no cooperativo de Nash no son deseables. Esta situación es *Pareto*¹¹³ inferior, ya que es posible encontrar un resultado alternativo (10, 10) donde ambos prisioneros estarían mejor. Esto da lugar a una paradoja, ya que la mano invisible de Adam Smith no establece conflictos entre la racionalidad individual y la de grupo. El dilema del prisionero constituye un contra ejemplo de ello porque las estrategias racionales individuales conducen a un resultado global que no es deseable para ninguno de los individuos.

- c) La lógica de la acción colectiva: Mancur Olson (citado por Ostrom 1990) también cuestiona la idea que las acciones racionales individuales conducen al bienestar de la colectividad. Su argumento se basa fundamentalmente en la presencia del *free-riding*, ya que al no haber posibilidades de excluir a los individuos del disfrute de un bien común, los mismos no tienen incentivos para contribuir voluntariamente a la provisión de ese bien. De esta forma, el comportamiento racional de los individuos los motiva a disminuir sus aportes a la causa común, esperando recibir los beneficios gratis pero perjudicando en última instancia al bienestar colectivo.

Según Olson, a menos que el grupo de individuos sea pequeño o que exista algún tipo de coerción, los individuos no actuarán de acuerdo al interés común. Según este autor, el tamaño del grupo de individuos necesario para que puedan actuar colectivamente, no depende del número de los mismos, sino de la posibilidad de observar las acciones individuales de cada uno de los miembros.

¹¹² Este equilibrio es una condición necesaria para que un par de estrategias se considere como la solución a un juego. No necesariamente existe un solo equilibrio de Nash sino que puede haber más de uno en un mismo juego.

¹¹³ En la teoría económica del bienestar, un óptimo de Pareto es aquella situación óptima donde no es posible mejorar la situación de un individuo sin empeorar la de otro. El primer teorema del bienestar establece que un equilibrio competitivo es un óptimo de Pareto (Kolstad 2000)

Los modelos clásicos predicen, de forma casi inevitable, la sobreexplotación del recurso común o el alcance de situaciones no óptimas para el grupo de individuos que disfruta del bien. Esto ha dado a lugar que se argumente la necesidad de un agente externo (normalmente el gobierno) que regule las actividades de asignación del recurso y provisión dentro de estos sistemas.

No obstante, Ostrom (1990) demuestra casos donde la misma colectividad que usa el recurso se organiza y sale por sí misma del futuro predicho por los modelos clásicos. En situaciones de baja escala, donde los individuos se comunican repetidamente en lugares comunes, es posible que los individuos aprendan en quién confiar, aprendan el efecto de sus acciones sobre otros y aprendan cómo organizarse entre ellos para obtener beneficios (Ostrom 1990). Estos elementos permiten que los individuos moldeen su propia realidad, saliéndose del esquema general que presentan los modelos clásicos¹¹⁴.

En el caso del DRAT, los modelos clásicos logran dar explicaciones parciales a algunos fenómenos. Por ejemplo, la lógica de la acción colectiva sirve para explicar la negativa de los usuarios a colaborar con el mantenimiento de los sistemas o en la formación de organizaciones. Estos fines tienen características de bienes públicos, por lo tanto el comportamiento racional es esperar los beneficios de forma gratis, sin comprometer tiempo o dinero. No obstante, ni este modelo ni los otros logran explicar con claridad por qué la Sociedad de Usuarios de Bagatzí funcionó adecuadamente durante unos años, evitando así el destino predicho por ellos.

Para explicar esta contradicción y tratar de entender el comportamiento actual de los usuarios en relación al uso del sistema de riego, se tomará un enfoque mas amplio de estudio de los bienes comunes basado en el modelo de Análisis y Desarrollo Institucional de Ostrom, E; Gardner, R y Walker, J (1994). Este modelo no elimina la posibilidad de utilizar los modelos clásicos en las explicaciones sino que los trata de complementar y aplicar con juicio, sin hacer generalizaciones.

¹¹⁴ Esta autora enumera ocho características importantes de estos sistemas exitosos: límites bien definidos, congruencia entre reglas de uso y provisión y las condiciones locales, acuerdos de escogencia colectiva, monitoreo, sanciones graduadas, mecanismos de resolución de conflictos, reconocimiento mínimo de derechos a organizarse y actividades anidadas

6.3. Modelo de Desarrollo y Análisis Institucional (DAI)

En el capítulo de materiales y métodos se describió al modelo DAI como un marco teórico que permite el estudio de situaciones donde los individuos que utilizan un recurso interactúan repetidamente, influenciados por una combinación de factores culturales, físicos e institucionales. El DAI no restringe al analista al uso de una sola herramienta de análisis sino que intenta aproximar la realidad desde distintos puntos de vista teóricos¹¹⁵. No obstante, dentro de este marco conceptual es fundamental el rol que juegan las instituciones en el manejo de los recursos comunes.

A continuación se describe brevemente la función de las instituciones dentro del modelo DAI y luego se realiza una aplicación del mismo en dos momentos diferentes en el Asentamiento Campesino de Bagatzí. Finalmente, como complemento a este análisis se presenta la descripción y resultados de 3 juegos de economía experimental, utilizados para estudiar en detalle la influencia de la confianza, la noción equidad y la presencia de *free-riding* sobre los resultados colectivos e individuales de dos grupos diferentes de personas.

6.3.1. Las instituciones como reglas en uso

El papel que juegan las instituciones en el manejo de los recursos comunes es fundamental porque las mismas generan incentivos para que los individuos adopten distintos patrones de actuación. El concepto de instituciones se refiere al conjunto de reglas en uso por los individuos que utilizan el recurso (Ostrom 1992).

Estas reglas en uso o efectivas, son mandatos que definen cuáles acciones son requeridas, prohibidas o permitidas, así como las sanciones autorizadas para los casos de incumplimiento (Crawford y Ostrom 1993, citado por Ostrom *et al.* 1994). Las reglas son inefectivas a menos que la gente las acepte, lo cual implica conocimiento común¹¹⁶ y mecanismos de monitoreo, control y sanciones que garanticen el cumplimiento por parte de todos los individuos que las comparten.

¹¹⁵ El DAI se basa en la economía política clásica de Hobbes, Montesquieu, Hume, Smith y Tocqueville; la economía micro e institucional clásica de Hardin y Coase; la teoría de la escogencia pública de Buchanan, Tullock y Olson; la economía de costos de transacción de North y Williamson; y la teoría de juegos no cooperativos de Harsanyi y Selten (Ostrom *et al.* 1994).

¹¹⁶ Conocimiento común implica que cada participante conoce las reglas, se percata que los otros las conocen y sabe que los otros conocen que él domina las reglas (Ostrom *et al.* 1994)

Las reglas efectivas no son necesariamente iguales a las reglas formales establecidas en los reglamentos de una “institución” pública o la constitución de un país. La diferencia entre ambos tipos de reglas surge de la debilidad en la aplicación y ejecución del marco formal (Bandaragoda 2001). La distinción es importante porque en el análisis institucional que se presenta en este documento, lo que interesa son las reglas efectivas, es decir, las reglas de conocimiento común que rigen el comportamiento diario de los usuarios del servicio de riego.

Entender y detallar las reglas en uso en un lugar particular puede ser muy difícil, ya que los individuos suelen ser reacios en dar a conocer ciertos comportamientos, sobretodo los ilegales. Además, el acatamiento de las reglas puede ser impredecible y contingente a ciertos eventos, lo cual complica su descripción precisa.

La dificultad de observar las instituciones, entendidas como las reglas en uso, conduce a dos errores fundamentales (Ostrom 1992):

- Se supone que las reglas en uso son idénticas a las reglas formales o reglamentos oficiales. Esto lleva a los políticos o administradores públicos a creer que modificando el reglamento formal o promulgando nuevas leyes, se modificará el comportamiento de los individuos. Esto no es necesariamente cierto, sobre todo en aquellos sistemas donde los incentivos que tienen los individuos para comportarse oportunistamente son altos y la legislación no se encuentra adaptada a la realidad local.
- El segundo error consiste en creer que las únicas instituciones válidas son las creadas desde el gobierno central. Esto puede ser grave ya que algunos esfuerzos locales de desarrollo de instituciones pueden ser opacados por la intervención estatal, la cual quiere imponer un esquema institucional particular. Más adelante se estudia el caso del Asentamiento Campesino de Bagatzí, donde precisamente, el desarrollo de un incipiente capital social fue limitado por efecto de una intervención estatal mal dirigida.

6.3.2. Importancia de las instituciones como reglas de juego

Las instituciones son importantes porque moldean el comportamiento de los individuos a través de los incentivos que proveen (Ostrom 1992). Estos incentivos se deben entender en un sentido más amplio que las recompensas o penas monetarias. Los incentivos institucionales incluyen además factores intangibles como prestigio, reconocimiento social y pertenencia a un grupo, entre otros¹¹⁷.

Adicionalmente, Seabright (1993) afirma que la importancia de las instituciones radica en la posibilidad de que puedan canalizar confianza dentro de un grupo de individuos. La confianza se entiende en este contexto como la expectativa de los miembros de un grupo acerca del nivel de cooperación de los otros. Entre mayor sean las experiencias pasadas de cooperación mayor es la probabilidad de éxito de acciones conjuntas en el futuro¹¹⁸.

Las reglas en uso que especifican las acciones requeridas, prohibidas o permitidas, afectan los incentivos de los usuarios de un sistema de riego. Por ejemplo, hay casos donde los productores tienen fuertes incentivos para meter más agua de la asignada a sus parcelas (en casos de estrés hídrico de sus cultivos), sin embargo, las reglas en uso pueden ser tan fuertes que repriman este deseo. Si los usuarios saben que su "robo" de agua será detectado por un vecino y que por esta acción, su reputación como miembro de la comunidad será denigrada, los costos de la infracción serán más altos que el caso donde no exista alguna sanción social (Ostrom 1992).

Por otra parte, los arreglos institucionales concebidos como reglas en uso constituyen parte del capital social de una comunidad. El capital social se refiere a las relaciones entre los individuos de una comunidad que les permite alcanzar mayores flujos de ingreso u otros objetivos definidos (Coleman 1988, citado por Ostrom 1992). Estas redes de cooperación y organización social permiten alcanzar beneficios que los individuos por sí solos no podrían obtener, no obstante, el proceso de formación de este capital implica un proceso largo y costoso de negociaciones sociales.

¹¹⁷ La reacción ante los incentivos puede provenir de los valores internos de los individuos (aquellos que prefieren resultados equitativos prefieren involucrarse en actividades que persigan el bien común), los valores culturales compartidos (valores religiosos por ejemplo) y las reglas en uso relacionadas con situaciones específicas donde los individuos se encuentran repetidamente.

¹¹⁸ Seabright (1993) destaca que muchas organizaciones voluntarias de asistencia social o promoción de actividades culturales no solo tienen valor por el trabajo que desempeñan sino porque sirven como mecanismos que posibilitan la formación de confianza dentro de una sociedad. Así, la confianza constituye una especie de capital que influye sobre las posibilidades de cooperación entre los individuos de una comunidad.

El capital social no se produce automáticamente o espontáneamente, debe ser moldeado por los individuos a través de los años (Ostrom 1992). No obstante, muchos proyectos de riego en el mundo no han alcanzado los objetivos esperados porque se concentraron únicamente en la infraestructura física de los canales, suponiendo que la organización necesaria de los productores aparecería espontáneamente (Ascher y Healy 1990, citado por Ostrom 1992).

6.3.3. Aplicación del modelo DAI: Estudio de caso en el Asentamiento Campesino de Bagatzí

El objetivo de este estudio de caso es determinar el efecto de dos marcos institucionales diferentes sobre el uso del agua de riego en el Asentamiento Campesino de Bagatzí. Utilizando el modelo DAI descrito en el capítulo dos de este documento, se estudia la situación del Asentamiento a principios de los noventa y en el momento actual.

La comparación de ambas realidades ofrece la oportunidad de observar la influencia de las diferencias físicas, culturales y de reglas efectivas, sobre los patrones de uso del agua en el Asentamiento. La construcción de ambos escenarios se hará con base en información secundaria y la aplicación de una encuesta semiestructurada a un grupo de informantes clave.¹¹⁹

¹¹⁹ Detalles de esta encuesta se encuentran en la sección de materiales y métodos

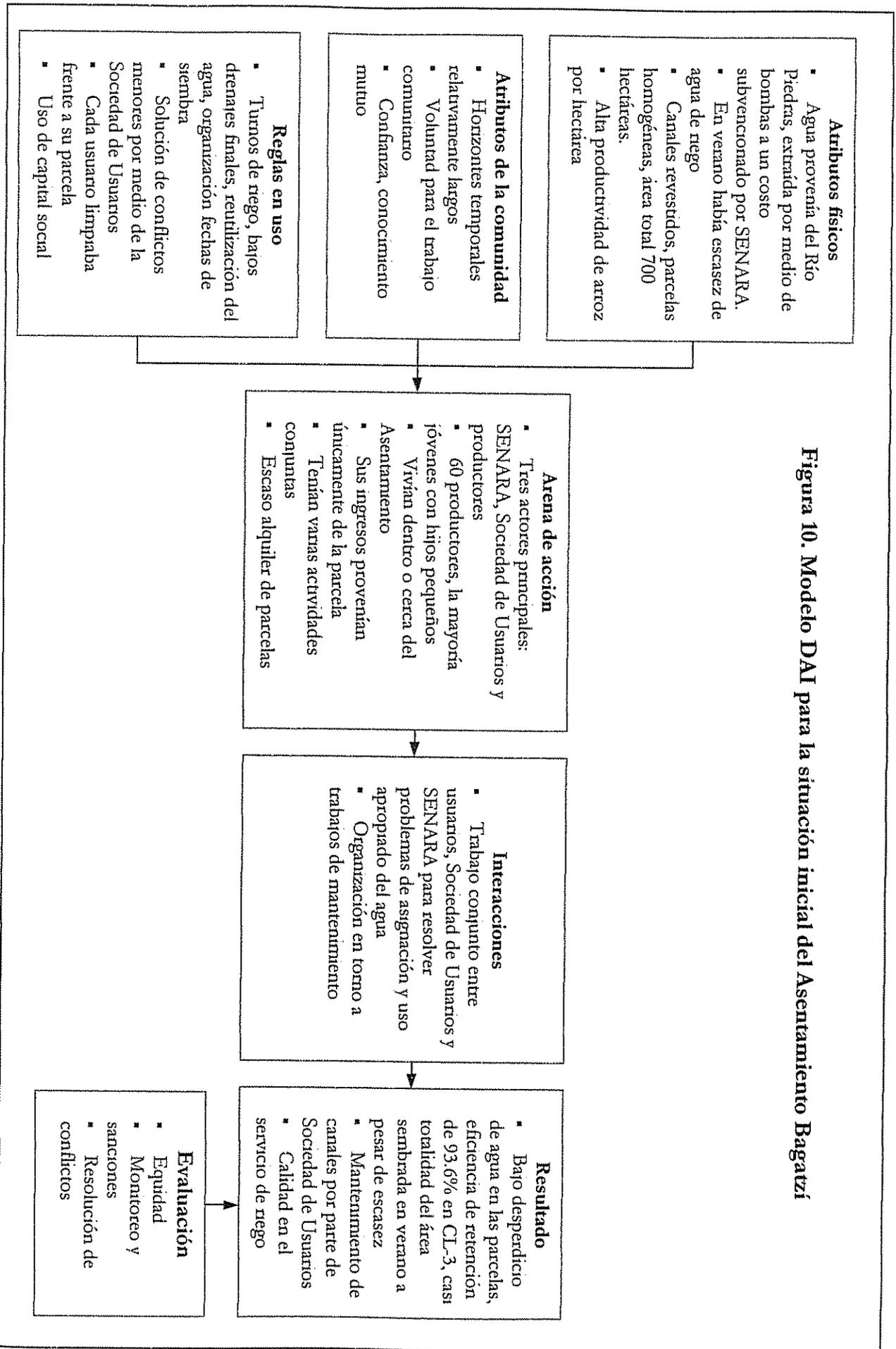


Figura 10. Modelo DAI para la situación inicial del Asentamiento Bagatzi

Fuente: Elaboración propia

6.3.3.1. Escenario inicial del Asentamiento

▪ **Descripción de la arena de acción:** La figura 10 resume el modelo DAI para la situación inicial del Asentamiento. La producción en Bagatzí inició en 1983, gracias al trabajo de 18 productores que decidieron producir arroz en secano, basados en un sistema de producción comunal. Entre el año 1985 y 1986, se terminó la infraestructura de riego y el IDA asignó parcelas individuales a los productores, más un lote para vivienda dentro del Asentamiento. El área total del Asentamiento en 1993 era de 702.47 hectáreas (Murillo y Pizarro 1993).

La conformación inicial de los beneficiarios del Asentamiento era *relativamente homogénea*, conformada por los 18 productores originales más un grupo escogido por el IDA, provenientes de Cañas y Bagaces, principalmente. En 1993 había 63 productores, de los cuales el 86% tenían edades entre 26 y 55 años, y el grado de deserción del Asentamiento era el más bajo de todo el DRAT (IICA 1993). Esta baja deserción incidía directamente en el *bajo nivel de alquiler de parcelas* en la época.

La mayoría de familias que poblaron el asentamiento inicialmente, tenían como jefes de familia a personas relativamente jóvenes, con hijos pequeños. La mayoría decidió *vivir dentro del Asentamiento*, sin embargo, algunos parceleros decidieron mantener a su familia en Bagaces, Cañas o Liberia y trasladarse ellos solos a realizar las labores productivas en la zona.

A diferencia de otros asentamientos, el *grado de escolarización era alto*, debido a que buena parte de los beneficiarios eran profesionales. El 40% de los dueños de parcelas tenían nivel de estudio de secundaria y universidad (IICA 1993). Aunque buena parte de los productores vivía fuera del Asentamiento, casi todos dependían en gran medida de los ingresos de las parcelas, incluidos los profesionales. Estos últimos complementaban sus ingresos por la venta de servicios profesionales a otros productores del mismo Asentamiento.

En este escenario, el SENARA tuvo un papel decisivo en términos de *capacitación y logística*, además de servir como intermediario entre los productores y otras instituciones gubernamentales. Los productores participaban activamente en reuniones promovidas por SENARA para definir planes de trabajo, acceso al crédito y distribución del agua. Como

mediador entre las necesidades de los productores y el SENARA, existía *la Sociedad de Usuarios de Bagatzí*.

Los productores no solo estaban involucrados en actividades relacionadas con el uso del agua de riego y la producción de arroz sino que también tenían organizaciones para el manejo del agua potable, la construcción de caminos, la compra de insumos por medio de una cooperativa (Coopebagatzí) y obras dedicadas a infraestructura dentro del Asentamiento.

▪ **Atributos físicos:** La principal distinción física en aquel momento era que el agua de riego que utilizaban los productores provenía del Río Piedras. Para extraer el agua se utilizaban cuatro bombas, operadas por SENARA y cuyo costo de operación era subvencionado por la misma institución. En la época de verano el agua era un *factor limitante* de la siembra, ya fuera por la capacidad de las bombas o por el bajo caudal del río. Las parcelas de ese entonces fueron sembradas exclusivamente de arroz.

Las parcelas del Asentamiento eran bastante simétricas, de no más de 10 hectáreas por productor, provistas de infraestructura de riego revestida con concreto. Al inicio de operación del sistema, la escasez de agua provocaba que los productores no pudieran sembrar la totalidad de la parcela y tuvieran que conformarse con apenas el 50% de la misma. Sin embargo, conforme mejoró la organización de los productores en relación al uso del agua, llegaron a sembrar el 85% del total de área disponible en el verano del 92 (Murillo y Pizarro 1993), con rendimientos por hectárea de hasta 8 toneladas de arroz seco y limpio¹²⁰ (Pérez 2002).

▪ **Atributos de la comunidad:** El hecho que los productores vivieran cerca o dentro del propio Asentamiento y que interactuaran entre sí frecuentemente, no solo en relación al agua sino en otras situaciones, motivó el *conocimiento mutuo* entre los productores. Esto generó niveles de confianza importantes, al punto que en muchos casos, existían sistemas de fianzas cruzadas para acceder a créditos bancarios.

Aunque los productores no aceptaban la propiedad colectiva de la tierra, la mayoría de ellos prefería algún tipo de forma de organización colectiva que brindara servicios de apoyo en la

¹²⁰ En 1983 los rendimientos mínimos eran de 7.3 a 8.4 toneladas por hectárea en la cosecha de verano (Pérez 2002)

compra de insumos y comercialización (SENARA 1985). Adicionalmente, el alquiler de parcelas era una práctica muy poco difundida en la época.

La juventud de los beneficiarios, los buenos resultados productivos del arroz, más la tenencia de tierra propia para sembrar y vivir, son factores que pudieron motivar a los productores a tener buenas expectativas de su futuro en el Asentamiento. En el lenguaje del DAI, estos factores generan *bajas tasas de descuento* de los beneficios futuros, lo cual conduce a mayores horizontes de planeación y una menor tendencia a la sobre utilización de los recursos en el presente. Esto a su vez los motiva a realizar inversiones en acuerdos cooperativos más duraderos, cuyos beneficios se obtienen en el mediano y largo plazo.

▪ **Reglas efectivas:** Algunas de las reglas principales que existían en relación al uso del agua eran las siguientes. La asignación del agua era relativamente equitativa, organizada de acuerdo a *turnos de riego*. La coordinación en el calendario de siembra, el trabajo de un canalero experimentado y el mantenimiento de estructuras de medición calibradas, facilitaban el riego por turnos en el Asentamiento.

Como el agua era un factor escaso, los drenajes finales en los bloques de parcelas eran prácticamente nulos. Aquel productor que tenía más agua de la necesaria, debía pasarla por medio de un drenaje lateral hacia la parcela de su vecino. Así, la *reutilización del agua* era una costumbre muy frecuente entre los usuarios del Asentamiento. Adicionalmente, muchos de los conflictos operativos comunes en el servicio de riego, eran resueltos directamente en la Sociedad de Usuarios de Bagatzí, la cual era elegida por los propios usuarios.

Por otra parte, el *mantenimiento de los canales* de riego estaba a cargo de la Sociedad de Usuarios. Aunque el reglamento del servicio de riego obligaba al SENARA a realizar todo los trabajos de mantenimiento de canales hasta la entrada de las parcelas, la Sociedad de Usuarios realizaba los trabajos de mantenimiento dentro del Asentamiento, gracias a un acuerdo informal entre SENARA y la Sociedad de Usuarios.

Bajo este arreglo, cada productor debía limpiar el frente de su parcela y parte del canal madre. El dinero que SENARA hubiera tenido que desembolsar a sus operarios o a una cuadrilla externa, se lo trasladaba a la Sociedad para que esta lo invirtiera en la construcción de caminos, principalmente. Este sistema funcionó relativamente bien durante esta época, sin embargo, luego colapsó debido a que muchos usuarios dejaron de colaborar en estas

actividades. Las razones de la caída de este sistema se analizan posteriormente, en el escenario de la realidad actual del Asentamiento.

La evidencia encontrada por Ostrom (1992) en diferentes sistemas de riego en el mundo revela que las motivaciones para invertir en capital social en estos proyectos está relacionada con tres factores: usuarios de riego con amplios horizontes temporales, suficiente escasez o necesidad que obligue a los productores a organizarse y una diferencia significativa en sus ingresos generada por el nivel de organización.

Las condiciones iniciales del Asentamiento coincidían con los requisitos anteriores para invertir en la formación de capital social, el cual se expresaba en las diferentes actividades conjuntas que realizaban los usuarios en relación al manejo del agua y las actividades productivas en general. Los usuarios sentían que el arreglo entre SENARA y la Sociedad de Usuarios para la limpieza de canales era provechoso, ya que el dinero conseguido servía para mantener los caminos en buen estado, facilitando el transporte de insumos y la salida del arroz en tiempo de cosecha.

Asimismo, la organización de los productores para promover la reutilización del agua y minimizar el desperdicio tenía beneficios inmediatos porque les permitía ampliar el área sembrada durante la época de verano. Los conflictos normales que podían ocurrir en este proceso de asignación del agua eran canalizados efectivamente por la Sociedad de Usuarios.

▪ **Interacciones y resultados:** La escasez del agua, la relativa homogeneidad de los parceleros, las expectativas futuras y el incipiente capital social fueron elementos que contribuyeron a una solución colectiva de los problemas de provisión y utilización del agua en el Asentamiento Bagatzí a principios de los años noventa.

Este trabajo de cooperación entre productores fue apoyado por el SENARA gracias a la capacitación en la aplicación del agua y en la nivelación de los terrenos para lograr un mejor aprovechamiento del agua. La participación de los usuarios en actividades conjuntas y el éxito parcial de las labores de mantenimiento por parte de la Sociedad de Usuarios, fortaleció los lazos de trabajo cooperativo en el Asentamiento¹²¹.

¹²¹ Entre más estables y profundas sean las interrelaciones sociales mayor es la probabilidad de lograr soluciones colectivas de los dilemas de recursos comunes (Bravo 2002). El contacto repetitivo y la confianza entre productores genera reputación y normas de reciprocidad mutuas, las cuales no solo inciden sobre los niveles de cooperación sino que tienen un efecto de refuerzo sobre los niveles iniciales de confianza (Ostrom 2002)

El nivel de colaboración entre usuarios y desarrollo de capital social en torno a la escasez del agua, se tradujo en un bajo desperdicio de agua en las parcelas. El estudio de eficiencia de retención realizado en el bloque de parcelas CL-3 de Bagatzi por Murillo y Pizarro (1993) evidencia este resultado¹²². En dicho estudio se encontró un nivel de eficiencia de retención de 93.6% para todo el bloque CL-3, lo cual implica que apenas el 6.4% del agua aplicada en las parcelas se perdía en el drenaje final. Además, los productores lograron sembrar casi la totalidad del área disponible, con rendimientos bastante altos, lo cual incrementó significativamente sus ingresos. Estos mismos autores enfatizan en que la organización comunal facilitó los turnos de riego y la reutilización del agua, elementos fundamentales para lograr los niveles de eficiencia de retención encontrados.

Otro resultado importante fue la buena calidad del servicio de riego que tenían los usuarios, gracias a su nivel de organización y la labor de mediador de la Sociedad de Usuarios ante el SENARA. En esa época, los problemas operativos se resolvían con rapidez por la Sociedad de Usuarios y el servicio ofrecido por el canalero era 2 veces al día, 365 días al año. Esto permitía tener un control más preciso de las entregas de agua y las prácticas de los usuarios, lo cual reducía la intensidad de los conflictos al existir una noción de equidad y justicia en las entregas. El monitoreo y control de los excesos de utilización del agua eran más fáciles de corregir y detectar gracias al trabajo constante del canalero y el grado de conocimiento mutuo entre los parceleros del Asentamiento.

▪ Evaluación de los resultados

Equidad: Se refiere a la equivalencia proporcional entre beneficios y costos (Ostrom 1992). Esta definición se puede ampliar para considerar la equidad fiscal, distributiva y participativa (Aylward y Fernández 1998). La equidad fiscal¹²³ se refiere a la medida en que los costos administrativos corresponden a los beneficios derivados del riego. La equidad distributiva indica el grado en que los beneficios de un arreglo institucional son repartidos equitativamente entre todos los actores. Por último, la equidad participativa involucra la posibilidad que los actores expresen sus opiniones durante el proceso de alcance de resultados, la habilidad de los mismos para obtener información del proceso y el grado de poder que tienen en la toma de decisiones.

¹²² Este estudio se presentó en el capítulo de uso del agua en el DRAT

¹²³ Este concepto fue introducido inicialmente por Olson (1969) y destacado por Coward (1979) como característica decisiva de los sistemas de riego exitosos (Ostrom 1992)

El marco institucional usado a principios del noventa, promovía la equidad en los tres sentidos anteriores. Aunque el costo administrativo de suplir el agua era subsidiado por SENARA, el trabajo de los usuarios en las labores de mantenimiento más la organización necesaria para los turnos de riego y la reutilización del agua, constituían costos importantes para los productores. De esta forma existía cierta proporcionalidad entre el trabajo de los usuarios y los beneficios que estos derivaban del riego.

La homogeneidad de parcelas más las reglas del uso del agua, evitaban que algunos usuarios se beneficiaran más que otros del servicio de riego. Además, la posibilidad de los productores de nombrar a los miembros de la Sociedad de Usuarios, la asistencia periódica a reuniones con la Sociedad y el SENARA, más el apoyo técnico de esta última, hacían que el proceso fuera relativamente equitativo, con oportunidad de participación de todos los actores en la toma de decisiones relacionadas con el uso del agua en el Asentamiento.

La importancia de que los aspectos de equidad sean considerados efectivamente por los individuos en la toma de decisiones, será explorada con detalle en el último inciso de este capítulo a partir de un ejercicio experimental. En este ejercicio se encuentra que la mayoría de individuos prefiere resultados equitativos en lugar de aquellos que implican una ganancia desigual para alguna de las partes.

Monitoreo y sanciones: La inversión en actividades de monitoreo y sanciones se explica por la presencia del “*acatamiento cuasi-voluntario*”, el cual consiste en que el acatamiento a las reglas es voluntario porque no existe coerción directa pero sí existen penas para aquellos que son detectados rompiendo reglas. Los individuos adoptan una estrategia de acatamiento cuasi-voluntario cuando esperan que los otros individuos también la mantengan. De esta forma, el grado de acatamiento de uno depende del grado de acatamiento del otro, debido a que ningún usuario quiere ser tomado como “tonto” al guardar una regla que los demás rompen¹²⁴.

Las reglas de turnos de riego y la reutilización del agua aplicadas en el Asentamiento, implicaban costos de monitoreo bajos. La supervisión constante del canalero más la atención de la persona que tenía el turno de riego para que el usuario del lado dejara de regar

¹²⁴ Si la obediencia a las reglas depende del cumplimiento de otros, ¿cuál es la tasa de acatamiento que asegura el compromiso grupal en el largo plazo? La respuesta es relativa ya que en algunos casos donde los beneficios de romper la regla son altos para el infractor y los costos provocados sobre otros son excesivos, es necesario un grado de acatamiento del 100%. No obstante, en casos de crisis económicas y donde no existe el peligro de sobreexplotación del recurso común, algunas comunidades toleran temporalmente tasas de acatamiento ligeramente inferiores al 100% (Ostrom 1992)

cuando le correspondía, facilitaba un sistema de monitoreo mutuo transparente y relativamente fácil de implementar. En este escenario, el monitoreo era efectivo y reforzaba el cumplimiento de las reglas porque había certeza que los todos cumplían las mismas¹²⁵.

No hay reportes de sanciones efectivas aplicadas a los usuarios de la época, lo cual puede implicar tres cosas. Primero, es posible que el grado de cumplimiento de las reglas fuera muy alto, lo cual se reflejaba en el exitoso manejo de una cantidad limitada de agua. Segundo, las sanciones podían ser sociales, por pérdida de reputación del infractor, sin embargo, establecer con certeza esta opción es muy difícil. Tercero, la inaplicabilidad de las sanciones impuestas es la otra alternativa.

Esto último, es válido para el caso de los trabajos de mantenimiento de la Sociedad de Usuarios, donde esta no tenía posibilidades legales de sancionar a los productores que no participaban en los trabajos, con el agravante que estos de todos modos obtenían el servicio por parte de SENARA. De esta forma, aunque hubiera un monitoreo de bajo costo y transparente, la imposibilidad de aplicar sanciones y restringir el *free-riding* imposibilitaron el desarrollo de un monitoreo efectivo a largo plazo.

Las posibilidades de disminuir el *free-riding* y el estudio de las circunstancias bajo las cuales es más probable su aparición, se estudian con detalle en la parte final de este capítulo con la ayuda de un ejercicio experimental.

¹²⁵ Si alguien es detectado como infractor y si la falta se informa a toda la comunidad de usuarios, la reputación del infractor dependerá del cumplimiento de las reglas en el futuro. Si los otros usuarios presumen que el infractor acatará las reglas en el futuro no hay razón para que abandonen sus estrategias de acatamiento. Los problemas se presentan cuando el infractor es reincidente lo cual genera incentivos para que los usuarios salgan de sus estrategias cuasi-voluntarias

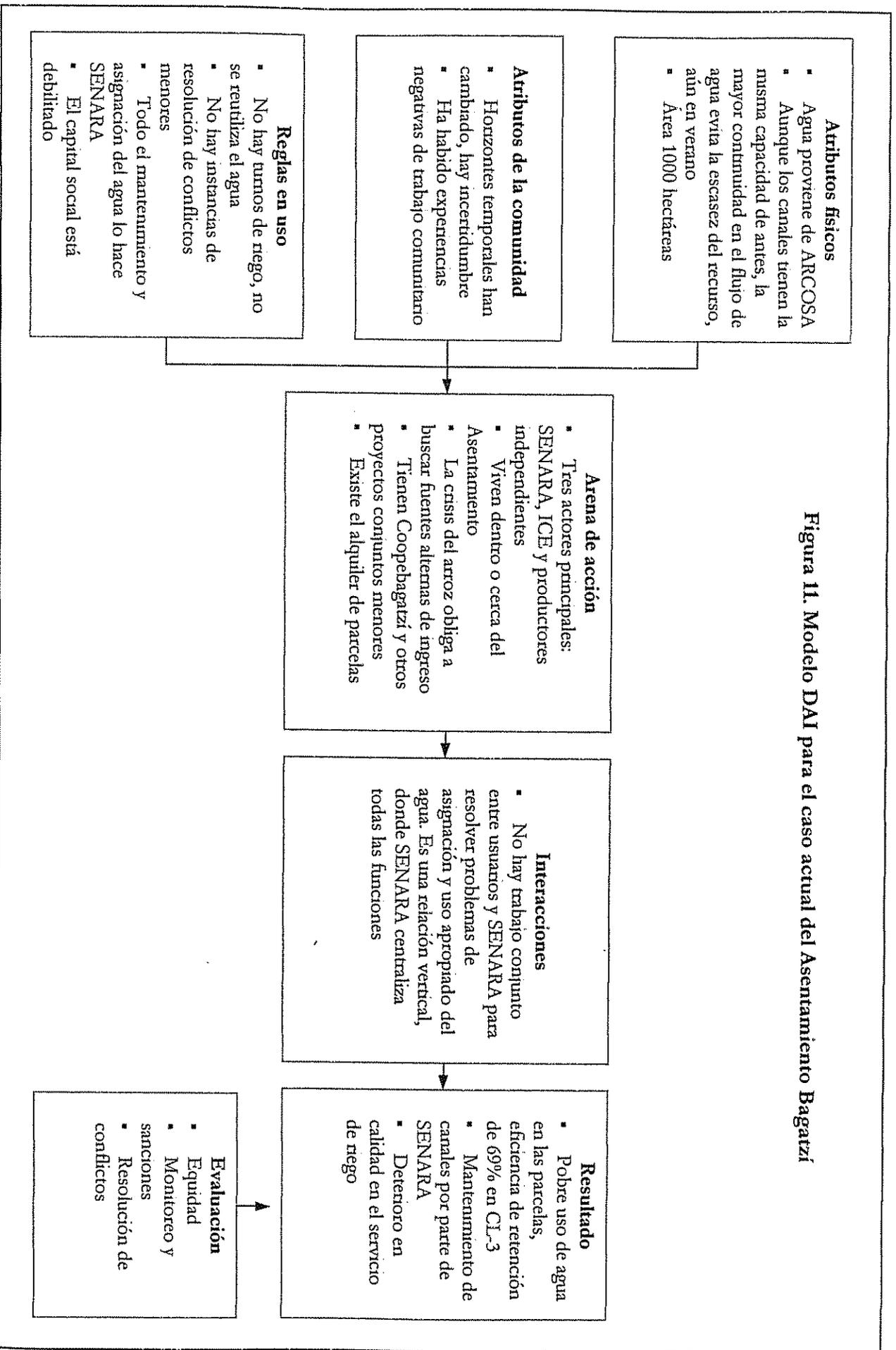


Figura 11. Modelo DAI para el caso actual del Asentamiento Bagatzí

Fuente: Elaboración propia

6.3.3.2. Escenario actual del Asentamiento

▪ **Descripción de la arena de acción:** La figura 11 resume el modelo DAI para la situación actual del Asentamiento. La conformación actual del Asentamiento es diferente a la existente hace 10 años. Los actores principales son productores independientes, SENARA y el ICE. La Sociedad de Usuarios no funciona.

Los productores son *relativamente heterogéneos*, ya que el grupo de profesionales que fue seleccionado inicialmente se ha ido casi por completo del Asentamiento. En los últimos años han llegado nuevos productores y el alquiler de parcelas es significativamente más alto que en la época inicial¹²⁶.

Este movimiento de productores ha ocurrido principalmente por problemas con la producción de arroz. En este sentido se cita los problemas financieros ocasionados por la quiebra de la Arrocería San Rafael, con la cual muchos productores tenían relación comercial. Adicionalmente, se destaca las plagas de ratas, la contaminación de malezas en las parcelas y los costos crecientes del sector. Estos problemas han motivado la salida de muchos productores iniciales y la búsqueda de ingresos adicionales por parte de los que se han quedado.

En la actualidad existe una relación paternalista entre el SENARA y los usuarios. Todas las labores de mantenimiento y asignación del agua corresponden al SENARA, ya que la Sociedad de Usuarios no funciona. El trabajo de los usuarios se limita a esperar que pase el canalero para pedirle servicio. No existe mediador entre los productores y el SENARA, si algún usuario tiene algún reclamo o disconformidad debe trasladarse a las oficinas del SENARA en Cañas a expresar su queja.

Aunque el ICE no tiene presencia física en el Asentamiento, sus decisiones afectan los caudales disponibles para los productores y en casos donde generan escasez, puede causar altos costos a los usuarios y al SENARA, sobre todo por lo impredecible de dichas decisiones.

A pesar de la caída en el nivel de organización del Asentamiento, Coopebagatzí ha logrado mantenerse¹²⁷ funcionando. Adicionalmente, existen algunos proyectos comunales para el establecimiento de un Centro de Salud y otras obras de infraestructura para el Asentamiento.

¹²⁶ Debido al escaso control agrario y a la ilegalidad de la práctica, no existen datos exactos del nivel de alquiler de parcelas. Por esta razón, aunque hay 100 parcelas registradas, no es posible conocer con certeza el número de productores. No obstante, los entrevistados coincidieron en que el nivel actual de alquiler es más alto que la situación inicial.

¹²⁷ En la actualidad la cooperativa retoma fuerza debido a un proyecto conjunto con la OET para el control de plagas en arroz.

▪ **Atributos físicos:** En la actualidad la escasez de agua es mucho menor que hace 10 años y no hay necesidad de bombear del Río Piedras¹²⁸. Salvo en los momentos donde las oscilaciones de caudal provocadas por el ICE causan problemas de abastecimiento, en promedio, el productor puede producir en seco sin los problemas de limitación que sufría hace 10 años. De hecho, no hay dificultades para sembrar de arroz la totalidad del área de las parcelas, la cual alcanza las 1000 hectáreas.

Los rendimientos en arroz han caído significativamente¹²⁹. En la actualidad se obtiene una productividad por hectárea que oscila entre 3.4 y 4.3 toneladas en verano (Pérez 2002). La caída en la productividad por hectárea se atribuye a la baja investigación en nuevas variedades de semillas, la menor respuesta del cultivo a fertilizantes, la tolerancia de las plagas a los pesticidas tradicionales y la pérdida de fertilidad del suelo por el fangueo (Pérez 2002).

▪ **Atributos de la comunidad:** Es difícil determinar el cambio en los atributos de una comunidad, sobre todo cuando muchos son valores internos, imposibles de observar. No obstante, se puede inferir ciertos atributos a partir de hechos observables que podrían facilitar o no el logro de soluciones cooperativas.

Para empezar, la inestabilidad que provoca la crisis del arroz como actividad productiva, genera incertidumbre en los productores y los motiva a buscar alternativas fuera del Asentamiento. Esto puede reducir los incentivos para trabajar en la formación de organizaciones relacionadas con el uso del agua, ya que este proceso es costoso y en última instancia, tiene naturaleza de bien público. Además, la necesidad de organización en torno al agua se reduce porque no existe el nivel de escasez previo, así que, no hay razón de peso para invertir en un proceso de organización que no rinde beneficios en el corto plazo.

Las soluciones cooperativas en el manejo de recursos comunes son un proceso circular, de reforzamiento mutuo entre la reputación, la reciprocidad y la confianza existente entre los usuarios. Si alguno de estos elementos se rompe, se inicia una reacción en cadena que usualmente termina en un nivel de cooperación más bajo (Ostrom 1994, Bravo 2002).

La confianza mutua en el Asentamiento podría haber disminuido por las siguientes razones: la experiencia negativa con la Sociedad de Usuarios, un menor conocimiento entre los productores

¹²⁸ Aunque existe la misma capacidad de la infraestructura de canales que antes, la mayor continuidad de la oferta de agua proveniente de ARCOSA hace que los caudales disponibles para los usuarios sean más altos en la actualidad.

¹²⁹ Para más detalles de la producción de arroz actual en Bagatzi véase anexo B de este documento.

debido al mayor número de los mismos, el alquiler de parcelas y la escasa presencia de los productores en el Asentamiento. Este escenario es propicio para que los usuarios busquen beneficios gratis del trabajo de unos pocos, lo cual desmotiva la formación de organizaciones. Lo más probable entonces, es que los productores elijan estrategias individuales de trabajo donde la cooperación con otros es escasa.

▪ **Reglas efectivas:** Las reglas efectivas del uso de actualidad son muy distintas a las que existían previamente. No hay turnos de riego, los calendarios de siembra no están organizados y las estructuras de medición no están calibradas. Como el agua no es un factor escaso, los drenajes finales en los bloques de parcelas son relativamente altos y no hay reutilización del agua entre las parcelas. Adicionalmente, los conflictos operativos comunes en el servicio de riego deben ser resueltos personalmente entre el canalero, los usuarios y el técnico del SENARA encargado del Asentamiento. Las quejas mayores deben ser elevadas a la oficina de SENARA en Cañas.

La obtención de agua por medios ilegales (rotura de candados, obstrucción de canales) es frecuente, sobre todo cuando hay descensos en los niveles de caudales debido a la baja generación del ICE. Sin embargo, la escasez del agua motiva actuaciones individuales, donde muchos de los usuarios piensan más en su bienestar inmediato que en el de su vecino.

El comportamiento anterior se asemeja a las actuaciones individuales descritas por el dilema del prisionero y la tragedia de los comunes. El problema de estas conductas es que inician una reacción cíclica donde la confianza se deteriora entre los usuarios y la reciprocidad se dirige a devolver el daño sufrido, con lo cual los niveles cooperativos caen aún más.

Por otra parte, los trabajos de mantenimiento que realizaba la Sociedad de Usuarios fracasaron porque la misma no tenía posibilidades de ejercer coerción o algún tipo de medida correctiva para aquellos usuarios que no deseaban contribuir en el trabajo comunal. La Sociedad nunca tuvo potestad legal para obligar los usuarios a trabajar, ya que por Reglamento, el SENARA tenía (y sigue teniendo) la obligación de prestar el servicio de mantenimiento. De esta forma muchos usuarios podían negarse a colaborar y aún así recibían el servicio de parte de SENARA. Esto disminuyó la cantidad de dinero que recibía la Sociedad y en última instancia, desmotivó a los productores que sí colaboraban con el mantenimiento.

▪ **Interacciones y resultados:** En la actualidad el nivel de cooperación existente es más bajo que hace diez años. Para empezar los productores no tienen incentivos para organizarse alrededor de un recurso que no es escaso. Luego, la centralización de todas las actividades del servicio de riego en manos de SENARA a provocado una relación paternalista, donde los usuarios no tienen ningún incentivo para cooperar¹³⁰. El costo subsidiado del agua de riego es otro elemento que ayuda a esta visión ya que los usuarios ni siquiera cubren los costos operativos de mantenimiento del sistema a través de las tarifas.

La escasa valoración del agua debido a su abundancia relativa, la heterogeneidad de los parceleros, las restricciones legales para el trabajo de una organización de usuarios y el bajo nivel de capital social existente, son elementos que restringen una solución colectiva de los problemas actuales de provisión y utilización del agua en el Asentamiento Bagatzí.

El desperdicio de agua en la actualidad se refleja en los altos niveles de drenaje de las parcelas, lo cual contrasta con la situación a principios de los noventa. En el estudio de eficiencia de retención realizado a principios de este año en Bagatzí y que se reportó anteriormente en este documento, se detalla que el nivel de eficiencia encontrado es de 69%, lo cual implica que el 31% se pierde en el drenaje final. Este resultado contrasta con el nivel previo de eficiencia encontrado, 93.6%, lo cual refleja la falta de preocupación de los parceleros y del mismo SENARA por un recurso que ahora, excede las necesidades reales del Asentamiento.

Como consecuencia de la centralización de las actividades en manos de SENARA, la calidad del servicio de riego se ha deteriorado¹³¹. Lo más evidente es que en la actualidad el servicio prestado solo va de lunes a viernes, dejando los fines de semana para la atención de casos de emergencia (fugas, problemas mayores en canales principales) por parte del canalero. La frecuencia de servicio del canalero durante el día es menor, aunado a una menor presencia de los productores en la zona, facilita el vandalismo y el bloqueo deliberado de canales por parte de algunos usuarios. Este problema se agrava cuando los canales tienen niveles bajos, ya que el incentivo para tomar agua por medios ilegales es mayor que las sanciones efectivas esperadas en caso que

¹³⁰ En escenarios de gestión pública del servicio del riego, la presencia de incentivos perversos salta de forma inmediata. Como el sistema es manejado por el gobierno y los políticos, estos tienden a fijar el éxito del desempeño de un sistema de riego en metas cuantificables como número de hectáreas regadas o número de usuarios atendidos, desconociendo por completo la importancia de las instituciones locales y el capital social (Ostrom 1992).

¹³¹ SENARA también ha sufrido reducciones de personal calificado, los cuales repercuten en la zona. A inicios de los noventa había 2 ingenieros para atender las 700 ha del Asentamiento, ahora solo hay 1 para atender 1000 ha y además debe distribuir su tiempo con la atención de otro Asentamiento (Ajún 2003).

se descubra la falta¹³². Además, en un escenario donde el robo de agua es frecuente, las sanciones sociales que recibe el infractor suelen ser pequeñas.

▪ Evaluación de los resultados

Equidad: El marco institucional actual no promueve la equidad fiscal, administrativa o participativa. Los beneficios que reciben los usuarios por el servicio de riego son desproporcionados al costo en que incurren por obtenerlo. Los usuarios no realizan ningún sacrificio en términos de organización u oferta de mano de obra para el mantenimiento de los canales. La tarifa que pagan no cubre los costos administrativos del sistema y no representa más allá del 8.48% del beneficio total extra en su producción por disponer de agua de riego¹³³.

La falta de sanciones efectivas para los que utilizan agua ilegalmente abre la posibilidad que algunos usuarios se aprovechen de la situación y obtengan más beneficios que otros. Además, la escasa o nula participación de los usuarios en relación a las decisiones referentes a la asignación, mantenimiento y servicio en general del sistema, los pone en una posición de receptores pasivos de las decisiones del SENARA y del ICE.

Monitoreo y sanciones: La centralización de las actividades de asignación y provisión en manos del SENARA, incrementa los costos de monitorear el comportamiento de los usuarios. Los usuarios que se dan cuenta de las prácticas ilegales de otros, no tienen incentivos para denunciarlos, ya que no existe certeza que el infractor sea castigado por SENARA ni hay forma de lograr algún tipo de castigo social efectivo.

Además, en última instancia, el monitoreo tiene naturaleza de bien público, por lo que el individuo que controla y denuncia enfrenta todos los costos mientras que los beneficios son compartidos con los demás. Ante la incertidumbre de los beneficios y altos costos de denunciar, muchos individuos optan por no acusar y prefieren actuar ilegalmente, ya que otros lo hacen y no son castigados.

Como se discutió anteriormente, la ausencia de controles efectivos y de un adecuado marco legal apropiado para la Sociedad de Usuarios, impidió que los trabajos de mantenimiento en canales por parte de los usuarios continuaran. De nuevo, la centralización del poder en manos de

¹³² A pesar que el robo de agua es frecuente en el DRAT, son muy pocos los casos donde se logra demostrar que el acusado fue el culpable de la falta. Pero aún cuando se demuestra la culpabilidad, la pena es relativamente baja, ya que en muchos casos obliga a pagar el doble del valor del candado roto.

¹³³ Esto describe en detalle en el capítulo del efecto de los incentivos económicos en el uso del agua en el DRAT.

SENARA impide que de forma efectiva los usuarios se puedan organizar y determinar por sí mismos el manejo del agua en el Asentamiento.

6.3.3.3. Síntesis del caso de estudio

La organización de los usuarios es una alternativa viable y efectiva de manejo del agua cuando existe un factor que incentive la cooperación. La escasez del recurso hídrico fue el factor decisivo en el Asentamiento, gracias al cual los esfuerzos colectivos representaban una opción rentable para los usuarios¹³⁴. No obstante, si no hubiese existido confianza y reciprocidad mutua, un conjunto de reglas establecido con monitoreo efectivo de las actuaciones de cada usuario, además de una perspectiva compartida del futuro, los productores no hubieran podido organizarse con tanto éxito.

La labor de SENARA como soporte técnico y la apertura de espacios comunes de discusión de problemas fue esencial en el proceso inicial de la organización. Esto evidencia que una intervención estatal bien dirigida, puede promover efectivamente el nivel de organización de un grupo de productores.

El papel de la Sociedad de Usuarios fue fundamental en la organización ya que no solo actuó como mediador entre las necesidades de los usuarios y el trabajo del SENARA, sino que constituyó un mecanismo efectivo de solución de conflictos operativos. Aunque la labor de los mecanismos de resolución de conflictos no garantiza por sí sola la permanencia de las instituciones, es difícil pensar en un sistema complejo de reglas que sobreviva sin ellos.

Por otra parte, el estudio de caso confirma la importancia de un principio que caracteriza a aquellas instituciones exitosas en el manejo de los recursos comunes: a los usuarios se les debe reconocer el derecho a organizarse (Ostrom 1992). Esto implica darles potestad legal para determinar sus propias reglas, de acuerdo a la realidad local.

El fracaso de las labores de mantenimiento de la Sociedad de Usuarios se deben a la ignorancia de este principio. En ningún momento se le confirió la potestad a la Sociedad de Usuarios para actuar y ejercer control efectivo, sobre todo en el momento donde la composición del Asentamiento cambió hacia una mayor heterogeneidad de usuarios que, seguramente introdujo diferencias en las expectativas futuras y menores niveles de confianza y reciprocidad mutuos. Estos elementos en

¹³⁴ Fujita *et al.* (1999) realizaron un estudio en 46 asociaciones de regantes en Filipinas donde encontraron evidencia estadística que demuestra que la acción colectiva es difícil de lograr cuando el agua no es factor limitante

conjunto aumentaban la motivación de los usuarios por disfrutar gratis del trabajo de otros, sin embargo, el marco legal que obligaba a SENARA a cumplir con el mantenimiento de los canales, lejos de reducir esta motivación, introducía un incentivo perverso, de forma que los individuos veían más atractiva la alternativa de no cooperar con la Sociedad de Usuarios.

La falta de autonomía legal de la Sociedad se puede ver, de acuerdo a Ostrom (1992), como una restricción al desarrollo del capital social. Este debe ser moldeado con los años, lo cual implica que se debe dar oportunidad a que las instituciones evolucionen y se adapten a las exigencias del entorno. No obstante, esto no se le permitió a la Sociedad, la cual estuvo atada para ejercer un mejor control que desmotivara los incentivos de *free-riding* por parte de los individuos. Este error reflejó la falta de entendimiento de cómo crear, mantener y usar el capital social existente en ese momento y además, demuestra que los esfuerzos por desarrollar, o al menos facilitar organizaciones sociales, no ha sido prioridad para el SENARA¹³⁵.

Reactivar la organización del Asentamiento en torno al uso del agua de riego es una labor difícil, que requiere tiempo y recursos. Una organización no se puede establecer a partir de un decreto o reglamento formal, se debe forjar a partir de las características sociales y físicas de un lugar, promoviendo la confianza y reciprocidad mutua de los usuarios en distintos escenarios. La autonomía legal para ejercer el control y determinar sanciones debe estar en manos de los usuarios, sin embargo, debe existir como elemento fundamental, una necesidad que los obligue a iniciar un proceso costoso y de largo plazo que les brinde un beneficio sustancial.

Por estas razones la reorganización de la Sociedad de Usuarios en Bagatzi requiere voluntad política para trasladar potestades legales a los usuarios y para brindar capacitación constante a los mismos, no solo en el riego, sino también en qué sembrar y dónde vender, de forma que la producción agrícola en el lugar sea atractiva. Esto aunado a un mejor control agrario y mayor coordinación con las actividades de generación del ICE incrementaría las posibilidades de que los propios usuarios sean los que administren el sistema de riego.

¹³⁵ Según Coward (1985), el pensamiento convencional que dio origen a muchos de los sistemas actuales de riego en el mundo, subordinó la organización social a los factores técnicos y de ingeniería. Detalles del enfoque tecnocrático de formación del DRAT se discuten en el capítulo de diagnóstico en este documento. Asimismo, Alvarado (1999) y Villalta (1992, 1993), tratan extensamente este tema.

6.4. Experimentos económicos y el DAI

La confianza que un individuo tenga en otros, la inversión en generar una reputación de confiabilidad y la probabilidad de utilizar normas de reciprocidad, son aspectos fundamentales que condicionan el comportamiento de los individuos en escenarios donde la acción colectiva es deseable.

Los experimentos económicos son una herramienta poderosa para estudiar el efecto de la confianza, la reciprocidad y la reputación sobre el comportamiento de los individuos en situaciones donde los beneficios del trabajo colectivo superan a los beneficios del interés privado. La estructura formal de un juego o experimento económico procura tener los mismos componentes que la situación de la acción del modelo DAI. De esta forma, el analista puede modificar algunas reglas del juego para observar el comportamiento de los individuos en esa nueva situación. Como las instituciones son las reglas efectivas que gobiernan el comportamiento de grupo, el cambio en alguna de ellas equivale a un cambio en el marco institucional de referencia para una acción particular.

El análisis de diferentes marcos institucionales dentro del DRAT requiere predecir el comportamiento de los usuarios dentro de estos esquemas. Por esta razón, es muy importante conocer el efecto de la confianza, la reciprocidad y la reputación sobre las decisiones de individuos que se enfrentan a problemas similares a los que se desarrollan en un sistema de riego.

Con este propósito se diseñaron y aplicaron tres experimentos económicos distintos. El primero, llamado juego de provisión, sirve para estudiar los incentivos de los individuos para contribuir a un objetivo grupal, en un escenario donde lo óptimo es actuar individualmente. El segundo, llamado juego de confianza, trata de observar el efecto de la confianza, la reputación y la reciprocidad sobre las decisiones individuales. Por último, el juego de ultimátum pretende estudiar el efecto del altruismo y la expectativa de comportamiento de otros sobre las decisiones de las personas.

Como se detalló en la sección de materiales y métodos, los tres juegos diseñados se aplicaron a dos grupos separados. El primero, un grupo de estudiantes de diferentes maestrías de CATIE y el segundo, un grupo de productores que cultivan diferentes productos dentro del DRAT.

6.4.1. Juego de provisión

El estudio de caso en Bagatzí demostró que la imposibilidad de limitar el *free-riding* de algunos usuarios, fue una de las causas por las cuales las labores de mantenimiento de la infraestructura de riego dejó de estar en manos de la Sociedad de Usuarios. Dado que el *free-riding* ha demostrado ser un problema real dentro del contexto del DRAT, es necesario profundizar en las causas que condicionan esta tendencia de comportamiento y en los mecanismos que pueden reducir la presencia de este fenómeno en una comunidad de individuos.

Como se mencionó en la inciso inicial de este capítulo, el mantenimiento de los canales de riego puede ser analizado y modelado como un caso de provisión de un bien público puro. El mecanismo de contribuciones voluntarias (MCV) es el modelo institucional más usado en economía experimental para examinar la provisión de bienes públicos (Holt y Davis 1993). Este modelo, en su forma tradicional, es un juego repetitivo simple cuya forma básica incluye un grupo de personas que realizan decisiones de inversión de forma individual pero simultánea.

El objetivo de este ejercicio es observar la forma en la cual los individuos resuelven un dilema social, es decir, una situación donde los beneficios sociales de la actuación cooperativa superan a los beneficios que obtienen los individuos actuando aisladamente. Este juego se construye de tal forma que los incentivos que enfrentan los participantes los motivan utilizar el *free-riding* como estrategia de actuación, sin embargo, este comportamiento va en contra del interés grupal.

En cada decisión, los jugadores deben asignar una dotación fija de recursos entre una cuenta privada y una cuenta común a todos los participantes. Las ganancias provienen de esta decisión, sin embargo, los beneficios de la cuenta privada dependen exclusivamente de la decisión individual mientras que las ganancias de la cuenta común dependen de la suma de las decisiones de todos los participantes. La cuenta común representa el bien público, ya que la misma es no-exclusiva y no rival en el consumo. Partiendo del trabajo de Holt y Laury (2002), el MCV se puede formalizar de la siguiente manera:

Sea n el número de individuos, E_i la dotación de recursos que se debe asignar el individuo i entre la cuenta privada y la pública. La contribución del individuo i a la cuenta pública se denota x_i y la contribución total de los n individuos a esta cuenta se denota X . El valor de la cuenta privada para el individuo i es igual a $v(E_i - x_i)$, donde v es normalizado a la unidad. La ganancia de la cuenta pública para cada individuo es mX . El rendimiento per capita marginal (RPCM), definido como

m/v , se refiere al valor marginal de la inversión en el bien público en relación a la inversión privada. Las ganancias para el individuo i , denotadas como π_i , se calculan así:

$$\begin{aligned}\pi_i(E_p, x_j) &= v(E_i - x_i) + m(x_i + \sum_{i \neq j} x_j) \\ &= vE_i + (m-v)x_i + m \sum_{i \neq j} x_j\end{aligned}$$

$\sum_{i \neq j} x_j$ representa las contribuciones los otros individuos a la cuenta común. La especificación estándar requiere que $m^*n > v$ y además $v > m > 0$.

De la ecuación de beneficios $\pi_i(E_p, x_j)$, se obtiene que incrementos en la contribución privada generan rendimientos iguales a la unidad ($v = 1$). Es decir, el individuo disfruta la totalidad de su contribución a su propio bienestar. Sin embargo, como $1 > m > 0$, el beneficio que obtiene el individuo i por sus contribuciones a la cuenta común representan una fracción de su inversión en la cuenta privada.

Dado el diseño anterior, se tiene que las contribuciones del individuo i a la cuenta privada tienen una rentabilidad mayor que sus contribuciones al bien público. Esto conduce a que desde el punto de vista privado, el equilibrio de Nash para el individuo i es destinar todos los recursos a la cuenta privada ($x_i = 0$). Lo anterior es válido para juegos de una sola vez y también para los repetitivos, ya que por inducción hacia atrás (*backward induction*¹³⁶), se espera que en todas las rondas, las contribuciones a la cuenta pública sean iguales a cero.

Sin embargo desde el punto de vista social, la solución es diferente. Como el juego se diseña de forma que $m^*n > v$, la rentabilidad del conjunto de inversiones de los individuos en la cuenta común (bienestar social) supera la rentabilidad de las contribuciones al bien privado. Esto quiere decir que, si todos los participantes destinan todos sus recursos al bien común, su bienestar social y privado sería maximizado, lo cual constituye una situación de Pareto óptima. No obstante, de aquí surge el dilema, ya que la búsqueda del bienestar individual no conduce al máximo bienestar social.

Desde el punto de vista teórico, el equilibrio de Nash obtenido es independiente de cambios en el RPCM, el tamaño del grupo y el número de rondas (siempre y cuando se anuncie este número con

¹³⁶ La repetición del juego abre la posibilidad que algunos envíen señales a los otros acerca de su intención de colaborar con la cuenta común. No obstante, se puede demostrar por *backward induction* que este razonamiento no es un equilibrio de Nash. En la última ronda la situación que enfrentan los jugadores es idéntica a la de un juego de una sola vez. Por lo tanto, no tiene sentido que los jugadores pretendan enviar una señal de colaboración en la penúltima ronda, dado que la última se resolverá como un juego de una sola vez. La misma lógica sirve para la antepenúltima ronda y así sucesivamente hacia atrás, de forma que en el juego repetido de MCV, la estrategia dominante sigue siendo poner todos los recursos en la cuenta privada.

antelación). Sin embargo, desde el punto de vista empírico se encuentra dos desviaciones importantes de este equilibrio: el nivel de contribuciones a la cuenta pública es diferente al predicho y las contribuciones promedio responden a tratamientos que se suponía no tenían efectos sobre el equilibrio de Nash (Holt y Laury 2002). En más detalle, las inconsistencias encontradas son las siguientes:

- En promedio, las contribuciones al bien público son una fracción considerable de la dotación total del individuo (Holt y Laury 2002).
- Cuando la RPCM aumenta, los incentivos para actuar egoístamente disminuyen. La evidencia experimental demuestra que incrementos en el RPCM están asociados con mayores contribuciones al bien público (Holt y Laury 2002, Isaac y Walker 1988; Ledyard 1995). Cuando se introduce el altruismo dentro del análisis, mayores RPCM sugieren que el precio del altruismo es más alto (Ledyard 1995).
- Aumentos en el tamaño del grupo están asociados a menor *free-riding* y por lo tanto, mayor contribución al bien público (Isaac *et al.* citado por Andreoni 1995, Holt y Laury 2002).
- La comunicación cara a cara incrementa la tasa de cooperación grupal (Ledyard 1995).

6.4.1.1. Diseño del experimento

El experimento diseñado¹³⁷ se basa en el trabajo de Holt y Laury (1997). Se trata de un juego repetitivo simple del tipo MCV, donde cada jugador tiene cuatro cartas de naipe, dos negras y dos rojas. El jugador debe decidir si colocó las cartas rojas en una cuenta privada o lo hace en una cuenta común. Las cartas negras no tienen valor en ningún caso, solo sirven para ocultar las estrategias de cada individuo. La decisión debe ser secreta y simultánea al resto de participantes, los cuales no pueden hablar entre sí o mostrarse las cartas.

Tanto al grupo de estudiantes como al de productores se les aplicó el mismo experimento, la única variante en el diseño fue que los primeros jugaron 9 rondas mientras que los segundos 12¹³⁸. Asimismo, como se explicó en la sección de materiales y métodos, la forma de presentar las

¹³⁷ Detalles de la aplicación los juegos se encuentra en la sección inicial de materiales y métodos. Las instrucciones completas del juego se encuentran en el anexo F de este documento.

¹³⁸ Como en cada sesión grupal se aplicaron dos juegos adicionales al de provisión, no se quería cansar a los participantes con una sesión muy larga. Por ello, inicialmente se decidió jugar nueve rondas del juego de provisión. No obstante, una vez aplicado el juego, se encontró que el tiempo empleado (unos 45 min) no era excesivo y que era necesario más rondas para observar comportamientos más definidos de los participantes. Por estas razones, se amplió el número de rondas en el caso de los productores.

instrucciones del juego a los grupos fue diferente. En el caso de los estudiantes, cada uno de estos tenía una hoja con las instrucciones escritas, las cuales fueron leídas ante todo el grupo en voz alta por el organizador. En caso de los productores, estos no tenían las instrucciones escritas sino que las recibieron en una explicación oral del organizador ante todo el grupo. El pago que recibía cada individuo era igual al promedio de todas las rondas jugadas y se le entregaba en secreto y en privado al final de la sesión del día.

El total de rondas del ejercicio se dividió en tres series iguales¹³⁹. En la primer serie de rondas, el valor de las cartas rojas depositadas en la cuenta privada era de 200 colones mientras que la contribución a la cuenta pública era de 50 colones¹⁴⁰. Por lo tanto, el RPCM de la primer serie de rondas era $50/200 = 0.25$. Para la segunda serie de rondas el valor de las cartas rojas puestas en la cuenta privada era 100 colones mientras el valor de las cartas rojas colocadas en la mesa común se mantuvo constante. Entonces, para la segunda serie, el RPCM era de 0.5. El objetivo de esta variante fue observar el comportamiento de los individuos ante diferencias relativas en la rentabilidad de la cuenta privada y la cuenta pública.

Finalmente, la variante que se introdujo en la tercer serie fue que se permitió un período de 4 minutos para que los participantes discutieran entre sí el juego y las estrategias más convenientes. Luego de este período, se jugó con las mismas reglas de la segunda serie. El objetivo de este tratamiento era observar el efecto de la comunicación cara a cara sobre el comportamiento de los individuos. La literatura relevante demuestra que la comunicación tiene un efecto positivo sobre los niveles cooperativos de un grupo, lo cual puede ser un elemento fundamental para promover estrategias que disminuyan la tendencia al *free-riding*.

La estrategia óptima para cada participante es colocar las dos cartas rojas en la cuenta privada¹⁴¹. La estrategia dominante era dejarse las cartas rojas, ya que no *importa lo que otros hagan*, cada carta roja puesta en la mesa común representa una ganancia de 0.25 y 0.50 veces la inversión en la cuenta privada, para la primera y segunda serie de rondas respectivamente. No obstante, desde el punto de vista grupal, el óptimo de Pareto lo constituye la situación donde todos los jugadores colocan sus cartas rojas en la cuenta común.

¹³⁹ Como el número de rondas totales fue diferente para cada grupo, para los estudiantes, la serie uno incluía de la ronda 1 a la ronda 3, la serie dos incluía de la ronda 4 a la 6 y la serie tres desde la ronda 7 a la 9. Para los productores, la serie uno abarcaba de la ronda 1 a la 4, la serie dos de la ronda 5 a la 8, y la serie tres de la ronda 9 a la 12.

¹⁴⁰ Al momento del juego el tipo de cambio prevaeciente era aproximadamente de 400 colones por dólar estadounidense.

¹⁴¹ Este experimento cumple, para todas las rondas, las condiciones formales establecidas anteriormente: $m \cdot n > v$ y además $v > m$.

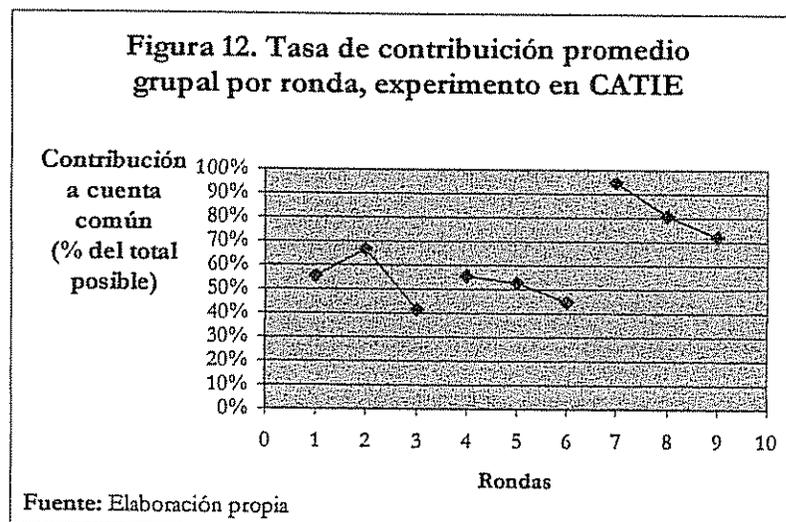
Las hipótesis que se establecen son las siguientes. Primero, en cada uno de los experimentos, los individuos actuarán de acuerdo a la solución teórica de Nash, independientemente de las variaciones en el RPCM y la comunicación previa. Segundo, se espera que al comparar los resultados de los estudiantes y productores, no hayan diferencias significativas de comportamiento.

6.4.1.2. Análisis de resultados

6.4.1.2.1. Resultados del experimento en CATIE

Para este ejercicio se contó con la participación de 18 estudiantes. La contribución promedio de estos a la cuenta común¹⁴² en cada una de las rondas es relativamente alta, lo cual contradice la predicción teórica que dichas contribuciones deben ser iguales a cero. La contribución promedio en las nueve rondas fue de 63%, mientras que la mínima fue de 42% y la máxima de 94%.

La figura 12, resume las contribuciones promedio grupales a la cuenta común para cada una de las rondas y series particulares.



Nota: Los puntos de la figura unidos por líneas, representan una serie particular. Por ello, la serie 1 va de la ronda 1 a la ronda 3 y así sucesivamente

Al observar el comportamiento en cada una de las series de rondas se notan algunos patrones interesantes. Los niveles de contribución tienden a caer en las últimas rondas de cada serie respecto

¹⁴² Como había 18 estudiantes y cada uno de ellos tenía dos cartas rojas, el máximo posible de estas en la cuenta común era 36. La cantidad de cartas colocadas efectivamente por los estudiantes, dividido por las 36 cartas rojas posibles es el % de contribución promedio a la cuenta común.

al valor inicial de contribución de la misma. En otras palabras, en la última ronda de cada serie, los estudiantes se comportan más cerca de la solución propuesta para un juego de una sola vez, de forma que se obtienen niveles de cooperación bajos. Este comportamiento es típico en juegos de este tipo, sobre todo porque en la última ronda los incentivos para cooperar desaparecen porque los individuos no volverán a interactuar.

No obstante, la contradicción surge porque al inicio de cada serie, los niveles de cooperación son relativamente altos, lo cual no debería ser debido al principio de *backward induction*. Una posible explicación es que algunos individuos intentan enviar señales al inicio de la serie de su intención de cooperar, esperando un comportamiento recíproco de los otros. Alternativamente, el desconocimiento de la forma en que actuarán los otros puede explicar este comportamiento.

En la figura 12 parece haber una diferencia importante entre la serie 3 respecto a las otras dos, no obstante, es necesario verificarlo desde el punto de vista estadístico¹⁴³. El resultado del análisis de varianza para las series analizadas¹⁴⁴ concluye que existen diferencias significativas entre las medias de las series ($Pr > F$ de 0.0191). No obstante, para identificar cuáles son las series que difieren se utilizó la prueba de Duncan, la cual señala que la serie 3 es diferente de las otras series, pero no detecta diferencias significativas entre las medias de la serie 1 y 2.

Lo anterior implica que las variaciones en el RPCM no tuvieron efecto sobre las decisiones del grupo de estudiantes, sin embargo, el período de comunicación permitido antes del comienzo de la serie 3 sí tuvo importancia significativa sobre las decisiones de los individuos.

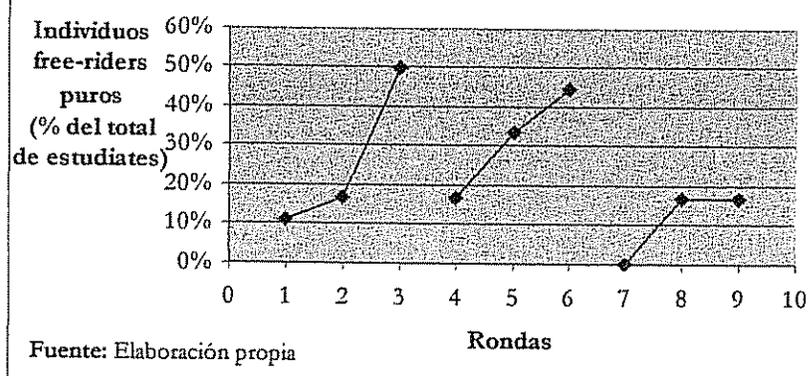
El análisis previo se hizo con base en promedios de la contribución del grupo en cada ronda, sin embargo, es importante observar el comportamiento a nivel individual en cada una de ellas. En particular se destaca que en cada una de las rondas hay un grupo de individuos que eligen ser *free-riders* puros¹⁴⁵, pero el tamaño de este grupo varía de una ronda a otra. La Figura 13 resume este comportamiento.

¹⁴³ La contribución promedio en las series 1, 2 y 3 es 55%, 51% y 82%, respectivamente.

¹⁴⁴ Se utilizó el procedimiento GLM de SAS.

¹⁴⁵ Se definió *free-rider* puro a aquel participante que no entregó ninguna carta roja.

Figura 13. Tasa de individuos free-riders puros, experimento en CATIE



Los estudiantes mostraron un comportamiento cooperativo al inicio de cada serie de rondas pero conforme se acercaba el final de la serie, su tendencia a *free-ride* se acentuaba significativamente. En la ronda 3, el 50% de los estudiantes optaron por dejarse las dos cartas rojas, es decir, no contribuyeron del todo a la cuenta común y prefirieron disfrutar por completo de los beneficios del *free-riding*. Sin embargo, en la ronda 1, solo el 11% de los mismos decidió ser *free-rider* puro.

Lo anterior puede señalar tres cosas: Primero, hacia el final de la serie, la mayoría de individuos se comportan más cerca de la predicción teórica de un juego de una sola vez. Segundo, parece que al inicio de la serie los individuos intentan enviar señales de cooperación a los otros, esperando un comportamiento recíproco de ellos pero luego se salen del “acuerdo” y quieren disfrutar de los beneficios del *free-riding*. Tercero, puede que los individuos estén dispuestos a colaborar con el bien común siempre y cuando los demás también lo hagan. En el momento que los individuos observan un mayor número de *free-riders*, detienen la colaboración e imitan este comportamiento.

Nótese además como en la serie 3, luego del período de comunicación, ningún individuo siguió una estrategia de *free-rider* puro. No obstante, este comportamiento varió para las siguientes rondas, debido quizás, a la imposibilidad del grupo de observar las decisiones individuales y establecer mecanismos de control y monitoreo que permitieran sancionar a aquellos que rompen el acuerdo de cooperación al inicio de la serie.

Adicionalmente, el comportamiento anterior de los estudiantes no parece variar significativamente de una serie a otra. El análisis de varianza no logró rechazar la hipótesis nula de que las medias de

las tres series fueran iguales ($Pr > F$ de 0.3308)¹⁴⁶. Este resultado fue corroborado por la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis ($Pr > \text{Chi cuadrado}$ de 0.3319).

Por otra parte, ¿cuántas veces decidió un estudiante ser *free-rider* puro durante las 9 rondas? La respuesta se encuentra en el cuadro 28.

Frecuencia durante todas las rondas	Número de individuos
Nunca	3
Una vez	4
Dos veces	5
Tres veces	3
Cuatro veces	1
Cinco veces	2

Fuente: Elaboración propia

Hubo tres individuos que nunca tomaron la estrategia de *free-riders* puros durante las nueve rondas posibles. No obstante, los restantes 15 estudiantes, al menos una vez optaron por disfrutar por completo de los beneficios de las contribuciones de los otros. No hubo ningún estudiante que siempre fuera *free-rider* puro, lo cual indica que en mayor o menor medida, todos los estudiantes colaboraron en algún momento con el objetivo común.

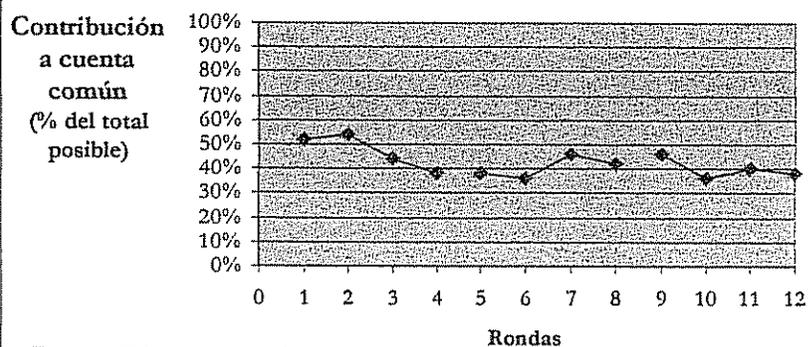
6.4.1.2.2. Resultados del experimento en La Soga

El comportamiento promedio de los productores agrícolas en cada una de las rondas difiere del sugerido por el equilibrio de Nash para este juego repetitivo. La tasa promedio de contribución grupal para las doce rondas fue 43%, con una contribución mínima de 36% y una máxima de 54%. La figura 14 resume el promedio de cartas rojas puestas en la cuenta común en relación al máximo número posible de cartas rojas a colocar en esta cuenta¹⁴⁷.

¹⁴⁶ La prueba de Duncan tampoco encontró diferencias significativas entre las tres series

¹⁴⁷ Como había 25 productores, el máximo número posible de cartas rojas a colocar en la cuenta común era 50.

Figura 14. Tasa de contribución promedio grupal por ronda, experimento en La Soga

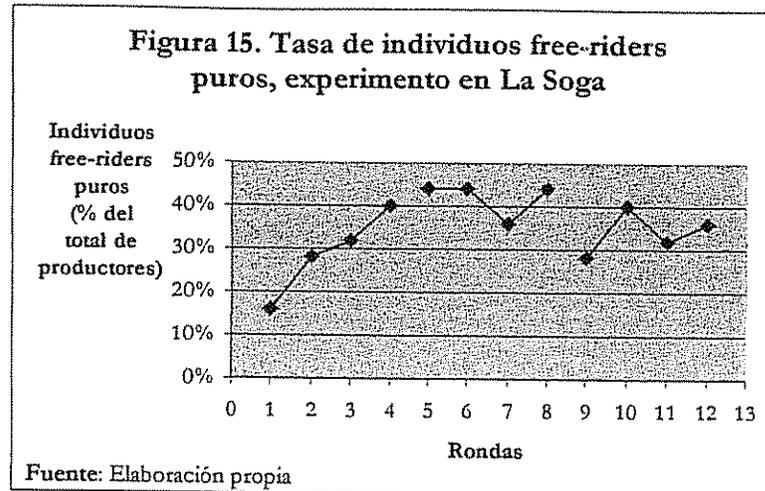


Fuente: Elaboración propia

Los patrones de contribución dentro de cada una de las series no parece ser muy definido. Más bien, las contribuciones a la cuenta común parecen relativamente estables, alrededor de un promedio de contribución del 40%. El análisis de varianza no encontró diferencias significativas entre las medias de las series ($P_r > F$ de 0.1955). Este hallazgo fue confirmado por la prueba de Kruskal-Wallis ($P_r > \text{Chi cuadrado}$ de 0.3017) y la prueba de Duncan.

Las pruebas anteriores implican que las decisiones promedio del grupo de productores en cada ronda no se alteran significativamente por las variantes introducidas al juego original. Ni los cambios en el valor relativo de las cartas, ni la posibilidad de comunicarse y llegar a acuerdos previos a la toma de decisiones individuales, tienen efecto sobre las contribuciones promedio que hace el grupo.

Pese a lo anterior, si se observa el comportamiento individual en cada ronda, se encuentra algunos patrones definidos de decisión que sí parecen ser afectados por cambios en el RPCM y la comunicación. La figura 15, muestra el porcentaje de productores que tomaron una estrategia de *free-rider* puro en cada una de las rondas.



En la primera serie de rondas, el porcentaje de individuos que deciden no colaborar por completo con la cuenta común aumenta sostenidamente conforme avanzan las rondas. Esto puede reflejar un mejor entendimiento del juego a medida que transcurren las rondas. Por otro lado, este patrón puede indicar que conforme se acerca el final de la serie, los incentivos para cooperar y generar reputación de colaborador disminuyen, con lo cual las decisiones de la mayoría de productores se asemejan más a la solución teórica de un juego de MCV de una sola vez. Las otras dos series tienen un comportamiento menos definido dentro de cada una de ellas.

Los análisis estadísticos muestran, aunque débilmente, diferencias entre las medias de estas series. Específicamente, se encontró un porcentaje más alto de productores que deciden ser *free-riders* puros cuando la RPCM es mayor. La prueba de Kruskal-Wallis fue la más significativa ($Pr > \text{Chi cuadrado } 0.0576$), seguida de la prueba de varianza ($Pr > F \text{ de } 0.0703$). Adicionalmente, la prueba de Duncan encontró diferencias significativas entre la serie 1 y la 2, lo cual indica que el aumento en el RPCM tuvo un efecto significativo sobre el porcentaje de individuos que deciden ser *free-riders* puros. Este resultado también fue respaldado por la prueba Kruskal-Wallis ($Pr > \text{Chi cuadrado de } 0.0384$).

Por último, el cuadro 29 muestra el número de productores que decidieron depender por completo de las contribuciones de los otros.

<i>Frecuencia de estrategia free-rider puro durante las nueve rondas</i>	<i>Número de individuos</i>
Nunca	9
Una vez	2
Dos veces	3
Tres veces	2
Cuatro veces	2
Cinco veces	0
Seis veces	1
Siete veces	1
Ocho veces	2
Siempre	3

Fuente: Elaboración propia

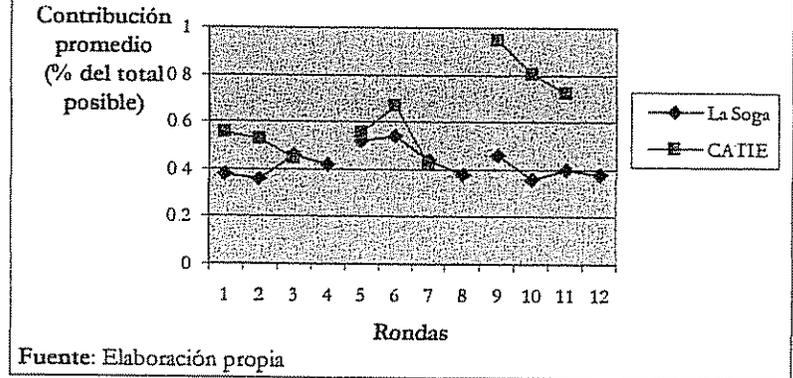
Es necesario destacar en el cuadro anterior que 9 productores (36% del total), nunca fueron *free-riders* puros sino que mostraron algún grado de colaboración con el grupo. No obstante, había productores en la lado opuesto ya que tenían estrategias con marcada inclinación hacia el *free-riding*. Siete productores (28% del total) usaron esta estrategia en al menos la mitad del total de rondas, e incluso, tres de ellos siempre fueron *free-riders*.

Los datos anteriores sugieren que el grupo de productores que colaboró en alguna medida con la causa común, subsidiaba a los productores no cooperativos. Estos últimos disfrutaron de los beneficios comunes derivados de la contribución de los otros pero sin realizar ningún aporte, en la mayoría de ocasiones.

6.4.1.2.3. Comparación de resultados en CATIE y La Soga

La figura 16 compara las contribuciones promedio entre estudiantes y productores. Como se observa en esta figura, el período previo de comunicación parece tener un efecto más fuerte en los estudiantes que en los productores. Otra impresión que deja esta figura es que en casi todas las rondas, las contribuciones de los estudiantes a la cuenta común parecen ser mayores a las de los productores.

Figura 16. Comparación de tasas de contribución promedio



El cuadro 30 resume las estimaciones que verifican si las diferencias entre grupos son estadísticamente significativas.

Serie 1 (RPCM = 0.25)	Serie 2 (RPCM = 0.50)	Serie 3 (Comunicación previa, RPCM = 0.50)
<p><i>Prueba t:</i> Ho = Ambas medias son iguales $Pr > t = 0.33$</p> <p><i>Prueba Mann-Whitney:</i> Ho = Ambas medias son iguales $Pr > z = 0.37$</p> <p>En todos los casos, no se puede rechazar Ho</p>	<p><i>Prueba t:</i> Ho = Ambas medias son iguales $Pr > t = 0.047$</p> <p><i>Prueba t:</i> Ho = La media de estudiantes es mayor a la de productores $Pr > t = 0.023$</p> <p>En todos los casos, se rechaza Ho</p>	<p><i>Prueba t:</i> Ho = Ambas medias son iguales $Pr > t = 0.0008$</p> <p><i>Prueba t:</i> Ho = La media de estudiantes es mayor a la de productores $Pr > t = 0.0004$</p> <p><i>Prueba Mann-Whitney:</i> Ho = La media de estudiantes es mayor a la de productores $Pr > z = 0.0259$</p> <p>Se rechaza Ho en todos los casos</p>

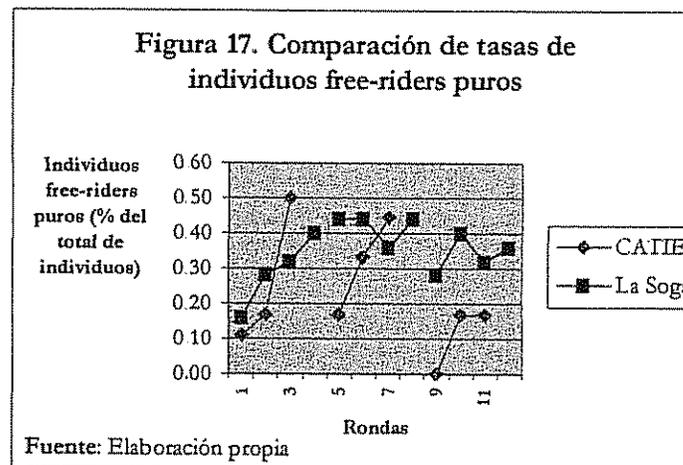
Fuente: Elaboración propia

Nota: Todas las estimaciones se realizaron en el paquete estadístico SAS

En la primera serie de rondas no hubo diferencias significativas entre las decisiones de los estudiantes y productores. No obstante, en la segunda serie de rondas la contribución promedio de los estudiantes (51%) es significativamente más alta que la de los productores (41%). Los resultados de esta serie sugieren que en un escenario donde el costo privado de contribuir al objetivo común o tratar de ser altruista es relativamente bajo, los estudiantes tienden a colaborar más en promedio que los productores.

Finalmente, en la tercer serie, la contribución promedio de los estudiantes (82%) es significativamente más alta que la de los productores (40%). La comunicación ejerció un efecto muy poderoso en los estudiantes, lo cual sugiere que diferencias en la cohesión o identificación de grupo pueden ser fundamentales para que la comunicación surta efecto.

Para el caso del número de individuos que tomaron la estrategia de *free-riders* puros, la comparación entre grupos es menos clara. La figura 17 presenta la comparación de los porcentajes de individuos que no colaboraron del todo con la cuenta común en cada experimento.



Desde el punto de vista estadístico no se encontraron diferencias significativas entre grupos, excepto para el caso de la serie 3. En esta última la prueba de t demuestra que la media de los productores es significativamente más alta que la de los estudiantes ($P > t$ de 0.005). Este mismo resultado fue respaldado por la prueba Mann-Whitney ($P > 0.0249$).

6.4.1.2.4. Discusión del juego de provisión

A continuación se discute de forma separada la validez de las dos hipótesis enunciadas para este juego. La primera hipótesis establecía que el comportamiento de los participantes se ajustaría a la solución predicha por la teoría de juegos no cooperativos. Esta suposición se rechaza en ambos grupos de participantes. A nivel agregado las tasas de cooperación encontradas no son consistentes con el nivel de cero cooperación establecido por el equilibrio de Nash para juegos repetitivos con final conocido. Este resultado es similar al encontrado en estudios previos del MCV (Andreoni 1995, Holt y Laury 2002).

El efecto de los tratamientos aplicados sobre las tasas de cooperación agregadas y el comportamiento individual de los participantes en este juego es diversa. El primer tratamiento se refiere a la repetición, la cual es destacada por la literatura como un elemento decisivo sobre los niveles de cooperación agregados¹⁴⁸ (Ledyard 1995). No obstante, en el presente juego no se puede hacer afirmaciones sólidas del efecto de la repetición sobre los resultados cooperativos. Aunque se trataba de un juego de rondas múltiples, los cambios introducidos en el valor marginal de la cuenta pública (RPCM) y la comunicación en la última serie no permiten aislar el efecto de la repetición con precisión. Sin embargo, si se observa el comportamiento de los estudiantes, se nota que hacia el final de las series, su comportamiento tiende a ser menos cooperativo, tal y como se encuentra en otros estudios experimentales.

Este comportamiento no debería ocurrir bajo un razonamiento de *backward induction* ya que si se sabe que en la última ronda la gente no va a cooperar, no hay incentivos para que en la penúltima ronda exista algún tipo de comportamiento estratégico o de envío de señales. Por la misma razón, en la antepenúltima ronda no debería haber contribuciones promedio mayores de cero y así sucesivamente hasta la primera ronda.

No obstante, el problema del argumento de *backward induction* es que supone información perfecta de todos los participantes, lo cual implica que cada quien conoce que el otro es un individuo racional egoísta. Pero si este supuesto no se mantiene, es posible que en las rondas previas al final, los niveles cooperativos sean más altos porque los individuos intentan conocer la forma de pensar

¹⁴⁸ Usualmente, en juegos de 10 rondas, los individuos colocan inicialmente el 50% de sus recursos en la cuenta común (Andreoni 1995, Holt y Laury 2002). Luego disminuyen esta contribución hasta el 15% o 20%, pero sin llegar al 0% predicho por el equilibrio de Nash (Isaac y Walker 1998). Las disminuciones en las contribuciones públicas no son necesariamente monótonamente decrecientes y no desaparecen incluso hasta 60 rondas después (Holt y Laury 2002).

de sus compañeros (Kreps *et al.* 1982, citado por Ledyard 1995). En la última ronda este efecto desaparece puesto que los individuos no volverán a interactuar.

Por otra parte, el efecto positivo de cambios en el valor marginal de la cuenta común (RPCM) sobre las tasas de cooperación está bien documentado en la literatura (Davis y Holt 1993, Holt y Laury 2002, Isaac y Walker 1988, Ledyard 1995). Sin embargo, dentro de cada grupo analizado en este trabajo no se encontró evidencia significativa que cambios en el RPCM tuvieran un efecto significativo sobre los niveles de cooperación grupal.

El resultado anterior sugiere la posibilidad de que muchos de los participantes no hubieran entendido los incentivos que proveía el juego y simplemente respondieran de forma aleatoria o mecánica en cada ronda. Este problema fue abordado previamente por Andreoni (1995) al desarrollar un experimento con la estructura del MCV donde se podía aislar el efecto del no entendimiento del juego y los deseos reales de cooperación de los participantes. Andreoni (1995) demostró que de la tasa total de cooperación hallada en su experimento, la mitad obedecía a individuos que no entendían los incentivos del juego mientras que la mitad restante, correspondía a aquellos que a pesar que entendían los beneficios del *free-riding*, preferían cooperar.

Estos resultados resaltan que aunque es posible que algunos individuos del presente juego, estudiantes o productores, no entendieran la lógica del mismo, es de esperar que exista otro grupo de individuos cuyas funciones de utilidad incluyan preferencias por cooperar, las cuales podrían estar influidas por el altruismo, la amabilidad o una especie de *warm-glow*¹⁴⁹.

Finalmente, la comunicación tuvo un efecto significativo sobre las contribuciones del grupo de estudiantes. Este efecto no es de extrañar porque ha sido señalado en varios estudios previos (Ledyard 1995, Davis y Holt 1993). En la ronda inicial de la tercera serie, la cooperación de los estudiantes fue extraordinariamente alta, sin embargo en las rondas siguientes decayó. Este efecto podría revelar que la comunicación por sí sola no es condición suficiente para mantener niveles cooperativos altos, sino que también es necesario los mecanismos de monitoreo y sanción que garanticen el cumplimiento de los acuerdos establecidos previamente¹⁵⁰.

¹⁴⁹ El *warm-glow* cuando las valoraciones de los individuos reflejan un deseo de compra de satisfacción moral per-se. Este efecto se destaca como uno de los problemas que enfrentan las encuestas de valoración contingente (Kolstad 2000).

¹⁵⁰ El supuesto que se hace en juegos no cooperativos es que los individuos no pueden establecer contratos creíbles y aplicables, de forma que el hecho de que se puedan comunicar o no es irrelevante (Ostrom 2003)

Asimismo la caída progresiva en la tasa de cooperación puede deberse a la hipótesis del *grim-trigger* (Ostrom 2003), la cual establece que una vez que un acuerdo se ha implementado, si los resultados no son los esperados, algunos individuos intentan castigar a los culpables del incumplimiento¹⁵¹. En el contexto del juego de provisión, si los resultados cooperativos no son los esperados debido a la aparición del *free-riding*, algunos individuos imitan este comportamiento con el único propósito de castigar a los que se salieron del acuerdo. No obstante, esto puede desencadenar una reacción en cadena donde los niveles cooperativos son cada vez más bajos y las pérdidas más altas para todos los individuos.

Este hallazgo es muy similar a las causas que originaron la caída de la Sociedad de Usuarios de Bagatzí. En aquel entonces, la ausencia de mecanismos que obligaran a cumplir con las labores de mantenimiento, provocaron que el desarrollo de esta actividad se basara en una forma de “acatamiento cuasi-voluntario”, es decir, es un sistema donde un individuo cumple en el tanto los otros también cumplan. Cuando algunos usuarios del Asentamiento empezaron a salirse del acuerdo, los otros intentaban castigarlos dejando de colaborar también, con el inconveniente que no solo afectaban al infractor inicial sino a todo el grupo, generando finalmente, el colapso de la Sociedad de Usuarios.

Este tipo de comportamiento refuerza la idea que en ausencia de mecanismos de control y sanciones efectivas, es difícil que un grupo de individuos que interactúan repetidamente se organicen de forma sostenida en el tiempo. Los incentivos para disfrutar del trabajo de otros siempre están presentes en las agrupaciones, por lo que cualquier intento futuro de organización dentro del DRAT debe aprender de esta experiencia y contemplar la necesidad de establecer formas de monitoreo y castigo efectivo para aquellos que no cumplen con los acuerdos y pretenden actuar oportunistamente.

La relativa insensibilidad de la tasa de cooperación grupal de los productores ante cambios en el valor marginal de la cuenta pública y la comunicación merece atención. ¿Qué podría motivar este comportamiento? Una posibilidad es que existe un grupo de *free-riders* y un grupo de colaboradores absolutos que no varían su comportamiento ante cambios en los incentivos.

¹⁵¹ La hipótesis del *grim-trigger* se basa en el principio de reciprocidad, ya que los individuos que intentan castigar a los infractores, lo que buscan en última instancia es devolver el perjuicio que le han causado los infractores. El juego de confianza que se presenta adelante, estudia en más detalle este fenómeno y señala como las diferentes normas de reciprocidad que utilizan los individuos tienen un impacto diferencial sobre los niveles cooperativos.

En la figura 15 presentada anteriormente, se observa que el número de productores que eligen ser *free-riders* puros crece hasta la ronda 4 y se estabiliza a partir de ahí alrededor de un 30-40%. Este comportamiento puede reflejar un efecto aprendizaje, ya que conforme pasan las rondas más individuos entendieron la forma en la cual podrían ganar más dinero y una vez que lo consiguieron, no desean salir de esa posición. Adicionalmente, el cuadro 29 muestra que el 36% de los productores nunca fue *free-rider* puro mientras que el 28% utilizó esta estrategia en al menos la mitad de todas las rondas.

Estas cifras indican que la casi la tercera parte de los productores actuó egoístamente en la mayoría de las rondas, disfrutando los beneficios de un grupo de productores que, ya sea porque sus funciones de utilidad incluyen una preferencia por la cooperación o porque no entienden el juego, deciden cooperar sin importar los cambios en los incentivos del juego. Al final se produce un *status-quo* donde unos se aprovechan de la cooperación de los otros.

Este resultado sugiere nuevamente la dificultad de elevar los niveles de cooperación entre los usuarios de riego en el DRAT. El comportamiento oportunista de los productores es fuerte y puede motivar el fracaso de muchas organizaciones, ya que existen individuos que esperan beneficios gratis derivados del trabajo de otros. Estos *free-riders* pueden provocar que la cantidad de dinero y/o trabajo necesario para que una organización de usuarios de riego funcione adecuadamente en el DRAT sea insuficiente.

La segunda hipótesis establecida en este ejercicio era que los resultados obtenidos el grupo de CATIE y el grupo de la Soga, no diferirían significativamente. La evidencia demostró que esta hipótesis no se puede mantener en todos los casos. Los resultados reflejan que las tasas de contribución promedio de los estudiantes son más altas que las de los productores, sobre todo en las series 2 y 3. No obstante, la explicación de estas diferencias no es conclusiva porque hay dos efectos simultáneos que marcan diferencias importantes entre ambos grupos. El primer efecto se refiere al número de participantes, mientras que el segundo lo constituye la conformación de cada grupo.

Si se analiza el efecto número, entre mayor sea la cantidad de participantes, se espera que las tasas de cooperación agregada sean mayores. Sin embargo, se descarta que sea un efecto puro porque también depende del valor del RPCM¹⁵² (Ostrom *et al.* 1994). La razón del efecto combinado es

¹⁵² En escenarios con bajos valores de RPCM (0.03 a 0.3) y grupos de tamaño pequeño a moderado (4 a 40) (Holt y Laury 2002), los incrementos en el tamaño de grupo influyen en las tasas de cooperación agregadas

porque conforme aumenta el tamaño de grupo, el efecto marginal de las contribuciones individuales a la cuenta común se incrementa linealmente. Es decir, el producto $n \cdot \text{RPCM}$ crece cuando dado un valor de RPCM, el número de participantes se incrementa. Este razonamiento conduce a que la escasa provisión de un bien público es más probable que ocurra en un grupo pequeño que en uno grande, ya que en este último las ganancias de cooperar con el objetivo común son mayores.

Por otra parte, si se observa el efecto de la conformación del grupo, Ledyard (1995) destaca que la solidaridad, la confianza y la identidad de grupo son factores que influyen positivamente sobre las tasas de cooperación agregadas. Aunque estos efectos no han sido explorados en detalle, hay estudios (Orbell *et al.* 1988; Brown-Kruse y Hummels 1992, citado por Ledyard 1995) que sugieren que la solidaridad y la confianza dentro de un grupo explican parcialmente las tasas de cooperación observadas.

Los resultados discutidos anteriormente se resumen en que un incremento en el número de participantes (*ceteris paribus*), se traduce en una mayor cooperación agregada. Por otra parte, una mayor confianza e identidad de grupo, genera mayores niveles de cooperación. Si se acepta estas conclusiones, la evidencia del presente estudio sugiere que el efecto de la identidad de grupo supera al efecto número de participantes. Esta conclusión se explica a continuación.

Como se destacó previamente, la contribución promedio de los estudiantes es mayor a la de los productores, a pesar que este último grupo es más numeroso. Sin embargo, la cohesión e identidad de grupo es más fuerte en los estudiantes, ya que los mismos comparten experiencias diarias en escenarios múltiples y recurrentes. Este efecto puede incidir en que los niveles de confianza mutua y solidaridad sean más fuertes en los estudiantes, lo cual los motiva a tener niveles de cooperación promedio más altos. Como complemento, los hallazgos del juego de confianza que se presenta más adelante, reafirman la idea que los estudiantes poseen niveles de confianza mutuos más altos que los productores.

Por último, esta misma cohesión o identidad de grupo pudo influir en que el efecto de la comunicación sobre los niveles de cooperación fuera tan acentuado en el caso de los estudiantes. La confianza mutua pudo incidir sobre la creencia de que los miembros del grupo mantendrían los acuerdos de cooperación, lo cual se tradujo en un nivel de cooperación agregada de más de 90% en la ronda inmediata al período de comunicación. Sin embargo, la caída posterior en la tasa de cooperación indica que la cohesión de grupo y la comunicación no son factores suficientes para

aliviar los problemas de *free-riding*, sino que además es necesario el monitoreo y control efectivos para asegurar que los individuos mantengan los pactos.

La comunicación cara a cara tiene un efecto poderoso en el alcance de objetivos comunes porque permite la transferencia de información acerca de cuales son las estrategias óptimas, el intercambio de promesas, el incremento de la confianza mutua y por ende de las expectativas de comportamiento de otros, el refuerzo de valores normativos y el desarrollo de una identidad de grupo (Ostrom 2003). Todos estos elementos son complementarios, de forma que si no se puede elevar los niveles de confianza mutua acerca de las promesas futuras, las expectativas de comportamiento del otro no cambiarán y por lo tanto, la comunicación será inefectiva (Ostrom 2003).

A pesar de la importancia de la comunicación y su efecto demostrado sobre los niveles de cooperación de los estudiantes, en el caso de los productores no tuvo mayor relevancia. Esto parece indicar que los niveles de confianza mutua de estos son muy bajos y la expectativa de comportamiento de los otros es muy negativa, debido quizá a experiencias fuera del escenario experimental que han enseñado a los productores a no creer en las promesas de cooperación de otros. Este hallazgo es fundamental para destacar la dificultad de que los productores se organicen entre sí para alcanzar objetivos comunes. Recuperar la confianza mutua es una condición *sine qua non* para establecer organizaciones dentro del DRAT y fomentar la creación de capital social, sin embargo, esto es necesariamente un proceso costoso y de largo plazo.

6.4.2. Juego de confianza

A continuación se presenta un juego de confianza que tiene la estructura del Dilema del Prisionero. Esta estructura es la más utilizada para explicar *dilemas sociales*, los cuales se definen como aquellas situaciones donde existen conflictos entre el interés individual y el interés grupal (Ostrom 2003). Estos escenarios plantean el problema de la *acción colectiva* porque es necesario algún tipo de acuerdo entre los participantes para lograr los beneficios de la colaboración.

La confianza es un aspecto fundamental en toda decisión económica realizada en una escenario con incertidumbre y constituye uno de los elementos centrales de la investigación contemporánea de los dilemas sociales. Las posibilidades de mantener la cooperación en una colectividad dependen en gran medida, de que los individuos confíen en que los otros no los perjudicarán con sus

actuaciones. En el caso de un sistema de riego, la confianza es uno de los pilares sobre los cuales se basa la cooperación de los usuarios alrededor de las labores de asignación y mantenimiento de la infraestructura del sistema.

En un inciso anterior se presentó la solución de la teoría de juegos no cooperativos al Dilema del Prisionero, la cual establece que en el equilibrio de Nash, los individuos seleccionarán no cooperar como su estrategia dominante. Esto implica un resultado sub-óptimo para ambos ya que si la colaboración fuera posible, ambos estarían mejor.

La validez empírica de la solución anterior ha sido probada en juegos de una sola repetición. Contrario a la solución teórica, la evidencia empírica muestra tasas de cooperación del 36% y 46%¹⁵³. Esto parece indicar que los individuos toman sus decisiones con base en factores que van más allá de sus retribuciones monetarias (Ahn *et al.* 2003).

La contradicción entre los resultados empíricos y la solución de la teoría de juegos no cooperativos, sugiere la importancia de la ponderación de las retribuciones monetarias en las decisiones de los individuos, así como la percepción de justicia, confianza y reciprocidad de los participantes, por citar algunos factores.

A diferencia del escenario de una sola repetición, cuando el Dilema del Prisionero se juega repetidamente, hay oportunidades para que los individuos aprendan y formen una reputación que los permita alcanzar mejores resultados. No obstante, desde el punto de vista teórico, el equilibrio de Nash es invariable, ya que por *backward induction* se puede demostrar que la solución de equilibrio para los individuos sigue siendo no cooperar.

6.4.2.1. Diseño del experimento

Con el propósito de observar el comportamiento del grupo de estudiantes y productores en un escenario repetitivo, se diseñó un experimento basado en el trabajo Ahn *et al.* (2002). Este último es un escenario donde dos individuos tienen una dotación de 5\$ y tienen que tomar una decisión única de dejarse o entregar los 5\$ al otro, sin posibilidad de comunicarse entre sí. Si el individuo 1 entrega los 5\$ al otro, la cantidad que este recibe se duplica. Si ambos entregan los 5\$, al final ambos

¹⁵³ El 36% es reportado en estudio con 104 individuos (Ahn, T; Ostrom, E; Walker, J; citado por Ahn, T; Ostrom, E; Schmidt, D; Walker, J. 2002). El 46% fue encontrado en un estudio en Korea con 149 individuos (Cho y Choi 2000, citado por Ahn, T; Ostrom, E; Schmidt, D; Walker, J. 2002).

terminan con 10\$. Si solo un jugador entrega los 5\$, mientras que el otro se los deja, este último obtiene una retribución de 15\$ mientras que el primero se queda sin dinero.

Esta estructura se modificó para permitir más de una repetición y dar posibilidad a los jugadores de entregar parte o la totalidad de su dotación de recursos. Adicionalmente se decidió estructurar el juego con cartas de naípe. Esto último se hizo con el propósito de aprovechar la familiaridad de los jugadores con las cartas, debido a que el juego de provisión se jugó previamente. Este diseño fue idéntico tanto para el grupo de estudiantes como el de productores.

El escenario de decisión era el siguiente¹⁵⁴. Los participantes fueron divididos al azar en dos grupos. Luego, los participantes fueron asignados en parejas formadas por un miembro de cada grupo. Esta asignación fue al azar y ninguno de los participantes conocía la identidad de su pareja ni de las otras parejas formadas. A cada uno de los miembros de las parejas se les entregó cuatro cartas de naípe, dos rojas y dos negras.

Los jugadores fueron informados al inicio del juego que se realizarían tres rondas idénticas, donde cada pareja debía intercambiarse dos cartas simultáneamente, de forma secreta y sin posibilidades de comunicarse entre sí o con otro miembro de las parejas restantes. El valor de las cartas era el siguiente:

Por cada carta roja que se dejarán en su poder, recibirían 200 colones. No obstante, si decidían entregar una carta roja, esta tendría un valor de 400 colones para el que la recibía. Si un participante no se dejaba cartas rojas en su poder y no recibía cartas rojas del otro, no recibía ningún pago. Las cartas negras no tenía valor, solo servían para mantener en secreto la decisión del participante. Esta estructura de pagos se representa en la siguiente matriz:

		Cuadro 31. Pagos asociados al número de cartas rojas que entregan los jugadores		
		Jugador 2		
		0	1	2
Jugador 1	0	400 , 400 *	800 , 200	1200 , 0
	1	200 , 800	600 , 600	1000 , 400
	2	0 , 1200	400 , 1000	800 , 800

Fuente: Elaboración propia

¹⁵⁴ Las instrucciones completas se encuentran en el anexo G.

Los pagos del jugador 1 de la pareja se encuentran a la izquierda de cada celda mientras que los pagos del otro miembro, es decir, del jugador 2, se encuentra a la derecha de cada una de las celdas. De esta forma si el jugador 1 no entrega cartas rojas y el jugador 2 solo entrega una carta roja, el primero recibe 800 colones y el segundo 200 colones.

Dada la estructura anterior y siguiendo el razonamiento descrito en un inciso previo para solucionar un juego con la estructura del Dilema del Prisionero en una situación de una sola repetición, el equilibrio de Nash se encuentra cuando cada jugador decide dejarse las dos cartas rojas. Por *backward induction*, este mismo equilibrio se alcanza en la situación repetida que se presenta en el presente juego.

La celda con asterisco en la cuadro 31 representa esta situación, de tal forma que cada individuo termina con 400 colones. Sin embargo, esta solución no es óptima desde el punto de vista social, ya que existen dos situaciones donde ambos jugadores estarían mejor si confiaran el uno al otro. Estas situaciones se alcanzarían si ambos entregaran una carta roja o bien si entregaran ambas. Este último caso sería el óptimo social puesto que ambos ganarían 800 colones y no sería posible mejorar la situación de uno sin empeorar la del otro.

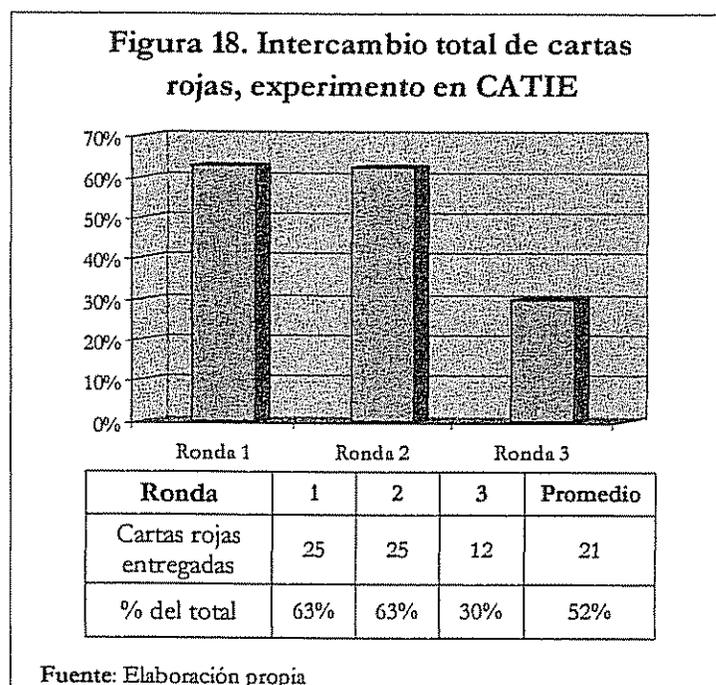
Una vez que el participante tomó la decisión en la primera ronda, debía anotarla en una hoja proporcionada por el organizador. Este último o sus asistentes pasaban frente a la mesa del jugador, anotaban su decisión y se la comunicaban en secreto al otro jugador. Una vez que cada jugador estaba enterado de la decisión del otro, se procedía con las siguientes rondas. Finalmente, cada jugador recibía un pago en privado y en efectivo que correspondía a la mitad de la suma de lo ganado por él en cada una de las tres rondas.

Las hipótesis planteadas en este juego son dos: Primero, los jugadores actuarán de forma consistente con la teoría de juegos no cooperativos. Segundo, no se espera una diferencia significativa entre los resultados de los estudiantes y los productores.

6.4.2.2. Análisis de resultados

6.4.2.2.1 Resultados del experimento en CATIE

Este ejercicio se realizó con la colaboración de 20 estudiantes de CATIE. Como cada estudiante tenía dos cartas rojas, el grupo podía intercambiar un máximo de 40 cartas rojas por ronda. La predicción teórica es que de ese total, los estudiantes no intercambien ninguna carta roja, solo cartas negras. La figura 18 muestra el resultado del experimento.



Lejos de la solución teórica, los estudiantes intercambiaron el 63% de sus cartas rojas en la primera y segunda ronda. Luego, en la última ronda, el nivel de cooperación cayó significativamente. Este comportamiento sugiere que los niveles de cooperación iniciales pueden ser una estrategia para formar reputación de cooperador, esperando lograr resultados que son más favorables para los dos miembros de la pareja. Sin embargo, en la última ronda no parece haber la misma confianza de que los niveles de cooperación se mantengan, debido probablemente a que los jugadores no volverán a enfrentarse más.

Por otra parte, el cuadro 32 resume las frecuencias con que cada posible resultado del juego fue alcanzado por las 10 parejas participantes en CATIE. La decisión del jugador 1 de la pareja se

registra horizontalmente mientras que la decisión del jugador 2 se encuentra verticalmente. Los números 0, 1, y 2 corresponden al número de cartas rojas entregadas por el jugador correspondiente.

Ronda 1			Ronda 2			Ronda 3					
	0	1	2		0	1	2		0	1	2
0				0	1		2	0	4		
1		6	1	1		1	2	1	1	2	
2		2	1	2	1	1	2	2	2	1	

Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior se debe resaltar que en la primera ronda, 6 parejas decidieron intercambiar una carta roja. Ninguna pareja se colocó en la situación de equilibrio de Nash, es decir, donde ningún miembro de la pareja entrega cartas rojas. Sin embargo, este comportamiento cambia radicalmente en la última ronda, donde la situación de equilibrio teórica es la más frecuente. Estos resultados parecen reforzar la idea que los estudiantes intentan enviar señales para cooperar al inicio del juego pero una vez que se encuentran en el último período, la confianza en el otro cae. Adicionalmente se podría pensar que dado que la cooperación fue buena en las 2 primeras rondas, los incentivos para no cooperar y aprovecharse del otro en la última son muy altos.

Todos los resultados anteriores son útiles para entender el comportamiento agregado de los jugadores. No obstante, es importante entender las estrategias individuales que dieron lugar a esos resultados.

Con base en el cuadro 32 se puede hacer una clasificación del tipo de estrategias tomadas por los jugadores que se encontraban en el grupo. Una estrategia tipo *jugador individualista* es aquella donde el individuo prefiere no confiar en la otra persona y por lo tanto, se deja las dos cartas rojas. Esta estrategia es la que, según la solución teórica de juegos no cooperativos, todos los jugadores debían seguir. Una estrategia tipo *jugador indeciso* es aquella donde el jugador solo entrega la mitad de la dotación de sus recursos, es decir una carta. La estrategia tipo *jugador confiado* es donde el participante entrega las dos cartas rojas a su compañero de pareja. Con base en estas definiciones, el tipo de estrategias que se encuentra en cada ronda es la siguiente:

<i>Tipo de estrategia</i>	<i>Ronda 1</i>	<i>Ronda 2</i>	<i>Ronda 3</i>
Individualista	0 0%	5 25%	11 55%
Indeciso	15 75%	5 25%	6 30%
Confiado	5 25%	10 50%	3 15%
Total	20	20	20

Fuente: Elaboración propia

En la primera ronda, el 75% de los jugadores tomaron una estrategia de indecisos. Esto puede sugerir que aunque estos jugadores entienden los beneficios de cooperar, su confianza en el otro no es absoluta, por lo que prefieren arriesgar poco y observar el comportamiento de la pareja. Lo interesante es que en las siguientes rondas, las estrategias varían significativamente, lo cual podría indicar que las decisiones de los individuos están condicionadas por los resultados previos. La noción de equidad en estos resultados así como la confianza en el otro, pueden ser factores clave que influyan sobre estas decisiones.

Con el propósito de determinar la influencia de los resultados de la primera ronda sobre las decisiones de los jugadores en la ronda 2, se elaboró el cuadro 34.

Cuadro 34. Efecto de los resultados de la ronda 1 sobre la decisión en la segunda ronda en CAMEB				
Ronda 1		Número de cartas rojas que entregó en la ronda 2		
Resultado	<i>Número de jugadores</i>	<i>Igual que ronda 1</i>	<i>Más que ronda 1</i>	<i>Menos que ronda 1</i>
Recibieron lo que entregaron	14	36%	36%	29%
Recibieron más de lo que entregaron	3	0%	100%	0%
Recibieron menos de lo que entregaron	3	33%	0%	67%

Fuente: Elaboración propia

El total de individuos que participó en la primera ronda se clasificó en tres grupos. El primero corresponde a los participantes que recibieron la misma cantidad de cartas rojas que entregaron. El segundo grupo son aquellos jugadores que recibieron más cartas rojas de las que enviaron. Finalmente, el tercer grupo es de aquellos individuos perjudicados en la primera ronda porque entregaron más cartas rojas de las que les dio su pareja.

La clasificación anterior parece incidir sobre el comportamiento de los jugadores en la ronda 2. Todos los jugadores ubicados en el segundo grupo, aumentaron su nivel de colaboración en la segunda ronda. Esto sugiere dos explicaciones. Los jugadores de este grupo pueden haberse sentido en deuda con su compañero, ya que este les entregó más de lo que ellos le dieron. La otra razón, puede ser que el jugador percibe que el otro es confiable y con deseos de cooperar. Ante esta buena señal, responde entregándole más cartas rojas en la segunda ronda.

El 67% de los jugadores del tercer grupo entregaron en la ronda 2 menos cartas rojas que en la ronda inicial. Esto parece indicar un castigo hacia su compañero por un resultado injusto en la primera ronda. La desconfianza generada en la ronda inicial es un factor que puede incidir decididamente sobre los niveles de cooperación futura. De hecho, ningún jugador del tercer grupo entregó más cartas en la ronda 2 de las que había recibido previamente.

El comportamiento del grupo 1 es más difícil de interpretar. El 29% de los individuos decidió entregar menos cartas que en la ronda previa. Esto sugiere que los incentivos para aprovecharse del otro siguen presentes, sobre todo cuando este demostró su intención de colaborar. Sin embargo, del total de jugadores de este grupo, el 72% decidió entregar al menos la misma cantidad de cartas que en la ronda previa. Lo anterior refuerza la idea de que la cooperación depende positivamente de las experiencias pasadas.

Por otra parte, el comportamiento de los individuos en la última ronda como respuesta a la experiencia en la ronda previa no es clara. La evidencia parece indicar que el hecho de encontrarse en la última ronda genera incentivos para desconfiar del otro y/o aprovecharse de la situación. El cuadro 35 muestra el comportamiento de los jugadores en la ronda 3 como respuesta a los resultados de la segunda ronda.

Tabla 2. Efecto de las expectativas de la ronda 2 sobre la decisión de la ronda 3 en el experimento CAJNE

Ronda 2		Número de cartas rojas que entregó en la ronda 3		
Resultado	Número de jugadores	Igual que ronda 2	Más que ronda 2	Menos que ronda 2
Recibieron lo que entregaron	8	25%	25%	50%
Recibieron más de lo que entregaron	6	50%	17%	33%
Recibieron menos de lo que entregaron	6	17%	0%	83%

Fuente: Elaboración propia

Aunque los jugadores del grupo 2 recibieron más cartas rojas que las que enviaron, solo el 17% de ellos trató de forma recíproca al otro jugador en la última ronda. El resto prefirió aprovecharse de la situación en la tercera ronda, entregando lo mismo o menos que en la ronda previa.

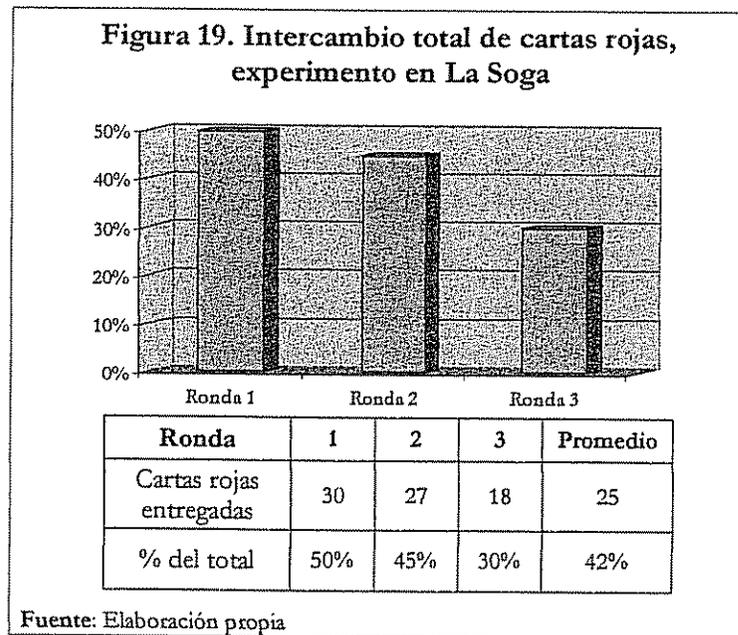
Los jugadores del grupo 3 respondieron de forma clara. El 83% de los mismo entregó menos cartas que en la ronda previa. Esto podría indicar que la desconfianza en el otro y los deseos de castigar el trato injusto, son más fuertes hacia el final del juego.

Por último, los individuos que recibieron un trato equitativo en la ronda 2, no mostraron un deseo marcado de no colaborar en la última ronda. No obstante, el 50% de estos jugadores decidió dar menos que en la ronda previa, lo cual sugiere nuevamente que los incentivos para no cooperar siempre son fuertes, aún cuando hay experiencia previa de colaboración y confianza. Esto parece reforzarse por el hecho de encontrarse en la última ronda, ya que en este punto los motivos para generar una reputación de colaborador son bajos mientras que los incentivos monetarios inmediatos parecen ser más atractivos.

Todo el análisis anterior de la respuesta observada en una ronda en función de la ronda previa, debe ser manejado con cautela. La poca cantidad de observaciones puede ser engañoso en el manejo de porcentajes. No obstante, el análisis sugiere respuestas al comportamiento de los individuos, los cuales se deberían verificar en grupos más grandes y con mayor número de repeticiones.

6.4.2.2.2 Resultados del experimento en La Soga

Las tasas de cooperación que mostraron los productores se encuentran en la figura 19. Los 30 productores intercambiaron en la primera ronda el 50% del total de cartas rojas que mantenían en su poder. Esta tasa de cooperación descendió conforme pasaban las rondas hasta ubicarse en un 30% en la última ronda.



Estos resultados contradicen la hipótesis que los participantes en este juego se comportarían de acuerdo al equilibrio no cooperativo de Nash para repeticiones finitas. Esta evidencia sugiere que la decisión de los participantes puede obedecer a criterios estratégicos más que la retribución monetaria inmediata.

No obstante, a nivel de parejas se encuentra resultados interesantes, ya que hay ocasiones donde algunas parejas se comportan según el equilibrio de Nash. Estos resultados se presentan en el cuadro 36.

Cuadro 36. Resultados de las parejas dentro de cada posible resultado según número de cartas representadas durante el experimento en La Soga								
Ronda 1			Ronda 2			Ronda 3		
	0	1	2		0	1	2	
0		3		0	3	1	2	0
1	3	4	2	1	3	1	2	1
2		2	1	2		1	2	2

Fuente: Elaboración propia

Durante la primera ronda no hubo alguna pareja que se ubicara dentro del resultado teórico de equilibrio de Nash. El resultado más frecuente durante esa ronda fue que 6 parejas se encontraran en una situación donde uno de los miembros entregaba una carta y el otro nada. No obstante, este comportamiento cambia para la segunda ronda donde hay 3 parejas en equilibrio de Nash. El resultado donde solo uno de los miembros de la pareja entrega una carta y el otro nada, también es el más frecuente en esta ronda. Finalmente, en la última ronda, 5 de las 15 parejas de La Soga, coincidieron en el equilibrio de Nash.

El comportamiento anterior refleja una fuerte actuación individual de los productores, la cual se confirma en el cuadro 37, donde se presenta el tipo de estrategias de los jugadores en cada ronda. En este cuadro se usa la misma definición de estrategias que se utilizó en el caso de los estudiantes.

Cuadro 37. Tipos de estrategias de los jugadores experimentando en La Soga			
Tipo de estrategia	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 3
Individualista	6 20%	12 40%	15 50%
Indeciso	18 60%	9 30%	12 40%
Confiado	6 20%	9 30%	3 10%
Total	30	30	30

Fuente: Elaboración propia

En la primera ronda, el 20% de los participantes se decidió por una estrategia individual, donde no entregaban cartas rojas al otro. La mayoría de productores (60%) se mostraron indecisos en la primera ronda, lo cual podría reflejar su temor al comportamiento del otro jugador.

Para las siguientes rondas los resultados cambian. Conforme pasan las rondas se nota una mayor preferencia por estrategias individualistas, lo cual es consistente con el incremento en el número de parejas que coinciden con el equilibrio de Nash. Al igual que en el caso de los estudiantes, la noción de equidad y confianza mutua pueden ser elementos importantes en el momento de elegir una estrategia. El cuadro 38 reporta la decisión de los productores en la ronda 2 en relación con el resultado obtenido en la primera ronda.

Ronda 1		Número de cartas rojas que entregó en la ronda 2		
Resultado	Número de jugadores	Igual que ronda 1	Más que ronda 1	Menos que ronda 1
Recibieron lo que entregaron	10	70%	30%	0%
Recibieron más de lo que entregaron	10	50%	30%	20%
Recibieron menos de lo que entregaron	10	40%	0%	60%

Fuente: Elaboración propia

De los 10 productores que recibieron trato equitativo, es decir, que recibieron lo que entregaron, el 70% decidió ceder en la ronda 2, el mismo número de cartas rojas que había entregado en la ronda 1. El 30% restante, otorgó al compañero más cartas rojas que en la ronda previa. Estos resultados sugieren que la mayoría de este grupo de 10 productores se sentía satisfecho con las estrategias elegidas, dado el comportamiento de su pareja.

El segundo grupo de productores, es decir, los que recibieron más de lo que entregaron en la ronda 1, muestran una reacción dividida en la segunda ronda. El 30% entrega más cartas que en la ronda

previa, lo cual puede reflejar su deseo de responder a la señal de colaboración del otro o bien, simplemente tratan de compensar al otro por el resultado previo.

En este mismo grupo, los productores restantes tratan de aprovecharse de la situación. El 50% no cambia de estrategia porque, suponiendo que el otro no cambia su comportamiento, lo más conveniente es seguir aprovechando que el otro está entregando más cartas rojas que las que él otorga. El 20% prefiere entregar menos cartas rojas que antes, lo cual sugiere su interés por ganar más dinero en la ronda 2, aprovechándose de la colaboración del otro.

Finalmente, en el tercer grupo de productores, el castigo al otro y la desconfianza en este, parecen dominar las decisiones de los productores. La razón de lo anterior es que el 60% de los jugadores que recibió un trato desigual en su contra en la ronda inicial, decidió entregar menos cartas rojas en la siguiente ronda. Asimismo, ningún individuo de este grupo otorgó más cartas rojas que en la ronda previa. Por otra parte, no existe explicación clara acerca del comportamiento del 40% de productores restantes en el grupo. Es necesario más investigación en este sentido para determinar si la influencia del altruismo, el mal entendimiento del juego o la insistencia en enviar señales de cooperación son factores que inciden sobre las decisiones de los participantes.

Los patrones de comportamiento condicionado de los productores en la ronda 2 respecto a los resultados previos, parecen mantenerse en la ronda 3, con un ligero incremento en las actuaciones individuales. El cuadro 39 presenta el análisis de los resultados de la ronda 3 y su relación con las decisiones de la ronda previa.

Cuadro 39. Efecto de los resultados de la ronda 2 sobre la decisión actual experimentada en la Ronda 3				
Ronda 2		Número de cartas rojas que entregó en la ronda 3		
Resultado	Número de jugadores	Igual que ronda 2	Más que ronda 2	Menos que ronda 2
Recibieron lo que entregaron	12	75%	0%	25%
Recibieron más de lo que entregaron	9	56%	33%	22%
Recibieron menos de lo que entregaron	9	33%	0%	67%

Fuente: Elaboración propia

Del grupo de productores que recibieron un trato equitativo, el 75% mantuvo su comportamiento en la ronda 2. Sin embargo, se debe hacer una anotación muy importante. Recibir un trato equitativo no solo mantiene los niveles de cooperación sino que también mantiene el *status quo* de una situación no cooperativa. Del total de jugadores que se encontraba en este grupo, la mitad de ellos, o sea 6 jugadores, se encontraba en una situación de equilibrio de Nash en la ronda 2. Todos estos jugadores repitieron su comportamiento en la ronda 3, lo cual sugiere que una vez alcanzado el equilibrio no cooperativo, es difícil salir de esa situación, sobre todo si la siguiente ronda es la final, donde no existen incentivos para generar reputación o enviar señales de cooperación a los otros.

El 25% de productores del primer grupo que decidió entregar menos cartas en la última ronda, a pesar de haber tenido un resultado equitativo en la ronda previa, refuerza la idea que en la última ronda los incentivos para construir reputación de colaborador desaparecen y actuar de forma individual se hace más atractivo.

En el grupo de productores que recibieron más de lo que entregaron, el 33% decidió otorgar más cartas rojas a su pareja, aún cuando se trataba de la última ronda. Esto sugiere que no solo la retribución monetaria inmediata importa, también las posibles consideraciones de equidad, reciprocidad o justicia podrían influir en las decisiones de los individuos. No obstante, el resto de productores parece inclinarse por una actuación individual porque actúan igual que antes (56%) o bien, entregan menos que antes (22%).

Finalmente, el castigo sigue presente en esta ronda. De los productores que recibieron menos de lo que entregaron, el 67% respondió al otro con menos cartas rojas en la última ronda. Ningún productor entregó más que antes pero un 33% no cambió su comportamiento, lo cual abre de nuevo la necesidad de investigar la influencia del altruismo o el escaso entendimiento del juego en estos casos.

6.4.2.2.3 Comparación de resultados del experimento en CATIE y en La Soga

Hay diferencias importantes entre ambos grupos, referidas a los niveles de cooperación agregados e individuales, así como el desarrollo de comportamientos estratégicos. Se sugiere que el origen principal de las discrepancias es por la naturaleza de cada grupo, los cuales viven en entornos muy diferentes.

A nivel agregado parece haber una mayor colaboración de los estudiantes en las dos rondas iniciales del juego. En esas rondas los estudiantes intercambiaron el 63% de todas las cartas rojas que tenían en su poder, mientras que los productores no lograron superar el 50% en ningún caso. Ambos resultados, son contrarios a la solución predicha por los juegos no cooperativos.

Si se observa a ambos grupos desde la perspectiva de los resultados por pareja y las estrategias individuales, se notan diferencias interesantes. La cantidad de parejas que se encuentran en una situación de equilibrio de Nash es mayor en el grupo de productores. Este resultado es consistente con la menor proporción de colaboración agregada de este grupo y señala como el comportamiento individualista domina a este grupo.

No obstante, hay algunas similitudes entre los grupos. La respuesta de los jugadores a los resultados de las rondas previas parecen seguir patrones semejantes. Asimismo, el comportamiento de los individuos en la última ronda es idéntico, con niveles de cooperación agregada iguales al 30%.

6.4.2.2.4 Discusión del juego de confianza

Para explicar los resultados cooperativos en juegos de confianza con estructura del Dilema del Prisionero, la literatura se centra en factores como el peso relativo de las retribuciones monetarias, la preferencia de los individuos por la justicia, la confianza y la reciprocidad, y la forma en la cual interactúan los jugadores durante el ejercicio (Ahn *et al.* 2003). Todos estos factores parecen incidir sobre el nivel de cooperación observado en estos juegos y sugieren la debilidad del supuesto de que los individuos que participan en estas sesiones son esencialmente egoístas. Asimismo, los juegos de confianza repetitivos abren la posibilidad de que los individuos puedan construir una reputación, sobre todo cuando juegan con la misma persona durante toda la sesión.

La primera hipótesis formulada para el presente juego es que los participantes, en ambas sesiones, se comportarían de acuerdo al equilibrio de Nash para juegos no cooperativos. Esta hipótesis se rechaza en ambos grupos, ya que los niveles de cooperación agregada no son iguales a cero. No obstante a nivel individual, hay casos donde los participantes eligen estrategias consistentes con el equilibrio de Nash y en otro extremo, hay jugadores que eligen estrategias totalmente cooperativas. ¿Qué puede explicar tal variabilidad de resultados?

La primera explicación que se propone es que las retribuciones monetarias asignadas en el juego no son una aproximación adecuada a los niveles de utilidad de cada jugador en las decisiones

respectivas. En escenarios experimentales, donde las utilidades de los jugadores están bien representadas por las retribuciones monetarias asociadas a cada decisión, los individuos deberían elegir la estrategia de no cooperación (Ahn *et al.* 2003). Si esto no sucede, es probable que los beneficios pecuniarios no sean apropiados para ordenar las preferencias de los participantes.

La diversidad de resultados individuales también sugiere que en lugar de suponer que todos los participantes maximizan los beneficios pecuniarios, se puede pensar que algunos de ellos ponderan los beneficios monetarios con base en sus valores internos. La evidencia reciente señala que algunos jugadores que se enfrentan al dilema del prisionero en términos de beneficios pecuniarios alternativos, no perciben el juego como un dilema del prisionero en términos de utilidades (Ahn *et al.* 2003).

La forma en la cual los individuos transforman los beneficios monetarios en utilidad puede estar afectado por la aversión a la desigualdad, la cual se define como la oposición del individuo hacia resultados donde su paga es mayor o menor a la del otro jugador en el juego (Fehr y Schmidt 1999, citado por Ahn *et al.* 2003). En el presente juego, este argumento puede servir de explicación parcial para el comportamiento condicionado de los participantes a los resultados de la ronda previa.

El 70% de los productores y el 36% de los estudiantes que recibieron una cantidad de cartas rojas igual a la que entregaron en la ronda 1, se mostraron satisfechos con este resultado equitativo y tomaron la misma estrategia en la ronda 2. Adicionalmente, el 36% de los productores y el 100% de los estudiantes que tuvieron un resultado beneficioso en la primera ronda, es decir, que recibieron más de lo que entregaron, decidieron entregar más en la segunda ronda, lo cual sugiere su deseo por compensar la inequidad existente. Por último, el 60% de los productores y el 67% de los estudiantes que se vieron afectados en la primera ronda al entregar más de lo que recibieron, trataron de compensar la desigualdad “castigando” al otro con un menor número de cartas rojas en la siguiente ronda.

Todos estos patrones de comportamiento condicionado parecen repetirse en la última ronda, aunque con menor fuerza en el caso de los estudiantes, lo cual indica que hay otros factores que también pueden afectar las decisiones individuales en el final del juego, donde no hay posibilidades futuras de interacción.

El efecto de la aversión a la desigualdad sobre las decisiones individuales es fundamental para entender los bajos niveles actuales de cooperación entre los productores del DRAT y la dificultad

de elevar los mismos en el corto plazo. El estudio de caso en Bagatzi demostró que el sistema de administración actual no provee equidad fiscal, distributiva o participativa. Asimismo, en términos generales el DRAT es un escenario donde existen muchas posibilidades para que algunos usuarios obtengan más beneficios que otros, por ejemplo, utilizando más agua de forma ilegal o bien pagando menos por metro cúbico de agua utilizado. Los hallazgos del juego de confianza y el argumento de la aversión a la desigualdad sugieren que en el tanto las inequidades presentes en el DRAT no se corrijan, es difícil esperar respuestas cooperativas sostenidas por parte de los usuarios de riego.

En un entorno caracterizado por estas desigualdades se podría esperar que muchos de los individuos afectados reaccionen de forma similar a lo observado en el juego, es decir, tratando de “castigar” a los otros con niveles cooperativos bajos. Esta reacción, desarrollada a través de los años, pudo iniciar un proceso circular donde menores niveles cooperativos agravaron las desigualdades y estas a su vez, motivaron una menor cooperación.

De forma alternativa o complementaria al argumento anterior, la reciprocidad puede ofrecer una explicación a la forma en la cual los individuos transforman los beneficios monetarios en utilidad (Ahn *et al.* 2003). La reciprocidad se define como la tendencia de los individuos a dar respuestas positivas a las acciones positivas de otros y otorgar respuestas negativas ante las acciones negativas de los demás¹⁵⁵ (Ostrom 2003). En lugar de considerar que las preferencias de los individuos incluyen la cooperación o el deseo innato de contribuir con causas justas, la reciprocidad implica que los individuos toman decisiones contingentes a su creencia de las posibles acciones de otros y de la información que estas acciones revelan acerca de sus intenciones (Ahn *et al.* 2003).

Según Ostrom (2003), en una comunidad que se enfrenta a dilemas sociales repetitivos, se espera que algunos individuos utilicen alguna de las siguientes normas de reciprocidad:

1. Siempre cooperar primero, dejar de cooperar si los otros no son recíprocos y si es posible, castigar a los no cooperadores.
2. Cooperar solamente en caso de que se considere que la otra persona es confiable, dejar de cooperar si los otros no son recíprocos y si es posible, castigar a los no cooperadores.

¹⁵⁵ Las normas de reciprocidad no tienen origen biológico sino que son aprendidas por los individuos. Por esta razón no todos los individuos usan las normas de reciprocidad en todas las situaciones donde podrían hacerlo (Ostrom 2003).

3. Si los otros inician la cooperación, cooperar inmediatamente, dejar de cooperar si los otros no son recíprocos y la medida de lo posible, castigar a los no cooperadores.

Además de estas tres normas de reciprocidad, Ostrom (2003) postula tres normas adicionales de comportamiento.

4. Siempre cooperar en algunos contextos.
5. Nunca cooperar.
6. Imitar las normas 1 y 2, pero dejar de cooperar en el momento en que se puede realizar *free-riding*.

La evidencia del presente juego sugiere que la mayoría de los individuos de ambos grupos siguen la norma 6. Si se observa el comportamiento agregado en las figuras 18 y 19, se nota que las rondas iniciales se caracterizan por niveles cooperativos altos, los cuales disminuyen significativamente en la última ronda, cuando los incentivos para *free-ride* son altos¹⁵⁶.

Este argumento se refuerza al observar la respuesta condicionada de los participantes a los resultados de la ronda previa. La alta proporción de jugadores *indecisos* y *confiados* en la primera ronda y su comportamiento posterior, refleja en gran medida el uso de las normas 1 y 2¹⁵⁷. Para la ronda 2, estos individuos optan por mantener o aumentar los niveles cooperativos previos, si el otro participante fue recíproco, pero no dudan en castigar al otro si no recibieron de él el mismo trato. No obstante, en la ronda 3 los resultados previos no parecen incidir tanto, sino que parece existir una tendencia a salirse de los “acuerdos” implícitos y tratar de aprovecharse del comportamiento del otro.

Estos resultados indican la dificultad de formar el capital social necesario para mantener niveles cooperativos altos en el DRAT. El comportamiento observado en este juego señala que los individuos dejan de cooperar rápidamente cuando los resultados no son los esperados, lo cual, evidencia la dificultad de invertir en capital social, ya que este proceso es costoso y de larga duración, cuyos resultados no son inmediatos.

¹⁵⁶ Hay estudios previos que demuestran estadísticamente que las tasas de cooperación decrecen con la repetición y que la cooperación en la ronda previa es un determinante fuerte de la cooperación futura (Ahn *et al.* 2003).

¹⁵⁷ La alta proporción de individuos indecisos en ambos grupos sugiere el desconocimiento de los jugadores acerca del tipo de jugador al que se enfrentaban y las normas de reciprocidad asociadas a él. De esta forma su intención de observar la respuesta del otro a través de la cooperación inicial, sería explicado en última instancia, por un problema de información asimétrica. Esto conduce a que el razonamiento de *backward induction* no sea válido en este contexto experimental, debido a que se no se cumple el supuesto de información perfecta. Sin embargo, esto no implica que los individuos no sean racionales, sino que toman las mejores decisiones posibles en un escenario incierto.

La segunda hipótesis enunciada para este juego también se rechaza ya que el comportamiento de ambos grupos no es igual. Los resultados del presente juego muestran que los niveles de cooperación de los estudiantes son más altos que los mostrados por los productores y que estos tienden a una mayor preferencia por estrategias individualistas. La conformación de grupo y los vínculos sociales preexistentes pueden explicar estas diferencias.

La conformación de grupo incluye el nivel de confianza y conocimiento mutuo. Estas características parecen ser diferentes en cada grupo. La naturaleza de la vida de un estudiante en CATIE genera un espacio propicio para el conocimiento mutuo y el desarrollo de un sentimiento de relativo compañerismo. Todos los estudiantes viven dentro del Campus, tienen varios cursos conjuntos y actividades extracurriculares que les permiten conocerse mutuamente y compartir múltiples experiencias. En contraposición, los productores no tienen muchas actividades conjuntas, salvo la capacitación que les brinda el INA. Además, provenían de distintos puntos del DRAT y aunque algunos pertenecían a una incipiente Sociedad de Usuarios de Riego, estos no eran la mayoría.

En este mismo sentido, la expectativa de comportamiento del otro jugador puede depender de experiencias mutuas fuera de la sesión experimental. Hay evidencia que indica que los individuos sienten obligación de responder recíprocamente dependiendo de los vínculos sociales preexistentes con la persona con la cual juegan¹⁵⁸ (Kollock 1998, citado por Ahn *et al.* 2003). En el caso de CATIE, es más probable que los individuos tengan vínculos sociales previos, lo cual podría afectar significativamente sobre las decisiones tomadas en el juego.

Estas diferencias podrían incidir en que el grupo de estudiantes se mostrara más unido, con niveles de confianza y reciprocidad superiores a los productores. No obstante, a pesar de estas diferencias, el comportamiento agregado en la última ronda es idéntico para ambos grupos. Esto sugiere que las diferencias de grupo no importan cuando los jugadores se enfrentan a una situación única, donde no hay más períodos adelante. Los incentivos para no cooperar parecen superar la reputación previa y los niveles iniciales de cooperación cuando no hay posibilidades futuras de interacción.

La indecisión de los productores acerca de cooperar o no en el juego y los bajos niveles de cooperación respecto a los que presentaron los estudiantes, sugiere la necesidad de abrir espacios sociales (organizaciones de distinta índole, clubes deportivos, grupos culturales, etc) dentro del

¹⁵⁸ El estudio de Kollock (1998) demuestra que las tasas de cooperación de un grupo de estudiantes estaban fuertemente influenciadas por el conocimiento de si el otro jugador de la pareja era miembro de la misma fraternidad, miembro de otra fraternidad, estudiante de otra universidad o personal administrativo.

DRAT que permitan el conocimiento mutuo entre los pequeños productores. Estos espacios de intercambio de experiencias y creación de reputación son una condición necesaria para iniciar un proceso de formación organizaciones de usuarios de riego.

6.4.3. Juego de ultimátum

El juego anterior permitió observar el efecto de la confianza y la reciprocidad sobre el comportamiento de un grupo de individuos que se enfrentaban ante un dilema social. No obstante, es importante complementar lo anterior con el estudio de las nociones de justicia y altruismo individuales. Estas consideraciones pueden incidir significativamente sobre la repartición de beneficios de un recurso común, ya que algunos individuos podrían tender a la búsqueda de resultados equitativos o altruistas en lugar de resultados cuyos beneficios son esencialmente privados.

La existencia de reciprocidad y las consideraciones de justicia y altruismo en las decisiones de los individuos han sido investigadas en contextos experimentales por medio de los juegos de ultimátum. Estos juegos se realizan en parejas, donde cada miembro tiene una posición diferente. Uno de los miembros debe dividir un monto de dinero entre ambos jugadores, el otro solo puede aceptar o rechazar la propuesta del primero, pero no la puede cambiar. En caso que la acepte, cada jugador obtiene el monto propuesto por el primero. En caso que la rechace, ninguno de los dos jugadores obtiene dinero.

Si existen funciones de utilidad independientes entre los individuos¹⁵⁹ y se cumple el supuesto de la teoría neoclásica del consumidor que establece que más es siempre preferible a menos, la solución del juego de ultimátum debería ser la siguiente. El individuo que recibe la oferta del primero, debería aceptar cualquier monto por encima de cero, no importa lo pequeño que este sea, ya que en otro caso el no obtendría ninguna cantidad de dinero. Sabiendo esto, el primer individuo se dejará casi la totalidad del dinero y entregará apenas un monto ligeramente mayor de cero al otro.

La solución teórica anterior no corresponde a la que se encuentra en estudios experimentales, donde los individuos suelen rechazar aquellas ofertas que se pueden considerar no equitativas, aún cuando esto les representa quedarse sin dinero. Por ello, lo más frecuente en estos estudios es que

¹⁵⁹ Esto es equivalente a decir que el bienestar de un individuo no depende del bienestar del otro

los individuos dividan el dinero en partes iguales (Davis y Holt 1993), lo cual contradice el modelo de racionalidad subyacente (Ostrom 2003).

6.4.3.1. Diseño del experimento

El experimento aplicado al grupo de 30 productores en La Soga y al grupo de 20 estudiantes de CATIE, se basa en la descripción general del juego de ultimátum según Davis y Holt (1993) y Ostrom (2003)¹⁶⁰. El diseño y aplicación del experimento fue idéntico para ambos grupos de participantes¹⁶¹.

Los individuos fueron separados en dos grupos dentro del mismo salón. Se formaron parejas al azar, tomando un participante de cada uno de los grupos de la sala. Aunque ningún participante conocía la identidad de su pareja, sí podía observar a todos los miembros de la sala. Como este juego se aplicó después del juego de confianza, donde también se jugaba en parejas, a los jugadores se les advirtió que en este ejercicio jugarían con una persona diferente a la del juego previo.

Luego de tener las parejas, se les explicó a los participantes que uno de los miembros de la pareja, llamado jugador rojo, tenía que dividir 1000 colones entre ambos. El otro jugador, llamado jugador negro, podía aceptar la oferta o rechazarla, pero no modificarla. En caso de aceptarla, cada uno recibía el monto de la propuesta. Si la rechazaba, ninguno de los jugadores obtenía dinero.

Para decidir cuál de los miembros de la pareja iba a ser jugador rojo se utilizó una moneda. El organizador anunció que si salía corona, el grupo de la derecha de la sala serían jugadores rojos, en otro caso, serían jugadores negros. Un participante seleccionado al azar de la sala, sirvió como testigo que se hiciera lo que el organizador anunció en este caso.

Cada jugador tenía una hoja de anotación. Para el caso del jugador rojo, en ella debía anotar su decisión de cómo repartir el dinero. Para el caso del jugador negro, en ella debía anotar si aceptaba o rechazaba la oferta hecha por el rojo. Una vez que el jugador rojo anotaba su decisión, el organizador o sus asistentes recogían la hoja y la llevaban donde el jugador negro correspondiente, para que este tomara la decisión final. El pago efectivo que recibía cada jugador era igual al que determinaba el jugador negro con su decisión. Este monto se pagaba al final del juego, en secreto y en efectivo.

¹⁶⁰ La versión original del juego es de Güth, W; Schmittberger, R; Schwarze (1982).

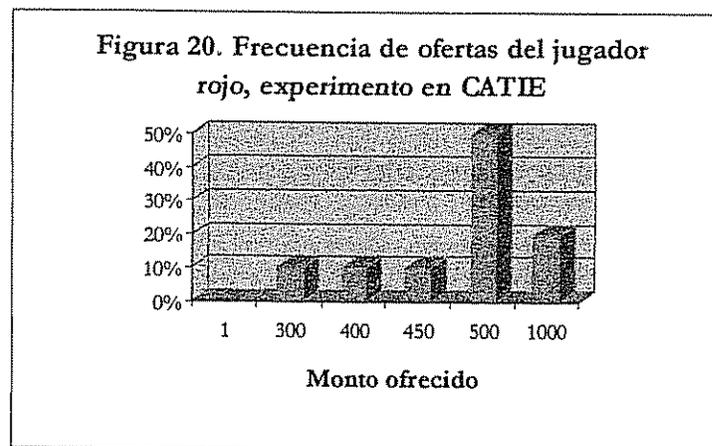
¹⁶¹ Las instrucciones generales de este juego se encuentran en el anexo H.

Las hipótesis de este juego son las siguientes: Primero, los jugadores se comportaran de acuerdo a la solución teórica, es decir, el jugador rojo entregará una cantidad mínima al jugador negro, el cual debe aceptarla. Segundo, no existen diferencias entre las decisiones de los jugadores del grupo de productores y el de estudiantes.

6.4.3.2. Análisis de resultados

6.4.3.2.1. Resultados del experimento en CATIE

Para este juego hubo 10 parejas de jugadores. La mitad del total de jugadores rojos de cada pareja decidieron dividir en partes iguales los 1000 colones. La figura 20 presenta la frecuencia con la cual los jugadores rojos ofrecieron distintos montos al jugador negro correspondiente.



Fuente: Elaboración propia

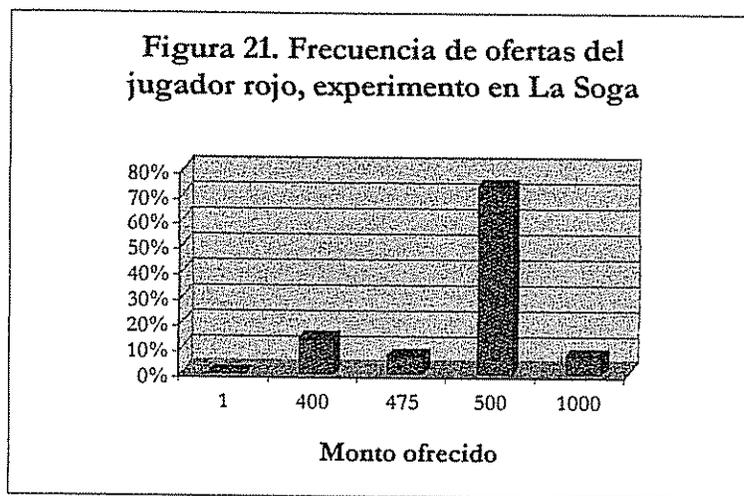
En el gráfico anterior se observa que en ningún caso los jugadores rojos ofrecieron un colón al jugador negro, lo cual era lo que se suponía debían hacer de acuerdo a la teoría económica basada en la maximización individual de las funciones de utilidad. El ofrecimiento más frecuente fue 500 colones, e incluso, hubo dos ofrecimientos de la totalidad de los 1000 colones de parte del jugador rojo al jugador negro. La oferta más baja que hizo un jugador rojo fue 300 colones (o sea que lo máximo que propuso dejarse el jugador rojo fue 700 colones).

Todos los ofrecimientos equitativos fueron aceptados por el jugador negro. No obstante, las desviaciones de la solución 50-50 eran usualmente rechazadas, incluso cuando el jugador rojo le

ofrecía la totalidad de los 1000 colones al jugador rojo. La única excepción fue un jugador negro que aceptó una oferta de 300 colones por parte del jugador rojo.

6.4.3.2.2. Resultados del experimento en La Soga

Para este caso había 15 parejas de productores. El resultado más frecuente fue la división en partes iguales de los 1000 colones por parte de los jugadores rojos. La figura 21 presenta la frecuencia de las ofertas de los jugadores rojos.



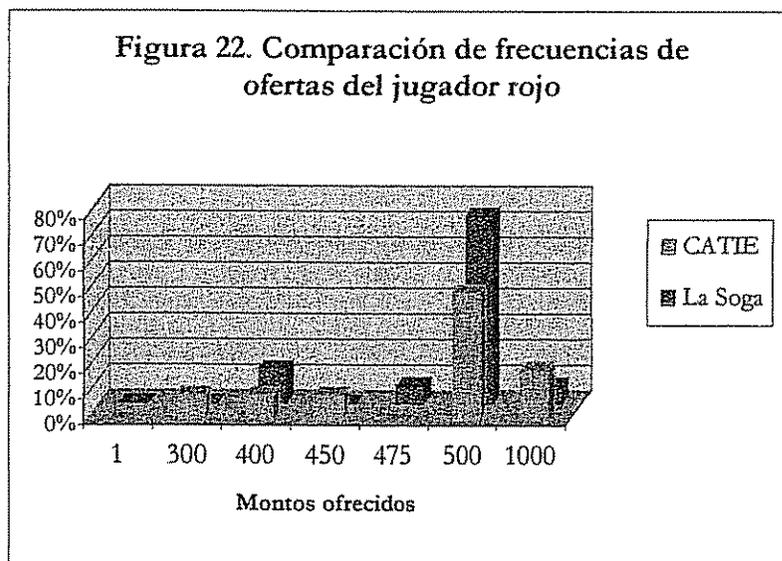
Fuente: Elaboración propia

En este caso la oferta más baja que hizo un jugador rojo fue entregar 400 colones (implica que lo más que quiso dejarse un jugador rojo fue 600 colones). El resultado más frecuente fue repartir los 1000 colones en partes iguales. Un total de 11 de los 15 jugadores rojos (73%) se decidió por esta alternativa. Solo un jugador negro rechazó la oferta del jugador rojo, la cual era 400 colones para el negro y 600 colones para el rojo.

6.4.3.2.3. Comparación de resultados

Los resultados de ambos grupos son similares, aunque los productores de La Soga tienen una mayor frecuencia de resultados donde los 1000 colones se dividieron en partes iguales. De hecho, en el 73% de los casos los jugadores rojos de La Soga eligieron repartir el dinero en partes iguales mientras que en CATIE, el 50% se decidió por este resultado.

La figura 22 compara las ofertas de ambos grupos de participantes. Además de destacar la mayor frecuencia de ofertas 50-50 en el caso de La Soga, la figura 22 también dejar ver que ninguno de los grupos se acerca a ofertas ligeramente superiores a cero colones, con cual ambos grupos demuestran que la solución teórica sugerida no tiene validez en ningún caso.



Fuente: Elaboración propia

En ninguno de los dos casos hubo rechazos de las ofertas 50-50 del jugador rojo. Sin embargo, debido a la baja cantidad de ofertas desiguales en La Soga, no es posible saber si hay diferencias en las tasas de rechazo de estas ofertas por parte del jugador negro de ambos grupos.

La comparación de resultados fortalece la idea que a pesar de las diferencias culturales y de ocupación entre ambas muestras, la predilección por resultados equitativos es muy fuerte, lo cual contradice el supuesto que los individuos se comportan egoístamente y que esperan que los otros actúen de la misma forma.

6.4.3.2.4. Discusión del juego de ultimátum

La hipótesis inicial que establecía que los jugadores rojos entregarían una mínima cantidad de dinero a los jugadores negros y que estos debían aceptarla, se rechaza. La evidencia demostró que el resultado más frecuente en ambos grupos es la repartición del dinero en partes iguales, lo cual apoya los hallazgos de otros estudios similares.

La literatura relevante utiliza dos posibles explicaciones a los resultados 50%-50% encontrados en juegos de ultimátum. La primera explicación se refiere a la presencia de altruismo (Kahneman *et al.* 1986, citado por Davis y Holt 1993), el cual contradice el supuesto tradicional que a los individuos solo les interesa su propio bienestar. Esta solución es posible dentro del contexto del presente juego, sobre todo cuando se encontró que algunos jugadores rojos entregaron la totalidad de los 1000 colones al jugador negro.

La segunda explicación que se encuentra en la literatura es la hipótesis del castigo, la cual se basa en el concepto de reciprocidad (Ostrom 2003). La idea es que el jugador negro rechazará una oferta desigual del jugador rojo (donde el rojo obtendría más de la mitad) en señal de castigo contra esta acción, lo cual refleja una actuación recíproca del jugador negro ante lo que considera un perjuicio. Si el jugador rojo supone que el negro tendrá este comportamiento, lo mejor que puede hacer es ofrecer un trato 50-50.

Esta hipótesis ha tenido apoyo en otro experimento llamado juego dictatorial. Este ejercicio es semejante al de ultimátum, la única variante es que el jugador negro no tiene posibilidad de rechazar o modificar la oferta del jugador rojo. En este escenario, Forsythe *et al.* (1994, citado por McCabe 2003), encontraron una reducción significativa de las ofertas del primer jugador. Este resultado llevó a los autores a concluir que la presencia de un posible castigo del jugador negro es lo que motiva la alta frecuencia de ofertas 50-50 por parte del jugador rojo.

La validez de esta hipótesis en el presente juego se refuerza en alguna medida por la alta frecuencia de ofertas 50-50 y por el rechazo de los jugadores negros a las ofertas desiguales del jugador rojo. Este comportamiento podría reflejar la tendencia de castigo de los jugadores negros hacia tratos que les perjudiquen y reafirma la importancia de considerar el efecto de la reciprocidad en las decisiones de ambos grupos.

Por otra parte, el rechazo de los jugadores negros puede sugerir otra hipótesis alternativa. Parece que a los participantes de este experimento no les interesa la riqueza absoluta sino la relativa.

Aunque en términos absolutos, cualquier oferta mayor de cero del jugador rojo incrementaría la riqueza del jugador negro, a este no le parece importar, porque en el fondo lo que sucede es una desmejora relativa de su riqueza respecto a la del otro. Si el jugador rojo supone que al negro le importa la riqueza relativa y que reaccionará castigando incrementos relativos de la riqueza que le perjudiquen, la mejor alternativa que tiene el rojo para no quedarse sin dinero es ofrecer un trato 50-50.

La segunda hipótesis planteada en este experimento planteaba que no existían diferencias en las decisiones de estudiantes y productores. Esta hipótesis se rechaza porque a pesar que la moda en ambos grupos son las ofertas 50-50, el grupo de productores mostró una frecuencia mucho más alta de estas ofertas.

La razón de esta diferencia se puede encontrar en la naturaleza de cada grupo, ya que en la vida real los mismos toman decisiones diarias en entornos muy diferentes y con implicaciones distintas. El grupo de La Soga está conformado por pequeños productores, los cuales están más acostumbrados a situaciones de alto nivel de exposición y vulnerabilidad a amenazas naturales y económicas que las que un estudiante promedio enfrenta. En escenarios tan inciertos como los que vive un pequeño productor, estos suelen optar por estrategias conservadoras que les aseguren al menos un ingreso mínimo de subsistencia.

Si se acepta la hipótesis del castigo, ya sea por un principio de reciprocidad o por un interés en la riqueza relativa, los jugadores rojos deberían temer que si realizan una oferta desigual, el negro la puede rechazar y por lo tanto se quedarían sin dinero. En este escenario, los productores deberían elegir aquella alternativa que aunque posiblemente les genere menos ingresos que otras, tiene una mayor probabilidad de ocurrencia.

En otras palabras, si existe paralelismo entre la toma de decisiones diarias de un productor y la forma en que este toma decisiones en el experimento, el productor debería elegir aquella estrategia que le brinde el mayor ingreso posible seguro, esto es, debería elegir la estrategia 50-50. Esto parece tener respaldo en este ejercicio ya que el 73% de los productores eligió una estrategia de 50-50, mientras que el 50% de los jugadores rojos del grupo de estudiantes tomaron esta alternativa.

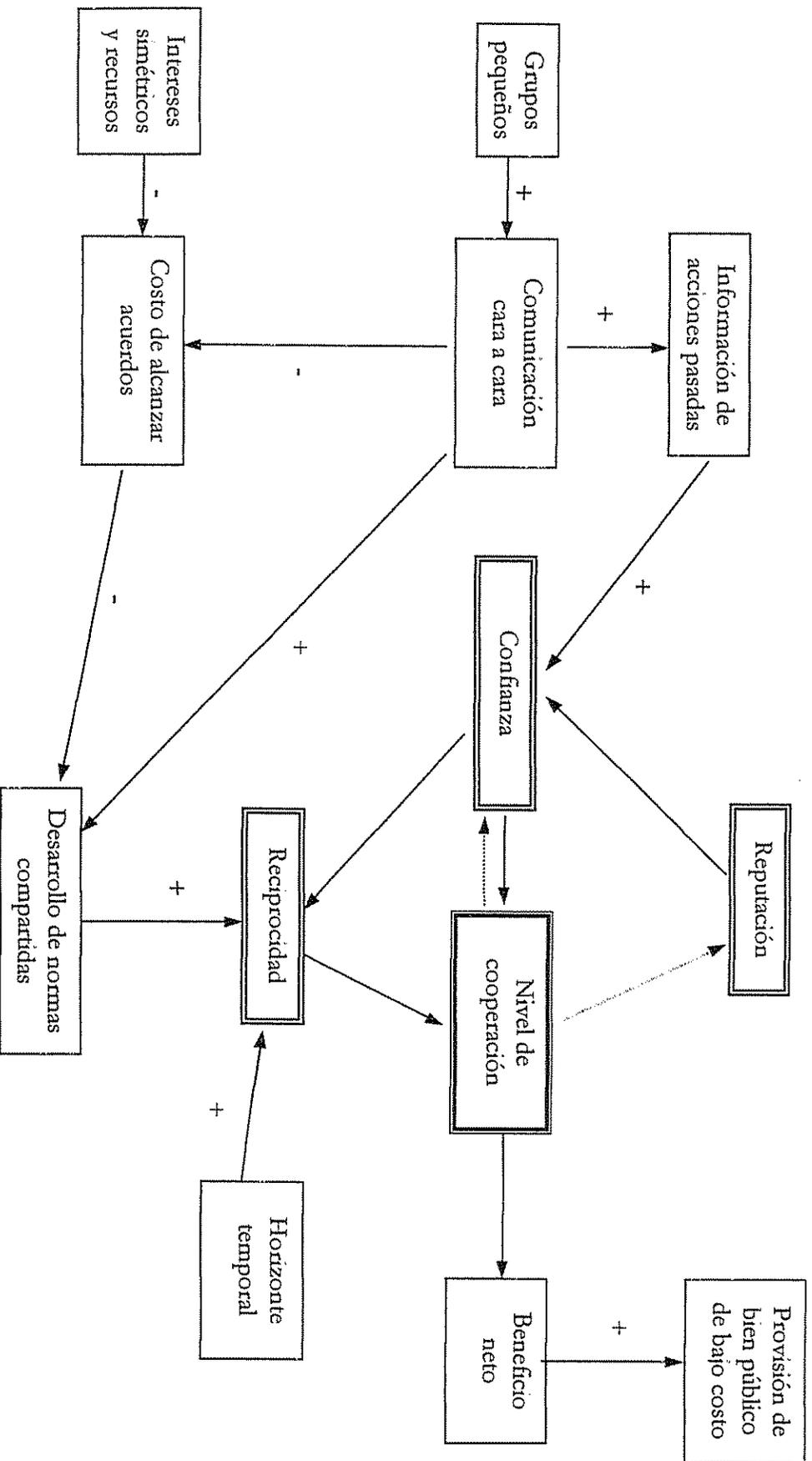
La preferencia de los productores por resultados seguros aunque menos rentables sugiere algunas pautas para la promoción de organizaciones o programas de asistencia específica en la zona del DRAT. Este tipo de intervenciones deberían procurar beneficios inmediatos tangibles y ciertos

en el corto plazo antes que alternativas más ambiciosas cuyos beneficios sean percibidos como poco probables por parte de los productores. Esta estrategia permitiría recobrar, de forma gradual, la confianza en el trabajo de las organizaciones en la zona y preparar el terreno para un futuro donde los pequeños productores sean capaces de crear y mantener una Sociedad de Usuarios que administre el sistema de riego.

6.4.4. Síntesis de los resultados experimentales

Las sesiones experimentales demostraron el efecto poderoso de la comunicación y la conformación de grupo sobre los resultados cooperativos. Asimismo, se demostró como la confianza está condicionada por la información de las acciones pasadas de los individuos y las normas de reciprocidad utilizadas. La relación y efecto de estas variables se puede entender más fácilmente en la figura 23, la cual presenta un escenario de acción colectiva. El signo “ + ” que se presenta en esta figura indica un efecto positivo, mientras que el “ - ” representa un efecto negativo.

Figura 23. Escenario de acción colectiva



Fuente: Adaptado de Ostrom (2003)

La reciprocidad, la reputación y la confianza son los elementos esenciales que condicionan los niveles de cooperación. Entre mayor sean los beneficios que un individuo ha recibido en el pasado de la reciprocidad, mayor serán sus inclinaciones por usar la reciprocidad cuando se enfrenta a un dilema social. Su confianza en que otros sean recíprocos está estrechamente relacionada con sus propias normas y la información que tenga acerca de la reputación de otros. Estos tres elementos fundamentales se refuerzan mutuamente y explican junto al efecto de las variables del entorno físico y las reglas de juego, el comportamiento de los individuos que se enfrentan a un dilema social.

En la figura 23, el nivel de cooperación tiene a su vez un efecto de refuerzo sobre los niveles iniciales de reputación y confianza¹⁶². Por ello, existe un efecto cíclico entre la cooperación y estos elementos. Si un arreglo particular de una arena de acción produce un bajo nivel cooperativo, esto deteriora la confianza en futuros acuerdos y erosiona la reputación de colaboradores de los participantes.

En términos prácticos para el DRAT, las experiencias previas de fracaso organizacional pueden incidir negativamente sobre los deseos de cooperación actuales relacionados con las labores de riego. Por esta razón, lograr una organización sólida requiere tiempo y recursos para devolver la confianza y la credibilidad a los usuarios del sistema. Como se indicó en el juego de confianza, esta tarea podría iniciar con la apertura de espacios de diálogo y organizaciones de pequeñas escala que permitan el intercambio de experiencias y conocimiento mutuo entre los productores. Asimismo, los resultados del juego de ultimátum sugieren que este proceso debe ser gradual, con beneficios tangibles, ciertos e inmediatos para los productores.

El impacto sustancial de la comunicación sobre los resultados cooperativos surge por su efecto positivo sobre las normas compartidas que inciden sobre la reciprocidad. Adicionalmente, la comunicación cara a cara ofrece la oportunidad de recopilar información sobre las acciones pasadas de los individuos, lo cual influye decididamente sobre los niveles de confianza de los mismos.

En este sentido, los ejercicios experimentales permitieron comprobar el efecto fuerte de la comunicación sobre el grupo de estudiantes pero no en el caso de los productores. De forma reiterativa, esto puede indicar que los esfuerzos por elevar los niveles cooperativos en el DRAT deben ser un proceso costoso, cuyos resultados se vislumbrarían en el mediano y largo plazo. La no efectividad de la comunicación en los productores sugiere que su identidad de grupo, la confianza

¹⁶² Esto se indica en la figura con las flechas de puntos

mutua y la presencia de normas compartidas entre ellos es muy baja. El efecto de la relación paternalista con el SENARA y la escasa necesidad de organizarse alrededor de un recurso como el agua, puede incidir significativamente en la baja inversión en capital social que muestran los productores.

No obstante, las sesiones experimentales dejan una enseñanza adicional. A pesar de que la confianza, la reciprocidad y la identidad de grupo son condiciones necesarias para obtener niveles cooperativos altos, el efecto de estas variables se desvanece sin la presencia de mecanismos efectivos de control y sanciones que permitan frenar el comportamiento de aquellos individuos que pretenden disfrutar gratis del esfuerzo de otros. Cualquier intento futuro de organización en el DRAT debe tener presente este principio, ya que ignorarlo implicaría cometer el mismo error que llevó a la caída de la Sociedad de Usuarios de Bagatzí.

Finalmente, la importancia de la identidad de grupo, la confianza, la reciprocidad, las posibilidades de comunicación y la ausencia de monitoreo y sanciones en las sesiones experimentales, es un resultado que complementa y refuerza las conclusiones obtenidas en el estudio de caso en Bagatzí. Cuando el Asentamiento evolucionó hacia una situación cuya conformación de productores fue más heterogénea, con un menor conocimiento mutuo entre los mismos, una menor cantidad de expectativas y normas de comportamiento comunes y por último, una menor necesidad de organizarse por la baja escasez del agua, los incentivos de los individuos por invertir en capital social y soluciones cooperativas a sus problemas disminuyeron. Esta pérdida de actividades conjuntas se agravó aún más dada la incapacidad legal y social de reprimir el comportamiento de aquellos productores que salían de los acuerdos de cooperación establecidos inicialmente.

7. Conclusiones

I. **Existe un pobre manejo del agua en el DRAT.** A nivel de parcela, la eficiencia de uso del agua es bastante baja, debido principalmente a la falta de capacitación, al sistema de tarifas, la ausencia de equipos de medición y al escaso control y sanciones efectivas contra los que violan el reglamento de uso del SENARA. El estudio de eficiencia de retención realizado en Bagatzí demuestra que los niveles de agua en los drenajes son altos, lo cual evidencia falta de preocupación por el manejo del agua en la parcela, con el agravante que el agua puede arrastrar suelo erosionado y agroquímicos en solución.

Adicionalmente, la productividad del uso del agua es baja. Debido a que el agua no es vista en el DRAT como un insumo productivo de alto valor, no hay preocupación por obtener la mayor rentabilidad por cada litro de agua utilizado. El arroz no solo ocupa la mayor área dentro del DRAT sino que es el segundo mayor consumidor de agua por hectárea y el cultivo que genera menos productividad por unidad de agua utilizada.

En cuanto al reciclaje de aguas, la actividad de tilapia permite el reuso del agua y mejora por lo tanto la eficiencia del uso del agua a nivel de todo el sistema del DRAT. Asimismo, esta actividad eleva la productividad del uso del agua en el DRAT, ya que permite obtener una alta rentabilidad por cada unidad de agua utilizada.

II. **No existe un manejo integral del DRAT y los niveles de organización interinstitucional y de organización de productores son bajos.** Los esfuerzos de las instituciones gubernamentales y de las ONG por mejorar las condiciones de los productores del DRAT son aisladas e intermitentes, en la mayoría de casos. Asimismo, la participación de los usuarios de riego en los procesos de toma de decisiones es baja.

Un ejemplo de esta situación lo constituye la Junta Coordinadora del DRAT, la cual no ha logrado agrupar a las instituciones y productores bajo un esquema de trabajo conjunto, impidiendo así, la atención integral de los productores y la definición de objetivos de consenso a largo plazo para el DRAT. Adicionalmente, las oscilaciones de caudal provocadas por el ICE causan problemas al SENARA y los productores. En el tanto estas oscilaciones no disminuyan o al menos tengan un patrón predecible, los intentos de medición de caudales y elaboración de planes de riego serán muy complicados.

El pobre manejo de agua en el DRAT plantea la necesidad de redefinir los objetivos y prioridades de las instituciones gubernamentales que tienen participación en el DRAT. El problema del pobre uso del agua no es exclusivo de SENARA, sino que también incluye, entre otras, a las instituciones encargadas de capacitar a los usuarios en la forma correcta de utilizar el agua y a aquellas que deben procurar el desarrollo de variedades de cultivos que demanden una menor cantidad de agua.

Por otra parte, no solo a nivel institucional la organización es escasa sino que también existe un bajo nivel de esfuerzos conjuntos a nivel de productores. Esto dificulta el logro de mejores precios para sus productos e insumos utilizados. Asimismo, la dispersión de productores dificulta las labores de extensión y capacitación desarrollada por instituciones del gobierno y ONG's.

III. El sistema de riego actual produce impactos ambientales negativos. Los impactos más evidentes son la descarga de aguas de drenaje sobre el Parque Nacional Palo Verde, con la consecuente inundación de bosques de pochote y el cambio en la estacionalidad del humedal La Bocana. Adicionalmente, hay estudios que demuestran que la baja eficiencia en la aplicación del agua ha elevado significativamente el manto freático en la zona de San Luis. Otra serie de impactos, como la aplicación excesiva de agroquímicos y el fangueo en verano, podrían implicar consecuencias a mediano y largo plazo, ya que su efecto es acumulativo.

IV. En la actualidad, el DRAT no logra mejorar el desarrollo rural en la zona guanacasteca. Es innegable que el DRAT genera un nivel importante de producción, empleo y divisas para el país. Sin embargo, la tendencia a reconcentrar la tierra, el pobre desarrollo de asentamientos campesinos, los caminos en mal estado, la aplicación excesiva de agroquímicos y la dependencia a monocultivos de escasa rentabilidad, impiden que el proyecto eleve significativamente el nivel de vida de los beneficiarios del proyecto. Los beneficios de la implementación del proyecto de riego han quedado en manos de unas cuantas grandes empresas, sin que los pequeños logren aumentos significativos en su bienestar.

V. El sistema de tarifa actual no genera incentivos para el uso racional del agua ni genera equidad en el sistema. El sistema actual cobra excesivamente a los productores de cultivos agrícolas que demandan poca cantidad de agua y favorece a aquellos que usan el

riego intensivamente. Asimismo, este esquema de cobro no favorece la competitividad dentro de cada sector productivo, puesto que los usuarios que racionan más el uso del agua, no reciben un premio sobre su estructura de costos.

VI. No existen las condiciones iniciales necesarias para que los usuarios de riego administren el sistema. El objetivo de establecer Sociedades de Usuarios, tal y como lo contempló el Plan Maestro del DRAT, ha fracasado por completo. En la actualidad no existe ninguna organización de los productores para administrar el sistema de riego. La escasa potestad legal de los productores para organizarse de forma efectiva, la relativa abundancia del agua así como la conformación social de los Asentamientos Campesinos, son factores que han restringido las posibilidades de descentralizar la administración del DRAT.

Estos mismos elementos y los altos costos de iniciar el proceso de organización imposibilitan que los usuarios, especialmente los pequeños productores agrupados en Asentamientos, administren el sistema en el corto y mediano plazo. La evidencia experimental sugiere que la confianza mutua entre productores y las normas de reciprocidad necesarias para iniciar un proceso de organización alrededor del agua no son adecuadas. Revertir estas condiciones e iniciar un proceso de formación de capital social será un proceso lento y costoso.

Por otra parte, es necesario destacar que el presente trabajo no analizó la privatización del DRAT. Para ello hubiera sido necesario diferenciar entre la propiedad de los activos del DRAT, la administración de los mismos y las necesidades de regulación estatal. Asimismo, el tema de la privatización exigiría entrar en detalle en relación a la función social del agua de riego, sobre todo por la gran cantidad de pequeños productores.

VII. Los esfuerzos por mejorar el uso del agua en el DRAT requieren el esfuerzo de productores, instituciones gubernamentales y ONGs. Aunque el responsable directo del uso adecuado del agua de riego es el SENARA, los esfuerzos de esta institución deben ser apoyados decididamente con la capacitación de los productores en el uso correcto del agua (INA, MAG, MINAE, Universidades, ONGs), la oferta de alternativas de producción que demanden menos agua y que cuenten con opciones de mercado (MAG, CNP, Universidades, ONGs), la selección adecuada de productores en las pequeñas parcelas (IDA) y el apoyo decidido de las municipalidades como generadoras de proyectos y difusoras de información (Municipalidad de Cañas y Bagaces).

8. Recomendaciones

I. Es necesario mejorar el uso del recurso hídrico en el DRAT por las siguientes razones:

- i. Generar una cultura de riego, adaptada a un entorno donde cada vez hay más competencia por el recurso hídrico
- ii. Reducir el impacto negativo sobre el manto freático
- iii. Disminuir los flujos de agua no deseados sobre el Parque Nacional Palo Verde
- iv. Para no efectar las posibilidades de expansión del DRAT y disminuir los conflictos ICE-SENARA

Para lograr estas mejoras se puede recurrir a dos tipos de alternativas¹⁶⁰:

1. *Elevar la eficiencia de todo el sistema de riego:* Las mejoras en el uso del agua que se deben introducir en el DRAT son las siguientes:

1.a. Incrementar la eficiencia de uso del agua a nivel de parcela: Como medidas inmediatas y de bajo costo se debe fortalecer la *capacitación* de productores y personal de SENARA en las relaciones suelo-planta-agua-atmósfera. En este sentido es necesario fortalecer la cooperación entre SENARA, la OET, el INA y el CURTDS. Asimismo es necesario implementar un *plan de monitoreo* que registre sistemáticamente la evolución de los niveles de eficiencia de uso del agua en el DRAT. Como complemento, los canaleros y técnicos de SENARA deben ser *rigurosos* en la aplicación del reglamento y procurar un *mejor servicio* a los productores.

La estructura de tarifas actual se debe cambiar lo más rápido posible ya que la misma premia a los productores ineficientes en el uso de agua y trata a todos los cultivos por igual, independientemente de la cantidad de agua utilizada. Como medida a corto plazo que remedie esta situación, al menos parcialmente, se podría implementar un sistema de *cobro diferenciado por cultivo* y en el mediano y largo plazo, se podría pensar en una *tarifa mixta con componente variable*. La implementación del cobro por volumen de consumo debe estudiarse a profundidad y considerar no solo el costo del equipo de medición sino también el ahorro de agua que se lograría, las necesidades de capacitación de los productores y técnicos, así como

¹⁶⁰ Es una adaptación de la propuesta de Barker y Molden (2001) para el manejo del recurso hídrico a nivel de cuenca

las implicaciones políticas de dicha implementación. Asimismo, es necesario considerar el *monitoreo y control* que sería necesario para mantener el sistema y evitar el robo y vandalismo.

No obstante, la experiencia de cobro volumétrico en parcelas que usan bombeo debe ser utilizada en el corto plazo por el SENARA para establecer un cobro por volumen en fincas grandes (más de 100 hectáreas), las cuales implican un bajo costo de monitoreo y cuya capacidad de pago les podría permitir la instalación de los equipos de medición necesarios.

Todo cambio en la estructura de tarifas actual debe ser acompañado por una *mejora en el servicio* prestado, esto con el objetivo de incrementar los deseos de pago de los usuarios y reducir la oposición al cambio.

Por último, se debe apoyar con más fuerza la intención de SENARA de realizar *estimaciones de demanda reales* para distintos cultivos y la *automatización de caudales*. Las estimaciones de demanda reales deberían ser respaldadas por los centros de investigación de universidades y/o Ministerio de Agricultura.

1.b. Reciclaje de aguas: La actividad de tilapia en el DRAT debe ser apoyada siempre y cuando se tenga un estricto control de la calidad del agua desechada. La posibilidad de que el agua sea reutilizada en igualdad de condiciones de calidad por otros cultivos debe asegurarse, por lo tanto, es necesario implementar un *plan de monitoreo continuo*.

2. *Elevar la productividad por unidad de agua utilizada:*

2.a. Mejoras en variedades de cultivos: Es necesario que el gobierno central destine fondos para el desarrollo de *nuevas variedades de cultivos*, capaces de generar más alimentos por hectárea y más resistentes a plagas y enfermedades. Si se desea continuar con la producción de arroz en el DRAT, *la investigación y difusión* de nuevas variedades debe ser una prioridad.

2.b. Mejorar administración del recurso hídrico: Es necesario asegurar al productor niveles de agua suficientes para atender sus necesidades. Se debe continuar con los esfuerzos de *coordinación* entre ICE y SENARA para evitar oscilaciones de caudal que perjudiquen el desarrollo de los cultivos.

2.c. Promover la diversificación de cultivos: Se debe realizar estudios de mercado e investigación para desarrollar cultivos de alto valor. La investigación no solo debe

preocuparse por encontrar cultivos aptos para suelos vertisoles y el clima de la región sino que también debe asegurar un mercado.

II. Campaña de concientización del manejo del agua en agricultura.

Es importante generar una imagen de que el usuario ineficiente en el uso del agua desperdicia un recurso valioso y perjudica a todos los demás. Esto es un primer paso para comenzar un *proceso de valorización* del agua en el DRAT. Los encargados directos deberían ser las Municipalidades de Cañas y Bagaces así como el SENARA. Asimismo es importante reconocer que el agua también tiene *valor para los ecosistemas* de humedales de Palo Verde y el Golfo de Nicoya, y que en algunas ocasiones podría ser más rentable nutrir a estos ecosistemas que destinar el agua para otros usos.

III. Definir una nueva política de riego, siguiendo los lineamientos de la FAO.

El diseño y aplicación de la política del riego necesita que las instituciones administradoras se transformen en instituciones modernas y eficaces, adaptadas a un entorno más competitivo y de escasez de agua. Este proceso de reforma organizacional, propone que en la actualidad *no es suficiente contar con instituciones promotoras de obras de ingeniería*, sino que es necesario contar con instituciones que: brinden servicios técnicos de calidad a los usuarios, sometan sus actividades a evaluaciones económicas, controlen que el agua de riego no sea desperdiciada, preserven el medio ambiente y velen por el patrimonio hídrico del país.

IV. Es necesario que el toda la Cuenca del Tempisque sea administrada con un criterio de manejo integrado de recursos hídricos (IWRM¹⁶¹).

Se debe promover una *Junta u Organismo de Cuenca*, constituido por representantes de los sectores¹⁶² involucrados (productores y empresarios turísticos de la parte alta de la cuenca, ICE, SENARA, productores del DRAT, instituciones estatales relacionadas al DRAT, sistema bancario nacional, ONGs, centros de investigación, municipalidades). Una de las labores fundamentales de esta agrupación es *redefinir los objetivos del DRAT*, bajo un nuevo escenario de mayor competitividad, menor participación estatal y mayor sensibilidad por los problemas ambientales. En este sentido, todas las instituciones revisar sus estatutos y objetivos en este nuevo entorno. Las soluciones efectivas y sostenibles a los problemas

¹⁶¹ Siglas en inglés. Este concepto es desarrollado en detalle por el Global Water Partnership (GWP)

¹⁶² Esto se basa en el Principio de Inclusión de IWRM, el cual es básico en esta estrategia de manejo

actuales de manejo de agua en el DRAT deben incluir a todos los involucrados, por lo tanto, es necesario revisar las posibles duplicidades de funciones, recursos disponibles y potestades legales de intervención de cada una de las instituciones gubernamentales y privadas.

El logro de una amplia representatividad dentro de la Junta no debe buscarse por decreto sino que debe construirse a partir de *alianzas* entre instituciones del gobierno, centros de investigación y ONG's, asimismo se debe *fortalecer* las organizaciones locales existentes y promover el desarrollo de *nuevas organizaciones* que reúnan intereses del mayor número de personas posible. En este proceso es importante la *transparencia* en el planeamiento y las acciones, lo cual se puede lograr con una amplia difusión de las metas propuestas y resultados. Este objetivo contribuirá directamente en la *credibilidad* del proceso y por lo tanto, en el éxito y sostenibilidad del mismo.

Es fundamental que esta figura de administración de cuenca tenga *autonomía administrativa y financiera*, además de un *marco legal apropiado* a sus funciones. Lo importante del trabajo de esta Junta es lograr una perspectiva global de la cuenca y evitar que cada institución trabaje de forma aislada, olvidando que sus acciones afectan a los otros usuarios de la cuenca.

Los costos de implementar un organismo de cuenca son muchos, sobre todo desde el punto de vista político y de grupos de presión, sin embargo, *el status quo no es una opción* ya que los problemas se harán cada vez más graves si no se actúa. El organismo de cuenca debe ser fruto de un *proceso de concertación y no es un fin en si mismo*, sino un mecanismo que permite elevar los niveles de eficiencia y asignación equitativa en el manejo del recurso hídrico, sin olvidar la salud de los ecosistemas.

V. Es necesario implementar, difundir y cumplir a cabalidad con un Plan de Manejo Ambiental, el cual debe ser asumido por todos los participantes del DRAT.

Este plan debe establecer las medidas a desarrollar para mitigar y prevenir los impactos negativos. Como componente fundamental de este Plan de Manejo es necesario promover una *agricultura amigable con el ambiente*, la cual sea compatible con los objetivos de preservar la biodiversidad y hacer un manejo adecuado de los recursos naturales. Se debe fortalecer la *investigación y difusión de tecnologías* de producción agrícola que conserven el suelo, el agua y reduzcan la utilización de agroquímicos. Es necesario destinar más recursos a estas labores,

las cuales no son un lujo, sino una condición básica en un escenario de producción sostenible.

Asimismo, la capacitación a los agricultores en el uso eficiente del agua y la agricultura sostenible ayudará a disminuir los impactos negativos producidos por la operación del DRAT sobre la Reserva La Mula y la laguna Bocana. Estas consideraciones ambientales deben acompañarse de un *sistema de monitoreo sistemático* que sirva como llamada de alerta y a la vez permita evaluar los avances de las acciones desarrolladas.

9. Bibliografía

- Aguilar, G; González, M. 1998. Manual de legislación sobre humedales en Costa Rica. San José, CR. MINAE-SINAC-UICN-ORMA.
- Ahn, T.K; Ostrom, E; Schmidt, D; Walker, J. 2003. Trust in two-person games: game structures and linkages. *In* Ostrom, E; Walker, J. Trust and reciprocity. New York, The Russell Sage Foundation.
- Ajún, G. 2003. Historia de Bagatzí (entrevista). Cañas, CR. SENARA.
- Alfaro, J. 2003. Funcionamiento del DRAT (entrevista). Cañas, CR. SENARA.
- _____. 2003. Demandas hídricas y tarifas por servicio de riego en el Distrito Arenal Tempisque. Cañas, CR. SENARA.
- Alvarado, A. 1999. Participación y reproducción de las familias campesinas en el Proyecto de Riego Arenal Tempisque. Tesis Mag. Sc. Heredia, CR, Universidad Nacional. 135 p.
- Andreoni, J. 1995. Cooperation in public goods experiments: kindness or confusion?. *The American Economic Review* 85 (4), p. 891-904.
- ARESEP (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, CR). 2001. Resolución RRG-AU-14-2001. Expediente AU-021-2000. San José, CR.
- _____. 2002. Resolución RRG-2671-2002. Expediente No.ET-030-2002. San José, CR.
- Aylward, B; Fernández, A. 1998. Institutional arrangements for watershed management: a case study of Arenal, Costa Rica (en línea). CREED Working paper No 21. Consultado 2 de nov. 2003. Disponible en <http://www.iied.org/eep/research/regions/latin.html>
- BCCR (Banco Central de Costa Rica, CR). Indicadores económicos (en línea). Consultado 25 de Sept. 2003. Disponible en http://www.bccr.fi.cr/flat/bccr_flat.htm.
- Bandaragoda, D. 2001. Institutional framework for improving efficiency in irrigation water use. *In* Water use efficiency in irrigation in Asia. Tokyo, Japan, Asian Productivity Organization.
- Barker, R; Molden, D. 2001. Sources of growth in water productivity in asian irrigation. *In* Water use efficiency in irrigation in Asia. Tokyo, Japan, Asian Productivity Organization.
- Barquero, M. 2002. Caliente disputa arrocerá. *La Nación*, San José, CR. Set. 27:8A.
- _____. 2003. Tilapia genera riqueza (en línea). Consultado 1 set. 2003. Disponible en <http://www.nación.com>
- Barrantes, G; Vega, M. 2002. Evaluación del servicio ambiental hídrico en la Cuenca del Río Tempisque y su aplicación al ajuste de tarifas. Heredia, CR. Instituto de Políticas para la Sostenibilidad.
- Bravo, G. 2002. Environment, Institutions and Society in the Management of Common-Pool Resources: Linking IAD Framework with the Concept of Social Capital. Presented at The Commons in an Age of Globalisation, the Ninth Conference of the International Association for the Study of Common Property, Victoria Falls, Zimbabwe.
- Bravo, J; Windevoxhel, N. 1997. Manual para la identificación y clasificación de humedales en Costa Rica. San José, CR. MINAE-UICN-ORMA-Embajada Real de los Países Bajos.

- Brizuela, N. 2003. Diagnóstico del DRAT (entrevista). Cañas, CR, SENARA.
- Bureau of Reclamation. 1997. Incentive pricing handbook for agricultural water districts (en línea). Preparado por Hydrosphere Resource Consultants. Consultado 10 Oct. 2003. Disponible en <http://www.hydrosphere.com/HRC/Projects/Projects.htm>
- Campos, E. 1994. Impacto del riego en el drenaje subterráneo y niveles freáticos en el área demostrativa San Luis del Distrito de Riego Arenal Tempisque. Tesis de Licenciatura. San José, CR, Universidad de Costa Rica.
- Celis, R; Chakravorty, U; Perrot-Maitre, D; Gámez, L. 2001. Introduction to the Arenal-Tempisque watershed. *In* Hazell, P; Chakravorty, U; Dixon, J; Celis, R. Monitoring systems for managing natural resources: economics, indicators and environmental externalities in a Costa Rican watershed. World Bank, Washintong, D.C. p. 23-44. (EPTD Discussion Paper No. 73)
- Cernea, M. 1985. Putting people first. Washington, Oxford University Press.
- Chakravorty, U; Chen, Y. 2001. An economic model of the Arenal-Tempisque watershed. *In* Hazell, P; Chakravorty, U; Dixon, J; Celis, R. Monitoring systems for managing natural resources: economics, indicators and environmental externalities in a Costa Rican watershed. World Bank, Washintong, D.C. p.45-81. (EPTD Discussion Paper No. 73).
- Contraloría General de la República. 2002. Auditoría operativa sobre el uso, manejo y explotación del recurso hídrico en términos de cantidad (en línea). Consultado 13 May. 2003. Disponible en http://www.cgr.go.cr/servline/frm_servline.html
- Coto, M. 2001. El proyecto de Riego Arenal Tempisque. *In* Jiménez, J; González, E. La cuenca del Río Tempisque: perspectivas para un manejo integrado. San José, CR, OET. p. 73-82.
- Coward, W. 1985. Technical and social change in currently irrigated regions: rules, roles and rehabilitation. *In* Cernea, M. Putting people first. Washington, Oxford University Press.
- Davis, D; Holt, Ch. 1993. Experimental Economics. Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- Echeverría, J. 2002. Costa Rica: How an IWRM approach would achieve better water allocation, The Lake Arenal Watershed. Global Water Partnership (en línea) Case #10. Consultado el 2 de mayo de 2003. Disponible en <http://www.gwpforum.org/servlet/PSP>
- Esquivel, R. 2003. Diagnóstico del DRAT (entrevista). Cañas, CR, Instituto de Desarrollo Agrario.
- Estado de la Nación. 1999. La Región Chorotega. Sexto Informe, San José, CR.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2000. El agua como recurso para la producción de alimentos. Vigésima Sexta Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Mérida, MX.
- Friedman, D; Sunder, S. 1994. Experimental Methods. New York, Cambridge University Press.
- Fujita, M; Hayami, Y; Kikuchi, M. 1999. The conditions of collective action for local commons management: The case of irrigation in the Phillipines (en línea). IIRR-Japan Shuttle Project. Consultado 5 oct. 2003. Disponible en <http://www.indiana.edu/~workshop/papers/hayami.pdf>

- Gleick, P; Wolff, G; Chalecki, E; Reyes, R. 2002. *The New Economy of Water*. Oakland, US, Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security.
- González, H. 2001. Taller sobre los procesos de innovación tecnológica en la agricultura (en línea). San José, CR. Consultado 6 nov. 2002. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/documentospdf/innovación.pdf>.
- González, M. 2003. Diagnóstico del DRAT (entrevista). La Soga, CR, Instituto Nacional de Aprendizaje.
- Guera, L; Bhuiyan, S; Tuong, T; Barker, R. 1998. Producing more rice with less water. Sri Lanka, International Irrigation Management Institute. (Discussion paper No. 29),
- Hanemann, M. 1997. Price rate structures. *In* Baumann, D; Boland, J; Hanemann, M. *Urban Water Demand Management and Planning*. New York, Mc Graw Hill.
- Hagnauer, W. 1992. El sistema agroecológico de Guanacaste: Oportunidades y desafíos para la agricultura y el turismo. Cañas, CR, FUNDESCA.
- Holt, Ch; Laury, S. 2002. Theoretical explanations of treatment effects in voluntary contribution experiments. Forthcoming in Plott, Ch; Smith, V. *The Handbook of Experimental Economics*.
- ICE (Instituto Costarricense de Electricidad, CR). 2003. Grupo ICE (en línea). Consultado 27 ene. 2003. Disponible en <http://www.ice.go.cr/esp/qsomos/index.html>
- ICWE (International Conference on Water and the Environment). 1992. The Dublin Principles (en línea). Consultado el 13 de oct. 2003. Disponible en <http://www.thewaterpage.com/SolanesDublin.html>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR).1993. Actualización del Plan Maestro del Proyecto de Riego Arrenal-Tempisque. Convenio IICA/BID ATN/SF-3185-RE. San José, CR.
- Isaac, M; Walker, J. 1988. Group size effects in public goods provision: The voluntary contribution mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*. 103: 179-199.
- Ittersum, M; Steenbergen, F. 2003. Ideas for local action in water management. Stockholm, SE, Global Water Partnership.
- Johansson, R. 2002. Pricing irrigation water, a literature survey. Washington, D.C, The World Bank.
- Kagel, J y Roth, A. 1995. *The Handbook of Experimental Economics*. Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- Kolstad, Ch. 2000. *Environmental Economics*. New York, Oxford University Press.
- La Gaceta. 1999. Reglamento de Servicios de Agua de Riego, 30 de Agosto de 1999. San José, CR.
- Ledyard, J. 1995. Public goods: A survey of experimental research. *In* Kagel, J y Roth, A. *The Handbook of Experimental Economics*. Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- Ley de Aguas y Ley General de Agua Potable. 1997. San José, CR, Investigaciones Jurídicas S.A.

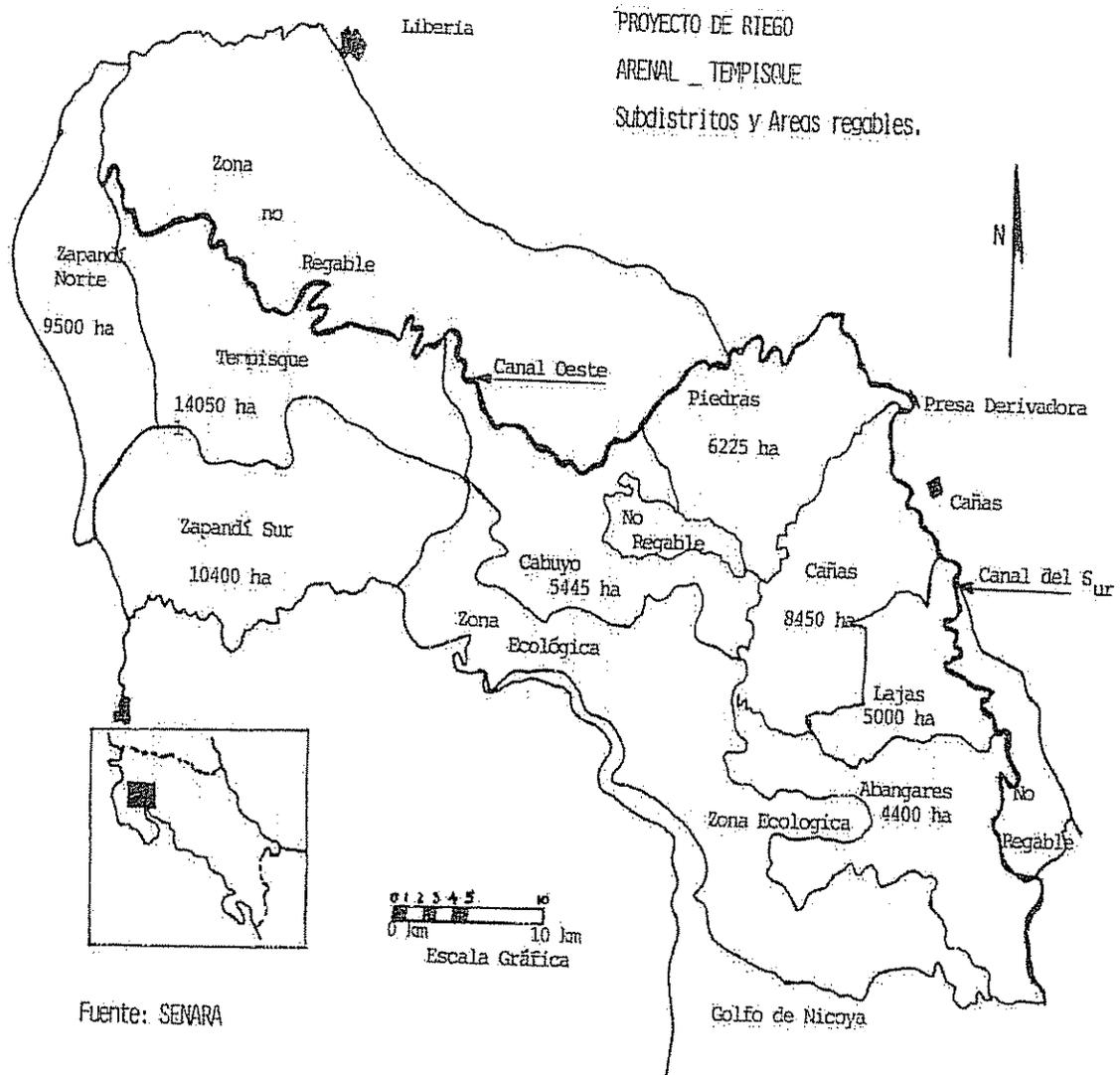
- Macías, R. 1999. Informe sobre eficiencias de aplicación de parcelas de I y II Etapas del Distrito de Riego Arenal Tempisque, entre marzo y abril. Cañas, CR, SENARA.
- Mateo, J. Características generales de la Cuenca del Río Tempisque. 2001. *In* Jiménez, J; González, E. La cuenca del Río Tempisque: perspectivas para un manejo integrado. San José, CR, OET. p. 32-72.
- McCabe, K. 2003. A cognitive theory of reciprocal exchange. *In* Ostrom, E; Walker, J. 2003. Trust and reciprocity. New York, The Russell Sage Foundation.
- McCoy, M. 1999. La siembra de arroz con riego en lámina de agua: tres años de experiencias empíricas en Guanacaste para evitar la erosión de suelos y el uso de herbicidas. Heredia, CR, UNA.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, CR). 2001. Índice de Desarrollo Social. San José, CR.
- Morales, S. 2002. Escasea inversión en proyectos de riego. No.359, 29 de abril a 5 de mayo del 2002. El Financiero, San José, CR.
- Murillo, R. 2003. Historia de Bagatzí (entrevista). Cañas, CR, SENARA.
- OET (Organización para Estudios Tropicales, CR). 2002. Memoria del taller técnico: Manejo de aguas y restauración de humedales en el Parque Nacional Palo Verde. Bagaces, CR.
- _____; Fundación AVINA; INA (Instituto Nacional de Aprendizaje, CR). 2002. Manejo de suelos y agua en cultivos bajo riego en la Cuenca Baja del Río Tempisque. Versión preliminar.
- Ostrom, E. 1990. Governing the commons. Cambridge University Press.
- _____. 1992. Crafting institutions for self-governing irrigation systems. San Francisco, California, Institute for Contemporary Studies.
- _____. 2003. Toward a behavioral theory linking trust, reciprocity and reputation. *In* Ostrom, E; Walker, J. 2003. Trust and reciprocity. New York, The Russell Sage Foundation.
- _____; Gardner, R; Walker, J. 1994. Rules, games and common pool resources. The University of Michigan Press.
- Pérez, J. 2002. El cultivo de arroz en Costa Rica y en el Proyecto de Riego Arenal-Tempisque. San José, CR, OET.
- Pineda, N. 2003. Diagnóstico del DRAT (entrevista). Cañas, CR, SENARA.
- Pizarro, H; Sepúlveda, S. 1998. La eficiencia en el manejo del agua. *In* Sepúlveda, S. 1998. Manejo eficiente de los recursos naturales. San José, CR, IICA.
- Postel, S. 1999. Pillar of sand: Can the irrigation miracle last?. New York, W.W. Norton.
- _____. 2001. Growing more food with less water. (en línea). Consultado 29 jun. 2002. Disponible en <http://www.sciam.com/>
- Ramírez, R. 2000. Riesgo a la contaminación de las aguas subterráneas en el Proyecto de Riego Arenal Tempisque I etapa. San José, CR, SENARA.

- RAMSAR. 2003. The Ramsar Convention on Wetlands (en línea). Consultado 16 may. 2003. Disponible en <http://www.ramsar.org>
- Ray, I. 2002. Farm-level incentives for irrigation efficiency: some lessons from an Indian canal. *Water Resources Update*. Issue 121.
- _____ ; Gül, S. 1999. More from less: policy options and farmer choice under water scarcity. *Irrigation and Drainage Systems*. Kluwer Academic Publishers. 13: 361-383.
- Robinson, T. 1991. Transporte y destino de contaminación agrícola por cultivo de arroz, Proyecto de Riego Arenal-Tempisque. PhD Thesis. University of California, Santa Barbara.
- Rodríguez, J. 2003. Diagnóstico del DRAT (entrevista). Cañas, CR, CURTDS.
- Rojas, C. 2003. Situación financiera del SENARA (correo electrónico). San José, CR, ARESEP.
- Seabright, P. 1993. Managing local commons: Theoretical issues in incentive design. *Journal of Economic Perspectives*. 7 (4), p.113-134.
- SENARA (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento, CR). 1985. Posición de los beneficiarios del Proyecto Bagatzí con respecto a la organización de la producción. *Sin publicar*.
- _____. 2002a. Homepage (en línea). Consultado 10 nov. 2002. Disponible en <http://www.senara.go.cr/>
- _____. 2002b. Reglamento de servicios para piscicultura en el Distrito de Riego Arenal Tempisque. Costa Rica.
- _____. 2003a. Informe del DRAT, II semestre del 2002. Guanacaste, CR. *Sin publicar*.
- _____. 2003b. Demandas hídricas y tarifas por servicio de riego en el Distrito Arenal Tempisque. Guanacaste, CR. *Sin publicar*.
- _____ ; Ramakrishna, B. 1998. El efecto de la organización social y la tenencia de la tierra en el manejo de los recursos naturales. In Sepúlveda, S. 1998. Manejo eficiente de los recursos naturales. San José, CR, IICA.
- Tabilo, E; McCoy, M. 1998. Plan de manejo ambiental para el estudio de impacto ambiental del proyecto de riego Arenal-Tempisque (PRAT II) y sus posibles efectos en el Parque Nacional Palo Verde. Heredia, CR, UNA.
- Tiwari, D; Dinar, A. 2001. Rol and use of economic incentives in irrigated agriculture. In Institutional Reform for Irrigation and Drainage. World Bank Technical Paper No 524. Washington, D.C.
- Tribunal Ambiental Administrativo. 2001. Resolución No.65-01-TAA. Expediente No.172-00-TAA. San José, CR.
- Valverde, J.C. 1998. Riego y drenaje. San José, CR, EUNED.
- Varian, H. 1992. Microeconomic analysis. New York. Tercera edición. W.W. Norton & Company.
- Villalta, O. 1992. Estructura general y orientación del Proyecto de Riego Arenal Tempisque. Guanacaste, CR, Instituto de Investigaciones Sociales, UCR. (Avance No. 85).

- _____. 1993. Los cambios en las propuestas originales del Proyecto de Riego Arenal-Tempisque: tenencia de la tierra y desarrollo de la agroindustria. Guanacaste, CR, Instituto de Investigaciones Sociales, UCR. (Avance No. 86).
- Villarreal, G. 1996. Diagnóstico del sistema de riego del Área Demostrativa San Luis del Proyecto de Riego Arenal Tempisque. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ingeniería Agrícola, Universidad de Costa Rica.
- Young, R. 1996. Measuring economic benefits for water investments and policies. Washington, D.C. World Bank Technical Paper No 338.

10. Anexos

A. Mapa del DRAT



B. Características de la producción de arroz en Bagatzí.

Las condiciones climáticas en la zona de Bagatzí se caracterizan por una época seca con temperaturas mínimas y máximas de 18 °C y 36 °C, respectivamente, con una humedad relativa del 60% y vientos de hasta 80 km/h. La época lluviosa tiene una temperatura mínima de 26 °C y una máxima de 33 °C, con una humedad relativa entre 80-84%, con vientos de 5 km/h y una precipitación media de 1600 mm (Pérez, J. 2002). La topografía es plana con suelos Vertisoles: Typic Pelluster asociados con Udic Pelluster, Ustic Humitropept y Vertic Ustrophept (Pérez, J. 2002). Las características de la producción de arroz en Bagatzí son las siguientes:¹⁶¹

- **Preparación del terreno:** La nivelación del terreno se realiza con equipo láser, el cual permite un manejo más eficiente del agua, facilita la inundación del terreno y mejora la germinación de la semilla. La preparación del terreno se realiza en forma mecánica pero se encuentran variantes ya que algunos productores realizan una arada y una pasada de rastra en verano, mientras que otros prefieren usar el fanguero en verano e invierno.

El fanguero sirve para disminuir la germinación de malezas y reducir las pérdidas de agua por percolación. No obstante, si no se deja que las partículas de suelo se sedimenten en la parcela, ya sea porque se drena muy rápido o porque el viento es fuerte, se pueden producir importantes pérdidas de suelo y nutrientes. Mc Coy (1999) ha estimado que se pueden alcanzar pérdidas de 43 gramos de suelo por galón de agua drenado. Asimismo Mc Coy (1999) demuestra que después del fanguero, las aguas de drenaje contienen cantidades importantes de nitratos, amonio, fósforo soluble y potasio.

- **Semilla:** Se utiliza de 3 a 4 quintales de semilla pre-germinada por hectárea, distribuida al voleo. La Oficina Nacional del Arroz permite que la semilla certificada tenga hasta un 3% de arroz rojo, lo cual agrava el problema de malezas en las parcelas. Las variedades más comunes son CR-1113 en invierno y CR-1821 en verano.

¹⁶¹ Este acápite se realiza con base en el trabajo de Pérez (2002) en el Asentamiento Bagatzí

- **Fertilización:** La misma se realiza al voleo, colocando la totalidad del fósforo en la siembra y distribuyendo el potasio y el nitrógeno en etapas clave del desarrollo del cultivo.
- **Plagas enfermedades y malezas:** Las principales plagas en la zona son la sogata (*Tagasodes orizicolus*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), chinches de la espiga (*Oebalus poecilus*) y chapulines (*Conocephalus spp.*). Las enfermedades más frecuentes son la quema del arroz (*Pyricularia Orizae* y *Rhizoctonia solani*) además del virus de la hoja blanca transmitido por la sogata (*Helminthosporium* y *Rhizoctonia solani*). Las malezas más recurrentes son equinocloa (*Echinochloa colona*), pasto indio (*Roettboellia cochinchensis*), coyolillo (*Cyperus rotundis*, *C. iria*, *C. esculentus*) y arroz rojo (*Oryza rufipogon*). El control de enfermedades y plagas se realiza el control químico. Las malezas se combaten con herbicidas y manejo del agua.
- **Cosecha y comercialización:** La cosecha se hace dos veces por año, de forma mecánica. Los productores venden su cosecha a las arroceras de la zona, las cuales realizan análisis de humedad e impurezas y castigan el precio pagado al productor si el arroz sale de los márgenes de calidad establecidos. Todos los precios pagados por el grano en la cadena de comercialización son establecidos por el Ministerio de Economía Industria y Comercio (MEIC).
- **Rendimiento:** El rendimiento promedio varía en rangos entre 80-110 quintales/ha en la primera cosecha del año y entre 75-95 quintales/ha en invierno¹⁶². Cuando el proyecto inició en 1983, los rendimientos eran de 160-180 quintales por ha en la cosecha de verano. La disminución en el rendimiento se atribuye a la utilización de la misma variedad de semilla por casi 20 años, la posible tolerancia de plagas y enfermedades a los químicos tradicionales y la pérdida de fertilidad del suelo debido al fangueo.

¹⁶² Entre 3.6-5.0 ton/ha en verano y 3.4-4.3 ton/ha en invierno

C. Parámetros para cálculos de demandas de agua

SECRETARÍA NACIONAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA
 DIRECCIÓN GENERAL DE RIEGO Y AVENAMIENTO
 DIRECCIÓN DE RIEGO AERIAL Y ENFRIQUE
 CALIFICACIÓN DE DEMANDAS DE CUIDADOS DE ARROSA

PERIODO : 2003 Fecha : Abril-03

Valores de Evapotranspiración potencial y Precipitación efectiva

Cultivo/Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Evap. Pot. (mm/mes)	185.86	194.71	232.66	213.17	168.35	133.62	143.53	141.91	124.82	129.38	128.11	157.44
Evap. Pot. (mm/día)	6.00	6.95	7.51	7.11	5.43	4.45	4.63	4.58	4.16	4.17	4.27	5.0
Prec. Efec. (mm/mes)	0.00	0.00	0.00	0.00	157.28	138.43	128.70	134.35	130.36	135.33	107.00	0.0
Prec. Efec. (mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	5.07	4.61	4.15	4.33	4.35	4.37	3.57	0.0

Valores de Kc (Según FAO)

Cultivo/Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Arroz	1.10	1.10	1.15	1.10								1.10
Caña de azúcar	0.50	0.85	0.95	1.10	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	0.90	0.7
Pastos	0.49	0.58	0.74	0.85	0.91	0.92	0.92	0.91	0.85	0.80	0.68	0.5
Sandía	0.50	0.70	1.00	0.70								0
Cebolla	0.40	0.70	0.90	0.80								
Citricos	0.63	0.66	0.68	0.69	0.70	0.70	0.70	0.70	0.68	0.67	0.66	0.6
Melón	0.50	0.70	1.00	0.70								3

Eficiencia de riego (%)
 Gravedad : 60.00
 Aspersión : 80.00
 Goteo: 90.00
 Arroz Gravedad: 40.00
 Láminas adicionales para arroz (mm/mes) :
 90.00 pregerminación
 110.00 fanguco (solo de junio a diciembre)

Precipitación Efectiva en arroz (%)	Julio 30.00 Agosto 50.00 Setiembre 70.00 Octubre 70.00 Noviembre 30.00	CUR mínimo considerado (lps/Ha) :	0.00
-------------------------------------	--	-----------------------------------	------

Jornada de Riego (Hrs/día): 24.00

A continuación se describe la metodología de cálculo de caudales por parte de SENARA. Para estimar las demandas hídricas se utilizó la información climática que se dispone de la Estación Taboga. Se obtuvo promedios mensuales (máxima, media y mínima) de la precipitación, temperatura, humedad relativa, viento, brillo y radiación solar.

La evapotranspiración potencial (E_{to})¹⁶³ se calculó con el método de Penman Modificado porque este involucra más variables climáticas. Con los datos de evapotranspiración potencial diaria por mes y los coeficientes de cultivo mensuales se obtuvo la evapotranspiración real¹⁶⁴.

La precipitación efectiva (P_{ef})¹⁶⁵ se obtuvo por el método del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (SCS), utilizando la precipitación media mensual.

El CUR se refiere al caudal continuo diario de agua (lps / ha) que se requiere para el riego de una hectárea de un cultivo determinado, considerando el mes de siembra, la eficiencia del sistema parcelario utilizado (E_r), la evapotranspiración real (E_{tr}) y la precipitación efectiva.

$$CUR = (E_{tr}/E_r) - P_{ef}$$

Con la información de la evapotranspiración real, la eficiencia de riego de cada cultivo, la jornada de riego, la precipitación efectiva y el plan de cultivos se estima la demanda total de cada cultivo en el DRAT.

¹⁶³ Es la cantidad de agua que en una unidad de tiempo evapotranspira un cultivo verde de porte bajo, de altura uniforme y de cobertura total, a la que en ningún momento le falta el agua (suelo a capacidad de campo). Este valor es independiente del cultivo, pues se considera como un valor general en condiciones ideales

¹⁶⁴ Corresponde a la evapotranspiración específica de un cultivo en relación con la evapotranspiración potencial $E_{tr} = K_c * E_{to}$

Donde el K_c se denomina coeficiente de cultivo, el cual es diferente para cada cultivo y varía a lo largo del ciclo vegetativo de este. Cada cultivo tiene una curva característica de K_c , elaborada con base en una amplia experimentación. Los K_c para los cultivos sembrados en el DRAT, no se han calculado aún. Por esta razón se utilizan las estimaciones de la FAO

¹⁶⁵ Se refiere a la cantidad de agua de lluvia que es absorbida y retenida por el suelo en el área de absorción radicular del cultivo y que por tanto, queda disponible para el uso de las plantas.

D. Estimación de la productividad del uso del agua e información para cálculo de valor de producción en el DRAT

Los datos de volúmenes estimados por cultivo se tomaron de los cálculos de SENARA para distintos cultivos en el año 2003. El caso de la estimación de la productividad del uso del agua en tilapia se describe en más detalle a continuación debido a que se realizó una estimación a partir de distintas fuentes de datos.

La cantidad de caudal que SENARA entrega de forma continua a Aqua Corporación Internacional (ACI), el principal productor de tilapia, es de 13 m³/s. Esto representa un volumen anual entregado de 409,968,000 m³. Sin embargo, tomando los datos de demanda de caudales del SENARA, los cuales se presentan en el cuadro 9 de este documento, se obtiene que el caudal promedio demandado al año para uso consuntivo por la tilapia es 7.98 m³/s. Esto implica que la industria de tilapia devuelve al sistema 39% del agua entregada (7.98/13), la cual es reutilizada por parcelas ubicadas aguas abajo.

Entonces el uso consuntivo que realiza ACI es de 61% del total entregado por SENARA, lo cual implica que el agua que se considera como uso consuntivo es: $409,968,000 \text{ m}^3 \times 0.61 = 251,646,197 \text{ m}^3$. Para calcular el consumo por hectárea se dividió este último valor por las 278 hectáreas de piscicultura que se mantienen en el DRAT.

Para estimar el valor de la producción se utilizó información de precios pagados en Estados Unidos para la tilapia proveniente de Costa Rica. Se tomó un promedio del precio por libra de filete y tilapia entera pagado en Miami y New York. Esta información fue facilitada por la Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). Adicionalmente, El Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA) reportó el precio pagado por kilo de tilapia en Costa Rica.

El volumen de producción de tilapia en el DRAT se tomó de datos que tiene SENARA para las 278 hectáreas que se sirven del sistema de riego. No obstante, el SENARA no tenía datos del porcentaje de la producción total que se exporta ni fue posible obtener este dato directamente de las empresas productoras. Por esta razón, se utiliza el reportaje del periódico La Nación del 1 de setiembre del 2003, donde se afirma que la piscicultura desarrollada en el DRAT exporta el 90% de la producción total US, mientras que el 3% se envía a Europa y el

restante 7% al mercado local. Como no se conoce precio en Europa, se utiliza el precio pagado en US como aproximación.

Teniendo en cuenta toda la información anterior se procedió a calcular el valor producido por la tilapia en el DRAT de la siguiente manera:

Precio de la tilapia proveniente de Costa Rica en el mercado de Estados Unidos= 7.83 \$/kg

Volumen de producción actual: 14,000 toneladas

Volumen total exportado: 14,000 ton* 93%= **13,020 ton**

Valor total de volumen exportado: 13,020 ton * 7,830 \$/ton= **101,946,600 \$**

El 7% de la producción se vende internamente= **980 ton**

Precio interno= **1200 colones/kilo**

Valor producción interna= 980 ton* 1200 colones/kilo* 1000 = **1,176,000,000 colones**

Al sumar las ventas internas y externas, con un tipo de cambio de 400 colones por \$ se obtiene el valor total de la producción de tilapia en el DRAT: **41,954,640,000 colones para las 14 mil toneladas.**

El valor total de la producción dividido entre las 14 mil toneladas, da el valor estimado de la producción de una tonelada de tilapia= **2,996,760 colones por tonelada producida**

El caso de los productos agrícolas es relativamente más fácil que la estimación de la productividad del uso del agua en tilapia. El consumo de agua estimada por cultivo se obtiene directamente del SENARA. Para datos de precios se usó: precio cuota caña reportado en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), oficina de Cañas. Para el arroz se utilizó el precio oficial a pagar al productor de arroz disponible en la Corporación Arrocería Nacional (CONARROZ). El precio de la sandía se tomó del Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos (CENADA), mientras que para pastos se utilizó el precio de heno trasvala con 90% de humedad. Los datos de productividad por hectárea de cultivos en el DRAT se tomaron de la base de datos del SENARA y se confirmó estos valores en el MAG y Consejo Nacional de la Producción (CNP), oficinas de Cañas.

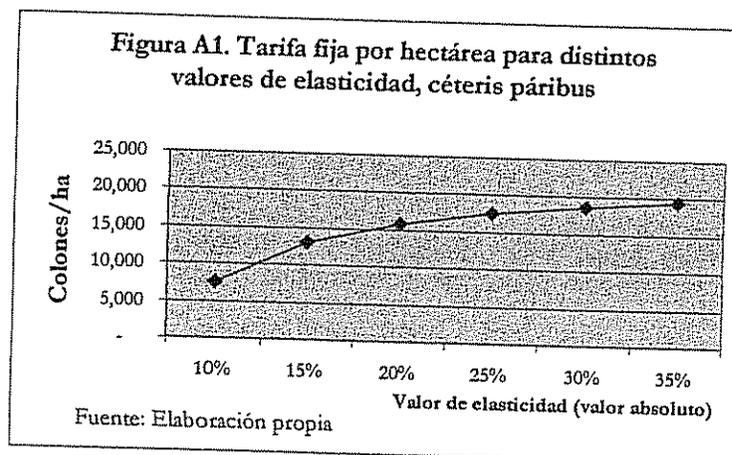
E. Variación de la tarifa mixta ante cambios en el valor de elasticidad

El cuadro A1 presenta el efecto de diferentes valores de elasticidad de demanda por agua de riego sobre las tarifas mixtas y la composición de ingresos del SENARA.

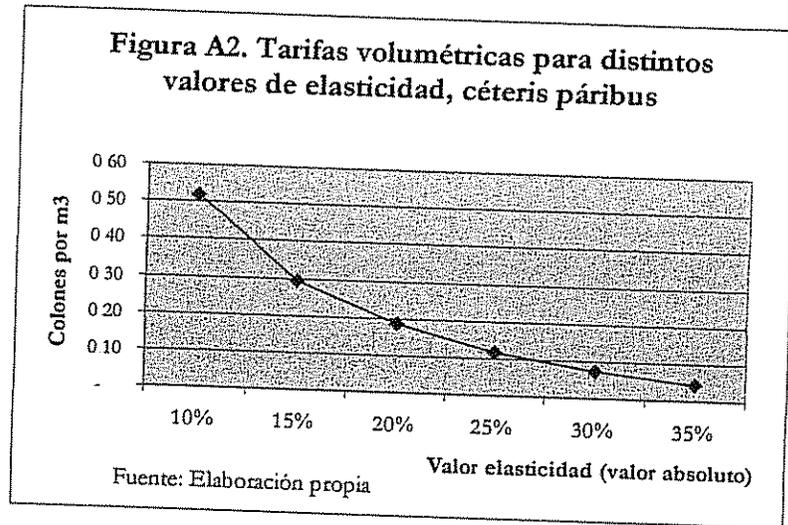
	$\epsilon = -10\%$	$\epsilon = -15\%$	$\epsilon = -20\%$	$\epsilon = -25\%$	$\epsilon = -30\%$	$\epsilon = -35\%$
Tarifa fija por hectárea (colones/ha)	7,452	13,041	15,836	17,512	18,630	19,428
Tarifa variable con el consumo (colones/ha)	0.52	0.30	0.18	0.12	0.07	0.04
Ingresos fijos (colones)	192,984,444	337,722,777	410,091,944	453,513,443	482,461,110	503,138,015
Ingresos variables (colones)	337,722,777	192,984,444	120,615,278	77,193,778	48,246,111	27,569,206
Ingresos totales (colones)	530,707,221	530,707,221	530,707,221	530,707,221	530,707,221	530,707,221
Consumo de agua (m ³)	654,120,688	654,120,688	654,120,688	654,120,688	654,120,688	654,120,688

Fuente: Elaboración propia

La figura A1 presenta de forma gráfica la variación del componente fijo de la tarifa mixta ante las variaciones en el supuesto de la elasticidad inicial.



De forma similar, la figura A2 presenta las variaciones en el componente variable de la tarifa mixta ante variaciones en la elasticidad.



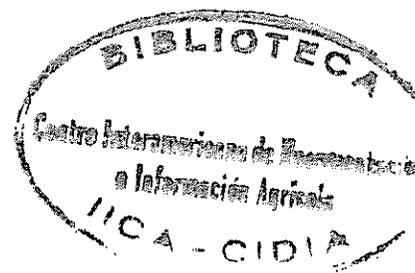
Del análisis de las dos figuras previas se destaca que a menor el valor de la elasticidad, mayor es el peso del componente variable en la tarifa mixta. Esto se explica por la definición del precio de respuesta y por el hecho que la demanda de agua varía ante variaciones en este precio.

El precio de respuesta se define como

$$\text{Precio de respuesta} = \frac{\text{Tarifa Promedio del Distrito} + \text{Tarifa volumétrica}}{2}$$

Como la tarifa promedio del distrito se mantiene constante porque los ingresos deseados y el consumo son constantes, las variaciones en el precio de respuesta deben provenir de la tarifa volumétrica. Entre menor la elasticidad, mayor es el cambio necesario en el precio de respuesta para lograr el ahorro deseado de agua. Dado que el cambio en el precio de respuesta debe provenir de la tarifa volumétrica, entre menor la elasticidad, mayor es el cambio necesario en la tarifa volumétrica.

Se debe notar además que la que la relación entre la tarifa volumétrica y a la elasticidad es negativa, mientras que la relación entre la tarifa fija y la elasticidad es positiva. Mayores niveles de elasticidad implican una mayor variabilidad del consumo de agua agregado, lo cual genera inestabilidad en los ingresos. Como este efecto no es deseable, los ingresos se deben asegurar con un mayor componente fijo y por ende, una menor tarifa variable. Cuando la elasticidad es baja, ocurre lo contrario, ya que la poca variabilidad del consumo se traduce en poca variabilidad en ingresos por lo que el componente fijo puede ser menor.



F. Instrucciones del juego de provisión

A usted y cada uno de los otros participantes se les entregará cuatro cartas de naipes, dos de ellas serán rojas y las otras dos negras. No importa el número o figura que tenga la carta, solo el color. Usted deberá decidir cuales cartas mantiene en su poder y cuales coloca en una cuenta común a todos los participantes.

Este ejercicio consta de 9 rondas. Al comienzo de cada una de las rondas, usted deberá poner al frente de su mesa dos de las cuatro cartas para que alguno de los organizadores las recoja y las deposite en una cuenta común a todos los participantes, las otras dos cartas usted las mantiene en su poder. Usted puede poner en la cuenta común las dos cartas que quiera pero recuerde ponerlas cara abajo para que las otras personas no vean si usted puso cartas rojas o cartas negras. Tome en cuenta que el pago que usted recibirá en cada ronda dependerá de esta decisión.

Por cada carta roja que usted se deje en su poder, es decir, que no la ponga en la cuenta común, usted recibirá 200 colones. Las cartas rojas que usted ponga en la cuenta común afectarán las ganancias de todos los participantes de la siguiente manera. Cada jugador recibirá 50 colones por cada una de las cartas rojas que cuente el organizador en la cuenta común. Para esto, el organizador pasará frente a las mesas de cada participante y tomará las cartas de cada una de las mesas. Luego contará y dirá el total de cartas rojas que todos los participantes pusieron en la cuenta común. El organizador no dirá lo que cada quién puso en la mesa, solo dirá el total recolectado en la cuenta común y la ganancia que corresponde. Las cartas negras que usted se deje o que sean puestas en la mesa para que las recoja el organizador, no recibirán ningún pago. Como usted nota, el pago que recibirá solo depende de lo que haga con las cartas rojas.

Para resumir, sus ganancias en cada ronda se obtienen de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \text{Ganancias de una ronda} = \\ & 200 \text{ colones} * \text{número de cartas rojas que usted se deje} \\ & \quad + \\ & 50 \text{ colones} * \text{el total de cartas rojas recogidas por el organizador y depositadas en} \\ & \quad \text{cuenta común} \end{aligned}$$

Su pago en este juego será de la siguiente forma. Se tomarán las ganancias que usted obtuvo en cada una de las 9 rondas y se sacará un promedio simple. Este resultado será el monto que se le pagará por este ejercicio al final de la sesión del día (al final de los tres ejercicios). El pago será en efectivo y en secreto.

Usted debe notar que entre más gane en cada una de las rondas, mayor será su promedio y por lo tanto, mayor dinero recibirá al final.

Por favor si tienen preguntas, hacerlas en este momento. Una vez que empiece el juego **no está permitido** hablar entre los participantes o mostrar las cartas a los otros.

EJEMPLO

(1) Ronda	(2) Número de cartas rojas que usted se dejó	(3) Valor cartas rojas que usted se deja	(4) Ganancia por cartas rojas que usted se deja	(5) Número de cartas puestas en cuenta común	(6) Valor cartas rojas en mesa común	(7) Ganancia por cartas rojas depositad as en la cuenta común	(8) Ganancia total
1	2	200 colones	400 colones	0	50 colones	0	400 colones
2	1	200 colones	200 colones	20	50 colones	1000 colones	1200 colones
3	2	200 colones	400 colones	19	50 colones	950 colones	1350 colones
4					50 colones		
5					50 colones		
6					50 colones		
7					50 colones		
8					50 colones		
9					50 colones		
Promedio							983 colones

Hoja para apuntar sus decisiones				Número de carta _____			
(1) Ronda	(2) Número de cartas rojas que usted se dejó	(3) Valor cartas rojas que usted se deja	(4) Ganancia por cartas rojas que usted se deja	(5) Número de cartas puestas en cuenta común	(6) Valor cartas rojas en mesa común	(7) Ganancia por cartas rojas depositadas en la cuenta común	(8) Ganancia total
1		200 colones			50 colones		
2		200 colones			50 colones		
3		200 colones			50 colones		
4		200 colones			50 colones		
5					50 colones		
6					50 colones		
7					50 colones		
8					50 colones		
9					50 colones		
10					50 colones		
11					50 colones		
12					50 colones		
Promedio							

G. Instrucciones del juego de confianza.

Este ejercicio es para jugar entre dos personas. A usted y su pareja se les entregará cuatro cartas de naipes, dos rojas y dos negras. No importa el número o figura que tenga la carta, solo el color. Usted jugará en pareja con otra persona del salón, pero usted no conocerá la identidad del otro, ni este conocerá la suya. Todos los participantes serán numerados y agrupados al azar en parejas por parte del organizador.

Usted y su pareja anónima deben intercambiarse dos cartas a la vez. Usted debe decidir cuáles cartas se deja y cuáles entrega a su pareja. Puede entregar dos rojas, una roja y una negra o bien puede entregar solo negras. Sus ganancias estarán determinadas por las cartas que entrega y las cartas que recibe de su pareja.

El valor de las cartas es el siguiente. Por cada carta roja que usted se deje obtiene 200 colones. Sin embargo, cada carta roja que usted envía valdrá 400 colones para su pareja y 0 para usted. Las cartas negras no tienen valor en ningún caso.

Veamos el ejemplo que se encuentra en la hoja de atrás. Si usted y su pareja intercambian las dos cartas rojas, cada uno recibe 800 colones. Si solo uno de los miembros de la pareja decide entregar una carta roja mientras que el otro entrega las dos, entonces el que entregó una carta gana 1000 colones mientras que el otro obtiene 400 colones. Si solo uno de la pareja entrega las dos cartas rojas y el otro no entrega ninguna, el que entregó las cartas rojas no gana nada mientras que el otro obtiene 1200 colones.

Recuerde que no hay forma de que usted se ponga de acuerdo con su pareja, usted no conoce al otro ni el otro le conoce a usted.

Una vez que tome su decisión, favor anotarla en la hoja adjunta. Se jugarán 3 rondas. Al final de cada una de las rondas, el organizador pasará frente a su sitio y le comunicará la decisión de su pareja. Con esta información usted podrá calcular su pago en la ronda correspondiente. ¿Cuánto será su ganancia al final del juego? Sume el total ganado en cada una de las rondas, se le pagará el 50% de este monto. Este monto le será pagado al final de la sesión del día, en efectivo y en privado. Por favor, no olvide marcar su decisión y la decisión del otro en el cuadro de atrás.

Por favor si tienen preguntas, hacerlas en este momento. Una vez que empiece el juego no está permitido hablar entre los participantes o mostrar las cartas a los otros.

Ejemplo								
Mi decisión					Decisión del otro			
Ronda	Cartas rojas que envío	Cartas rojas que me dejo	Valor de las que me dejo	Ganancia de lo que me dejo	Cartas rojas que recibo	Valor de las que recibo	Ganancia de lo que recibo	Ganancia total para usted
1	2	0	200 colones	0 colones	2	400 colones	800 colones	800 colones
2	1	1	200 colones	200 colones	2	400 colones	800 colones	1000 colones
3	0	2	200 colones	400 colones	2	400 colones	800 colones	1200 colones
Total								3000 colones
Total a pagar por el organizador								1500 colones

Pregunta 1: ¿Cuánto ganó el otro miembro de la pareja en la ronda 1? Como usted le mandó dos cartas rojas, gana 400 colones por cada una de ellas. Como no se dejó ninguna carta roja entonces no gana por este lado. Al final **ganará 800 colones**, gracias a las cartas rojas que usted le mandó.

Pregunta 2: ¿Cuánto ganó el otro miembro de la pareja en la ronda 2? Como usted le mandó una carta roja, gana 400 colones por ella. Como no se dejó ninguna carta roja entonces no gana por este lado. Al final **ganará 400 colones**, gracias a las cartas rojas que usted le mandó.

Pregunta 3: ¿Cuánto ganó el otro miembro de la pareja en la ronda 3? Como usted no le mandó ninguna carta roja, no gana por lo que usted le mandó. Pero como tampoco se dejó alguna carta roja entonces no gana por este lado. Al final **ganará 0 colones**.

Hoja para anotar sus decisiones

Hoja para anotar sus decisiones								
Mi decisión					Decisión del otro			
Ronda	Cartas rojas que envío	Cartas rojas que me dejo	Valor de las que me dejo	Ganancia de lo que me dejo	Cartas rojas que recibo	Valor de las que recibo	Ganancia de lo que recibo	Ganancia total para usted
1			200 colones			400 colones		
2			200 colones			400 colones		
3			200 colones			400 colones		
Total								
Total a pagar por el organizador								

H. Instrucciones del juego de ultimátum

Este ejercicio se realizará en parejas pero los miembros de las mismas deben estar en dos grupos separados, llamados grupo negro y grupo rojo. Las parejas se formarán al azar tomando un participante del grupo negro y un participante del grupo rojo. Cada miembro de la pareja recibirá una carta cuyo número lo identifica con su pareja. Sin embargo, ninguno de los participantes sabrá quién es su compañero ni tampoco conocerá la identidad de las otras parejas formadas.

Cada pareja deberá dividirse 1000 colones de la siguiente manera. El jugador rojo de la pareja decidirá cómo repartir los 1000 colones entre ambos. Una vez que el jugador rojo tome la decisión, el jugador negro tendrá la posibilidad de aceptar o rechazar lo que el jugador rojo propuso, pero en ningún caso podrá modificar la propuesta.

En el caso que el jugador negro acepte, el dinero será repartido de la forma propuesta por el rojo. Sin embargo, si el jugador negro rechaza la repartición, **ninguno de los jugadores ganará dinero**, es decir, tanto el jugador rojo como el jugador negro obtendrán cero colones. Recuerde que las parejas son formadas al azar y no se podrá conocer la identidad de las mismas.

El jugador rojo debe anotar su decisión de cómo repartir los 1000 colones en la hoja adjunta. El organizador recogerá esta hoja y la llevará a la pareja correspondiente que se encuentra en el grupo negro.

El resultado final de la repartición, es decir, luego de que juegue el negro, será lo que cada participante gane. Esto será pagado en secreto y en efectivo al final del ejercicio.

Por favor si tienen preguntas, hacerlas en este momento. Una vez que empiece el juego **no está permitido** hablar entre los participantes o decir el número de pareja que tiene.

Número de pareja _____

Solo para uso del jugador rojo, ¿cómo decide repartir los 1000 colones?

Monto que usted se deja	Monto que entrega al otro

Número de pareja _____

Solo para uso del jugador negro, marcar la opción que prefiere

_____ Sí, acepto la repartición del dinero hecha por el otro. Cada quién recibirá el monto establecido por el jugador rojo

_____ No, no acepto la repartición hecha. En este caso ninguno de los dos recibiremos paga.