

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ECONOMÍA

Disertación previa a la obtención del título de Economista

Acción Colectiva en la Gestión de los Bienes Comunes
Caso de Estudio: Proyecto de Riego Yasipan, Parroquia
Cebadas, Cantón Guamote (2008-2017)

Pablo Andrés Chamorro Martínez
pablo.2395@hotmail.com

Directora: Mtrs. Grace Guerrero
gguerrero001@puce.edu.ec

Quito, junio 2019

Resumen

La presente disertación constituye un instrumento significativo para analizar el papel que juegan las instituciones en el desarrollo económico del sector rural ecuatoriano, visto desde los sistemas de riego. Para ello, en una primera instancia, se describe la situación actual del riego en el país y se destacan los aspectos más significativos del manejo institucional del agua a partir de 2008. Posteriormente, a partir de un modelo de análisis institucional y utilizando un juego dinámico de teoría de juegos se caracteriza y dimensiona el efecto de la acción colectiva frente a la implementación del Proyecto de Riego Yasipan. De ello, se derivan importantes conclusiones, que permitirán a los hacedores de política pública, encaminar acciones que permiten asegurar la sostenibilidad y un buen manejo de los bienes comunes en el Ecuador.

Palabras clave: Instituciones, acción colectiva, bienes comunes, sistemas de riego, teoría de juegos.

Abstract

The present dissertation constitutes a significant tool for analysing the role of institutions in the economic development of Ecuador's rural sector, seen from irrigation systems. For this purpose, in a first instance, the current situation of irrigation in the country is described and the most significant aspects of institutional water management are highlighted since 2008. Subsequently, from a model of institutional analysis and using a dynamic game theory is characterized and measures the effect of collective action against the implementation of the Yasipan Irrigation Project. As a result of this dissertation, important conclusions are drawn, which will allow public policy makers to take action to ensure sustainability and good management of common goods in Ecuador.

Key words: Institutions, collective action, common goods, irrigation systems, game theory.

*A mi madre y mi hermano por su apoyo incondicional,
en especial a mi padre, quien desde el cielo
me da la fortaleza para cumplir
mis metas*

A mi profesora y mentora, Grace Guerrero, por su calidad humana y ayuda invaluable para la realización de este trabajo.

Acción Colectiva en la Gestión de los Bienes Comunes
Caso de Estudio: Proyecto de Riego Yasipan, Parroquia Cebadas,
Cantón Guamote (2008-2017)

Introducción	8
Metodología de Investigación	10
Pregunta General	11
Preguntas Específicas	11
Objetivo General	11
Objetivos Específicos	11
Fundamentación Teórica	12
Historia del estudio de las instituciones	12
Institucionalismo Clásico	13
- Nuevo Institucionalismo	15
- Otras Corrientes de Pensamiento Institucionalista	16
Consideraciones Teóricas para el análisis de las instituciones en el manejo de recursos de uso común	17
- Principales modelos teóricos en el análisis de los comunes	17
- Conceptos Relevantes para entender el Problema de la Acción Colectiva	20
La Gestión de los Recursos Naturales y las Instituciones	23
- El enfoque institucional de Ostrom: un método para evaluar los sistemas de riego	24
- El Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI)	26
Una Perspectiva económica a la complejidad del manejo de los Recursos Hídricos	29
El valor económico del Agua	30
- Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI)	31
Conclusión	45
1. Los Recursos Hídricos en el Ecuador	
1.1 Demanda Hídrica y Usos del Agua	47
1.2 Historia institucional y contexto del manejo del agua en el Ecuador	48
1.2.1 La situación del Riego en el Ecuador	48
1.2.2 Evolución en la Administración del Riego en el Ecuador	49
1.3 La situación actual de la infraestructura de riego	55
1.4 Caracterización de los distintos tipos de sistemas de riego	56
1.4.1 Sistemas de Riego estatales	56
1.4.2 Sistemas de Riego Privados	56

1.4.3	Sistemas de Riego Comunales.....	57
1.5	Problemáticas relacionadas al Riego en el Ecuador	59
1.5.1	Acceso inequitativo al Agua y Concentración de tierras.....	59
1.5.2	Ineficiencia de los sistemas de riego	63
1.5.3	Bajo Nivel de tecnificación e innovación en los sistemas de riego	64
1.6	La 6666 comunitaria del agua y la institucionalidad del riego en el Ecuador	66
1.6.1	El rol histórico de las comunidades campesinas y las juntas de riego	67
2.	El cantón Guamote y la construcción del Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI)	
2.1	Retrospectiva de la economía local de Guamote.....	69
2.2	Situación Actual del riego en la Parroquia Cebadas.....	72
2.3	Aplicación del Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI).....	75
2.3.1	Variables exógenas.....	76
2.3.2	Atributos de la Comunidad de Cebadas para la construcción del ADI.....	78
2.3.3	Reglas en Uso	84
2.4	Arena de Acción.....	86
2.4.1	El modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI) y los parámetros del modelo dinámico aplicado al sistema de riego presurizado Yasipan.	88
3	El manejo de los bienes comunes y el desarrollo del sector rural, una mirada desde los resultados del juego dinámico aplicado al riego	
3.1	La percepción de los habitantes de la parroquia Cebadas frente al agua y los sistemas de riego	97
3.2	Configuración Inicial de los parámetros del modelo.....	98
3.2.1	Escala del juego	99
3.2.2	Cantidad óptima de apropiación y costo de apropiación	100
3.2.3	Interdependencia entre los apropiadores del sistema de riego	101
3.2.4	Nivel de Ingresos de la población en la Parroquia Cebadas vs la Inversión Máxima dispuesta a invertir en el sistema de riego.....	103
3.2.5	Abundancia del recurso hídrico.....	104
3.2.6	Estimación de los parámetros en las funciones de transformación	104
3.2.7	Factor de descuento.....	106
3.2.8	Racionalidad Individual y Pérdida de Eficiencia	107
3.3	Cantidad Óptima de Apropiación e Inversión en Mantenimiento	109
3.4	Efectos de más iteraciones.....	111
3.5	Efecto de los arreglos institucionales.....	112
3.6	Efectos de un nivel mínimo de arreglos institucionales.....	113
3.7	Efectos de los atributos de la comunidad	115
3.7.1	Homogeneidad en la Comunidad	115

3.7.2	Tamaño de la Comunidad.....	116
3.7.3	Cantidad Máxima de Inversión en Mantenimiento que los Apropriadores del Sistema pueden afrontar	116
3.7.4	Componente Cultural y de Organización Social	116
3.8	Resultados del Modelo vs la Política Sectorial del Riego	121
3.8.1	Recomendaciones de Política Pública para el mejoramiento del riego	122
3.9	Conclusiones.....	122
	Conclusiones	124
	Recomendaciones	127
	Referencias Bibliográficas	129
	Anexos	132
	Anexo A: Formato Entrevista Dirigentes de las Junta de Agua Parroquia Cebadas.....	132
	Anexo B: Código de Programación Modelo Dinámico aplicado al riego (Programa de simulación Wólfam Matemática 10).....	133
	Anexo C: Matriz para estimación de variables del modelo	138

Introducción

El agua empleada para el riego es de vital importancia para la producción agropecuaria, ya que favorece el crecimiento de los cultivos y la asimilación de los nutrientes del suelo por lo que su buena utilización y manejo se convierten en una prioridad para los agricultores. Uno de los mayores retos que enfrenta el sector rural ecuatoriano es lograr el fomento agrícola, disminuir la pobreza y mejorar las condiciones de vida de la población campesina. Para ello, es fundamental incrementar la rentabilidad y la competitividad agropecuaria en el país.

El Ecuador vive transformaciones en el ámbito normativo, institucional y de planificación, todos ellos amparados por la Constitución de 2008 y el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. Estos articulados reorientaron sus objetivos hacia una visión de desarrollo sostenible, que abrieron las puertas para mejorar la gestión del riego y drenaje agrícola en el país. El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomías y Planificación (COOTAD); la Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua; la Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria (LORSA); el Código de la Producción y demás instrumentos legales buscan la descentralización y democratización de los recursos hídricos, en favor de una mayor conciencia ambiental en el manejo, uso y aprovechamiento del agua.

A pesar de todos los esfuerzos institucionales por generar políticas públicas encaminadas a la promoción del agro mediante los sistemas de riego, según el Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012-2026, persisten en el país conflictos alrededor del mantenimiento, operatividad y apropiación del agua de riego entre sus usuarios. En 2012, únicamente el 9% de los sistemas de riego en funcionamiento en el país operaban en óptimas condiciones, siendo los sistemas de riego comunitarios los más afectados.¹

Al igual que el Ecuador, muchos países alrededor del mundo sufren de esta problemática, que atañe a los sistemas de riego y también a distintos bienes comunes como los recursos forestales, acuíferos, etc. Ante esta realidad, la teoría económica ha buscado formas de entender el comportamiento colectivo frente al manejo de este tipo de recursos naturales a fin de mantener la sostenibilidad de los mismos en el largo plazo. Si bien el estudio de los bienes comunes no es nuevo, no fue sino hasta 2009, que tomo protagonismo con Elinor Ostrom, quien obtuvo el Premio Nobel de Economía por sus aportes entorno a este tema. A partir del trabajo de Ostrom, que se sintetiza en su modelo de Análisis Institucional (ADI), varios países de Europa, Asia y África comenzaron a emprender investigaciones para evaluar el peso del factor institucional sobre la sostenibilidad de los recursos escasos en distintos proyectos, en los que se destacan los sistemas de riego.

En el Ecuador, hasta el momento no se ha realizado ningún estudio que analice la vinculación de la institucionalidad con los bienes comunes, por lo que este trabajo busca ser pionero en este ámbito, aplicando el modelo ADI para la evaluar la futura sostenibilidad del proyecto de riego Presurizado Yasipan en el cantón Guamote, cuya implementación está prevista en el Plan Nacional de Recursos Hídricos del Ecuador.

El riego permite afrontar estos patrones climáticos y mejorar los sistemas de producción agrícola, lo que se traduce en un mayor nivel de ingresos en el sector rural y por ende una mejor calidad de vida. En este sentido, la investigación pretende generar un insumo más para impulsar la construcción del proyecto y despertar en las autoridades competentes del riego profundo sentido de urgencia por analizar el factor institucional previo a la implementación de un proyecto, para garantizar el

¹ (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP], 2011)

sostenimiento de los proyectos en el largo plazo. Con tal objetivo, la actual disertación propone la siguiente estructura:

El primer capítulo pretende caracterizar y contextualizar la evolución del manejo de los recursos hídricos, especialmente del riego en el país. El capítulo inicia describiendo la demanda y usos de la oferta hídrica en el Ecuador. Posteriormente, analiza la evolución de la institucionalidad en el riego y los cambios en el marco regulatorio sobre la gestión de este recurso durante los últimos años, especialmente a partir de la reforma constitucional de 2008. También se describe la situación actual del riego, así como las problemáticas concernientes a este bien común.

El segundo capítulo inicia con una descripción socio económica breve del Cantón Guamote y de la parroquia Cebadas. Conjuntamente con los elementos descritos en el primer capítulo, en esta sección del trabajo se desarrolla formalmente el modelo ADI en base a la información recopilada del Proyecto Yasipan. Este proceso incluye una descripción de las variables del modelo, su contextualización al proyecto de riego y su estudio por medio de la teoría de juegos, específicamente un modelo dinámico.

El último capítulo detalla cómo se recopiló y analizó la información necesaria para el desarrollo del modelo y su aplicación al caso de estudio del Yasipan. En esta sección final del trabajo se examina los resultados del modelo y sus variantes frente alteraciones del contexto institucional, para lograr determinar cómo este componente influye en la sostenibilidad del proyecto en función de dos variables claves: el nivel de apropiación y la cantidad de mantenimiento óptima.

Metodología de Investigación

La actual disertación tiene por objetivo estudiar la acción colectiva y su influencia en el manejo del agua de riego. Para ello, este documento emplea una estrategia de investigación cuantitativa y cualitativa, pues examina el factor institucional mediante la aplicación del modelo de Análisis de Desarrollo Institucional (ADI) desarrollado por Elinor Ostrom.

La utilización del modelo ADI, se apoya en distintas herramientas matemáticas para su implementación y análisis, entre ellas se destaca la econometría y la teoría de juegos. En el progreso de la actual investigación, se utilizará como metodología de análisis cuantitativo la teoría de juegos mediante el uso de un juego dinámico aplicado a los sistemas de riego, desarrollado por Lee (1994). Este modelo fue creado para complementar las contribuciones de Ostrom e incluir todos los elementos que anteriormente no fueron analizados en los aportes teóricos en relación a los comunes, principalmente en un contexto de varios periodos de tiempo.

La información requerida para la implementación del modelo se obtuvo mediante dos procesos:

Investigación Documental: Esta técnica permitió consultar y obtener información para construir el modelo a partir de trabajos previos relacionados a la institucionalidad y el manejo de los bienes comunes. Adicionalmente, se utilizó información estadística y estudios locales de entidades encargadas de la competencia del riego en el país, para poder especificar el modelo en función del periodo de análisis de la investigación y el contexto específico del área de estudio.

Grupos Focales: Esta técnica de investigación cualitativa permite explorar y descubrir datos sobre el comportamiento de los agentes, que son poco conocidos o de los cuales no se sabe nada (Mella, 2000). Los grupos focales son empleados en la actual investigación para conocer sobre los patrones de interacción y las características institucionales relacionadas al riego.

Para lograr estimar el valor de algunos parámetros a utilizarse en el modelo de juego dinámico aplicado al riego, se obtuvo información sobre el proyecto Yasipan de distintas fuentes: el Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Cebadas, del cantón Guamote y de la provincia de Chimborazo. Adicionalmente, se utilizó información del último estudio hídrico de la parroquia Cebadas realizado en 2015, así como del estudio de factibilidad del Proyecto Yasipan elaborado por la prefectura de Chimborazo en 2013.

Para la estimación de los demás factores del modelo que no son descritos en las fuentes antes mencionadas, y que involucran principalmente a los parámetros de las funciones de transformación del modelo dinámico, se realizaron tres grupos focales con tres comunidades que se beneficiarían con el sistema de riego Yasipan en la parroquia Cebadas (Ishbug Utucun, Cecel San Antonio, Nauteq) ubicadas en la parte alta, media y baja del proyecto respectivamente. Estas comunidades fueron elegidas por su representatividad e importancia en cuanto al sistema, tras un análisis previo con los dirigentes indígenas y promotores del proyecto Yasipan². En total, asistieron 109 personas a los grupos focales, realizados durante el mes de abril de 2019. Del total de asistentes, más del 60% superaba los 50 años de edad; mientras que el 56% fueron mujeres.

Adicionalmente, se realizó entrevistas semiestructuradas a dos dirigentes de juntas de agua pertenecientes a la parroquia Cebadas; el Ing. Jorge Maldonado, presidente de la Junta de regantes

²El 15 de abril de 2019, en la ciudad de Riobamba, junto con el Sr. Adolfo Yagloa (Presidente proyecto riego Yasipan), Sr. Luis Quito (Tesorero proyecto riego Yasipan) y el Sr. José Antonio Tena (Secretario proyecto riego Yasipan), se definió las comunidades en las cuales se realizaría los grupos focales para la actual investigación.

del sistema de riego de Cebadas (el sistema de riego en funcionamiento más grande actualmente en la parroquia Cebadas) y el Sr. Adolfo Yagloa, representante de las comunidades beneficiarias del Proyecto Yasipan ante el gobierno provincial de Chimborazo y SENAGUA.

Así, bajo el lineamiento de estudios previos y la recolección de datos, se empleó la información recolectada para describir el manejo del agua del riego en el Ecuador y su influencia en el sostenimiento y operatividad de un sistema de riego por implementarse en el país. Esta metodología genera las siguientes preguntas y objetivos de la presente investigación:

Pregunta General

¿Cómo influye la acción colectiva en la implementación y futuro manejo del Proyecto de Riego Yasipan en la parroquia Cebadas, cantón Guamote durante el periodo 2008 - 2017?

Preguntas Específicas

- ¿Cómo se caracteriza el marco regulatorio que rige sobre el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en el Ecuador y cómo influye en la situación actual del riego en el país?
- ¿De qué manera inciden los factores institucionales en la ejecución y futura administración del Proyecto de Riego Yasipan?
- ¿Por qué el Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI) puede cobrar importancia para explicar el manejo de los bienes comunes y los patrones de desarrollo del sector rural en el contexto ecuatoriano?

Objetivo General

Determinar la influencia de la acción colectiva en la futura implementación y manejo del Proyecto de Riego Yasipan en la parroquia Cebadas, cantón Guamote durante el periodo 2008 – 2017

Objetivos Específicos

- Identificar las características del marco regulatorio que rige el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en el Ecuador y su influencia en la situación actual del riego en el país.
- Describir los factores institucionales que influyen en la ejecución y futura administración del Proyecto de Riego Yasipan.
- Dimensionar la importancia metodológica del Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI) para explicar el manejo de los bienes comunes y los patrones de desarrollo del sector rural en el contexto ecuatoriano.

Fundamentación Teórica

Abordar el estudio de la acción colectiva y los bienes comunes partiendo de la economía institucional, brinda un enfoque más completo sobre la importancia de esta temática en el desarrollo de los países. De esta manera, surge la necesidad imperante de preguntarse ¿Qué son las instituciones? ¿Cuál es la relevancia del enfoque institucionalista en el estudio económico? y ¿Cómo se vincula al progreso de las Naciones?

Tal como lo describió el economista John Commons³ en la década de los años treinta, época en la que el institucionalismo económico tomaba protagonismo en los Estados Unidos, la dificultad de definir el campo de acción de la economía institucional parte de cierta ambigüedad sobre la definición del término “instituciones”. Según el enfoque o ámbito de estudio, las instituciones pueden abarcar un amplio espectro de interpretaciones; partiendo de leyes y normativas formales; pasando por, convenciones sociales, culturales y costumbres específicas que rigen la convivencia de los individuos.

Historia del estudio de las instituciones

Burns (1931:82) define a las instituciones como “el método de aproximación a los problemas económicos en el que se da un lugar predominante a la interacción entre las instituciones sociales, por una parte, y a las relaciones económicas y demás aspectos económicos de la conducta humana, por el otro”; mientras que definiciones más actuales como la de (Rivas, 2003), construye el concepto de instituciones como la base del sistema socio político, capaz de influir en el desempeño económico y crear certidumbre en las transacciones.

A pesar de la evolución constante del concepto, las instituciones se convierten en el objeto de estudio de la teoría institucional por el cual se pueden explicar procesos sociales y económicos que moldean el progreso de las economías alrededor del mundo.

La economía institucional inicia con la concepción del mercado como una institución compleja que opera e interactúa con otras instituciones. Para los institucionalistas, la economía no se limita únicamente al mercado, por el contrario, está fuertemente concatenada con la construcción social, histórica y cultural de las personas. Partiendo de estas nociones básicas, los aportes teóricos de esta corriente de pensamiento económico han buscado explicar la organización y control de la economía en su conjunto, considerando que dentro de toda actividad económica existen relaciones de poderes predominantes, capaces de influir en el crecimiento económico. A diferencia de otras corrientes de pensamiento económico, la postura institucionalista lejos de enfocarse en los determinantes de los problemas económicos, busca analizar de manera integral la evolución de la economía, así como de los actores que la componen.

Según Macario (1952), el institucionalismo económico cuenta con algunos principios y premisas generales que no permiten definir una teoría positiva institucional; razón por la cual muchos autores consideran que las contribuciones más importantes de esta corriente de pensamiento se resumen a

³Economista y profesor norteamericano, principal representante de la economía institucional y del georgismo.

una serie de postulados críticos al desarrollo de la teoría ortodoxa. Sin embargo, un factor recurrente en la nueva producción académica, hoy denominada “nuevo institucionalismo” es la vinculación de los aportes de la economía ortodoxa⁴ y del estudio del comportamiento humano, a la construcción de la teoría institucional.

Entre los puntos fuertes del andamiaje teórico institucional se destacan: la crítica a la condición de equilibrio y del Óptimo de Pareto del mainstream microeconómico; la contraposición a la postura de la racionalidad de los agentes y la determinación de la estructura de precios, la construcción de los modelos de asignación de recursos considerando un amplio espectro de variables no únicamente económicas en el que se considere la construcción de las preferencias y las estructuras de poder.

Institucionalismo Clásico

Los orígenes del institucionalismo se podrían remontar a mediados del siglo XVIII con el trabajo de David Hume⁵ quien abordó el concepto de la ética desde la construcción de un estado de derecho. Hume destacó la importancia de las instituciones vistas como las reglas de comportamiento capaces de normar la convivencia social ante posibles conflictos de intereses. De esta forma, se priorizó el papel de la acción colectiva como un elemento inherente en la convivencia humana dado que todas las conductas tienen en común incrementar la utilidad y el bienestar público (Hume, 1751). Para inicios del siglo XX, se retoma el debate institucional a partir de los cambios generados por la segunda revolución industrial y la modernización de los estados; los procesos de globalización e internalización de las economías plantearon nuevos retos sobre el manejo económico mundial.

En este contexto, surgen en Estados Unidos varias corrientes alternativas de pensamiento económico que buscaban cambiar el rol de las economías frente al nuevo contexto internacional. Los axiomas clásicos de Ricardo sobre el denominado “estado estacionario” y el “pesimismo Malthusiano”⁶ se vieron truncados frente al creciente adelanto tecnológico y dotación de los factores de la producción; abundante materia prima proveniente de las periferias⁷ y altos niveles de migración hacia los Estados Unidos (Masera, Palma, & Calcagno, 2017). El pensamiento institucionalista se constituyó como una corriente norteamericana, que se vio influenciada por el protagonismo de los Estados Unidos en la primera guerra mundial y la gran depresión de los años treinta. Sin embargo, sus premisas fueron compartidos por la escuela histórica alemana⁸, ambas contemplaban la importancia de la historia y la construcción cultural como principal fuente de conocimiento para el progreso económico.

⁴ Para efectos de este trabajo, se denomina “economía ortodoxa” a todos los desarrollos económicos que se asientan en la definición de “racionalidad” de los agentes económicos. Entre las escuelas de pensamiento económico destacadas en esta corriente se puede mencionar: la escuela neoclásica, clásica, marginalista, monetarista, etc.

⁵ Filósofo, economista, sociólogo e historiador escocés, fue una de las figuras más importantes de la filosofía occidental del siglo XVIII y de la Ilustración escocesa.

⁶ Teoría desarrollada por Thomas Malthus en 1798, donde se pronosticó que la población humana aumentaría con mayor rapidez que el suministro de comida, comprometiendo la supervivencia del ser humano.

⁷ Término utilizado a partir de la escuela estructuralista latinoamericana con los aportes de Raúl Prebisch y Celso Furtado en su teoría de la Dependencia y Desarrollo Desigual luego de la segunda guerra mundial para referirse a los países con una estructura productiva primaria exportadora.

⁸ También denominada “escuela historicista alemana de economía”, fue una corriente de pensamiento que surgió en Alemania a inicios del siglo XIX, que se opuso a la construcción de la teoría económica a partir de la validez de leyes económicas universales. Por su parte, hizo énfasis en la importancia de la construcción histórica en la economía.

La teoría institucional de principios del siglo XX, concebía al estado como una pieza fundamental en la economía, llamado a establecer las principales instituciones capaces de solucionar problemas relacionados con los costos de transacción, la incertidumbre, información imperfecta, distribución de recursos y demás problemas vinculados al desarrollo y que tienen su origen en el comportamiento de los individuos que componen el sistema económico.

Los primeros aportes de la escuela institucionalista norteamericana surgen a partir de la publicación de la obra *The Theory of the Leisure Class* escrita por Thorstein Veblen (1899), considerado el fundador de la denominada “corriente original del institucionalismo”. La tesis central de esta obra gira en torno a la concepción de Veblen de catalogar a los mercados como instituciones inherentes dentro del sistema económico, las cuales son constituidas gracias al accionar del estado. En este sentido, según Veblen; las preferencias de los individuos se construyen a partir del contexto cultural e institucional, por lo que no pueden ser consideradas como una variable exógena dentro de la construcción de la teoría económica.

A pesar de que los planteamientos de Veblen son muy criticados, principalmente por los economistas ortodoxos que establecen las preferencias de los agentes económicos como un elemento dado en función de la maximización de su utilidad. Veblen (1914), refuerza su argumento al establecer que existe una causalidad inversa entre instituciones e individuos. Es decir, los individuos pueden crear o modificar las instituciones, así como las instituciones pueden alterar el comportamiento de los individuos⁹.

John Commons (1931), también pionero del movimiento institucionalista norteamericano complementó las investigaciones realizadas hasta ese entonces en materia institucional al introducir el concepto de acción colectiva como la institución más importante dentro del comportamiento de los agentes económicos. La acción colectiva según Commons, es el mecanismo de control y ampliación de la acción individual; por lo que en toda transacción resulta en una ganancia o pérdida para alguno de los participantes y adicionalmente es un mecanismo por el cual las relaciones económicas se vuelven más eficientes ante la exigencia de los colectivos al establecer y hacer cumplir las normas vigentes.

La postura de la economía institucionalista clásica hizo mucho énfasis en resaltar el papel que juegan las instituciones en la actividad económica, de tal forma que, para los institucionalistas de aquella época, la economía surgía de un proceso social más no de la suma de las preferencias individuales. Según Haney (1962), los aportes de esta primera etapa del institucionalismo se pueden resumir en cinco planteamientos principales: 1) La aseveración de que los precios no son el centro de la estructura económica, ya que la conducta y las reglas de los agentes económicos son los que en definitiva importan en la economía; 2) Dado que la construcción de la teoría económica se basa en el comportamiento humano, las generalizaciones económicas no deben ser estáticas al contrario, deben adecuarse a un contexto temporal y geográfico determinado; 3) Deben incluirse en el análisis económico, el rol trascendental de las costumbres y los hábitos como elemento de organización económica; 4) Existen variables que influyen en el proceso de toma de decisiones de los individuos y que no pueden estar sujetos a medición; 5) No existen equilibrios constantes en economía, por lo que

⁹Durante 1898 hasta 1904, Veblen escribió cuatro artículos que fueron muy críticos de la economía ortodoxa: “La economía del profesor Clark”, “Las limitaciones de la utilidad marginal”, “Las pre concepciones de la ciencia económica”, “Por qué la economía no es una ciencia evolutiva”

los desequilibrios deben ser entendidos como un componente recurrente en el sistema económico sin embargo, las instituciones pueden permitir que dichos desequilibrios sean menos severos.

Referente a los conceptos de escasez, eficiencia ampliamente utilizados en otras escuelas de pensamiento Masera (2017) establece que; desde la perspectiva institucional, el proceso de intercambio de mercancías y creación de riqueza se convierten en expectativas futuras ya que por medio de la acción colectiva se garantiza el derecho de propiedad y libertad. En otras palabras, las instituciones son un marco normativo que garantiza el control legal de las mercancías y del trabajo. Para los teóricos institucionalista de esta época, las instituciones permiten la repartición del excedente social, quizás no de la manera más eficiente, pero si más justa.

Nuevo Institucionalismo

Para Rangel (2018) existen dos componentes claves que cambiaron el enfoque del institucionalismo clásico al nuevo institucionalismo o también denominado “neo-institucionalismo”; por una parte, todos los estudios en materia de la conducta humana y por otro, el surgimiento formal de la teoría de la elección racional¹⁰. Dichos factores representan una ruptura del discurso institucional clásico ya que suponen un distanciamiento de las instituciones con la articulación social y la acción colectiva. El nuevo institucionalismo propone un enfoque más individualista en el cual los individuos persiguen sus intereses particulares dado un contexto de racionalidad limitada.

A partir de los años cincuenta surge la revolución conductista en las ciencias sociales, en gran medida por la necesidad de desmontar los estudios que hasta ese entonces había realizado la economía institucional. A diferencia de los razonamientos del institucionalismo clásico, los conductistas creían que, para entender la trayectoria de las economías y su desenvolvimiento, era necesario analizar la distribución informal del poder en la esfera política y cotidiana de los individuos. Así, la producción académica de esta revolución conductual consideraba a las instituciones como el conjunto de propiedades a nivel individual (Powell & Dimaggio, 1999).

Por otra parte, los cambios generados dentro del análisis institucional por la nueva corriente de la elección racional desencadenaron nuevos avances en materia institucional, los cuales sitúan a los agentes como un elemento interdependiente de las instituciones. De esta forma, las instituciones se forjan como un marco regulatorio capaz de crear el escenario ideal para que los actores económicos puedan alcanzar sus intereses individuales y a su vez puedan intercambiar voluntariamente sus intereses (March y Olsen, 1989).

El nuevo institucionalismo presta una especial atención a los mecanismos institucionales por los cuales se crean incentivos o restricciones a los agentes económicos, su ámbito principal de estudio se enfoca en la manera en la que los individuos y organizaciones toman decisiones colectivas, y a su vez cómo aquellas decisiones pueden ser cuantificadas en función de su impacto en el desarrollo y crecimiento económico. Autores como March & Olsen (1989) y Powell & Dimaggio (1981) consideran que, las

¹⁰La construcción conceptual de la teoría de elección racional se sustenta en tres pilares básicos: el individualismo metodológico, la intencionalidad y la racionalidad en el comportamiento social y económico de los agentes económicos. Entre los principales exponentes dentro de esta corriente se destacan: Kenneth Arrow y James M. Buchanan.

instituciones son capaces de influir en la construcción de las preferencias individuales y la forma en que se relacionan e interactúan los agentes económicos.

En definitiva, el institucionalismo clásico centró su análisis en la visión legalista de las instituciones y el rol protagónico del estado; mientras que la nueva economía institucional enfatizó también en aquellas instituciones informales que definen el desenvolvimiento de los actores frente a su medio social y que a su vez establece una relación dinámica que implica un constante cambio institucional.

Otras Corrientes de Pensamiento Institucionalista

Para Peters (1999) y Thoenig (2003) el pensamiento institucionalista ha evolucionado en función de la realidad económica y política de los países; esto permitió que las instituciones como unidad de análisis, puedan adaptarse a un amplio espectro de investigaciones empíricas con la finalidad de elaborar teorías y metodologías a fin de entender los procesos de institucionalización y convivencia social. Entre los distintos enfoques del institucionalismo se puede distinguir a:

El institucionalismo Histórico: Esta corriente de pensamiento se deriva de la nueva economía institucional o neo-institucional. Su argumento central gira en torno a concebir la idea del estado como una estructura compleja, compuesta por redes o grupos de interés que se caracterizan por sus asimetrías de poder e influencia. Desde esta postura, las acciones y demás acuerdos sociales están influenciados por arreglos institucionales pasados tanto de la esfera pública como privada. La persistencia de los acuerdos de los agentes en el tiempo depende de la eficiencia al satisfacer los intereses individuales dada una dotación de recursos disponibles (Steinmo, Thelen, & Longstreth, 1992).

El institucionalismo Normativo: Este enfoque de análisis institucional centra su interés en el funcionamiento de los organismos reguladores de la convivencia social, capaces de alterar el comportamiento de los agentes y el escenario económico. Al hablar de organismos reguladores (March & Olsen, 1989) los definen como aquellas instituciones que nacen de las reglas formales e informales que sirven de marco regulatorio para guiar el comportamiento social. Para el institucionalismo normativo, no existe racionalidad en los agentes económicos al momento de ordenar sus preferencias y tomar decisiones, por el contrario, su comportamiento está dirigido por las normas sociales y costumbres propias de su entorno social. Así, el modelo institucional normativo permite evaluar y predecir el impacto en el comportamiento de los individuos ante cambios de políticas o leyes.

El institucionalismo Sociológico: Según esta postura, las estructuras y relaciones sociales se desenvuelven en contextos culturales específicos, de tal forma que las instituciones se entienden como todas aquellas construcciones sociales que norman la convivencia humana y que se convierten con el tiempo en hábitos y convenciones sociales propias de un determinado tiempo y espacio (Ostrom, El gobierno de los bienes comunes , 2000). Tal como lo describen trabajos relacionados a la acción colectiva, los cuales serán estudiados en los capítulos posteriores de este trabajo; las instituciones son producto de procesos de negociación a través de múltiples interacciones entre los actores.

Consideraciones Teóricas para el análisis de las instituciones en el manejo de recursos de uso común

La relación entre recursos comunes e instituciones comenzó a debatirse a partir de los adelantos teóricos del nuevo institucionalismo a mediados del siglo XX. Los primeros aportes en relación al tema buscaron concebir la complejidad de los sistemas socio-ecológicos bajo un esquema de interacción continua entre los distintos participantes involucrados en el manejo y utilización de un determinado recurso. Esto permitió vincular métodos de matemática aplicada como la teoría de juegos, para construir modelos que permitan estudiar las interacciones de los agentes económicos, ya sea en sus relaciones de poder o sus intereses frente al uso de determinado bien o servicio. Posteriormente, fruto de la labor de Elinor Ostrom durante la década del 70, el estudio de los recursos de uso común (RUC) abordó adicionalmente la dinámica de la acción colectiva, con el objetivo de entender los procesos organización y gestión local.

En el caso del sector rural ecuatoriano, las fuentes hídricas y los sistemas de riego que se construyen a partir de ellas, son considerados recursos de uso común. A diferencia de los bienes públicos, los RUC pueden adquirir la característica de ser rivales y excluyentes en un contexto donde no se ha definido claramente un esquema de aprovechamiento colectivo del bien. En el análisis de los comunes, Ostrom (2000) vinculan varias esferas de investigación, por un lado, el impacto de las instituciones normativas; leyes y reglamentos formales que regulan el aprovechamiento de un determinado RUC; el capital físico de las comunidades locales; y por último las instituciones informales que parten de las costumbres y formas de convivencia propias de un conglomerado social.

Esto permitió que Ostrom desarrollara un instrumento de análisis denominado Análisis y Desarrollo Institucional (ADI)¹¹ que busca identificar las controversias generadas por las instituciones (comunidades) en torno al uso de sus recursos en un escenario donde confluye varios participantes con distintos intereses, objetivos y relaciones de poder.

Principales modelos teóricos en el análisis de los comunes

El problema de la acción colectiva y la tragedia de los comunes

Desde que el ecologista estadounidense Garret Hardin¹² publicó su famoso artículo "La tragedia de los comunes" en 1968, la trascendencia del manejo de recursos como los océanos, ríos y bosques fue de vital importancia en el desarrollo de la economía ambiental y las ciencias políticas. La tesis fundamental de Hardin en relación a los comunes parte de la premisa del "problema poblacional", la cual hace referencia al modelo actual de crecimiento poblacional y económico, los cuales crecen a un ritmo exponencial, limitando cada vez más la capacidad de carga¹³ del planeta, si consideramos que los recursos naturales son finitos.

¹¹Traducción Propia. Framework for Institutional Analysis and Development (IAD)

¹² Licenciado en zoología por la Universidad de Chicago en 1936, fue miembro de la Society for General Systems Research.

¹³ Límite máximo de población que puede soportar indefinidamente un medio ambiente (ecosistema) específico.

Para Hardin, el aumento de la densidad poblacional conlleva a que exista un mayor número de apropiadores para acceder a determinado recurso de “libre acceso”. En el intento de maximizar el beneficio individual, los apropiadores de determinado recurso, tienden a degradarlo y sobre-explotarlo en el mediano y largo plazo, dado que los incentivos de manejar y conservar colectivamente los recursos son menores a los incentivos provenientes de la acción individual de cada usuario (Hardin, 1968).

En este sentido, existe una maldición sobre el principio de libertad que radica sobre el consumo y apropiación de los bienes comunes. En términos de utilidad económica, un usuario que se aprovecha de una unidad adicional de recurso en favor de maximizar su utilidad (consciente o inconscientemente), pretende obtener por esa unidad adicional de recurso un incremento positivo en su función de utilidad de al menos una unidad (+1). Por otra parte, ya que los efectos de la sobre-explotación del recurso afecta a todos los usuarios, los costos (utilidad negativa) que asume dicho usuario por una unidad adicional de recurso representa sólo una fracción de (-1), debido a que dichos costos se dividen para todos los usuarios. De esta forma, quienes se aprovechan de un recurso en específico, ven como la mejor alternativa aumentar su consumo del recurso, de forma ilimitada.

Hardin plantea dos posibles soluciones para el problema de la “tragedia de los comunes”:

- a) La privatización de los recursos, que en una fase inicial es el escenario menos eficiente.
- b) Mantener los Bienes Comunes en propiedad del estado, para que desde la administración pública puedan ser asignados de manera adecuada. Esta asignación por parte del estado puede darse en función de un sistema de adjudicación en base a méritos, sorteo o filas¹⁴.

Varios estudios posteriores que analizan la trascendencia del trabajo de Hardin en base a evidencia empírica, concluyen que su modelo es útil, pero incompleto. Una de las mayores debilidades de su argumento radica en la falta de análisis del rol de los arreglos institucionales que pueden ser determinantes para la exclusión o regulación de un determinado recurso. Para ello es importante que más allá de la libertad de acceso al recurso, se considere la naturaleza del mismo, el proceso de toma de decisiones alrededor de su manejo, que incluye los patrones de interacción de los agentes económicos en base a los derechos de propiedad (Feeny, Fikret, McCay, & Acheson, 1990).

La lógica de la Acción Colectiva, la propuesta Teórica de Mancur Olson

Cuando se aborda el tema de la acción colectiva, a menudo se asocia a un grupo de individuos o empresas que comparten cierto interés en común y como tal sus acciones individuales están encaminadas a satisfacer dicho interés. De esta manera, el interés grupal trabaja en favor del interés individual de cada miembro del grupo.

A simple vista, no existen inconvenientes con esta lógica de trabajo colectivo. Sin embargo, para Mancur Olson (1965), los incentivos detrás del esfuerzo individual para conseguir una meta conjunta hacen que los logros o ganancias que se consiguen con el esfuerzo individual de cada miembro del grupo, sean compartidos entre todos. Al existir este reparto de la ganancia, los que no contribuyen reciben igual beneficio que quienes si contribuyeron en determinada causa. Esta paradoja dio inicio al

¹⁴Sistema que parte de la premisa de que los primeros usuarios que acceden al recurso, son los que deben utilizarlo.

concepto de “free-rider”.¹⁵ Al existir el problema del polizón, las acciones grupales serán muy débiles por lo que los individuos tienen incentivos de no actuar en favor de los intereses de grupo.

Cuando se vincula el argumento de Olson al manejo de los Bienes Comunes o Públicos, esta racionalidad egoísta es preponderante frente a la acción colectiva, debido a la característica de no exclusión, propia de este tipo de bienes. El curso de acción más racional por parte de los individuos es ser polizón, es decir obtener beneficio de este tipo de bienes sin pagar por él.

La formulación matemática del planteamiento lógico de la acción colectiva de Olson parte de una ecuación de costos denominada (C_i), otra de beneficios brutos, denominada (V_i) y finalmente una ecuación de beneficios netos denominada (A_i) para cada individuo en relación a su contribución (i) para la obtención de determinado recurso o bien común expresado matemáticamente por la ecuación $A_i = V_i - C_i$. Si se cumple con la condición de $A_i > 0$ para algún i , el grupo puede tener resultados positivos en términos de cooperación. Si $A_i < 0$ para todo i , existe poco incentivos para la cooperación siempre y cuando no existan otros incentivos para la cooperación. Dichos incentivos denominados por Olson “selectivos”, son asignados a cada individuo, según su contribución para obtener o preservar determinado bien común. Este tipo de incentivos pueden ser positivos o negativos en función del escenario de acción. Es común que se apliquen incentivos negativos como los impuestos o penalidades a los individuos que no ayudan a proporcionar el bien común (Gómez & Guerrero, 2014).

Obtener y manejar bienes comunes para grupos con una gran cantidad de participantes es factible cuando los costos de las contribuciones individuales resultan poco relevantes. Cuando los costos individuales son demasiado altos, es más difícil la administración del recurso. Por su parte, cuando los costos de la acción individual para obtener un bien común son muy reducidos, la respuesta es ambigua, puede existir o no cooperación.

Otros Modelos de Esquematización de la Cooperación o Acción Colectiva

Una tercera aproximación usada para modelar la acción colectiva es mediante la teoría de juegos, de manera específica, el juego del “Dilema del Prisionero”, el cual recoge los postulados de Hardin antes mencionados para concluir que, bajo un escenario de manejo de bienes comunes, el curso de acción racional elegido por cada individuo es “no cooperar”. Este escenario donde no existe cooperación se plantea como un equilibrio sub-óptimo ante la ausencia de coordinación entre los agentes que interactúan en el juego. La conclusión más importante que se obtiene de este modelo es que la consecución del interés individual genera perjuicio frente al interés colectivo, de esta forma la única manera de lograr un equilibrio óptimo socialmente parte de la irracionalidad de los agentes por buscar un curso de acción que pondere mucho más la cooperación que el individualismo en la toma de decisiones.

Axelrod (1968), desarrolla el modelo del Dilema del Prisionero en un contexto de juegos repetitivos y con (n) número de jugadores. Con estas modificaciones al modelo original, se puede llegar a un resultado óptimo de Pareto¹⁶ en el cual se puede aplicar la estrategia de << toma y daca >>; la cual consiste en que exista cooperación en la etapa inicial del juego, si todos los jugadores cooperan, en

¹⁵ Algunos autores utilizan el termino “el problema de polizón” o simplemente “polizón”. Dentro de este documento y por razones prácticas de lenguaje se utilizará el termino “polizón”.

¹⁶ Define todas las acciones en las que no es posible beneficiar a una persona, sin perjudicar a otra.

una siguiente etapa del juego se mantiene la cooperación y el equilibrio óptimo. Mientras todos los jugadores cooperen, este equilibrio se puede prologar por infinito número de periodos. Los individuos basan sus acciones en las decisiones pasadas establecidas por cada jugador. Este incentivo por cooperar se mantiene siempre y cuando exista un número suficiente de juegos que se repitan a futuro. Si la probabilidad de seguir jugando es muy baja, no existen los incentivos suficientes para mantener la cooperación.

En general las contribuciones de Axelrod, se pueden sintetizar en dos supuestos básicos: el primero que determina que cuando existe un horizonte largo de interacción de los participantes del juego, la cooperación es mucho más factible. Una segunda conclusión, plantea que mientras exista confianza entre los jugadores en el sentido de que todos van a cooperar, se mantiene un equilibrio óptimo de Pareto. El cumplimiento de estas dos condiciones no garantiza la cooperación. Al igual que lo planteado por Olson, los incentivos detrás de cada participante, pueden modificar los cursos de acción del juego. Las posibles estrategias que puede mantener la cooperación surgen de mantener un nivel de incertidumbre por el horizonte futuro y finalmente por medio del cambio de las reglas de juego. Esta última estrategia, orientada hacia los administradores públicos, parte de crear un sistema de incentivos para que cada individuo se vea obligado a adoptar un comportamiento social eficiente.

Conceptos Relevantes para entender el Problema de la Acción Colectiva

A lo largo de este trabajo se abordan cuatro conceptos claves que permiten comprender la dinámica entre individuos y recursos naturales: la distinción entre bienes públicos y comunes partiendo de sus características particulares, la definición de derechos de propiedad y asignación de recursos; y finalmente la construcción del concepto de capital social y acción colectiva.

Bienes Públicos y Bienes Comunes

A menudo en la ciencia económica se suele clasificar a los bienes y servicios según dos criterios: la facilidad con la que el productor puede excluir a los polizones¹⁷ (usuarios que consumen de manera gratuita un bien), y la medida en la que el consumo de un usuario resta la disponibilidad del bien o servicio para otras personas.

Es frecuente que el concepto de bienes comunes¹⁸ se confunda con el de bienes públicos debido a que no existe una distinción clara que separe la noción de “común” y “público”. De manera general existen dos diferencias claves que distinguen estos dos tipos de bienes: la rivalidad y la exclusión en su consumo. Los bienes públicos se caracterizan por ser no rivales y no excluyentes. Por lo tanto, independiente de la cantidad consumida del bien, los costos son casi nulos de incluir o excluir a otro consumidor. Por su parte, los bienes comunes por sus características físicas generan rivalidad en su consumo y altos costos de exclusión (Gómez & Guerrero, 2014).

¹⁷ En algunos libros de texto se utiliza el término “Free –Rider”

¹⁸ En algunos libros de textos se utiliza el término “Recursos de uso Común” o simplemente “comunes”.

Las primeras aproximaciones a la idea de bien público nacen en la literatura económica con Knut Wicksell y fue desarrollado de manera posterior por muchos autores contemporáneos como Paul Samuelson. Este último estableció una perspectiva diferente para identificar entre bienes públicos y privados en función del grado de divisibilidad en el consumo (Jordana, 2007). Para Samuelson los bienes cuyo consumo no podían dividirse entraban en la categoría de bienes públicos, asimismo, si el consumo de un individuo no reducía el consumo de un tercero, el bien era catalogado como bien público puro.

En 1950, el economista Richard Musgrave¹⁹ propuso una nueva forma de definir a los bienes públicos en función de su exclusión, en este sentido solo se podían considerar bienes públicos aquellos en los que no era posible impedir su consumo a nadie. Al existir algún mecanismo de exclusión sobre un bien, este de forma automática entra en la categoría de bien privado dado que su consumo puede ser regulado (Jordana, 2007). Esta particularidad de regulación en relación al consumo sobre determinado bien, fue desarrollado por Garrett Hardin quien sugiere que para evitar una sobre explotación de los recursos, el estado debe regular su consumo mediante licencias o cualquier mecanismo de adjudicación por parte de las autoridades.

Tabla N° 1
Tipos de Bienes por sus Características Físicas

	<i>Sustraibilidad en su consumo</i>		
<i>Dificultad para excluir a potenciales beneficiarios</i>		<u>Bajo</u>	<u>Alto</u>
	<u>Bajo</u>	Bienes Club	Bienes Privados
	<u>Alto</u>	Bienes Públicos	Bienes Comunes

Fuente: McKean (2000)

Elaboración: Pablo Chamorro

Como se describe en el Tabla 1, los bienes comunes son de difícil exclusión por los altos costos que genera incorporar o excluir al consumo a otro usuario. Adicionalmente, la sustraibilidad en su consumo obedece a la naturaleza de este tipo de bienes, un escenario de libre acceso conduciría a un agotamiento acelerado de los recursos comunes.

Una vez definidas las características básicas de los bienes comunes es indispensable ahondar en la definición del concepto para una mayor comprensión del alcance de la metodología propuesta por Ostrom, la misma que es desarrollada en los capítulos posteriores.

Los comunes o también denominados “Recursos de uso Común (RUC)”, son todos aquellos recursos compartidos sobre los que distintos usuarios o apropiadores mantienen intereses comunes. De forma usual, los recursos comunes hacen referencia aquellos recursos naturales o creados por el ser humano (Gómez & Guerrero, 2014). Los RUC pueden ser tangibles como los recursos forestales o los sistemas de riego, o intangibles como el internet o el conocimiento.

¹⁹Los aportes de Musgrave en materia de bienes públicos fueron desarrollados entre 1939 y 1969, periodo en el que se realizaron los primeros planteamientos teóricos sobre la imposibilidad de exclusión que atañe a los bienes públicos. Sin embargo, la definición matemática propuesta por Samuelson para describir el problema de exclusión, es el más empleado en los modelos de bienes públicos.

Definiciones más contemporáneas describen a los comunes más allá de sus características y atributos, y analizan el concepto en función de sus cualidades sociales. Tal como lo plantea Coriat (2015), los RUC como recursos colectivos se transforman en un sistema de gobernanza que responde a la diversidad de actores e intereses propios de una comunidad y que por medio de la acción colectiva permiten el sostenimiento de territorios rurales. Los comunes se conservan en el tiempo mediante sistemas de autogestión y derechos de consenso que controlan el acceso y utilización de este tipo de recursos.

El Foro Internacional sobre la Globalización²⁰ sugiere tres tipos de bienes comunes:

1. Un primer tipo que contempla los recursos biológicos de los cuales depende la vida humana tales como: el agua, el aire, los bosques, etc.
2. Un segundo tipo de bienes comunes incluye elementos intangibles como la cultura y el conocimiento; que parten de creaciones colectivas.
3. El tercer tipo de bienes comunes tienen características sociales y son considerados servicios, como el acceso público a salud, educación y seguridad social.

Cuando existen recursos con un alto valor de uso, que son aprovechados por un gran número de usuarios para su consumo, intercambio o como medio de producción; la adición de un usuario adicional genera una externalidad negativa para el resto de usuarios del recurso. En el caso de recursos no renovables, el conflicto aumenta dada la reducción de la cantidad disponible del bien y el incremento en el costo de apropiación del mismo.

Acción Colectiva

Cuando se analiza el tema de la gestión de los recursos naturales a nivel local en referencia a determinadas comunidades o espacios geográficos, la articulación de la acción colectiva es dependiente de las dinámicas sociales particulares de cada territorio. A su vez, estas dinámicas sociales son establecidas en función de los derechos de propiedad representados en la apropiación de los distintos recursos.

En general, la acción colectiva hace referencia a los acuerdos y títulos formales que cada individuo u organización poseen como derechos de propiedad y/ o manejo de un recurso por parte de las autoridades quienes reconocen dichos contratos. Sin embargo, la realidad del sector rural hace que estas “formalidades” sean solo parte de los procesos de acción colectiva. Para Ostrom (1990), la acción colectiva ocurre cuando más de una persona contribuye para la consecución de un objetivo en común, siempre y cuando dicha contribución individual sea libre y voluntaria.

Derechos de Propiedad

En economía, el concepto de propiedad está determinado por el conjunto de relaciones económicas y sociales que definen la posición de cada individuo respecto al uso de bienes escasos (Bullard, 1996). El alcance del término propiedad plantea en primer lugar la facultad de explotar y utilizar un bien, y a

²⁰ Foro sobre Globalización, con base en Estados Unidos, reúne a científicos, activistas, académicos y escritores de 40 organizaciones provenientes de 19 países en torno al tema de los crecientes costos sociales, ecológicos y culturales de la globalización económica.

su vez impedir que terceros puedan utilizarlo. Más a fondo en el tema, Ronald Coase destacó la importancia de los derechos de propiedad en la eficiencia del sistema económico por medio de la reducción de la certidumbre y los costos de transacción (Bullard, 1996).

En el contexto de los RUC, los derechos de propiedad son aquellas obligaciones y deberes frente al manejo y apropiación de un recurso. Uno de los pilares del taller metodológico propuesto por Ostrom sugiere que los derechos de propiedad sobre determinado bien, específicamente, los límites respecto a su apropiación deben estar bien definidos. De esta forma se evita que terceros se aprovechen de los recursos sin asumir ningún costo, lo cual elimina los incentivos por lograr acuerdos comunes y sobre todo se elimina el derecho a la exclusión sobre determinado bien. En el contexto de los recursos naturales, los derechos de propiedad no aseguran la sostenibilidad del recurso dada la presencia de rivalidad sobre la propiedad común (Posner, 1979).

Capital Social

Según McGinnis (2010), el concepto de capital social en relación a la acción colectiva puede presentarse desde dos perspectivas diferentes; la primera, como recurso que un individuo puede utilizar en caso de requerir algún tipo de asistencia o apoyo en periodos de necesidad, y segundo, el capital social puede ser visto como un valor agregado generado por las interacciones entre los miembros de una comunidad. Bajo ambas perspectivas, lo que permite una solución a los conflictos de acción colectiva es la construcción de capital social que conlleva a que los individuos colaboren para un determinado propósito más allá del ámbito económico.

Para Ostrom (1999), el capital social puede analizarse desde los atributos del capital físico y presentar cuatro características básicas: a) El capital social no se desgasta con su utilización, por el contrario evoluciona y mejora de forma constante; b) El capital social no es fácil de cuantificar; c) El capital social es difícil de construir a través de intervenciones externas; y d) Las instituciones gubernamentales afectan mucho al nivel y tipo de capital social del que los individuos disponen en la búsqueda de sus objetivos de crecimiento a largo plazo.

En el desarrollo del modelo ADI, el establecimiento de normas compartidas, reglas de convivencia y patrones de comportamiento que los usuarios de los RUC desarrollan con el tiempo; es una forma de construcción de capital social, que al final del día son un mecanismo para la resolución de conflictos de acción colectiva a los que se enfrentan los propietarios de RUC (McGinnis, 2010).

La Gestión de los Recursos Naturales y las Instituciones

Los primeros estudios sobre la gestión de los recursos naturales fueron concluyentes al determinar que la mejor forma de solucionar los conflictos entorno a los comunes es mediante la intervención estatal y la privatización. Tras estos resultados, surgió de nuevo el debate propuesto por Hardin y la tragedia de los comunes. Varios avances posteriores a los años ochenta sugerían que los recursos de uso común sean administrados por entidades públicas, sin que se considere hasta ese momento la posibilidad de que los mismos apropiadores de los recursos puedan gestionar la gobernanza y administración de dichos recursos.

Un mecanismo factible para evitar la tragedia de los comunes es la existencia de reglas y normas de convivencia social donde prime la reciprocidad entre los colectivos y la capacidad de construir arreglos institucionales que permitan establecer principios de gobernanza eficientes para el manejo de los RUC.

El enfoque institucional de Ostrom: un método para evaluar los sistemas de riego

El trabajo ganador del Premio Nobel otorgado a Elinor Ostrom en la gestión de los recursos comunes es considerado un referente dentro de la teoría de elección pública, ahora incluida dentro de la corriente del “nuevo institucionalismo”. El enfoque institucional de Ostrom se asienta en la noción de que los actores económicos no son completamente racionales, que sufren de información incompleta y diversas limitaciones cognitivas. Sin embargo, Ostrom reconoce que los seres humanos construyen su accionar en base a incentivos. Es así, que las instituciones son las que moldean aquellos incentivos (McGinnis, 2010).

Tradicionalmente, varios estudios que abordaban el manejo de los comunes aseveraban que todos los recursos de uso común eran condenados a una misma estructura de incentivos deficientes que conducían a un problema de polizontes (free-riders). El trabajo de Ostrom, fue el primero en desafiar esta postura, argumentando que en muchas circunstancias es posible que las comunidades puedan construir mecanismos de manejo y exclusión de recursos recurriendo a un sistema efectivo de normas que permitan obviar la “tragedia de los comunes” sin regulación estatal.

Prueba de ello, existen una serie de investigaciones²¹ con distintos bienes comunes, entre ellos se destacan aquellos referentes a los sistemas de riego en continentes como Asia y África, que corroboran la tesis de Ostrom. Dichas investigaciones han demostrado que, en el caso concreto de los sistemas de riego, la gran cantidad de recursos invertidos en sistemas de riego tecnificados a gran escala, que utilizaron procesos de planificación en función de análisis de costo-beneficio no han resultado eficientes en el territorio. Los costos estimados en todos estos proyectos superaron aquellos presupuestados de forma inicial, y los beneficios generados por dichos sistemas no generaron los ingresos deseados. La razón principal para el fracaso de todos los proyectos fue la falta de participación de los beneficiarios (agricultores) de los sistemas de riego en los procesos administrativos y de gestión.

Para Tang y Ostrom (1993), el asegurar la participación de los usuarios en el manejo de los sistemas de riego no es suficiente, según estos autores, es necesario que los agricultores, principales beneficiarios de los sistemas de riego puedan tener un papel protagónico en la gobernanza de estos sistemas. Por gobernanza en los sistemas de riego se entiende a la capacidad de poder establecer normativas para la asignación de cuotas de agua, responsabilidades sobre el manejo de la mano de obra y recursos

²¹ “La acción colectiva en el manejo de los sistemas de riego. Caso de estudio: Sistema de Riego de arroz en el río Doho” Elaborado por el departamento de Economía Agrícola y Agro negocios de la Universidad de Makerere, en Kampal, Uganda; “Determinantes de la acción colectiva en el agua de riego. Gestión de los sistemas de riego comunales. Asociaciones de usuarios de agua en Etiopía: el caso de Dura, Laelay Logometi y Dibdebo en Tigray” elaborado en 2017; “Instituciones, incentivos y el riego en Nepal” elaborado por el taller sobre teoría política y análisis de políticas de la Universidad de Indiana y la Escuela de Ciudadanía y Asuntos Públicos de Maxwell de la Universidad de Syracuse, Nepal en 1994.

monetarios del proyecto, La gobernanza de los sistemas de riego implica la construcción de reglas que permitan garantizar la operatividad del proyecto en el día a día.

Desarrollar un sistema apropiado de reglas para la asignación eficiente del agua de riego implica un proceso de prueba y error que se construye día a día con los usuarios del sistema. Lograr una buena gobernanza de los sistemas de riego conlleva a generar distintos arreglos institucionales que son esenciales a la hora de resolver conflictos entre los distintos usuarios.

A pesar del éxito que ha tenido el planteamiento teórico del modelo ADI en varias investigaciones alrededor del mundo, Ostrom en varias de sus publicaciones afirma que los procesos de gobernanza descentralizada comandada por la comunidad no siempre representan el arreglo institucional más apropiado. Ostrom reconoce que algunas investigaciones que utilizaron su modelo de análisis institucional han llegado a la conclusión que estructuras institucionales más individualistas son eficientes para promover la conservación y el mejor manejo de recursos comunes en determinados contextos (Ostrom, 1990).

Instituciones y la Gobernanza del Riego

Como se expuso anteriormente, los bienes de uso común como los sistemas de riego presentan dos características básicas: los altos costos de exclusión y la rivalidad en su consumo. La dificultad de excluir a un consumidor potencial de los sistemas de riego dependerá del tamaño del suministro de agua y de su flujo natural a través del sistema. Sistemas de riego de mayor escala dificultan la capacidad de impedir que personas que no contribuyeron con el sistema, se aprovechen del riego de forma gratuita. De igual forma, es más difícil excluir aquellos consumidores (en su mayoría agricultores) que poseen tierras cerca de los yacimientos de agua.

Estudios publicados por el “Ostrom Workshop²²” de la universidad de Indiana en los Estados Unidos, referentes a la gobernanza de los sistemas de riego, han determinado que los usuarios de los sistemas de riego enfrentan problemas de apropiación y provisión del servicio. Existen falencias en la apropiación del riego cuando no existe la suficiente agua para satisfacer las necesidades de todos los usuarios y sus cultivos. Por lo que el agua necesita ser asignada por medio de sistemas eficientes y equitativos, lo que, en la práctica, no es una realidad en gran parte de los sistemas de riego comunales y estatales según Ostrom (1993). Independiente del método de asignación del agua²³ que se utilice, siempre existirán usuarios que reciban menor cantidad de agua de la que ellos esperarían obtener. Mientras más grande sea la brecha entre las expectativas que los usuarios esperan obtener de agua por parte del sistema de riego, y el agua que efectivamente reciben, mayores serán los incentivos por desviarse o desacatar los arreglos institucionales construidos.

²² Taller de Teoría Política fundado por Vincent y Elinor Ostrom en 1973 en la Universidad de Indiana, que tiene como objetivo aglomerar todas las investigaciones relacionadas al estudio de la gobernanza desde distintas ciencias sociales. Actualmente el taller cuenta con una base de datos cercana a los 15 mil artículos académicos entre libros, revistas indexadas, tesis y demás estudios entorno a los bienes comunes alrededor del mundo.

²³ Evidencia empírica sugiere que los métodos de asignación de las cotas de agua más comunes en los sistemas de riego se basan en: el nivel de participación del usuario en el sostenimiento del sistema, la extensión de los cultivos, inversión realizada para la construcción del sistema, número de integrantes del núcleo familiar, etc.

Por su parte, los problemas de provisión que surgen en los sistemas de riego, están relacionados con los recursos necesarios para construir y mantener su infraestructura. Debido a que es difícil controlar a los polizontes (free-riders) que se benefician del riego sin haber aportado en su construcción o ejecución, existe un incentivo para que los demás usuarios se abstengan de invertir y colaborar en el mantenimiento del sistema de riego. Es necesario que exista una normativa clara que especifique los aportes requeridos por cada uno de los usuarios antes de la planificación de cualquier sistema de riego.

El Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI), busca identificar todos los factores detrás de los conflictos antes mencionados, para reestructurar o instaurar arreglos institucionales que permitan la viabilidad de los proyectos de riego en su edificación y ejecución.

El Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI)

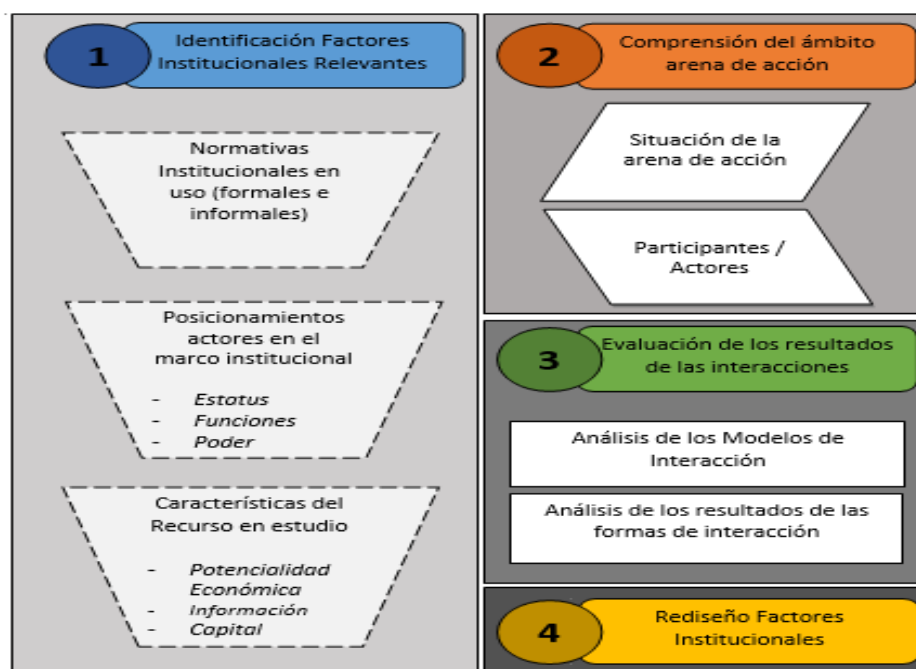
El enfoque de Elinor Ostrom operativiza el análisis institucional y de gobernanza por medio del Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI). Esta metodología extensa y dinámica, pretende reconocer el escenario institucional, a cualquier escala de análisis con la finalidad de entender los procesos de toma de decisiones relativas a recursos naturales. El ADI, brinda las herramientas necesarias para que los hacedores de política puedan esclarecer el contexto institucional de determinado conglomerado social partiendo de los atributos físicos del recurso en análisis y particularidades únicas de las comunidades humanas.

El modelo de Ostrom incluye un amplio abanico de instituciones, iniciando con las reglas formales que norman la convivencia social, hasta las reglas informales que nacen del comportamiento humano y se reflejan en las costumbres y el diario vivir de las comunidades. Para efectos del desarrollo teórico del modelo ADI, las instituciones que son sujeto de análisis en el modelo se definen como las reglas, normas o estrategias capaces de crear los incentivos para el comportamiento en situaciones repetitivas.

Componentes del Modelo ADI

La implementación del modelo ADI busca identificar las variables relevantes para el estudio de las instituciones en la construcción de relaciones sociales y procesos de toma de decisiones. Ostrom (1995) esquematizó el modelo ADI en cuatro fases, las cuales permiten entender el alcance y las variables que utiliza el modelo para evaluar las instituciones, tal como se muestra en el gráfico 1.

Gráfico N°1
Fases de Implementación del Modelo de Desarrollo Institucional (ADI)



Fuente: Ostrom (1995)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

La primera fase concerniente al reconocimiento de las instituciones relevantes busca definir el objeto de estudio de la investigación para determinar la metodología a utilizarse para abordar el análisis institucional. Muchas investigaciones utilizan esta primera fase para formular modelos econométricos, de teoría de juegos o análisis descriptivos para complementar el modelo ADI en función de los objetivos y alcances de la investigación. Esta primera fase pretende reconocer las características del contexto institucional del área de estudio en relación al sistema organizativo, roles y estructuras de poder de los diferentes usuarios e interesados del recurso en estudio y finalmente las características propias del recurso objeto de análisis.

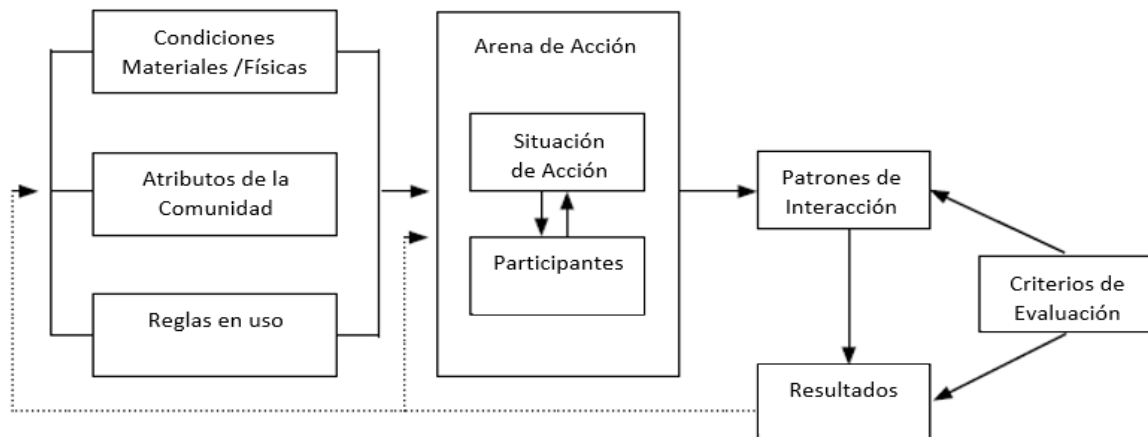
Para la segunda fase del modelo ADI, en donde se analiza el escenario de acción, se busca indagar sobre la influencia de las distintas reglas en uso en el territorio sobre las distintas interacciones de los agentes, para ello se utilizan los resultados de la fase anterior para definir los roles de cada actor involucrado en el recurso y de esta manera poder delimitar el objeto de análisis de la investigación.

Una vez que se encuentra definido el objeto de análisis, la tercera fase consiste en analizar la interacción y gobernanza desde los diferentes modelos propuestos, en relación a los incentivos y desincentivos que enfrenta cada participante en los sistemas de gobernanza y cooperación sobre el recurso analizado. Esta fase culmina con la identificación de los resultados de la interacción que permiten establecer si existe un manejo sostenible del recurso.

En la fase final correspondiente al rediseño de los componentes institucionales, se utilizan todos los insumos de la fase anterior para proponer estrategias de gobernanza que se adapten al contexto institucional analizado. En esta fase se busca construir o reformar los arreglos institucionales para conseguir un mejor manejo de los recursos, mejorar el proceso de toma de decisiones y garantizar procesos eficientes de acción colectiva.

El modelo ADI es ensayado y aplicado en diferentes escenarios para analizar el comportamiento de los individuos frente a distintas situaciones dónde las reglas, la naturaleza propia del entorno y los atributos de la comunidad, afectan los procesos de toma de decisiones a lo largo del tiempo. La aplicación del modelo se enfoca en una actividad específica (situación de acción), la gente que forma parte de esta actividad (participantes), y los patrones de interacción entre ellos. Esta combinación entre participantes y la actividad es denominada “arena de acción” (Smajgl, Leitch, & Lynam, 2009).

Gráfico N° 2
Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI)



Fuente: (Smajgl, Leitch, & Lynam, 2009)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

La arena de acción es influenciada por numerosas variables exógenas que según el modelo se pueden clasificar en: las condiciones materiales o físicas del área de estudio, los atributos de la comunidad y las reglas. Los patrones de interacción entre los participantes y la arena de acción llevan a determinados resultados que nuevamente configuran las variables exógenas, reestructurando la arena de acción en un nuevo periodo de tiempo. Tanto como los resultados y los patrones de interacción son evaluados por el modelo ADI.

El modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI) propuesto por Ostrom a mediados de la década de los ochenta fue uno de los primeros en identificar las variables que afectan la estructura de incentivos de los jugadores frente a los problemas de acción colectiva. El postulado de Ostrom permitió explorar el impacto de variables importantes en los patrones de interacción entre los apropiadores de los bienes comunes, haciendo que la política pública destinada a combatir los problemas de acción colectiva, sean más efectivas (Ostrom, 1990).

Una Perspectiva económica a la complejidad del manejo de los Recursos Hídricos

Al igual que el petróleo, el gas natural y demás recursos naturales que forman parte de los factores de la producción, el recurso hídrico del agua está sujeto a los desequilibrios constantes entre oferta y demanda. Al igual que sucede con muchos recursos escasos, la demanda por agua sea esta para consumo, producción o riego está superando la oferta existente. Lo que conlleva a mayor conflictividad al momento de establecer pautas sobre la distribución y uso del agua. A más de esto, cuando se trata de sistemas de riego, no solo es necesario buscar un equilibrio entre oferta y demanda; también es esencial garantizar la calidad del recurso hídrico, la correcta colocación del recurso entre los usuarios y por supuesto todo esto a un costo accesible que permite a los agricultores, principales beneficiarios de los sistemas de riego, acceso al agua (Hanemann, 2006).

A pesar de que la escasez física del agua es una problemática que no hay que dejar de lado al analizar los sistemas de riego, Hanemann (2006) es concluyente al afirmar que los problemas de escasez pasan a segundo plano cuando se analiza los problemas institucionales en los sistemas de riego. Tal como lo plantea North (1990), el problema de la gobernabilidad sin lugar a dudas predomina en los comunes. De manera concreta, existe gran complejidad alrededor del proceso de toma de decisiones, empoderamiento de los usuarios y la transparencia.

Establecer buenos sistemas de gobernanza puede contribuir a reducir los problemas económicos relacionados con los bienes comunes. Desde una perspectiva económica, existe un predominio de las economías de escala en los sistemas de riego que juegan a favor de la participación colectiva en el manejo de los comunes ya que facilita y reduce los costos de provisión y financiamiento del suministro del agua. Sin embargo, esta posibilidad de reducir los problemas económicos mediante adecuados sistemas de gobernanza está sujeta a los atributos de los bienes comunes. Estos atributos parten del nivel de rivalidad de los beneficios en los sistemas de riego, al igual de la dificultad de excluir o no, los costos que implica administrar y conservar un recurso común. Para Olson (1965), cuando los costos de participación superan los beneficios generados en el manejo de los bienes comunes, los usuarios del recurso son proclives a convertirse en polizontes “free-riders”, reduciendo su contribución en espera de beneficiarse de la contribución de otros usuarios.

Sistemas de gobernanza eficientes se constituyen por medio de reglas eficientes consensuadas y diseñadas localmente. De esta manera resulta más barato el monitoreo y sanción a los usuarios que incumplen con la gestión de los comunes. La efectividad de los acuerdos y el desenvolvimiento de la acción colectiva crean las condiciones necesarias para reducir los costos de transacción y promover un desempeño eficiente de los bienes comunes.

El valor económico del Agua

Desde una perspectiva económica, determinar el valor económico del agua depende de dos factores: el sector y el uso del recurso agua. La postura utilitarista de la economía, centrada en el *homo economicus*²⁴ establece que los seres humanos poseemos una escala de utilidad frente a determinado bien o servicio, el cual se mide en función del grado de satisfacción sobre su consumo. Si bien, el agua no tiene precio a diferencia de otros recursos naturales que se cotizan en los mercados mundiales, si tiene un valor económico. Para que el agua pueda tener un valor económico, es necesario que los usuarios estén dispuestos a pagar por el consumo de agua, en lugar de prescindir de dicho recurso (Hanemann, 2006).

Para Lange y Hassan (2006), existen tres métodos generales por el cual se puede llegar a determinar el valor económico del agua:

- **Valor Económico Total del Agua:** Se considera la disposición total del consumidor a pagar por el consumo de un determinado nivel de agua, en el que se incluye el excedente del consumidor como un elemento sumado al valor final que el consumidor acaba pagando por el agua. Este método calcula la utilidad total del consumo de agua, o el beneficio económico generado por el agua al ser utilizado como un factor de la producción.
- **Valor Económico Marginal del Agua:** Calcula la contribución marginal de incluir una unidad de agua en el proceso de producción, hecho que se refleja en la pendiente de la curva de demanda. Este método considera los rendimientos decrecientes del consumo de agua y es ampliamente utilizado para estructurar políticas públicas encaminadas a la distribución del agua.
- **Valor Económico Promedio del Agua:** Este método se define como el valor total del agua dividido por la cantidad total ofertada del recurso. Este método por su formulación, arroja valores menos exactos que el método de valoración marginal antes expuesto, razón por la cual es un método muy poco fiable para desarrollar política pública o evaluar proyectos relacionados a la gestión del agua.

El agua de riego plantea una forma de valoración adicional en función de su nivel de impacto en la productividad agrícola. Lang y Hassan (2006), examinan la demanda y el valor del agua para pequeños agricultores, al analizar en el tiempo la variación de todos los factores de la producción en el sector agrícola. Una de las limitantes para realizar este método de valoración económica del agua, es la carencia de información fiable sobre el consumo del agua y el precio a la que acceden a este recurso los agricultores.

²⁴ Expresión en latín que hace referencia al “hombre económico”, ampliamente utilizada en la escuela neoclásica de economía para referirse al modelo de comportamiento del ser humano en el cual las personas son racionales, en el sentido que siempre maximizan su bienestar al menor costo posible.

Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI)

En esta sección se usará como referencia el modelo planteado por Lee (1994), quien utiliza un juego dinámico de diferencias que se caracteriza por permitir a los jugadores tomar decisiones en puntos específicos de tiempo y no en intervalos al finalizar cada etapa del juego.

Los juegos Dinámicos y la Aplicación del Modelo ADI

Los juegos dinámicos son una derivación de los modelos de juegos repetitivos desarrollados por la teoría de juegos. Los juegos dinámicos se definen por tener una función de pagos que cambia con el tiempo. Es decir, que las decisiones pasadas de los agentes afectan la función de pagos del presente y del futuro, por lo que la estructura de incentivos a la que se enfrentan los agentes no es la misma cada vez que se repite el juego. En los juegos repetitivos clásicos, las acciones pasadas de los agentes son importantes ya que alteran las estrategias del juego presentes y futuras, sin embargo, son considerados estáticas ya que a medida que el juego se repite la estructura de pagos no cambia (Gibbons, 1997).

La modelización del juego dinámico aplicado al riego utilizado en la actual investigación utiliza parámetros de la teoría de control óptimo²⁵, ya que esta se encarga de resolver los problemas de maximización en los distintos periodos de tiempo que requiere la modelización de los juegos dinámicos. La teoría de juegos dinámicos utiliza dos principios claves de la teoría de control óptimo: variables de control y variables de estado. Las variables de control se refieren a aquellas variables que pueden ser elegidas o manipuladas por los jugadores. Las variables de estado son aquellas que los jugadores no pueden controlar, sin embargo, el valor de estas variables depende de la elección de las variables de control (Lee, 1994).

Existen tres soluciones posibles al Modelo de Juego Dinámico según Lee (1994), estas son:

- **Solución Miope:** Esta solución se obtiene al desarrollar el juego dinámico como un juego estático, es decir en el que los participantes no consideran cooperar más allá de un solo periodo. Si se considera que a los jugadores no les importa el futuro y quieren obtener el mayor beneficio del juego en su única etapa, los regantes se apropiarán e invertirán en el sistema de riego hasta que su costo marginal iguale a su beneficio marginal, sin considerar los efectos de las variables de estado. Esta solución es la misma que se plantea en el juego del dilema del prisionero ya que en este caso también se asume que los apropiadores no tienen previsión del futuro y buscarán maximizar su función de pagos sin considerar las estrategias de los demás jugadores.
- **Solución de Circuito Abierto:** Esta solución propone que cada miembro del sistema de riego maximice su valor función de pagos netos descontados en función de las estrategias que los demás usuarios del riego elijan. Esta solución lleva a un Equilibrio de Nash en el que cada jugador no tiene incentivos a desviarse de su estrategia dada las estrategias de los demás jugadores. La solución de circuito abierto considera que los individuos piensan en el futuro y que sus decisiones no son usadas por los otros jugadores para elegir sus estrategias durante el transcurso del juego.

²⁵ La teoría de control óptimo es una técnica matemática utilizada para resolver problemas de optimización en modelos dinámicos que cambian constantemente a través del tiempo y que son afectados por variables exógenas (Bardey & Bonnet, 2006).

- **Solución de Circuito Cerrado:** Esta propone una visión más realista de la solución de circuito abierto, ya que considera que cada jugador ajusta su comportamiento en respuesta a las acciones de los otros jugadores. Esta alternativa supone un equilibrio perfecto en sub juegos debido a que cada miembro del sistema de riego observa y elige su accionar en función de las acciones de los demás miembros en cada etapa del juego.

La solución de circuito cerrado supone que cada jugador responde a las estrategias de los demás jugadores eligiendo la opción que permita maximizar su función de pagos por el resto del juego. En un juego dinámico con información perfecta, se espera que la solución de circuito cerrado sea la solución más común del juego.

Características y Número de participantes (jugadores) en el Modelo

El modelo planteado por Lee asume que existe un sistema de riego que no tiene capacidad de almacenar agua, que cuenta con un Número de apropiadores “ n ”, los cuales están facultados a obtener agua del sistema de riego. En el modelo los apropiadores se dividen en dos grupos; los apropiadores de la parte alta del sistema [PA] ($j= 1, \dots, m$) y los apropiadores de la parte baja del sistema [PB] ($k= m+1, \dots, n$). Los apropiadores de la parte alta y de la parte baja son distintos entre sí, pero todos los apropiadores tanto de la parte alta como todos lo apropiadores de la parte baja son iguales²⁶.

Suposiciones del modelo

- Las interacciones de los agentes buscan maximizar los beneficios que obtienen del sistema de riego. Para ello, los apropiadores toman sus decisiones en función de dos variables: la cantidad de agua que se apropian del sistema y la cantidad que invierten en el mismo. En el modelo la cantidad de apropiación de cada usuario del sistema está representado por “ U_i ” y la cantidad invertida en mantenimiento por “ m_j ”. El valor de estas variables son elegidas por los apropiadores del sistema de riego desde el periodo 1 hasta el periodo T ; y representan las variables de control utilizadas en la teoría de control óptimo. La elección de estas variables determina la función de pagos de los apropiadores a lo largo del juego.
- En este modelo se asume que los jugadores inicialmente deciden la cantidad de agua que se apropian en el periodo t y luego la cantidad que estarían dispuestos a pagar por el mantenimiento del sistema dentro del mismo periodo. Es decir que durante cada periodo t , cada jugador se enfrenta a dos decisiones²⁷.
- El beneficio marginal por una unidad de agua de riego permanece constante durante los periodos del juego. Es decir, que los apropiadores reciben la misma dotación de agua durante el transcurso del periodo t .

Las suposiciones antes detalladas no describen en su totalidad la realidad de los sistemas de riego. Primero, siempre existen diferencias entre los apropiadores del sistema de riego, por lo que sus

²⁶ Según Lee (1994), en realidad existen cuatro tipos de participantes en el modelo, aquellos ubicados en la parte alta, aquellos ubicados en la parte intermedia-alta, intermedia baja y la parte baja del sistema.

²⁷ Se asume que los agentes se enfrentan a dos decisiones distintas en el periodo t , debido a que los apropiadores tardan más de un día en recolectar el agua que necesitan del sistema, periodo en el que calculan su nivel de beneficio y por ende su disposición a pagar por el mantenimiento del sistema de riego.

elecciones y su función de pagos resulta distinta. Segundo, los apropiadores de los sistemas de riego constantemente realizan trabajos de mantenimiento preventivo en los sistemas, los mismos que no son contabilizados en el modelo debido a que son trabajos esporádicos y que se realizan dentro de los terrenos de cada apropiador, por lo que no influyen en el resto del sistema. Finalmente, asumir que los apropiadores del riego reciben la misma dotación del agua es incierto en épocas de sequía.

Estas suposiciones se realizan con la finalidad de facilitar la resolución del modelo y obtener mejores predicciones con respecto a las variables que son sujeto de análisis. El objetivo del modelo desarrollado por Lee es identificar las interacciones entre el nivel de apropiación y la disposición al mantenimiento del sistema. Además de lograr identificar cómo cambian la función de pagos de cada jugador a través del tiempo.

Limitaciones del Modelo

Las predicciones del modelo ADI aplicado con la teoría de juegos dinámicos desarrollados en esta disertación, sugieren que los apropiadores de un sistema de riego pueden resolver problemas relacionados a la acción colectiva sin necesidad de ayuda externa bajo determinadas circunstancias. Para este cometido se utiliza un programa computarizado (Wolfram Mathematica) para resolver el modelo y sus distintas variaciones. Sin embargo, existen algunas limitaciones en la construcción del juego dinámico que repercuten en sus resultados, que de ser resueltos pueden enriquecer aún más el modelo. Las limitaciones detalladas a continuación no restan valor a lo planteado por Lee (1994), por el contrario, son resultado de la complejidad de cuantificar variables sociales que otros modelos en este ámbito no han considerado.

Primero, el modelo depende de una configuración inicial de los parámetros. Este aspecto es inevitable para su desarrollo, ya que es imposible definir límites en los cuales los valores de los parámetros resulten más significativos en el juego dinámico. Adicionalmente, existe limitación en cuanto a la complejidad de obtener datos empíricos concernientes al valor de los mismos. Esta complejidad según Lee (1994), impide el rango de valores que los parámetros pueden tomar para analizar los resultados del juego. Por ejemplo, Lee considera que incrementar el número de jugadores en el modelo sin modificar el valor del resto de parámetros podría arrojar resultados “no significativos”. Sin embargo, esto no sugiere que el modelo sea aplicable únicamente para un número limitado de jugadores; si se configura todos los parámetros iniciales en función del número de jugadores, los resultados pueden seguir siendo representativos.

Segundo, la resolución del juego dinámico es específico para un contexto y un bien común determinado. Es decir que los valores de los parámetros y por ende la forma de resolución del juego no es la misma si se aplica el modelo en otro caso de estudio, por lo que los valores obtenidos del juego no pueden ser generalizables para otras circunstancias.

Tercero, el modelo original de Lee (1994), se utiliza para situaciones donde los juegos no se repiten más de 6 veces. Esto debido primero al tiempo que tarda el sistema informático en calcular los resultados del modelo para un valor de $t > 5$; y segundo, porque según la experimentación del modelo, los resultados no varían significativamente cuando se aumenta el número de repeticiones a más de 6 iteraciones.

Finalmente, el estudio de Lee (1994), no considera la posibilidad de incorporar elementos de los juegos cooperativos para la resolución del juego dinámico. Desarrollar el presente juego con la posibilidad de

que los apropiadores del sistema de riego no compitan y por el contrario tomen decisiones cooperativas permitiría un análisis más exhaustivo sobre los problemas de acción colectiva en los bienes comunes.

Juego en forma extensiva

El desarrollo formal del juego se realiza con dos jugadores, los apropiadores de la parte alta (jugador 1) y los de la parte baja²⁸(jugador 2). Véase el gráfico 3:

- I. En el nudo de decisión 1, la naturaleza elige los valores de los parámetros con los que se inicia el juego, entre ellos los valores de las variables de estado (confianza en el suministro de agua y la eficiencia en la distribución del agua).
- II. En los nudos de decisión 2 y 3, con los valores de los parámetros dispuestos inicialmente, el “jugador 1” elige la cantidad de agua que se apropia del sistema de riego en el periodo 1 (U_{i1})²⁹, luego el “jugador 2” en función de los niveles de apropiación del jugador 1, elige el nivel de agua que se apropia del sistema de riego en el mismo periodo (U_{j1})³⁰.
- III. En el nudo 4, los apropiadores de la parte alta “jugador 1” eligen el monto de inversión destinado al mantenimiento del riego en el periodo 1 (m_{i1}).
- IV. En el nudo 5, los apropiadores de la parte baja “jugador 2” conocen la cantidad de inversión del jugador 1 y en función de esa información eligen la cantidad que están dispuestos a invertir (m_{j1}). Con esta etapa se termina el primer periodo del juego y cada usuario recibe su función de pagos del periodo II_{11} .

A partir del segundo periodo, la estructura de pagos de los apropiadores del sistema de riego cambia ya que se incluye los valores de confiabilidad y eficiencia en el sistema de riego. Estas dos nuevas variables alteran la curva de beneficio a la que se enfrentan los apropiadores del riego y limitan la cantidad de agua disponible para cada usuario del sistema de riego.

- V. Comenzando con el segundo periodo del juego, la estructura de la función de pagos que recibe cada jugador cambia en función de las decisiones tomadas en el primer periodo. En el nudo 6 y 7 los valores de confiabilidad y eficiencia del sistema de riego en el periodo 2, fueron indirectamente establecidos por los jugadores en el periodo 1.

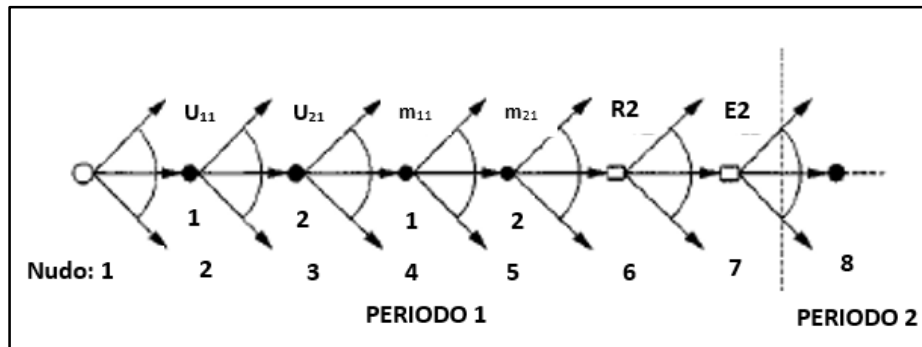
La función de pagos de cada jugador a lo largo del juego es la suma de los pagos descontados desde el periodo 1 hasta el periodo final.

²⁸ Según su posición en el sistema de riego, los apropiadores de la parte del sistema se agrupan en estos dos grupos de jugadores, cuyos integrantes comparten muchas características similares.

²⁹ El nivel máximo de apropiación U_{i1} , está determinado por la cantidad de agua disponible de según la oferta hídrica del sistema y el valor inicial de eficiencia en la distribución del riego.

³⁰ El apropiador de la parte alta (jugador 1) es el líder y el apropiador de la parte baja (jugador 2) es el seguidor en este juego. Las decisiones del jugador 2 son tomadas en función de las acciones del jugador 1 con la finalidad de optimizar su aprovechamiento del agua de riego como se describe en el comportamiento de Nash. Las decisiones del Jugador 1 son tomadas sabiendo que sus acciones son seguidas por el jugador 2., de esta forma el jugador 1 busca optimizar su aprovechamiento del agua de riego en función de la reacción que tendrá el jugador 2 frente a sus decisiones.

Gráfico N° 3
Representación Juego Dinámico en forma Extensiva



Fuente: Lee (1994)

Elaboración: Lee (1994)

Función de Pagos

Componentes del Beneficio: El beneficio total del agua de riego está determinado por el área debajo de la curva de la demanda del riego, la cual tiene pendiente negativa ya que se asume que la contribución marginal del agua de riego disminuye en función del suministro de agua de riego que reciben los apropiadores del sistema. La pendiente negativa está asociada a la respuesta biológica de los cultivos al agua, cada cultivo necesita una cantidad determinada de agua para que su crecimiento sea el adecuado, si esta cantidad es mayor al nivel óptimo, el agua de riego no es retenida por el suelo y se erosiona, afectando el cultivo (Dixon, 1989).

La inclinación de la pendiente puede variar en función del cultivo y el tipo de suelo del terreno. Si el cultivo demanda mayor agua de riego, la pendiente será más plana, al igual que sucedería con un terreno con poca capacidad de retención de agua. Por otro lado, cultivos que necesitan muy poca agua para su crecimiento, o terrenos con gran capacidad de retención de agua presentarán una curva más inclinada.

La función del beneficio marginal del uso del agua en los sistemas de riego para el apropiador 1, en el periodo t , se define según Lee (1994) de la siguiente forma:

Ecuación (1)

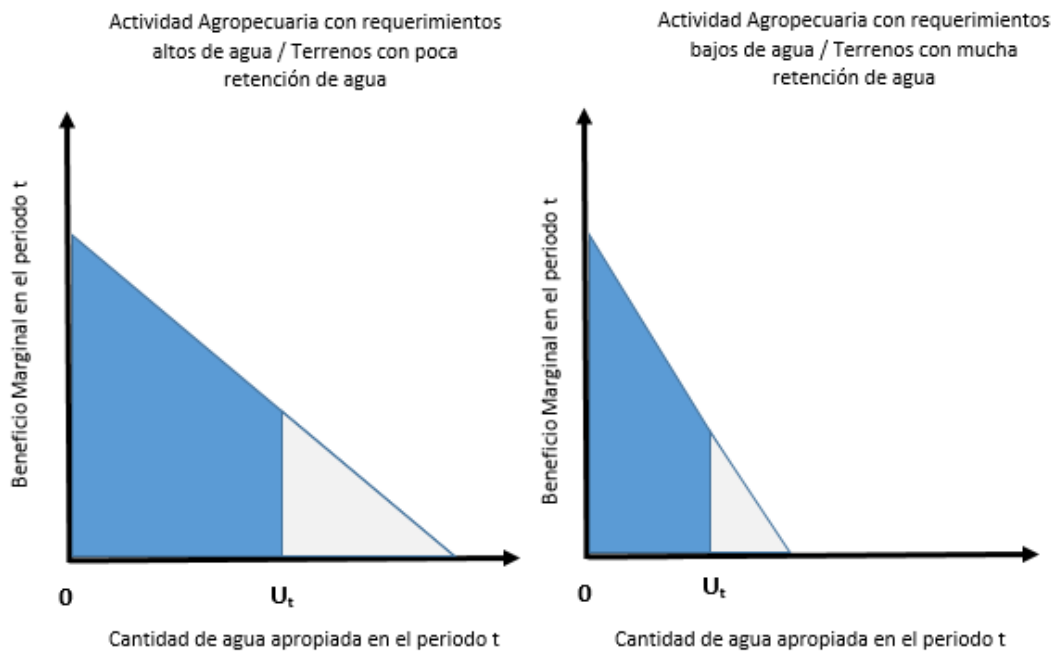
$$\text{Beneficio Marginal (BM)} = q - r * U_{1t} \text{ Para } i= 1, \dots, n, ; t= 1, \dots, T$$

Dónde: q, r son mayores a 0

q : El intercepto de la curva

r : Pendiente de la curva

Gráfico N° 4
Función de Beneficio Marginal de los Sistemas de Riego³¹



Fuente: Dixon (1989)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

El intercepto de la función de beneficio marginal (q) representa el valor monetario que reciben los apropiadores del sistema de riego por una unidad más de agua, puede ser medido por el “valor monetario por unidad de agua de riego” o “el beneficio agrícola por hectárea generado por unidad de agua de riego”.

La pendiente de la función de beneficio marginal (r) determina cómo los valores del beneficio marginal cambian en función del agua de riego aplicada a los cultivos. A medida que r aumenta, la curva del beneficio marginal se hace más empinada por lo que el beneficio marginal de una unidad adicional de agua de riego disminuye. El beneficio total se reduce a medida que se aplica más agua de riego a la producción agropecuaria. Un valor bajo de r tal como se muestra en la parte izquierda del gráfico 4 representan actividades agropecuarias con un alto consumo de agua. Al contrario, en la parte derecha del mismo gráfico, un valor de r más grande está relacionado con actividades agropecuarias que no pueden tolerar una cantidad excesiva de agua.

Dada la función de beneficio marginal, el beneficio total del agua de riego equivale a una función cuadrática del suministro de agua de riego para los apropiadores del sistema. Al integrar la ecuación del beneficio marginal representado en la ecuación 1, se obtienen la función de beneficio total:

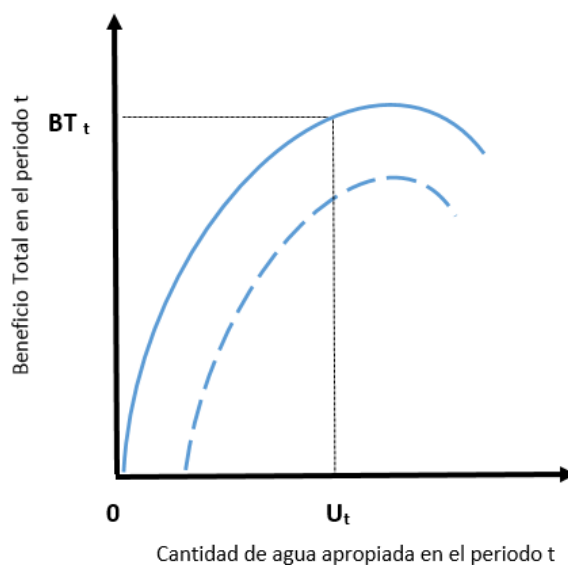
³¹ El gráfico 4 puede ser considerado como la función de demanda del agua de riego, en el cual se muestra la demanda del agua de riego en función de los distintos niveles de precio para un determinado periodo de tiempo. Sin embargo, dado de que no existe un mercado donde se transe el agua de riego esta interpretación no sería la correcta. La demanda del agua de riego está en función de rentabilidad generada en las distintas actividades agropecuarias, de esta forma la demanda es vista como un reflejo del valor marginal que produce el agua de riego en la productividad del cultivo (Lee, 1994).

Ecuación (2)

$$\text{Beneficio Total } (\pi_{it}) = q \cdot r - 0.5 \cdot u_{it}^2$$

Dónde: π_{it} el beneficio que obtiene el apropiador del sistema de riego 1, en el periodo de tiempo t .

Gráfico N° 5
Función de Beneficio Total de los Sistema de Riego³²



Fuente: Dixon (1989)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Componentes del Costo: Los costos de apropiación que asumen los apropiadores por hacer uso del sistema de riego pueden ser variados, por ejemplo: costos de movilización, de mantenimiento, mano de obra, energía eléctrica, etc. A medida que un apropiador se beneficia de un mayor volumen de agua del sistema de riego, sus costos de apropiación aumentan.

De manera de lograr simplificar el modelo, Lee (1994) asume que el costo de apropiación es igual a la cantidad de agua apropiada multiplicada por una constante e . De tal forma que el costo de apropiación se puede describir como " $e \cdot u_{it}$ ". Sin embargo, como se detalló antes, las decisiones y la estructura de costos del jugador 2 dependen de las decisiones del jugador 1 y viceversa. Es así que se reescribe la ecuación de costos del modelo de la siguiente manera:

³² El área sombreada en el gráfico 5 es igual al área representada por BT_t en el gráfico 6. Ambos gráficos representan el beneficio total u_t de la cantidad apropiada del agua.

Ecuación (3)

Apropiadores de la parte alta

$$\text{Costo Apropiación } (CA_{jt}) = e * \sum u_{jt} * u_{jt}$$

Apropiadores de la parte baja

$$\text{Costo Apropiación } (CA_{kt}) = e * (\sum u_{jt} * \sum u_{kt}) * u_{kt}$$

Dónde: $e (> 0)$ = Coeficiente costo de apropiación

A medida que (e) aumenta, los costos de apropiación del agua de riego aumentan. Sistemas de riego con altos costos de apropiación suelen presentar problemas técnicos o de mantenimiento, al igual que problemas relacionados a conflictos entre los usuarios. En la ecuación 3 detallada anteriormente se asume que el comportamiento entre los usuarios de la parte alta y baja del sistema influyen de igual manera en los costos. Para añadir robustez al modelo de teoría de juegos, Lee (1994) incluyó un parámetro “ δ ” que puede tomar valores entre 0 y 1, para medir el grado de interdependencia que existe entre los usuarios de la parte alta y baja del sistema de riego³³. De tal forma que la ecuación 3 puede ser reescrita de la siguiente manera:

Ecuación (3')

Apropiadores de la parte alta

$$\text{Costo Apropiación } (CA_{jt}) = e * \sum u_{jt} * u_{jt}$$

Apropiadores de la parte baja

$$\text{Costo Apropiación } (CA_{kt}) = e * (\delta * \sum u_{jt} * \sum u_{kt}) * u_{kt}$$

Dónde: δ : coeficiente de interdependencia entre los usuarios parte alta y baja.

Otro componente importante de la función de costos de este modelo, es el costo de mantenimiento “ m_{it} ”, que se define como la cantidad de recursos que los apropiadores del sistema de riego destinan para el mantenimiento³⁴. En el caso de este juego dinámico, la inversión en mantenimiento se realiza después de que el agua fue apropiada, por lo que cualquier inversión en mantenimiento realizada en el periodo t afecta el suministro de agua únicamente a partir del periodo $t + 1$. Con estos elementos, el costo de mantenimiento para el apropiador i en el periodo t es igual a:

Ecuación (4)

$$\text{Costo Mantenimiento } (CM_{it}) = m_{it}$$

³³ Si, $\delta = 0$, el comportamiento de los usuarios de la parte alta del sistema no afecta a los usuarios de la parte baja del sistema. Si $\delta = 1$, el comportamiento de los usuarios de la parte alta del sistema afecta totalmente a los usuarios de la parte baja del sistema.

³⁴ En este contexto, cuando se emplea el término “recursos” no únicamente se refiere a recursos monetarios, también se puede incluir a la mano de obra y tiempo que pueden destinar los apropiadores al mantenimiento del sistema.

Con las ecuaciones (2), (3) y (4), la estructura de pagos de cada jugador se expresa de la siguiente forma:

Ecuación (5)

Estructura de Pagos Apropiadores periodo t (π_i)

$$\text{Beneficio } (\pi_{it}) - \text{Costo Apropiación } (CA_{it}) - \text{Costo Mantenimiento } (CM_{it})$$

Re escrito para los dos jugadores:

Ecuación (5')

Apropiadores de la Parte Alta:

$$(\pi_{it}) = q * u_{jt} - 0.5 r * u_{jt}^2 - e * \sum u_{jt} * u_{jt} - m_{it}$$

Apropiadores parte baja:

$$(\pi_{kt}) = q * u_{kt} - 0.5 r * u_{kt}^2 - e * (\delta * \sum u_{jt} * \sum u_{kt}) * u_{kt} - m_{kt}$$

Los jugadores trataran de maximizar el valor presente de Π_{it} , donde los pagos futuros están descontados por un factor de descuento ω . De esta forma el valor presente se define por:

Ecuación (6)

$$\Psi_{it} = \sum_{t=1}^T \omega^{t-1} (\pi_{it})$$

Dónde: Ψ_{it} = el valor presente de Π_{it} en el periodo t
 ω = Factor de descuento

El parámetro " ω ", constituye el grado con el cual los pagos futuros son valorados en función de los pagos vigentes de los jugadores. Las acciones presentes de los jugadores afectan la estructura de pagos futuros y a su vez las expectativas de los jugadores del juego hacia el futuro, pueden influenciar las decisiones en el presente.

Factores exógenos y endógenos afectan la elección de las dos variables de control en el modelo. Los factores exógenos determinan el límite a la cantidad de inversión en mantenimiento (M_b)³⁵, mientras que las acciones tomadas por los apropiadores del sistema en periodos de tiempo pasados más las variables endógenas limitan la cantidad de apropiación de agua. Los límites a la cantidad de apropiación son descritos al analizar las variables de estado descritas luego, mientras que el límite a la inversión en mantenimiento según el modelo se define como:

³⁵ La cantidad de inversión que destine cada usuario para el mantenimiento del sistema de riego va depender de distintas variables como: nivel de ingreso, disposición al pago, tiempo disposición de tiempo etc.

Ecuación (7)

$$0 \leq m_{jt} \leq MB_j \text{ Para los apropiadores de la parte alta del sistema}$$

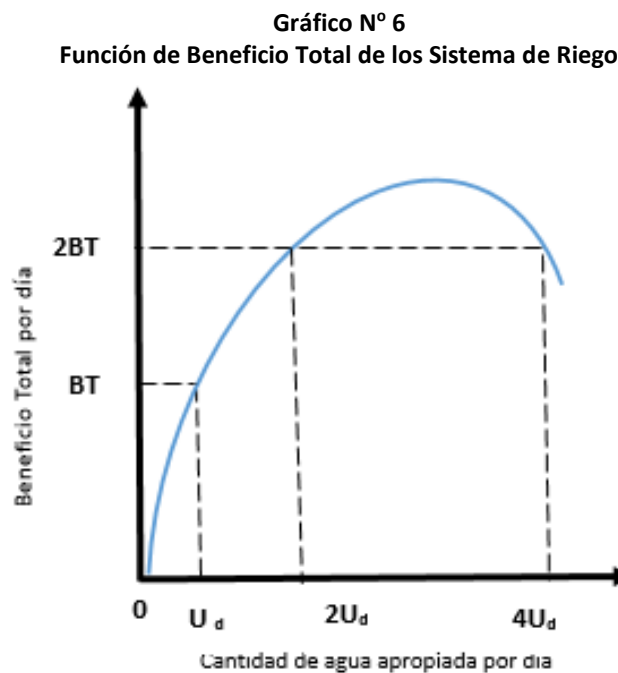
$$0 \leq m_{kt} \leq MB_k \text{ Para los apropiadores de la parte baja del sistema}$$

Dónde: MB_j : Nivel máximo de inversión que pueden alcanzar los apropiadores de la parte alta
 MB_k : Nivel máximo de inversión que pueden alcanzar los apropiadores de la parte baja

Variables de Estado

Las decisiones que eligen los apropiadores de los sistemas de riego sobre las variables de control no son las únicas que alteran la función de pagos de los jugadores. Las variables de estado son también importantes para la optimización de las elecciones de los jugadores. En este modelo se asume que existen dos variables de estado: la confiabilidad del suministro de agua y la eficiencia en la distribución del agua del sistema de riego.

Confiabilidad del suministro de agua: La cantidad total de agua que es apropiada por los usuarios del sistema de riego (U_{it}) en el periodo t , define el beneficio total (II_{it}) en el periodo t . Sin embargo, el beneficio total que reciben los apropiadores en cada etapa del juego se maximiza si la cantidad de agua apropiada (U_{it}), es distribuida equitativamente durante el periodo t . Dado que el beneficio marginal del agua de riego permanece constante en el periodo t , como se detalló anteriormente. El gráfico 6, ilustra claramente cómo afecta esta variable de estado al beneficio que reciben los apropiadores del sistema de riego.



Fuente: Lee (1994)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

La confiabilidad del suministro de agua se define formalmente en el modelo:

Ecuación (8)

$$\text{Confiabilidad Suministro Agua } (R_t) = 1 - \{(\sum_{d=1}^N |U_d - (U_t/N)|) / (U_t / N)\} \quad d = 1, \dots, N$$

Dónde: U_d : Cantidad de suministro de agua de riego en el día d , $\sum_{d=1}^N U_d = U_t$

La confiabilidad del suministro de agua se encuentra en un intervalo de entre 0 y 1. Equivale a 1 cuando el agua es equitativamente distribuida en el periodo t y equivale a 0 cuando el sistema de riego distribuye la totalidad del agua de riego para el periodo t (U_t) en un día. El modelo asume que cuando ($R_t = 1$), el beneficio total del riego equivale al área bajo la curva del beneficio marginal mostrado en el gráfico 6. De igual manera, si ($R_t < 1$), los apropiadores del sistema reciben únicamente una parte del beneficio total que pudieran obtener con un sistema de riego totalmente confiable. Para demostrar esta situación la función de beneficio marginal cambia y se describe de la siguiente forma:

Ecuación (9)

$$\text{Beneficio Marginal } (BM_{it}) = R_t q - RU_{it}$$

Si la confiabilidad del suministro de agua es menor a 1, la curva de beneficio marginal se desplaza hacia abajo y el área bajo la curva que representa el beneficio total, se reduce.

Ecuación (10)

$$\text{Beneficio Total } (\pi_{it}) = R_t q * U_{it} - 0.5 * r * U_{it}^2$$

Algunos elementos pueden afectar la confiabilidad del suministro de agua como: los trabajos de mantenimiento previos realizados en el canal y la cantidad de agua extraída en el periodo anterior. En este caso como el modelo se aplica sobre un proyecto de riego a implementarse, no son tomados en cuenta los trabajos de mantenimiento previos en el periodo t . Referente a los efectos de la cantidad de agua extraída en la confiabilidad del suministro, no es considerado en el modelo de Lee (1994) y en el desarrollo actual del modelo relacionado al Proyecto Yasipan ya que su efecto es mínimo, en ambos estudios analizan sistemas de riego que no tienen capacidad de almacenar agua.

Tomando en cuenta los efectos de la confiabilidad del suministro de agua, la función de pagos de los apropiadores del sistema de riego (ecuación 5') se re escribe de la siguiente manera:

Ecuación (11)

Apropiadores de la Parte Alta:

$$(\pi_{jt}) = R_t * q * u_{jt} - 0.5 * r * u_{jt}^2 - e * \sum u_{jt} * u_{jt} - m_{jt}$$

Apropiadores parte baja:

$$(\pi_{kt}) = R_t * q * u_{kt} - 0.5 * r * u_{kt}^2 - e * (\delta * \sum u_{jt} * \sum u_{kt}) * u_{kt} - m_{kt}$$

Se re escribe la ecuación del valor presente del beneficio (ecuación 6):

Ecuación (12)

$$\Psi_{jt} = \sum_{t=1}^T \omega^{t-1} (\pi_{jt}) \text{ Apropriadores de la Parte Alta}$$

$$\Psi_{kt} = \sum_{t=1}^T \omega^{t-1} (\pi_{kt}) \text{ Apropriadores de la Parte Baja}$$

Eficiencia del reparto de agua: Es la segunda variable de estado que afecta la función de pagos de los apropiadores del sistema de riego. La eficiencia del reparto de agua afecta la cantidad de agua de riego que recibe cada apropiador. El modelo asume que la cantidad de agua disponible para el sistema de riego está representada por una constante (Q); la cantidad de agua efectiva disponible para el sistema de riego (caudal adjudicado) (Q^s) y el agua que efectivamente utiliza el sistema de riego (Q^{FG}). Si la toma de agua del sistema de riego está ubicada directamente en la fuente de agua, el modelo asume que $Q^s = Q^{FG}$, caso contrario el agua que efectivamente utiliza el sistema de riego se define por la ecuación:

Ecuación (13)

$$Q^{FG} = Q^s - Q^1_t$$

Dónde: Q^1 = Pérdida de agua en la fuente de agua

La pérdida de agua en la fuente de agua (Q^1) depende de la eficiencia en el reparto de agua. La brecha entre la cantidad de agua efectivamente disponible para el sistema de riego (Q^s) y agua que efectivamente utiliza el sistema de riego (Q^{FG}) se reduce en función de la eficiencia en el mantenimiento del sistema y el tipo de riego utilizado. La eficiencia del reparto de agua (E_t) es empleado como una medida de la pérdida de agua en el sistema de riego que varía entre 0 y 1. E_t equivale a 1 cuando la eficiencia del sistema minimiza las pérdidas de agua; equivale a 0 cuando el sistema es ineficiente y permite que la pérdida de agua alcance su límite máximo.

Otro factor que influye la eficiencia del reparto de agua es la distancia de la fuente de agua al sistema de riego (1). Entre mayor sea la distancia, mayor son las pérdidas de agua. Por el contrario, si el agua que utiliza el sistema es tomada directamente de la fuente, la pérdida de agua es nula. La pérdida de agua en el periodo t es representada en el modelo de Lee (1994) como:

Ecuación (14)

$$Q^1_t = a*(1-E_t)*1$$

Donde (a), representa la cantidad de agua pérdida por el sistema. Si es igual a 0, no existe pérdida de agua en el sistema y se anula la expresión. Al combinar la ecuación (12) y (13) se obtiene:

Ecuación (15)

$$Q^{FG} = Q^s - a*(1-E_t)*1$$

La variable Q^{FG} también es interpretada por el modelo como la cantidad de agua que reciben los apropiadores de la parte alta del sistema. Por su parte la cantidad de agua que reciben los apropiadores de la parte baja del sistema siempre es menor ya que su dotación se ve afectada por la cantidad de

agua apropiada por los usuarios de la parte alta ($\sum u_{jt}$) y por las pérdidas de agua que existen en la distribución del sistema de riego desde la fuente de agua hasta los apropiadores de la parte baja ($1'$).

La cantidad de agua que reciben los apropiadores de la parte baja del sistema se define como:

Ecuación (16)

$$Q^{FG} = Q^s - \sum u_{jt} a^*(1-Et)^*(1+1')$$

Determinar la eficiencia del reparto de agua en los periodos ($t+1$) depende adicionalmente de dos elementos: el nivel mínimo de inversión requerido para mantener la eficiencia del sistema (K''_t) y el nivel máximo de apropiación requerido para mantener el nivel previo de eficiencia (K'''_t). Estos umbrales son funciones crecientes del nivel de eficiencia del sistema de riego, es decir que cuando el nivel de eficiencia del sistema de riego es alto, se necesita mayores trabajos de mantenimiento para mantener la eficiencia del sistema, al igual que con un sistema más eficiente, los apropiadores pueden utilizar mayor cantidad de agua de riego.

La cantidad de agua de riego apropiada por los usuarios del sistema tiene sus límites. Por un lado la cantidad máxima de agua que puede ser apropiada (U'_{it}) según el modelo, es la cantidad de agua que permite maximizar la suma de los pagos futuros descontados en el periodo t . Es decir que U'_{it} , permite maximizar $\Psi_{it} = \sum_{t=1}^T \omega^{t-1} (\pi_{it})$. Por otro lado, el límite inferior al nivel de apropiación de agua es 0, ya que los usuarios del sistema de riego no pueden recibir una cantidad negativa de agua.

La cantidad máxima de agua que puede ser apropiada por un usuario del sistema de riego es una función de Q^{FG} . Si el sistema de riego cuenta con (m) apropiadores en la parte alta y ($n-m$) apropiadores en la parte baja, la cantidad máxima de agua para los apropiadores de la parte alta será igual a Q^{FG}_t / m . De igual forma la cantidad máxima disponible de agua para los usuarios de la parte baja sería igual a $Q^{FG}_t / (n-m)$ ³⁶. Tanto como los atributos físicos e institucionales determinan la cantidad máxima de apropiación de agua por parte de los usuarios.

La cantidad de agua apropiada por los usuarios del sistema de riego está sujeta a estas restricciones:

$$0 \leq U_{jt} \leq (Q^{FG}_t / m) \text{ Para los apropiadores de la parte alta}$$

$$0 \leq U_{kt} \leq (Q^{FG}_t / (n-m)) \text{ Para los apropiadores de la parte baja}$$

Consideraciones finales del modelo

La confiabilidad del suministro de agua y la eficiencia del reparto de agua según Lee (1994), son dos métodos diferentes para evaluar el rendimiento de un sistema de riego. La confiabilidad del suministro de agua se refiere a la uniformidad de la repartición del agua durante el periodo t , mientras que la eficiencia del reparto del agua se refiere a la eficiencia con la que el agua obtenida de las fuentes hídricas llega a cada uno de los usuarios del riego. La confiabilidad del suministro de agua no está atada a una cantidad específica de agua, sino como determinada cantidad de agua es entregada equitativamente en el tiempo, siempre que el beneficio marginal asumido en el modelo se mantenga constante.

³⁶ Lee (1994), asume que existe simetría entre los usuarios del sistema de riego es decir que todos comparten las mismas características, por lo que todos reciben la misma cantidad de agua.

En base a todas las ecuaciones anteriormente planteadas el modelo de juego dinámico aplicado a los sistemas de riego se puede resumir de la siguiente forma: Los jugadores en este juego buscan maximizar el valor presente de su función de pagos (ecuación 11), sujeto a unas restricciones caracterizadas por la confiabilidad y eficiencia del sistema de riego. Adicionalmente los jugadores están sujetos a otras restricciones relacionadas al nivel máximo de inversión en mantenimiento del sistema (ecuación 7) y la cantidad máxima de apropiación de agua por parte de cada usuario del sistema (ecuación 17).

Parámetros usados en el modelo

Tabla N° 2
Variables del Modelo Dinámico Aplicado a los Sistemas de Riego

Variable	Descripción
n	Número Total de Apropiadores del Sistema de Riego Yasipan
m	Número de regantes ubicados en la parte alta del sistema
T	Número de Repeticiones del Juego
ω	Factor de descuento (Entre 0 y 1)
mB_j	Inversión máxima que cada apropiador estaría dispuesto a pagar por el mantenimiento del sistema de riego Yasipan en el periodo t
Q_s	Caudal de Agua del Rio Yasipan
L	Distancia entre el rio Yasipan y los apropiadores de la parte alta del sistema de riego.
L'	Distancia entre los apropiadores de la parte alta y de la parte baja del sistema de riego.
q	Intercepto del beneficio marginal del agua de riego (dólar por hectárea) (beneficio agrícola por hectárea de una unidad de agua de riego) Se obtiene mediante el precio de mercado de un cultivo específico y como este responde al riego.
r	Pendiente del beneficio marginal del agua de riego
e	Costo de Apropiación del agua
δ	Coeficiente de interdependencia entre los apropiadores de la parte alta y baja del sistema.
R_0	Valor inicial de fiabilidad del suministro de agua
E_0	Valor inicial de la eficiencia del suministro de agua
α	Confiabilidad al mantenimiento del riego
α'	Confiabilidad a la apropiación del riego
θ	Eficiencia al mantenimiento del riego
θ'	Eficiencia a la apropiación del riego
A	Coeficiente pérdida de agua
Γ	Coeficiente de mantenimiento mínimo para mantener confiabilidad.
γ'	Coeficiente máximo de asignación de apropiación para mantener la fiabilidad del sistema
γ''	Coeficiente de mantenimiento mínimo para mantener la eficiencia del sistema
γ'''	Coeficiente máximo de apropiación para mantener la eficiencia de sistema

Fuente: Lee (1994)

Elaboración: Lee (1994)

Conclusión

Los adelantos teóricos frente al estudio de las instituciones parecen no concluir aún. Si bien los aportes de Hardin, Olson, North, Ostrom, etc; han marcado la agenda institucional en los últimos años, las problemáticas que afectan a los bienes comunes parecen no encontrar una solución definitiva. Evitar la denominada “tragedia de los comunes”, se vuelve urgente en el contexto actual, marcado por el cambio climático y la reducción de las fuentes hídricas. Este escenario plantea nuevos esfuerzos para la ciencia económica ya que es necesario que los futuros trabajos en materia institucional valoren mucho más la acción colectiva como una herramienta esencial para construir capital social y lograr la sostenibilidad y sustentabilidad de los bienes comunes. El modelo ADI, se constituye como un aporte teórico importante, sin embargo, su construcción y aplicación pueden ser mejorados si se incluyen otras herramientas como la economía del comportamiento, la econometría y la economía ambiental, las cuales permitirían operativizar el estudio de los comunes y brindar mecanismos eficaces para la resolución de los conflictos en relación a este tipo de bienes.

Capítulo 1

1. Los Recursos Hídricos en el Ecuador

El Ecuador posee 31 sistemas hidrográficos, los cuales están compuestos por 79 cuencas, de las cuales 24 drenan hacia el pacífico y ocupan el 48,07% del territorio nacional; mientras que las 55 cuencas restantes drenan hacia la región amazónica y ocupan el 51 % del territorio nacional.

A partir de 1832, año donde se expidió la primera Ley de Aguas en el Ecuador, la administración del agua se fue adaptando a las necesidades sociales y económicas del país. Durante y después de la época colonial las grandes haciendas concentraron la propiedad sobre la tierra y los recursos hídricos, causando un sin número de conflictos sociales por el derecho al acceso al agua. En 1964, con la reforma agraria impulsada principalmente por las comunidades indígenas, se desconcentro la propiedad sobre el agua y se reconoció nuevamente la facultad de las organizaciones comunitarias en la administración de los recursos hídricos. A pesar de las importantes transformaciones en materia agraria, para la década de los setenta, la administración del agua se complejizo, en gran medida por la dificultad de generar consensos para un manejo compartido del recurso hídrico.

El bajo nivel de gestión estatal y el irrespeto a la gestión de los sistemas comunitarios, provoco que a partir de la década de los ochenta el recurso hídrico se privatizara, mermando la distribución equitativa de las fuentes hídricas, el cuidado de las fuentes de agua, la seguridad y soberanía alimentaria.

A partir de 2007 con la construcción del Plan Nacional de Desarrollo y posteriormente con la elaboración del Plan Nacional del Buen Vivir en 2009, el Ecuador retomó acciones en favor de la conservación, promoción y gestión integrada de los recursos hídricos. Actualmente, la gestión del agua se realiza de forma descentralizada y su administración fue delegada a la Secretaria Nacional del Agua [SENAGUA] como autoridad única del agua, la cual mediante la Subsecretaria de Riego y Drenaje y los Gobiernos Autónomos Descentralizados se encargan de implementar políticas en favor de un mejor aprovechamiento del agua de riego. Sin embargo, según el Plan Nacional de la Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas y Microcuencas Hidrográficas de Ecuador, realizado en 2016, existen varias dificultades relacionadas a leyes, reglamentos, sistemas, métodos, mecanismos de gestión y fomento de capacidades que han dificultado el manejo adecuado de los recursos hídricos.

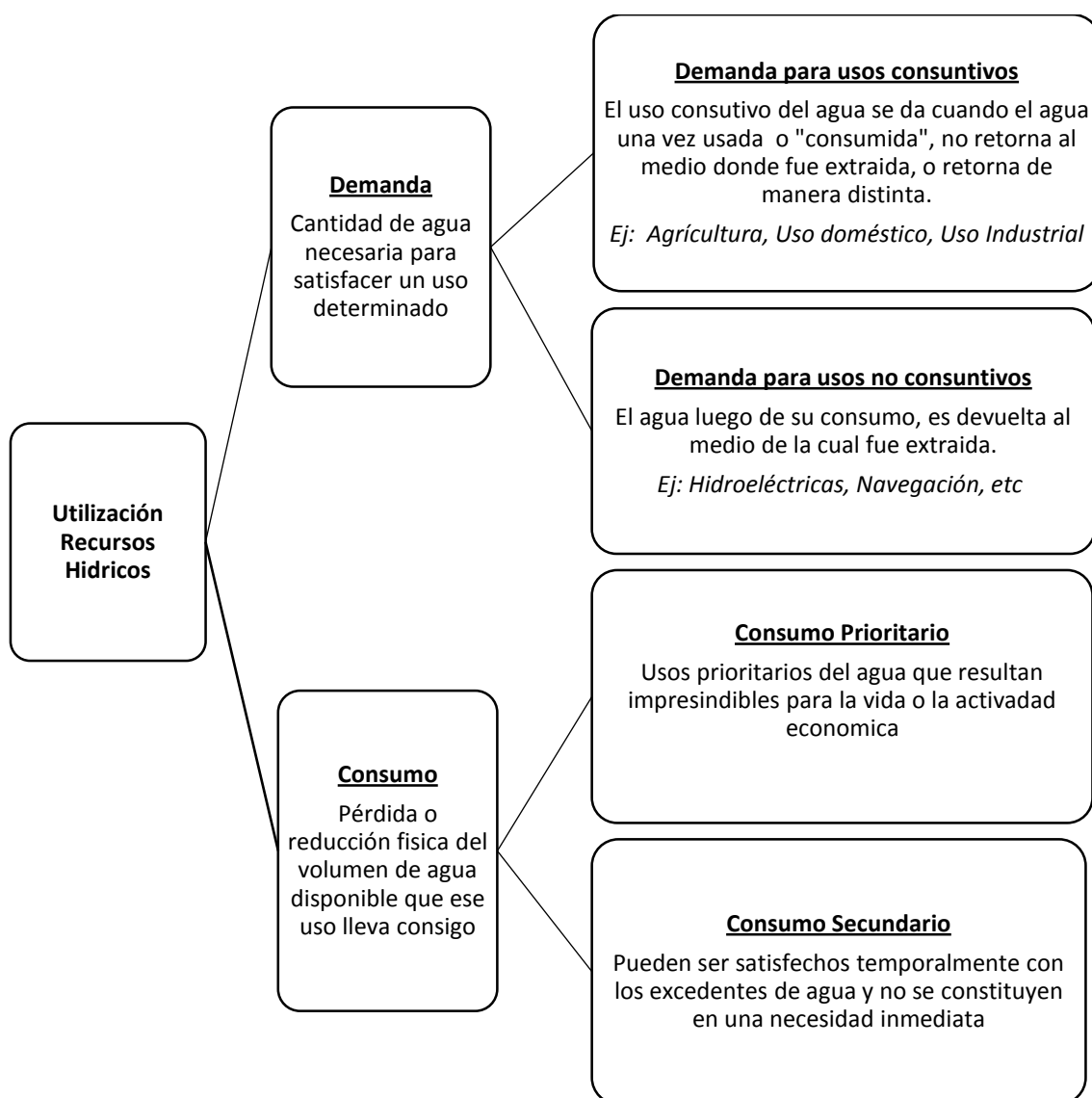
Según un estudio de caso realizado en el Ecuador en 2017 por el Fondo para los Objetivos de Desarrollo Sostenible creado por las Naciones Unidas [ONU], la gobernabilidad del agua en el país se ha caracterizado por la poca coordinación entre instituciones y los actores involucrados en la gestión del recurso. Esto pone en evidencia que la institucionalidad y el diseño de políticas públicas no consideran las problemáticas actuales de los usuarios del agua, desconociendo en muchos casos el papel que ejercen las reglas y los incentivos a los que se enfrentan los apropiadores del recurso hídrico.

Durante los últimos años el gobierno ecuatoriano está priorizando proyectos que permitan conservar las fuentes de agua, es así que en la actualidad proyectos nuevos como la tecnificación de los sistemas de riego toman protagonismo en el país. En este capítulo se describe la evolución en la administración del agua en el país, así como el progreso institucional del riego en el Ecuador durante los últimos años.

1.1 Demanda Hídrica y Usos del Agua

Según el diagnóstico de la información estadística del agua en el Ecuador realizado por la CEPAL (2012), la demanda de agua se define como el volumen de agua requerido para satisfacer los usos a los cuales está destinado el recurso hídrico. Para la CEPAL, la utilización del agua se representa de la siguiente forma:

Tabla N° 3
Utilización Recursos Hídricos



Fuente: (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2012)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Según datos de la Secretaría Nacional de Agua [SENAGUA], en 2011, los usos consuntivos del agua en el Ecuador se concentraron en la actividad agrícola con un (80%) del total de caudales utilizados en el

país, seguido por el uso doméstico con el (13%) y la industria con el (7%). Por su parte, en lo que se refiere a usos no consuntivos, la producción de energía hidroeléctrica representó el 48% del total del volumen de agua demandada en el país³⁷. En cuanto a riego, el Plan Nacional de los Recursos Hídricos (PNRH) estableció una demanda media de 12.000 m³/ha/año, considerando que para 2012, la Subsecretaría de Riego y Drenaje determinó que apenas 942.000 hectáreas, lo que representa el 30 % del área regable neta del Ecuador, contaba con sistemas de riego.

1.2 Historia institucional y contexto del manejo del agua en el Ecuador

La gestión del agua en el Ecuador es un sistema complejo que involucra a distintas instituciones de escala nacional, regional y local. Antes de la Constitución del 2008, en el Ecuador predominó un modelo estatal de administración de los recursos hídricos que se caracterizó por otorgar un gran número de concesiones privadas para el uso y apropiación de las fuentes de agua. A partir de los cambios en el sector rural suscitados con el inicio de la reforma agraria en la década de los setenta, el estado apoyó proyectos de riego estatales que buscaban impulsar al sector agro exportador ecuatoriano, dejando de lado los requerimientos de los actores comunitarios, campesinos e indígenas (Secretaría Nacional de Agua [SENAGUA], 2011).

Este apoyo lejos de generar los resultados deseados en términos de productividad y eficiencia en el manejo del agua, generó altos niveles de inequidad en el acceso y distribución de los recursos hídricos. La visión tradicional del agua a finales del siglo XX, desconoció el rol protagónico del agua, primero; como recurso escaso que debe ser sujeto a la protección por parte del estado para asegurar el sostenimiento ambiental en el mediano y largo plazo, y segundo; como un recurso fundamental para el sustento de la economía campesina y la seguridad alimentaria del Ecuador.

1.2.1 La situación del Riego en el Ecuador

Según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca [MAGAP] (2011), el Ecuador cuenta con un potencial de riego que supera los 3 millones de hectáreas. Actualmente, la superficie total bajo riego se contabiliza en 942 mil hectáreas, lo que representa menos de la tercera parte de la superficie que podría ser regada en el país (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP], 2011).

A lo largo de los años, el manejo de los sistemas de riego en el Ecuador se ha visto afectado por un sin número de problemas: el acceso inequitativo al agua; los bajos niveles de tecnificación y eficiencia de los sistemas de riego; la creciente escasez de los recursos hídricos; la contaminación de las fuentes de agua existentes; limitaciones y falencias en las entidades a cargo de administrar el riego, entre otros. A ello se adiciona, los altos índices de conflictividad en materia institucional y organizacional

³⁷ Según proyecciones de la SENAGUA, se prevé que la demanda de agua para consumo hidroeléctrico en el país aumente en los próximos años, debido a la entrada en funcionamiento de varias hidroeléctricas a nivel nacional, entre ellas los proyectos: Toachi Pilaton, Mazar Dudas, Minas San Francisco, entre otras.

relacionado con la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de riego (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019).

1.2.2 Evolución en la Administración del Riego en el Ecuador

Con la formación del Estado republicano en 1830, se formalizó los derechos de propiedad del agua en favor de los grandes hacendados españoles y mestizos, hecho que se mantendría vigente hasta mediados de la década de los sesenta con la reforma agraria y la redistribución de las tierras en beneficio del pueblo indígena ecuatoriano (MAGAP, 2011).

En lo que se refiere al tema normativo e institucional en relación al agua, en 1944, se expidió la primera ley denominada << Ley de Riego y Saneamiento >>, que otorgaba al estado ecuatoriano la responsabilidad sobre el riego. Adicionalmente, durante este periodo se creó la Caja Nacional de Riego como una institución autónoma de apoyo al Ministerio de Agricultura para estudiar, construir y administrar los sistemas de riego del país. Esta entidad, lejos de cumplir con sus objetivos prioritarios, nunca desempeñó las funciones de regulación y control de los sistemas de riego, por su parte, fue una institución que, durante su época de gestión, priorizó la construcción de sistemas de riego como los sistemas Pisque, Arenillas y Milagro. La caja Nacional de Riego fue disuelta en 1966 y en su remplazo se creó el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos (INERHI) en ese mismo año (MAGAP, 2011).

El INERHI, fue la institución encargada de la construcción de los primeros y más grandes proyectos estatales de riego de aquella época. A partir de la construcción de los riegos estatales, el estado ecuatoriano pasó a jugar un papel fundamental en el manejo y participación del riego en todo el país. Cabe recalcar que este auge por incrementar la participación estatal en el riego y en toda la economía, surge en un contexto regional específico, donde el modelo denominado “Industrialización por sustitución de importaciones o modelo [ISI]”³⁸ en la década de los sesenta, buscaba incentivar la tendencia desarrollista en América Latina con la finalidad de fomentar las industrias locales mediante la reducción de las importaciones y la promoción de la producción nacional con valor agregado.

Para inicios de 1970, se había constituido en el país un modelo de gestión de riego centralizado que tuvo como objetivo, incrementar el área bajo riego en el país y de esta forma promover el crecimiento del sector agroindustrial³⁹. La mayoría de obras de riego y drenaje construidas por el INERHI, fueron desarrolladas en la costa, muchas fueron diseñadas también para favorecer a la producción de energía hidroeléctrica y agua potable. En este periodo de manejo estatal, no existieron políticas encaminadas a favorecer los sistemas de riego comunitarios a pesar de que el riego asociativo y comunitario, junto con los sistemas de riego privado para esa época aun constituían el 80% del total de los sistemas de riego del país (MAGAP, 2011).

A pesar de toda la solidez del aparato estatal en esta época, las competencias del INERHI se limitaron a la gestión de los sistemas de riego estatales. El estado nunca pudo controlar ni regular los sistemas

³⁸El modelo ISI surge en un contexto histórico marcado por el fracaso del modelo liberal que se agudizó con la Gran Depresión en Norte América. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) fue uno de los organismos que más impulsó la aplicación de este modelo.

³⁹ Según un estudio realizado por Carrera de la Torre en 1972, la inversión total en riego hasta el año de 1970, alcanzó los 250.000.000 millones de sucres. Al tipo de cambio oficial de aquella época (25 sucres = 1 dólar americano USD), la inversión total del estado ecuatoriano alcanzó los 10 millones de dólares americanos USD.

de riego privado y comunitario, por lo que las decisiones sobre estos sistemas, eran competencia exclusiva de sus usuarios.

El modelo estatal y la privatización de los sistemas de riego

Durante 1990, la inversión en infraestructura de riego se financió a través de financiamiento externo, principalmente bancos extranjeros, los cuales concedieron préstamos al estado ecuatoriano por un monto aproximado de mil millones de dólares. Para 2003, el 4.62% de la deuda externa del Ecuador correspondía al sector de riego y drenaje (Zapatta & Gasselin, 2005).

En lo referente al tema normativo, en 1994 se expidió la Ley de Desarrollo Agrícola, normativa que profundizó la tenencia privada del agua mediante el otorgamiento de concesiones y derechos privados sobre el agua a sectores particulares relacionados al sector agroexportador. En ese mismo año se elimina el INERHI, y en su reemplazo se crea el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). El CNRH nace con la finalidad de desconcentrar la administración pública del agua hacia varias instituciones regionales de desarrollo y fomentar un proceso de privatización en la administración, mantenimiento y construcción de los sistemas de riego a lo largo de todo el país. La Constitución de 1998 en su artículo 247 y 249⁴⁰, amparaban la delegación al sector privado, de servicios públicos como el agua potable y saneamiento y el riego.

A finales de los noventa, las nuevas reformas en cuanto al manejo del agua sacaron a la luz la ineficiencia de la administración pública en los sistemas de riego estatales. El “ajuste hídrico” fue determinante para el deterioro de la administración pública en el manejo del riego y fomentó el debate en torno a la eficiencia del riego a pequeña escala. Como consecuencia, muchos de los sistemas de riego públicos se deterioraron por la mala administración, redujeron su productividad y no generaron espacios en los cuales la comunidad pueda intervenir en la gestión de dichos proyectos.

La Constitución del 2008 y el nuevo modelo de gestión hídrica

La Constitución de 2008 marcó una nueva etapa en la administración del riego en el Ecuador. El nuevo cuerpo legal busca afianzar un marco normativo e institucional que favorezca la administración del riego y drenaje con la finalidad de que estos retomen su rol protagónico en la seguridad y soberanía alimentaria, a más de promover procesos de desarrollo local mediante la promoción agrícola.

El artículo 318 de la constitución ecuatoriana establece que: “el Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán al consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación”.

⁴⁰⁴⁰ Fragmento Art. 247 Constitución 1998 señala que: “las aguas son bienes nacionales de uso público; su dominio será inalienable e imprescriptible; su uso y aprovechamiento corresponderá al Estado o a quienes obtengan esos derechos, de acuerdo con la ley”; complementariamente el Art.249 establece: “Será responsabilidad del Estado la provisión de servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, fuerza eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, facilidades portuarias y otros de naturaleza similar. Podrá prestarlos directamente, o por delegación a empresas mixtas o privadas, mediante concesión, asociación, capitalización, traspaso de la propiedad accionaria o cualquier otra forma contractual, de acuerdo con la ley”.

Dicha disposición se complementa con el artículo 412, que determina que:” la autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque eco sistémico.”

Bajo los preceptos del “Sumak Kawsay” o el “Buen Vivir”, se buscó con la Constitución de Montecristi, retomar la participación del estado en la economía y la administración de los recursos naturales. En 2008 se crea la Secretaria Nacional del Agua [SENAGUA], adscrita a la presidencia de la república, con la finalidad de otorgar a la secretaría rango de ministerio y estar facultada a cumplir funciones de rectoría, control y planificación del agua. Además de la Secretaria del Agua, por disposición del Consejo Nacional de Competencias [CNC], las competencias de riego y drenaje pasaron a manos de los Gobiernos Autónomos Descentralizados [GAD], los cuales desde 2008 están a cargo de la planificación, vigilancia e intervención de los sistemas de riego provinciales con la finalidad de mejorar la gestión pública del riego. Si bien desde el año 2000, la administración del agua en el Ecuador se maneja por medio de cuencas hidrográficas⁴¹, en 2008 se ratificó que la SENAGUA utilice dichas demarcaciones hidrográficas para generar planes de riego que permitan adaptarse a las condiciones sociales, geográficas y económicas de cada región del Ecuador (MAGAP, 2011).

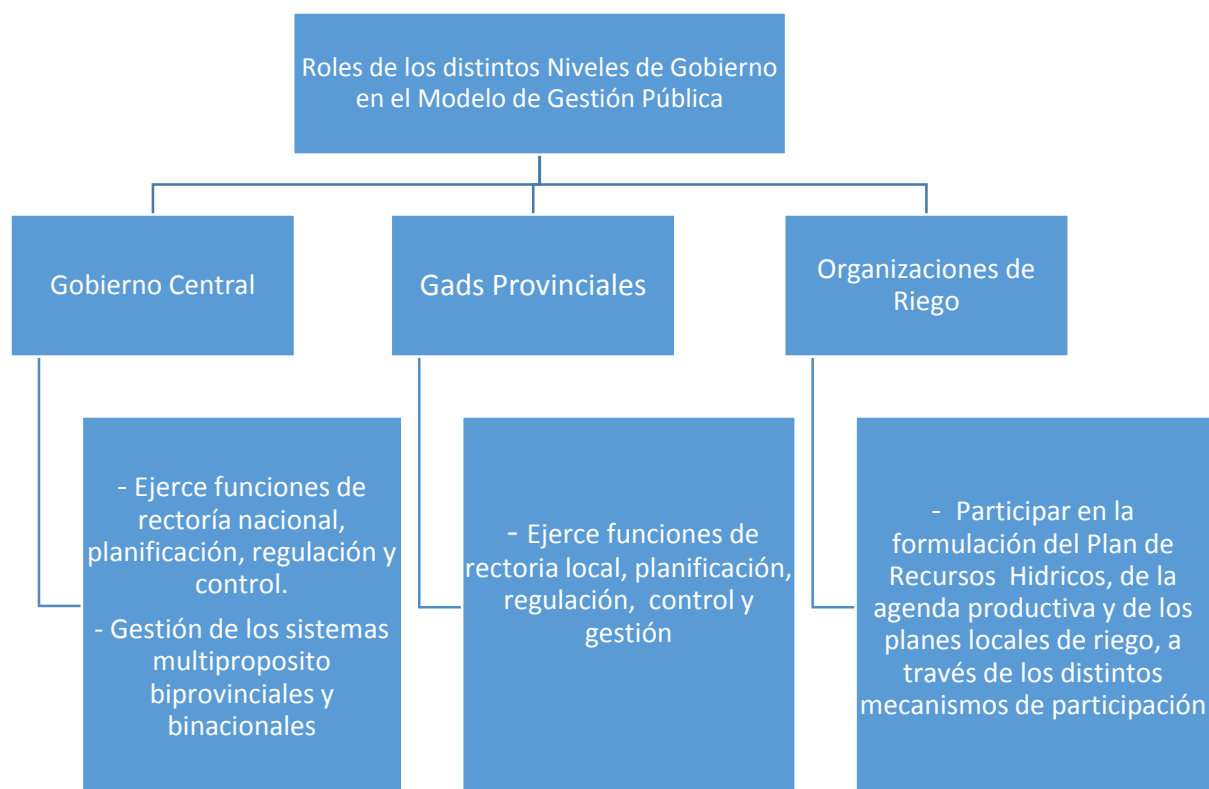
A la par de la entrada en vigencia de la nueva Constitución ecuatoriana en 2008, se crea el Instituto Nacional de Riego (INAR), institución que estuvo a cargo de elaborar el plan nacional de riego y drenaje, además de asumir las competencias en materia de riego de corporaciones regionales de desarrollo entre ellas la Corporación Regional de Chimborazo (CODERECH). Después de dos años de funcionamiento del INAR, mediante el Decreto Presidencial No.564 en noviembre de 2010, se transfiere al MAGAP, todas las funciones, atribuciones y patrimonio del INAR y se crea la Subsecretaría de Riego y Drenaje.

Según datos publicados en la página web del MAGAP⁴², desde 2008 hasta 2016, el gobierno central mediante las prefecturas invirtió un total de USD 229 millones de dólares en riego, de los cuales USD 140 millones fueron destinados a la terminación y rehabilitación de infraestructura de riego y los USD 89 millones restantes, a la tecnificación de riego parcelario con proyectos productivos. En este periodo según el MAGAP, se intervinieron 23.500 hectáreas de cultivos, beneficiando a 24.000 pequeños agricultores de todo el Ecuador.

⁴¹Territorio que drena el agua desde las montañas hasta el mar, por un único afluente o río.

⁴²Datos obtenidos de (Ministerio de Agricultura y Ganadería , 2019)

Tabla N° 4
La Gestión del Riego y los Distintos Niveles de Gobierno a partir de 2008



Fuente: Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012 - 2027

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Anualmente el gobierno central asigna a los gobiernos provinciales recursos para que ejerzan sus competencias de riego y drenaje. Sin embargo, esta asignación no permite cubrir todos los requerimientos de este ámbito. Desde hace algunos años varios sistemas de riego del país están a la espera de recursos para su conclusión o rehabilitación de su infraestructura. Nuevos proyectos de riego como el sistema de riego presurizado Yasipan, que cuentan con estudios de factibilidad aprobados, se encuentran a la espera de recursos para su construcción.

Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

La Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, que entro en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial No. 305 en agosto de 2014, busco afianzar el manejo sostenible del agua expresada en la Constitución de 2008, otorgando al estado ciertas responsabilidades sobre el manejo, apropiación y utilización del agua. Entre los nuevos lineamientos de la Ley de Recursos Hídricos se destaca la noción del agua como patrimonio nacional y estratégico; un bien de dominio público, inalienable, imprescriptible e inembargable. De esta forma, el acceso al agua es un derecho humano que debe ser garantizado por el Estado por medio de la gestión pública o comunitaria. Esta ley prohíbe cualquier mecanismo de privatización del agua, por su importancia para la vida, la economía y el ecosistema.

Una característica a destacar de esta nueva ley en términos de institucionalidad fue la incorporación de un nuevo modelo de gestión integrada del agua, este modelo denominado “Sistema Nacional estratégico del agua” tiene como objetivo articular a los actores involucrados con el manejo del agua en la conformación de mecanismos y estrategias de coordinación en la formulación de políticas públicas, liderado por la Autoridad Única del Agua (SENAGUA), quien es la encargada de ejercer rectoría y generar políticas en favor de los recursos hídricos (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP], 2011).

En relación al riego, esta nueva ley reconoce la función de las juntas de riego como formas de administración ancestral del agua, encargadas de precautelar el uso sostenible del riego, sin embargo, la ley no contempla una autonomía total de las juntas de riego, ya que, si bien forman parte del sistema nacional estratégico, no pueden ejercer funciones de control o formulación de políticas públicas sectoriales, limitando su accionar sobre la gestión del agua a nivel provincial y parroquial. Las organizaciones de usuarios del agua bajo esta nueva ley, pierden la posibilidad de conformar sus propias formas de organización social y por ende su capacidad de precautelar el uso sostenible y equitativo del agua de riego.

Actualmente, organizaciones indígenas trabajan por una reestructuración de la ley, que permita a los usuarios del riego, establecer sus propias políticas en relación al riego, las cuales permitan adaptar la administración del agua, a cada uno de los contextos sociales, económicos y ambientales propios de cada territorio.

Tabla N° 5
Institucionalidad de los Recursos Hídricos en el Ecuador

<u>Año</u>	<u>Reforma Constitucional</u>	<u>Entidad encargada de la administración de los Recursos Hídricos</u>	<u>Competencias</u>
1944	Constitución Política 1945 / 1946	Caja Nacional de Riego	Entidad adscrita al Ministerio de Obras Públicas y encargada del manejo del riego en el país.
1968	Constitución Política 1967	Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos (INERHI)	Entidad adscrita al Ministerio de Agricultura, orientada a la construcción de infraestructura de riego y concesiones. Su finalidad fundamental fue mejorar el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos del Ecuador. Entre sus otras atribuciones se destacaban: • Ejecutar el Plan Nacional de Riego y Saneamiento • Proyectar, estudiar, construir y explotar sistemas de riego. • Establecer los reglamentos a las que deben sujetarse los usuarios que construyan sistemas de riego. • Conceder y monitorear las concesiones de agua otorgado por el estado. • Establecer inventario de los recursos hídricos

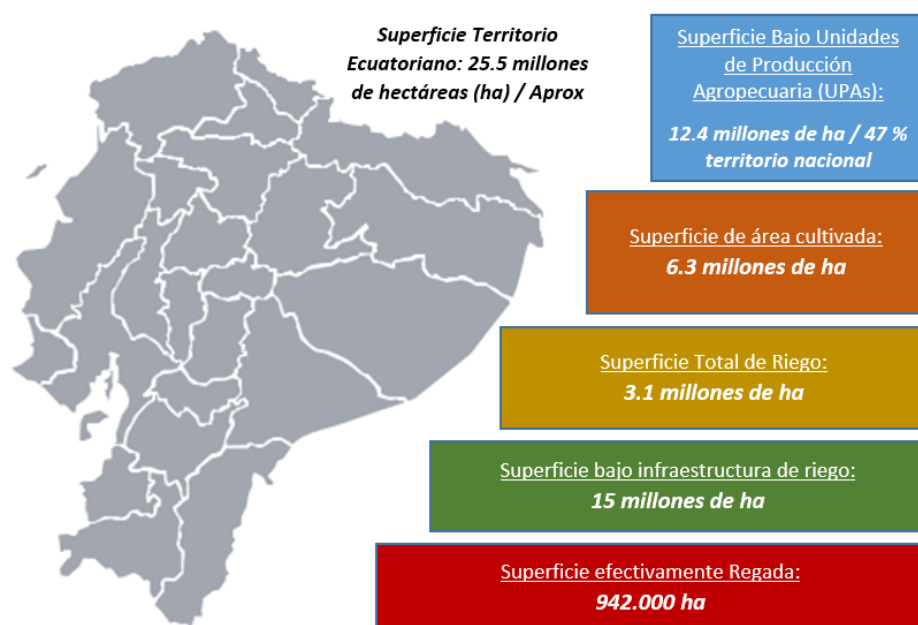
1994	Constitución Política 1979	Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)	Consejo intersectorial conformado por varios ministerios de gobierno entre ellos: el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Finanzas y Crédito Público, el Ministerio de Energía y Minas y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. A diferencia del INERHMI, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos estaba facultado a generar políticas que puedan optimizar el manejo de las cuencas hidrográficas en el país. Adicionalmente, el CNRH contemplaba en su administración el traspaso de la infraestructura, operación y mantenimiento de los proyectos hídricos al sector privado.
2008	Constitución Política 2008	Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)	La secretaria Nacional del Agua SENAGUA, se crea a raíz de la Constitución del 2008, como la única entidad rectora del agua en el país. A diferencia de las anteriores instituciones encargadas de la gestión de los recursos hídricos en el Ecuador, la SENAGUA nace adscrita a la Presidencia de la República con independencia técnica, administrativa y financiera. Con la creación de la SENAGUA, se descentralizó la administración de los recursos hídricos por unidades hidrográficas, otorgando ciertas competencias o los Gobiernos Autónomos Descentralizados [GAD], tales como el riego. La SENAGUA, incluye dentro de sus ejes de acción el cuidado y protección del recurso agua, desde una postura ambiental enfocada a la preservación de los ecosistemas existentes en el país.
2013	Constitución Política 2008	Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)	Mediante un decreto ejecutivo el 30 de mayo de 2013, el ex presidente de la República del Ecuador, Econ. Rafael Correa transfirió las competencias, atribuciones, proyectos y programas en materia de agua potable y saneamiento. Así también, en el mismo decreto se transfirió a la SENAGUA todas las competencias en materia de riego y drenaje.

Fuente: Secretaría Nacional del Agua

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

1.3 La situación actual de la infraestructura de riego

Gráfico N° 7
Distribución de la Superficie por Infraestructura de Riego



Fuente: Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012 - 2027⁴³

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

La superficie del territorio ecuatoriano se estima en 256 370 km², lo que representa un estimado de 25.5 millones de hectáreas. De esa superficie total se estima que 3,14 millones de ha, son aptas para el riego en función de la disponibilidad de los recursos hídricos del país. Según datos de la Subsecretaría de Riego y Drenaje (SRD) (Ex - INAR) y de la Secretaría Nacional del agua (SENAGUA), la superficie que cuenta con infraestructura de riego alcanza las 1 152 000 ha. Adicionalmente, se estima que existen otras 348 000 ha que cuentan con riego, pero que no están interconectados con los sistemas registrados.

⁴³ Para la obtención de la información referente a la distribución de la superficie del territorio ecuatoriano, el MAGAP utilizó fuentes de III Censo Agropecuario del 2000, base de datos de la SENAGUA y del INAR. Debido a que todas las fuentes señalaban datos distintos, para la elaboración del Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012-2027, se aproximó los valores a los registros del Censo agropecuario 2000.

1.4 Caracterización de los distintos tipos de sistemas de riego

1.4.1 Sistemas de Riego estatales

Los sistemas de riegos estatales o públicos son aquellos construidos y administrados por el estado. En el Ecuador estos sistemas de riego tomaron fuerza a mediados del siglo XX, cuando el estado asumió toda la responsabilidad sobre el riego en el país. Ya para la década de los noventa, en un proceso de reducción del tamaño del estado por medio de las privatizaciones, los sistemas de riego estatales fueron administrados por corporaciones regionales de desarrollo como la Corporación Reguladora de Manejo Hídrico de Manabí [CRM], Programa de Desarrollo de la zona sur [PREDESUR], entre otras.

Muchos de los sistemas de riego estatales se constituyeron en proyectos multipropósito muy importantes para la promoción agrícola del país como los proyectos: Carrisal-Chone y el proyecto de Poza Honda. Sin embargo, varias de estas obras presentaron deficiencias en cuanto a su administración y operatividad. Un gran número de los sistemas de riego estatales según informes del MAGAP (2011), no contaron con los estudios de factibilidad adecuados para establecer las necesidades de los usuarios y la demanda social del riego, por lo que su funcionamiento fue delegado a inversionistas privados.

1.4.2 Sistemas de Riego Privados

Los sistemas de riego privados – particulares son aquellos en los cuales sus usuarios (personas particulares, empresas, medianos y grandes productores, etc.) invierten en la infraestructura de riego y asumen los costos generados por la operatividad de dichos sistemas sin ayuda del estado. Detrás del concepto de sistemas de riego privado, existe la noción de que los usuarios de estos sistemas, utilizan el riego como un factor de la producción que permite mejorar la productividad y la rentabilidad de su producción. De esta forma, para que un sistema de riego privado sea sostenible en el tiempo, a más de las condiciones geográficas y de dotación de agua, es necesario que la rentabilidad que genera a sus usuarios, sea mayor a los costos que ellos asumen por el mantenimiento y administración de dichos sistemas (MAGAP,2011).

Según datos de la SENAGUA, el riego privado ha crecido en los últimos años, exactamente un 27%. En 1979 este tipo de sistemas cubría una extensión de 332.000 ha, para 2010 el área que contaba con riego privado alcanzó las 420.000 ha. Otro componente a destacar de este sistema de riego es su proceso de tecnificación en los últimos años, incorporando métodos de riego presurizado, por aspersión y goteo en grandes extensiones de terreno.

Uno de los puntos débiles de los sistemas de riego privado es que concentran la tenencia del agua, al apropiarse de fuentes de agua públicas para generar beneficios privados. Gran parte de los sistemas de riego privados acaparan fuentes hídricas de manera gratuita en áreas de terreno privadas, limitando el acceso al recurso por parte de otros usuarios. Esto genera un conflicto de intereses, tomando en cuenta que el agua según la Constitución ecuatoriana vigente, es un derecho público, de libre acceso para todas las personas.

1.4.3 Sistemas de Riego Comunales

Los sistemas de riego comunales o asociativos, son aquellos sistemas contruidos y administrados por una comunidad o una agrupación de personas con un interés particular sobre el riego. Se denominan riegos comunales porque son principalmente las comunidades quienes por medio de un proceso de auto organización construyen los sistemas de riego para acceder al agua, la misma que es usada principalmente para la agricultura familiar a pequeña escala. En el Ecuador a estos sistemas de riego se los denomina de distinta manera: riego comunitario, campesino, tradicional, etc.

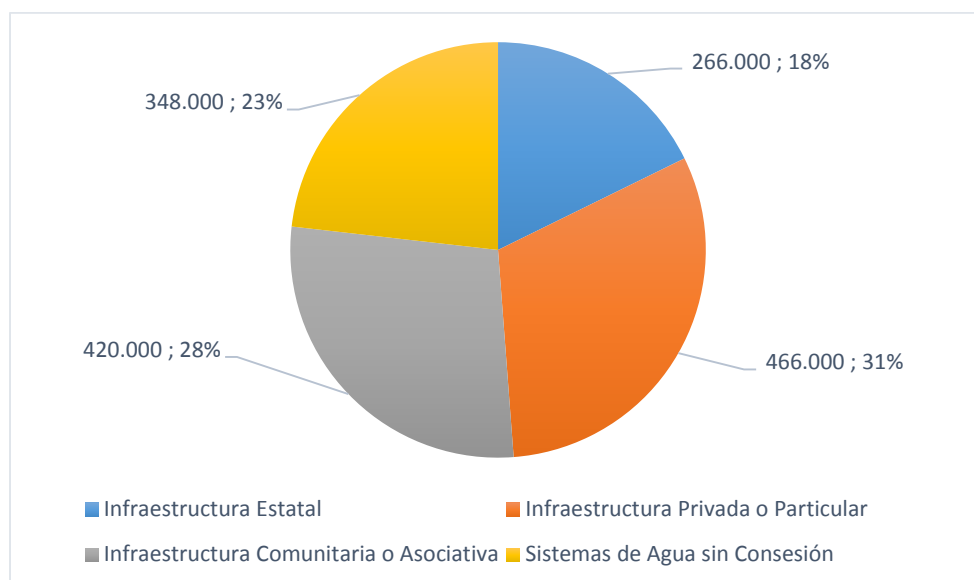
Es a partir del proceso de reforma agraria en la década de los sesenta, que en el Ecuador toma impulso la organización comunitaria y la relevancia de los sistemas de riego comunitario para la economía del sector rural. Finalmente, quienes trabajan por comprender e impulsar el funcionamiento de estos sistemas son las ONGs. Mediante esquemas de cooperación, varias instituciones extranjeras intervinieron en los sectores más pobres del país, principalmente en la sierra centro (Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo), con el objetivo de apoyar a la construcción de capital social y generar programas de apoyo técnico, social y económico a comunidades rurales, en su mayoría indígenas (MAGAP,2011).

Por la forma en la que son constituidos y administrados los sistemas de riego comunitarios o asociativos, la organización de los usuarios quienes son los beneficiarios y administradores del sistema de riego, es clave para el sostenimiento del mismo. Un aspecto a resaltar en este tipo de sistemas, es que promueven la participación social, democratizan el derecho al acceso, uso y distribución del agua y por lo tanto son sistemas más equitativos y eficientes. Lejos de la intervención del estado, los sistemas comunitarios y asociativos se caracterizan por tener “asambleas” o “juntas de regantes”; organismos propios de la comunidad donde se resuelven los conflictos internos generados por la operación y mantenimiento de los sistemas de riego, se toman resoluciones, y se aplican normas o sanciones a los usuarios del sistema.

A diferencia de los sistemas de riego estatales/públicos y los sistemas privados/particulares, los sistemas de riego comunitarios tuvieron poco apoyo por parte del gobierno central ecuatoriano. A pesar de esto, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, reconoció la importancia del riego comunitario para garantizar la soberanía y la seguridad alimentaria, además de su rol fundamental en la economía campesina y el desarrollo de las comunidades indígenas. A partir de 2008, con el reconocimiento de los derechos de la naturaleza y la promoción de la cultura ancestral ecuatoriana en la Constitución, el gobierno central destinó recursos para mejorar la precaria situación de los sistemas de riego comunitarios.

A pesar del notorio cambio de rumbo en las políticas públicas y organización estatal en el Ecuador desde 2008, el último Plan de Riego y Drenaje realizado por el MAGAP en 2011, reconoce las falencias en cuanto a la centralización en la toma de decisiones y la escasa o nula participación social en la planificación y ejecución de nuevos proyectos de riego comunitarios.

Gráfico N° 8
Hectáreas Equipadas con Sistemas de Riego



Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) / Base datos Riego y Drenaje Ecuador

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Según el MAGAP (2011), la superficie efectivamente regada corresponde a 942 000 mil ha. A consecuencia de múltiples problemas en los sistemas de riego públicos y comunitarios/asociativos dichos sistemas tan solo logran regar el 61 % y el 50 % de la superficie equipada respectivamente.

Tabla N° 6
Área Bajo Infraestructura de Riego, Área con Potencial de Riego y Área Efectivamente Regada

Tipo de Sistema	Área con Infraestructura de Riego (ha)	Área Regada (ha)	Brecha (ha) ⁴⁴	Tasa Efectiva de Riego (ha) ⁴⁵
Públicos	266.000	162.260	103.740	61%
Comunitarios - Asociativos	466.000	233.000	233.000	50%
Privados - Particulares	420.000	327.600	92.400	78%
Sin Concesión	348.000	219.240	128.860	63%
Total	1,500.000	942.100	558.000	63%

Fuente: Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012-2027

Elaboración: MAGAP

⁴⁴ Diferencia entre el área con infraestructura de riego y el área efectivamente regada.

⁴⁵ Relación porcentual entre el área con infraestructura de riego y el área efectivamente regada.

En referencia al Tabla 6, se puede observar que la infraestructura de riego en el país es subutilizada, con niveles efectivos de riego promedio del 63%. Es decir, existe un 37 % de cultivos que cuentan con infraestructura de riego, pero no pueden acceder al servicio.

Ruf, Le Goulven, & Rivadeneira (1990) plantean que una de las explicaciones más razonables para que el Ecuador no haya podido ampliar la cobertura de riego en el país, es la dificultad de iniciar proyectos de riego nuevos, por los altos costos económicos y la dificultad técnica que estos proyectos implican. La mayoría de nuevos proyectos de riego en el país se encuentran alejados de las fuentes hídricas disponibles, por lo que transportar el agua es cada vez más complicado y costoso. En términos económicos, el costo marginal de aumentar la superficie efectiva regada, es mucho más alto en la actualidad, de lo que fue años atrás, cuando los sistemas de riego se encontraban más cerca de las fuentes de agua.

A pesar de que es extremadamente complicado reducir la brecha por completo, el MAGAP y la SENAGUA han encaminado sus políticas para promover principalmente la eficiencia de los sistemas de riego públicos y comunitarios, mediante la implementación de nuevos mecanismos de riego, la repotenciación de los sistemas de riego existentes, la reestructuración institucional, nueva adjudicación de los caudales, entre otros mecanismos.

1.5 Problemáticas relacionadas al Riego en el Ecuador

1.5.1 Acceso inequitativo al Agua y Concentración de tierras

El problema de acceso y distribución de tierras en el Ecuador, ha influenciado radicalmente el progreso de los sistemas de riego en el país. El acaparamiento de las tierras, está acompañado indudablemente del control sobre otros recursos productivos, entre ellos, el manejo del agua de riego. Para entender el contexto actual del acceso inequitativo del agua, es necesario mirar la evolución de la tenencia de la tierra en el Ecuador durante el último siglo (MAGAP, 2011).

Tabla N° 7
Reformas a la Estructura Agraria en el Ecuador

Año	Reforma	Gobierno	Finalidad de la Reforma
1908	Ley de Beneficencia (conocida también como “Ley de manos Muertas”)	Eloy Alfaro (Revolución Liberal)	Eliminar los latifundios pertenecientes a las órdenes religiosas y otorgar esas tierras a las comunidades que trabajan en ellas.
1964	Ley de Reforma Agraria y Colonización	Junta Militar comandada por Ramón Castro Jijón	Elementos Fundamentales de la ley: • Eliminar relaciones precarias de producción. • Parcelar las haciendas del estado y adjudicarlas a los campesinos • Impulsar el proceso de colonización agraria • Desmontar el sindicalismo agrario

			Para ejecutar la reforma, se instauró el Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización (IERAC)
1970	Decreto 1001	José María Velasco Ibarra	Abolió el trabajo precario en las zonas arroceras de la costa ecuatoriana.
1973	Ley de Reforma Agraria	General Guillermo Rodríguez Lara	Elementos Fundamentales de la ley: • Buscar por medio de la reforma agraria un nuevo modelo de desarrollo agrícola que favorezca la economía de los campesinos. • Garantizar procesos de redistribución y propiedad de la tierra, favoreciendo a los minifundistas. • Apoyar a los minifundistas por medio de ayudas técnicas y sociales en la producción agropecuaria.
1979	Ley de Fomento y Desarrollo Agropecuario	Triunvirato Militar (Duran Arcntales, Poveda Burbano y Leoro Franco)	Se buscaba proteger la propiedad de las tierras que aún quedaban en el país en manos de los latifundistas por medio de garantizar la propiedad agraria bajo la figura de “tierras eficientemente trabajadas”. De esta forma se fortalecía la propiedad de los medianos y grandes propietarios de la tierra que utilizaban la tierra para la agroindustria principalmente.
1994	Ley Desarrollo Agrario	Sixto Duran Ballén	Elementos Fundamentales de la ley: • Promociona el mercado de tierras • Elimina las restricciones a la transferencia de las propiedades propiedad del estado • Autoriza el fraccionamiento de las tierras comunales • Se elimina el IERAC y en su remplazo se crea el Instituto de desarrollo Agrario (INDA)
2016	Ley de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales (LOTRTA)	Rafael Correa Delgado	La reforma legal tiene como objeto normar el uso y acceso a la propiedad de la tierra rural desde un enfoque social y ambiental. La ley también regula la propiedad, administración y redistribución de la tierra rural con el objeto de garantizar la soberanía alimentaria y la sustentabilidad ambiental

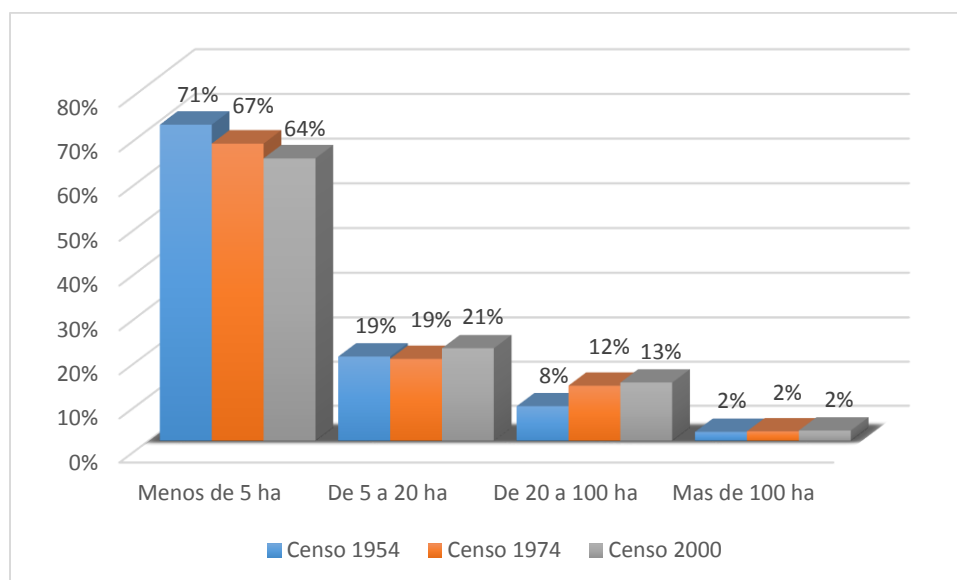
Fuente: (Brassel, Ruiz, & Zapatta, 2008)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Ya para el 2016, véase en la Tabla 7, se retoma el tema agrario con la aprobación de la ley de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales. Este nuevo proyecto de ley tiene como objetivo; reemplazar la Ley de Desarrollo Agrario de 1994 y adaptar las necesidades del territorio rural ecuatoriano, al nuevo contexto mundial en términos de crecimiento demográfico, crecimiento de consumo de alimentos, biocombustibles, madera, etc. (Sanmartin, 2016).

La ley de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales se soporta en cinco pilares básicos en el ámbito de la promoción del “Buen Vivir”, estos son: el mejoramiento de la productividad agrícola, limitar las fronteras agrícolas, mejoramiento de la calidad del suelo, seguridad jurídica de la propiedad de la tierra rural y ancestral, y finalmente, limitar la concentración de tierras y la creación de latifundios que afecten la función social y ambiental de la tierra (Sanmartin, 2016).

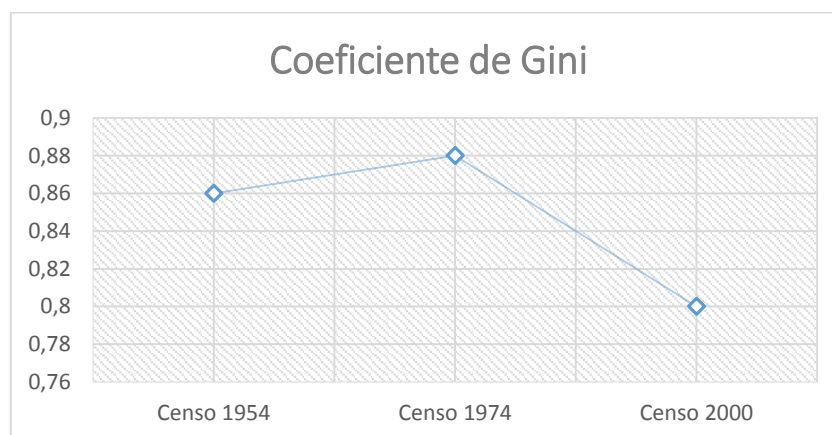
Gráfico N° 9
Tenencia de la Tierra en el Ecuador por Número de Unidades Productivas Agropecuarias (UPAS)



Fuente: (Brassel, Ruiz, & Zapatta, 2008)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Gráfico N° 10
Coefficiente de Gini de la Tenencia de Tierras en el Ecuador por Número de Hectáreas



Fuente: (Brassel, Ruiz, & Zapatta, 2008)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Con todos estos antecedentes relacionados a la concentración de la tierra y demás recursos productivos adyacentes como los sistemas de riego, los datos relacionados al nivel de concentración de la tierra y del agua no son alentadores en el país. Tal como se puede observar en el gráfico 10, según datos del III Censo Nacional Agropecuario realizado en el país en el año 2000, el coeficiente de Gini que analiza el nivel de desigualdad en la propiedad agraria en el país, se situó en 0.80, con lo cual el Ecuador se convirtió en uno de los países con mayor concentración de tierras en Latinoamérica, superando a países como Perú y Bolivia (MAGAP, 2011: 31).

En lo referente al riego, según el mismo censo agropecuario, del total de Unidades Productivas Agropecuarias (UPAs) en el país, que se contabilizaban en alrededor de 840.822 unidades, solo 250.199 UPAs contaban con riego. En el Tabla 8, se puede observar que también existe desigualdad en cuanto al acceso a sistemas de riego por parte de las pequeñas UPAs. Las UPAs de mayor tamaño, que son un número reducido, concentran la mayor superficie agrícola y superficie bajo riego; mientras que las UPAs de menor tamaño, que son la gran mayoría en el país, concentran menor superficie agrícola y menor superficie bajo riego.

Tabla N° 8
Acceso a la Superficie Bajo UPAS, a la Superficie Agrícola y a la Superficie Bajo Riego por Tamaño de las Upas

Rango por Tamaño de UPAs	Total Número de UPAs por Tamaño		Total Superficie Bajo UPAs por tamaño de UPAs		Total Área Agrícola por Tamaño de UPAs		Total Número de UPAs con Riego por Tamaño de UPAs		Total Área Regada por Tamaño de UPAs	
	No	%	(HA)	%	(HA)	%	No	%	(HA)	%
Menos de 1 ha	248.398	29.5	93.834	0.78	77.924	1.2	89.830	37.21	29.020	3
De 1 a 3 ha	196.550	23.3	379.410	2.7	254.794	4.0	60.202	25.11	62.263	7
De 3 a 10 ha	191.467	22.7	1,022.008	8.3	696.952	11.0	64.458	22.75	171.098	18
De 10 a 20 ha	73.660	8.8	1,017.807	8.2	633.439	10.0	16.744	7.00	84.629	9
De 20 a 50 ha	76.792	9.1	2,372.027	19.2	1,361.016	21.5	11.146	4.66	112.196	12
De 50 a 100 ha	34.498	4.1	2,242.409	18.2	1,157.432	18.3	3.940	1.65	89.682	10
De 100 a 200 ha	12.941	1.5	1,666.875	13.5	833.033	15.5	2.180	0.90	91.919	10
Más de 200 ha	6.516	0.8	3,993.496	29.1	1,296.863	20.5	1.699	0.71	290.369	31
TOTAL	840.822	100	12,300.890	100	8,333.343	100	250.199	100	931.176	100

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 2000

Elaboración: (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP], 2011)

Véase la Tabla 8, en ella se destaca que el sector agrícola ecuatoriano en el año 2000 presentaba signos de concentración sobre la propiedad de la tierra, ya que UPAs mayores a 200 ha concentraban el 29.1% del total de superficie bajo UPAs, a pesar de que en número solo representaban el 0.8% del total de UPAs en el país.

En relación al riego, las cifras muestran que el 37 % del territorio dotado con riego corresponde a UPAs medianas y pequeñas que comprenden terrenos de hasta 10 ha, y representan apenas el 28% del área total regada en el país. En cuanto a la adjudicación de caudales, el escenario se vuelve más desfavorable para las medianas y pequeñas UPAs, ya que reciben entre el 6% y 20% del total de caudales disponible, mientras que los propietarios de grandes extensiones de tierra agrícola controlan el 60% de los caudales adjudicados para riego (MAGAP, 2011: 32).

1.5.2 Ineficiencia de los sistemas de riego

Para la elaboración del Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012- 2026, el MAGAP identificó que las principales falencias en los sistemas de riego, es la falta de planificación y recursos económicos. Estos problemas trajeron consigo falencias en el levantamiento de información y de organización en la construcción de nueva infraestructura de riego. Junto a esta problemática, los proyectos de riego ya en funcionamiento presentan problemas de gestión y capacidad técnica, por parte de los usuarios y de las instituciones gubernamentales a cargo de la supervisión del riego (MAGAP,2011:33).

Según un estudio realizado por (Acosta, 2010),las problemáticas que afectan a los sistemas de riego en el país se pueden resumir en la siguiente tabla:

Tabla N°9
Problemática de los Sistemas de Riego y Drenaje en el Ecuador

Factor	Problemática
Infraestructura de Riego Incompleta	• Pocos Recursos Económicos • Estudios de viabilidad técnica incompletos • Deficiente Planificación integral del riego • Escasa evaluación y seguimiento de los sistemas de riego implementados • Abandono de obras por falta de planificación • Métodos inapropiados de riego
Mantenimiento Inadecuado Infraestructura de Riego	• Incumplimiento de los planes de operación y mantenimiento • Insuficiente participación de los usuarios en el mantenimiento de los sistemas de riego • Débil posicionamiento y liderazgo de directivos • Débil gestión organizativa • Carencia de equipos adecuados para labores de mantenimiento
Insuficiente rehabilitación de los canales de agua (vida útil, desastres naturales, etc.)	• Falta de presupuesto • Poca evaluación y seguimiento de los sistemas de riego operativos en el país. • Tarifas de Riego insuficientes • Falta de planificación por parte de las autoridades competentes
Escasa Tecnificación	• Pocos estudios de factibilidad • Recursos insuficientes para implementar sistemas de riego tecnificado • Falta de cultura de riego tecnificado • Poca inversión en agro tecnología • Falta seguimiento a los proyectos de riego tecnificado
Intervención ineficiente en el mantenimiento de los sistemas de riego comunitarios/asociativos	• Escaso presupuesto • Malas políticas de intervención estatal • Debilitamiento institucional y de coordinación con las localidades
Escasa gestión administrativa de los sistemas de riego	• Débil participación de los beneficiarios del riego • Debilitamiento institucional • Inadecuada Planificación • Problemas de organización y liderazgo • Poca capacitación y asistencia técnica sobre el riego

Fuente: Acosta, 2010

Elaboración: Acosta 2010

Adicionalmente, muchos de los sistemas de riego en funcionamiento actualmente en el Ecuador, atraviesan por problemas técnicos relacionados a su deficiente planificación. Entre los problemas más comunes se destacan: problemas topográficos; terrenos con pendientes muy pronunciadas o terrenos sin pendientes; problemas climáticos; sistemas de riego con caudales muy fluctuantes durante todo el año, principalmente con caudales incipientes en épocas de sequía; desperdicio o subutilización del agua, en sistemas principalmente de la sierra que utilizan métodos de riego por inundación o surcos⁴⁶; y finalmente, uno de los problemas más nuevos en la administración de los sistemas de riego actuales es la disminución de la oferta hídrica. Debido a la escasez de agua, los nuevos proyectos de riego están optando por implementar sistemas más eficientes en cuanto a la utilización y aprovechamiento del agua como los sistemas de riego presurizado o de aspersión⁴⁷, tal como se prevé en la ejecución del Proyecto de Riego Yasipan (MAGAP, 2011: 33).

Según la última evaluación realizada a los sistemas de riego por parte del MAGAP en 2012, únicamente el 9% de la infraestructura de riego en el país están en “óptimas condiciones”, es decir funcionando entre el 75% y 100% de su capacidad. La infraestructura de riego considerada en mal estado, corresponde a sistemas de riego comunitarios. La razón principal para el deterioro acelerado de los sistemas de riego comunitario es la baja inversión económica con la que se construye estos sistemas, la poca tecnificación de las personas que los construyen (miembros de la comunidad) y finalmente, el poco apoyo existente por parte de las autoridades competentes en la ejecución y operación de los sistemas de riego comunitarios.

Gran parte de los sistemas de riego comunitarios, por tratarse de sistemas superficiales que recorren varias comunidades, la jurisdicción y concesión de los suministros de agua suelen generar conflicto entre los regantes; quienes al suscitarse problemas de escasez de agua tienden a monopolizar el consumo en sectores “aguas arriba”, esto debido a que casi todos los sistemas de riego comunitario no tienen la capacidad de almacenar agua a través de embalses o cuencas en épocas de poca lluvia (MAGAP, 2011:35).

1.5.3 Bajo Nivel de tecnificación e innovación en los sistemas de riego

En el Ecuador, los métodos de riego más utilizados por los agricultores se agrupan en dos categorías: el riego superficial o por gravedad (el más común) y el riego por goteo o aspersión (presurizado). Según datos de la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), realizada en 2017, del total de área dotada con riego en el país (1.088.228,94 ha), el 54.79% (596.240 ha) corresponde al riego por gravedad, el 28.04% (305.139 ha) a riego por bombeo y el 17.16 % (186.740 ha) a riego presurizado (goceo, micro aspersión, nebulización, etc.).

⁴⁶Es el sistema de irrigación más tradicional y de menor tecnificación que existe actualmente. Consiste en transportar el agua por medio de surcos en el suelo, los cuales inundan los terrenos para abastecer de agua a los cultivos. Para que este sistema sea eficiente se necesita que el suelo en el cual se construyen los surcos tenga un grado de inclinación suficiente para que el agua pueda correr a través de ellos sin necesidad de bombas.

⁴⁷ Los sistemas de riego presurizado utilizan tubos o mangueras por donde se conduce el agua, la cual es impulsada por medio de bombas para generar la presión suficiente y distribuir el agua por todo el sistema sin importar la topografía del suelo. Este método garantiza mayor eficiencia en el consumo de agua, pero requiere mayor inversión para su construcción y mantenimiento.

Sin duda, el método de riego superficial o a gravedad predomina en el país, ya que aprovecha las características topográficas del suelo y su nivel de tecnificación es relativamente bajo en comparación a otros sistemas de riego. Los sistemas comunitarios de riego de la región andina han desarrollado milenariamente esta técnica que utiliza surcos o acequias para conducir el agua de los páramos a las parcelas de terreno ubicadas en sectores con menor altitud. El nivel de inversión económica es bajo, pero requiere altos niveles de organización y de mano de obra para su construcción y ejecución. Según el MAGAP (2011), el 90% de los sistemas de riego superficial o por gravedad presentaban serios problemas por pérdida de agua debido a la precaria infraestructura que no permite que estos operen a su máximo potencial.

Por su parte, los sistemas de riego por goteo o aspersión están tomando auge en el Ecuador y en el mundo debido a la reducción de las fuentes de agua dulce disponibles. Según el INIA, únicamente el 5 % los sistemas de riego presurizados forman parte de los sistemas comunitarios de riego, pero su perspectiva de crecimiento en la región andina es fuerte, ya que también puede aprovechar las altas pendientes de la región interandina, para prescindir de sistemas de bombeo y generar la presión necesaria para distribuir el agua. Sin embargo, los altos niveles de parcelación y dispersión de las UPAs hacen que sea imprescindible que exista numerosos acuerdos entre los usuarios del riego para poder abastecer de agua a todos los usuarios disponibles. Hasta el momento, los sistemas de riego presurizado han sido utilizados únicamente para cultivos destinados a la exportación tales como: flores, cacao, café, etc. Debido a que el margen de rentabilidad de la producción a gran escala de este tipo permite realizar inversiones en sistemas de riego más tecnificados. A nivel campesino, los dueños de pequeñas y medianas UPAs, no cuentan con los ingresos necesarios para invertir masivamente en sistemas de riego con mayor nivel de tecnificación.

Ante esta realidad, varios programas de desarrollo apoyados por organismos multilaterales y ONGs como el Banco Mundial (BM), han financiado en el Ecuador varios proyectos de riego presurizados (principalmente por aspersión) en algunos sectores del país, reduciendo la participación de los sistemas de riego por gravedad en la sierra del 84% al 78% en la última década, he incrementado la participación de los sistemas presurizados del 12% al 21% en el mismo periodo. (MAGAP, 2011: 37).

El proyecto de Riego Yasipan, busca integrarse a los sistemas de riego por aspersión y ser uno de los proyectos más emblemáticos del sector en cuanto a la innovación y utilización eficiente del agua proveniente de la microcuenca del Yasipan. Debido a que los caudales atribuidos a esta cuenca han cambiado y el abastecimiento del agua no es constante a lo largo de todo el año, los sistemas de riego presurizado se convierten en una necesidad en la provincia de Chimborazo.

Tabla N° 10
Incremento de la Superficie de Riego Presurizado por Región en el Ecuador (2000-2010)

Región	Hectáreas dotadas con Riego Presurizado (Datos III CNA, año 2000)	% Hectáreas dotadas con Riego Presurizado (Datos III CNA, año 2000)	Aumento Superficie con Riego Presurizado en 10 años (ha)	Aumento Superficie con Riego Presurizado en 10 años (%)
Costa (Litoral)	114.704	12.56	34.051	9.13
Sierra	224.429	21.40	14.694	4.72
Total Nacional	339.133	22.07	48.746	5.74

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario, 2000, PNRD, 2012

Elaboración: MAGAP, 2011

1.6 La gestión comunitaria del agua y la institucionalidad del riego en el Ecuador

Los territorios son espacios socialmente contruidos cuya identidad depende de las relaciones sociales entre los actores presentes en el, así como de la forma en la que se distribuyen y utilizan los recursos naturales. Un territorio está determinado por factores sociales, culturales e históricos que evolucionan constantemente. Esta evolución se ve reflejada en la capacidad de alcanzar objetivos comunes entre los distintos actores que conforman un territorio.

En este sentido, la gestión comunitaria del agua y específicamente del riego contribuyen a la construcción social del territorio, ya que implica un proceso organizativo arduo que parte de procesos sociales, culturales e históricos particulares que permiten acceder a los derechos individuales y colectivos sobre el agua. Estos derechos influyen en el nivel de apropiación de los recursos hídricos y permiten a las juntas de riego, ejercer su autonomía frente a otras organizaciones sean estas públicas o privadas (Foro de los Recursos Hídricos, 2013).

A partir de que los seres humanos dejaron de ser nómadas y se consolidaron los primeros asentamientos humanos, la provisión de agua se volvió una necesidad. De esta forma, todas las poblaciones humanas desde que se tiene registro, han constituido formas organizativas para acceder a este recurso imprescindible para la vida. Por esta razón, todas las formas de acción colectiva entorno al agua son consideradas como una de las instituciones más antiguas que existen en el mundo.

Las organizaciones comunitarias y especialmente las comunidades indígenas, han desarrollado por muchos siglos la capacidad de gestión entorno al agua. Ancestralmente, varias culturas prehispánicas como los Incas construyeron obras hidráulicas sin precedentes, que permitieron el abastecimiento de agua para el consumo y la agricultura; a la par lograron crear mecanismos de organización social que permitieron aprovechar y normar el uso del agua. Dichos componentes se formalizaron con el pasar de los años y perduran hasta la actualidad. La minga es un claro ejemplo de aquello; esta forma de colaboración social nació como una institución que no fue diseñada deliberadamente, por lo que se puede considerar informal, pero que ha evolucionado paulatinamente a través de la interacción de los individuos y actualmente forma parte de la construcción histórica de los territorios indígenas.

Otra institución informal que se concibió como una herramienta de gestión comunitaria y evolucionó hasta ser formalizada y reconocida por la constitución ecuatoriana son las juntas de agua. Las juntas son las estructuras sociales encargadas de la gestión de los recursos hídricos y surgen, en parte, a la incapacidad de los gobiernos centrales y seccionales de prestar el servicio de riego y agua potable a causa de una limitación administrativa y presupuestaria con las que operan (Foro de los Recursos Hídricos, 2013).

Se estima que en el Ecuador existen alrededor de 6.000 sistemas comunitarios de agua entre directorios, juntas y sistemas regionales. Estos sistemas poseen distintos tamaños; los más pequeños pueden agrupar 50 familias y los más grandes están conformados hasta por 2.000 familias. Todos estos sistemas agrupan aproximadamente a 4 millones de ecuatorianos, principalmente del sector rural (Martínez, 2010).

La situación actual de los sistemas comunitarios en el país es diversa, ya que presentan distintos niveles de operatividad y funcionamiento. Existen organizaciones que corren el riesgo de desaparecer, otras que presentan problemas en su administración y gestión del agua, y finalmente existen organizaciones comunitarias efectivas que han logrado encaminar grandes proyectos de riego, saneamiento y agua potable.

1.6.1 El rol histórico de las comunidades campesinas y las juntas de riego

La gestión del riego parte de estructuras de poder, formas de negociación y de intereses particulares de cada territorio. Las comunidades campesinas y su nivel organizativo alrededor del agua de riego surgen de largos procesos sociales a nivel familiar, grupal, comunal, intercomunal e institucional. Estas formas de organización que no son nuevas, facilita la comunicación entre los regantes, la supervisión y el control del agua y son una herramienta eficaz para el manejo integral del riego (Foro de los Recursos Hídricos, 2013).

A partir de la conquista española, se instauraron nuevos derechos de propiedad sobre el agua, excluyendo progresivamente a las comunidades asentadas en el sector rural el acceso a los recursos naturales. Dichas condiciones de exclusión reconfiguraron los derechos comunitarios sobre el acceso, control, distribución y uso del agua; lo cual requirió una serie de sublevaciones indígenas desde el siglo XVII hasta el siglo XIX, para el reconocimiento de sus derechos (Paspuel, 2016).

Lograr el acceso al agua y a la tierra, fue elemento esencial en la consolidación de movimientos indígenas en el Ecuador, los cuales históricamente han sido liderados por organizaciones afines al manejo del agua. Dichas organizaciones lograron que en el país se dé un proceso gradual de reconocimiento de las demandas comunitarias por la tierra y el agua, lo que finalmente permitió que, en la época republicana, el estado reconozca los derechos comunitarios del agua. De esta forma, las comunas, cabildos y asambleas campesinas retomaron la cosmovisión andina en la gestión de los recursos hídricos después de consagrarse una de los mayores logros sociales como fue la “reforma agraria” (Paspuel, 2016).

Para García (2010), la fuerza que tomaron las organizaciones campesinas e indígenas en el ámbito político a finales de la década de los noventa en el país, motivaron a que la constitución de 1998 incluyera parte de sus demandas en relación a la gestión del agua. La resistencia del movimiento campesino, indígena y de las organizaciones sociales frente al modelo “neoliberal” se radicalizaron en levantamientos nacionales y el derrocamiento de tres presidentes. A pesar de todos estos esfuerzos

a inicios de los 2000, no se materializaron los pedidos de las organizaciones sociales y las juntas de riego perdieron su fuerza ante la privatización del agua.

En 2008, la asamblea constituyente de Montecristi incluyó a los recursos hídricos como un elemento esencial de la nueva constitución. Los movimientos indígenas y campesinos aportaron con sus propuestas para la redacción de la nueva carta magna, las mismas que se basaron en la gestión participativa, social y sustentable del agua, desde la perspectiva rural y de soberanía alimentaria. Si bien las juntas de riego ya fueron reconocidas años atrás como instituciones prioritarias en la gestión del agua, se esperaba que la última constitución de 2008, otorgue un verdadero poder a estas instituciones en cuanto a la planificación, construcción y ejecución de políticas públicas en favor del riego (García, 2010).

Como veremos en los dos siguientes capítulos, existe una gran disociación entre lo establecido en la constitución del 2008 y lo que realmente ocurre en los sistemas de riego del país. Lastimosamente, según la propia Secretaría del Agua [SENAGUA], los sistemas de riego están siendo afectados principalmente por la poca coordinación institucional, la falta de tecnificación, el bajo nivel de participación de las juntas de riego y la falta de recursos económicos para la mejora y construcción de nuevos proyectos hídricos (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP], 2011).

Resumen

A partir de 2008, el manejo descentralizado de la competencia del riego promovió un nuevo esquema sobre el manejo de los recursos hídrico en el país, el cual busca precautelar el cuidado del agua como un recurso esencial para la vida y el medio ambiente. Con la transferencia de la competencia del riego a los gobiernos provinciales se esperaba que la situación del riego mejore. La denominada “ley de aguas” junto con el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía Descentralización (COOTAD) fueron concebidas para precautelar el buen uso del agua mediante un esquema de planificación sectorial que permita atender las necesidades urgentes de las provincias frente al recurso hídrico.

Si bien se ha hecho grandes esfuerzos para desconcentrar la tenencia de la tierra y desprivatizar el uso y aprovechamiento de las fuentes de agua, persisten aun problemas estructurales sobre la democratización del agua, su regulación y la vinculación con las políticas públicas, especialmente en los sistemas de riego. El acelerado deterioro de los sistemas de riego, su ineficiencia y poca tecnificación dan cuenta de ello.

A pesar de que la regulación que rige el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en el Ecuador contemplan la participación de las organizaciones sociales en la formulación de agendas productivas, planes locales de desarrollo y proyectos de riego por medio de distintos mecanismos de participación, organizaciones sociales como las juntas de riego no tienen por el momento poder de decisión frente a las problemáticas del agua que los aqueja.

Según lo expuesto en este capítulo, si persiste aun una política de arriba hacia abajo que no considera a las necesidades del sector rural, el marco regulatorio pierde su eficacia al momento de gestionar políticas encaminadas al buen uso y sostenimiento del recurso hídrico en el Ecuador.

Capítulo 2

2. El cantón Guamote y la construcción del Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI)

El cantón Guamote se encuentra localizado en la provincia de Chimborazo, en la parte central del callejón interandino. Su extensión abarca unos 1223.3 km², lo que representa el 18.9% de la extensión total de la provincia de Chimborazo, convirtiéndose en el segundo cantón más extenso de la provincia. El cantón Guamote está integrado por tres parroquias: una parroquia urbana, que lleva su mismo nombre y dos rurales; Cebadas y Palmira.

De acuerdo a los datos del censo INEC 2010, el cantón posee una población total de 45.153 habitantes, de los cuales el 94% (42.505 personas) viven en el sector rural. En cuanto al nivel de pobreza, según datos del INEC (2010) la pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI) alcanzó el 95.5%, convirtiéndolo en uno de los más pobres del país. De igual manera, es el cantón con más población indígena⁴⁸, el 94,49% de su población se auto identifica como indígena y el 5% restante como mestiza⁴⁹. El idioma principal es el Kichwa seguido por el castellano.

Referente a cifras sociales, la tasa de analfabetismo en el cantón se ubicó en el 20.14% en 2010. En relación a los años de escolaridad⁵⁰ el promedio cantonal se ubicó en 4.89 años, la más baja en el país según el INEC (2010). Referente a la desnutrición crónica⁵¹, según datos de la misma encuesta, para el periodo 2006 – 2010 alcanzo el 58.51%.

2.1 Retrospectiva de la economía local de Guamote

La economía del cantón Guamote toma protagonismo a partir del año de 1903, cuando el ferrocarril que conectaba Quito con Guayaquil llega a Guamote. Con el ferrocarril, la economía del cantón comienza a dinamizarse en torno al comercio y la agricultura. Casi toda la producción agropecuaria del cantón (carne, leche, cebolla, trigo, etc.) era transportada hacia Guayaquil, su principal mercado. Para ese entonces toda la producción agrícola de Guamote se concentraba en grandes haciendas de propiedad de terratenientes originarios de Riobamba (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guamote , 2014:180)

La fuerte concentración de tierras en Guamote a inicios del siglo XX, motivó varios levantamientos indígenas que se materializaron en 1938 con la promulgación de la ley de comunas y culminó con la cantonización de Guamote en 1944, en el gobierno del entonces presidente Dr. José María Velasco Ibarra. Entre 1960 y 1980, a raíz de la reforma agraria y conjuntamente con el apoyo de la iglesia católica las haciendas de Guamote se transfieren al pueblo indígena del sector, quienes mantuvieron la

⁴⁸ En biogeografía hace referencia a una especie nativa o autóctona de una región determinada.

⁴⁹ Hace referencia al cruce de dos razas distintas propias del proceso de mestizaje

⁵⁰ Años lectivos aprobados por las personas de una determinada edad en las distintas instituciones de educación.

⁵¹ Mide el retraso en el crecimiento de los niños menores de 5 años. La desnutrición provoca retraso en el desarrollo mental e intelectual de los niños e incide en un mayor riesgo de muerte.

vocación agropecuaria del cantón (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guamote, 2014:181).

Según el último censo realizado por el INEC en 2010, el 81.62% de la población rural del cantón la cual representa el 94% de toda la población de Guamote, trabaja en el sector primario que comprende actividades como la agricultura, la avicultura, pesca y explotación minera. Mientras que apenas el 4.60% de la población económicamente activa (PEA) está relacionada al sector secundario (agroindustrias) y el 6,24 % al sector terciario (comercio).

2.1.1 Propiedad sobre la tierra en el Cantón Guamote

A raíz de la reforma agraria, en el cantón Guamote se fortaleció la participación política de la comunidad indígena. Esto permitió que se abrieran nuevos espacios para que el cantón se reestructurara en el ámbito económico y social, en beneficio de las comunidades indígenas. Esta dinámica de liberación social trajo consigo un proceso de democratización de las tierras que permitió otorgar títulos de propiedad a cientos de familias y comunidades del sector.

Hoy por hoy, la mayoría de parcelas que componen el cantón Guamote son pequeñas (hasta 5 ha) las cuales cubren una superficie total de 30.000 ha, lo que representa el 25.57% de la superficie total del cantón. Las parcelas medianas (mayores a 5 ha y menores a 25 ha) abarcan una superficie de 2.752 ha, equivalente al 2.35% de la superficie cantonal. Finalmente, las parcelas grandes (mayores a 25 ha) cubren una superficie de 5.386 ha, que corresponde al 4,49% de la superficie del cantón. El 67.49% restante de superficie corresponde a áreas de uso antrópico⁵², cuerpos de agua y zonas protegidas (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guamote, 2014:202).

El alto nivel de parcelamiento de la tierra productiva en el Cantón Guamote refleja un proceso arduo de desconcentración en la tenencia de la tierra en favor de las comunidades. Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del cantón, este fraccionamiento de tierras trae consigo una explotación intensiva del suelo, que contribuye a la degradación progresiva de la calidad del mismo. Adicionalmente, en temas de riego, al existir mayor parcelación de tierras, aumenta el grado de complejidad al momento de planificar y construir estos sistemas, al igual que favorece a mayores niveles de conflictividad entre los usuarios del riego (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guamote, 2014: 202).

2.1.2 Gestión Participativa en Guamote

El Ecuador es un país que se autodefinió en su última Constitución, como un estado social de derecho, soberano, unitario, independiente, democrático, pluricultural y multiétnico (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008. Art. 1)

En este contexto, el carácter plurinacional y multiétnico del Ecuador, se materializa en procesos de participación social y política por parte de los diversos movimientos indígenas del país, que actualmente se encuentran representados por la Confederación de Nacionalidades Indígenas del

⁵² Usos del suelo que derivan de la actividad humana, tales como: infraestructura vial, rellenos, etc.

Ecuador (CONAIE). Estos procesos participativos, dan cuenta de una tendencia creciente de ejercer la democracia de manera incluyente, tomando en cuenta a los miembros de la comunidad y sectores minoritarios de la población. Mediante estos nuevos espacios de participación, se busca que la administración pública atienda las necesidades de las comunidades, y juntos se puedan alcanzar objetivos consensuados. Uno de los ejemplos más claros de democracia participativa y empoderamiento indígena en el Ecuador, es el cantón Guamote (Araujo, 2010).

Parlamento Indígena y Popular de Guamote y el Comité de Desarrollo Local

Desde la década de los cuarenta, el cantón Guamote ha sido partícipe de una lucha ardua por el reconocimiento de sus derechos, con la finalidad de terminar con los huasipungos y el sistema de hacienda, que se convirtió en el siglo XX, en una forma de esclavitud moderna hacia los indígenas. En este proceso, la reforma agraria y el apoyo de la iglesia católica fue clave para que las comunidades explotadas pasen a ser dueños de las tierras en las que trabajaban.

A inicios de los noventa, cerca del 90% del territorio cantonal pasa a manos indígenas y a partir de ello, las comunidades comienzan a conformar espacios de participación y decisión política dentro del cantón. En 1992, Mario Curicama asume la alcaldía de Guamote y se convierte en el primer alcalde indígena del Ecuador y de América Latina, marcando un antes y un después en la historia de la participación indígena en Guamote y el Ecuador (Araujo, 2010).

Durante el primer periodo de Curicama en la alcaldía de Guamote, se institucionalizaron los primeros espacios de participación comunitaria, que buscaban la colaboración de los habitantes del cantón en la formulación y ejecución de políticas públicas. Tanto fue el éxito del modelo de Curicama que fue reelecto en 1996, periodo en el cual sentó las bases para que dos años después, en 1998, se constituya el Parlamento Indígena Popular del cantón Guamote (PIPG) y el Comité de Desarrollo Local (CDL), máximos organismos de participación democrática y veeduría ciudadana dentro del cantón.

El PIPG, se constituyó como un espacio de participación política cantonal compuesto por 133 dirigentes indígenas, de distintas comunidades, barrios y juntas parroquiales que conforman el cantón. Este organismo tenía la función de formular y gestionar políticas encaminadas al desarrollo del cantón. Adicionalmente, estaba facultado a controlar y fiscalizar a las entidades tanto públicas como privadas que ejecutaban obras en el cantón Guamote (Ramírez, 2001:53).

De esta manera, el PIPG se convirtió en un espacio de veeduría y rendición de cuentas, que trabajó en cuatro ejes de acción: a) manejo sustentable de los recursos naturales; b) fortalecimiento de la economía indígena: mediante la promoción de empresas familiares y comunitarias; c) consolidación de servicios públicos de salud y medicina ancestral; d) mejoramiento de calidad educativa en todos los niveles (Ramírez, 2001:55).

A pesar de todos los esfuerzos por consolidar institucionalmente el parlamento indígena; en 2004 la alcaldía del cantón es asumida por Juan de Dios Roldan, quien lejos de continuar con la doctrina de gobernanza local participativa, centralizó los espacios de decisión en la alcaldía, desconociendo la labor del parlamento. A raíz de este cambio en el rumbo político del cantón, el parlamento pierde fuerza, principalmente es su labor de fiscalización (Araujo, 2010: 67).

El Comité de Desarrollo Local por su parte, es una institución de apoyo al parlamento indígena. Este comité está conformado por 12 organizaciones sociales de Guamote, las cuales son presididas por el alcalde. Entre sus funciones esta la coordinación, implementación, evaluación y seguimiento de los proyectos productivos, agroecológicos, de capacitación y culturales, desde la figura de acompañamiento participativo y fiscalización local (Ramírez, 2001: 53).

El comité funciona adscrito a la alcaldía, mantiene su personería jurídica y autonomía financiera y administrativa. Debido a que el comité ejerce funciones técnicas y de planificación, ha perdurado como la entidad encargada de integrar y gestionar todos los proyectos de desarrollo del cantón. Está conformado por dos organismos: la asamblea general, que reúne a los representantes de las comunidades y un directorio compuesto por un miembro de la asamblea, el alcalde y un representante del consejo municipal (Araujo, 2010: 91).

2.2 Situación Actual del riego en la Parroquia Cebadas

Según el último inventario de recursos hídricos realizado en la provincia de Chimborazo en el año 2008, la parroquia Cebadas contaba con 73 sistemas de riego que cubrían una superficie aproximada de 4.142 hectáreas, con un caudal aproximado de 1.819 litros/ segundo. De todos los sistemas de riego en la parroquia Cebadas, el 89% utilizan riego por inundación o gravedad mientras que el restante 11% utilizan riego por aspersión (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas, 2015:402).

Considerando el caudal adjudicado de 1.819 litros por segundo y el predominio de los sistemas de riego por inundación que requieren en promedio 0.8 a 1.0 litros/ segundo para irrigar una hectárea de terreno, el caudal disponible podría irrigar efectivamente 2.273 hectáreas⁵³ y no las 4.142 hectáreas contempladas inicialmente. Esto quiere decir que la parroquia de Cebadas tiene un déficit hídrico en cuanto al riego del 55%. Esto contrasta totalmente con la oferta hídrica de la parroquia ya que la disponibilidad de agua es abundante en este sector con una dotación de agua de aproximadamente 19.500 litros/ segundo. La riqueza hídrica de Cebadas ha permitido abastecer de agua para riego a otras parroquias cercanas por medio de los sistemas de riego Chambo-Guano, Guargualla-Licto y Cebadas, los cuales en su conjunto abastecen con agua a 7.700 hectáreas fuera de la parroquia Cebadas, beneficiando a 12 .965 familias en 15 parroquias del Cantón Guamote, Alausi y Riobamba.

La principal razón por la cual la parroquia Cebadas a pesar de ser un territorio con abundantes fuentes de agua, tiene un déficit de riego tan alto se explica en gran parte por la topografía del terreno. Las actividades agropecuarias del sector se encuentran en altitudes por sobre los 3.200 m.s.n.m, mientras que la mayoría de fuentes de agua se encuentran a una altitud menor. Sin embargo, existen vertientes como la del río Yasipan que pueden ser aprovechadas para incrementar el territorio cubierto por riego en la parroquia.

El agua de riego utilizada en Cebadas es empleada en su mayoría para pastos y abrevaderos, una porción menor es empleada para la producción agrícola. Cinco comunidades (Pancun, Ichubamba, Ichumbamba Bajo, Reten y Bazar Grande) utilizan sistemas de riego por aspersión, mientras que veinte

⁵³ Caudal disponible / consumo de agua por hectárea (medido en litros por segundo)

cuatro comunidades utilizan sistemas de riego por inundación o surcos, los cuales según reportes de las autoridades locales, están ocasionando erosión hídrica del suelo⁵⁴.

A pesar del gran número de sistemas de riego en la parroquia, persiste la distribución inequitativa del agua de riego. Actualmente, cinco sistemas concentran el 70% del caudal disponible para riego⁵⁵ mientras que existen comunidades como Apuñag, Guargualla Grande y Tranca Shulpuj que no disponen aún de sistemas de riego. Según información levantada por los administradores de las juntas de agua en el territorio hídrico de Cebadas, el total de caudales adjudicados está distribuido entre 28 comunidades que abastecen de líquido vital a 1743 familias, mientras que 249 familias aun no cuentan con riego para sus parcelas (Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Chimborazo , 2013a: 61).

Los sistemas de riego en la parroquia Cebadas son administrados por directorios y juntas de riego, las cuales son las encargadas de administrar el agua. Estas organizaciones usualmente cobran una tarifa para el mantenimiento de los sistemas o a su vez, recurren a prácticas ancestrales como la minga, para el mantenimiento o ejecución de proyectos de riego.

Tabla N° 11
Principales Proyectos de Riego que se Benefician de la Oferta Hídrica de la Parroquia Cebadas

<i>Nombre del Sistema de Riego</i>	<i>Caudal Adjudicado (litros/ segundo)</i>	<i>Superficie a irrigarse (HA)</i>
Proyectos fuera de la parroquia Cebadas		
Chambo-Guano	5.900	5.840
Licto- Guargualla	1.200	1.650
Subtotal	7.100	7.490
Proyectos dentro de la parroquia Cebadas		
73 sistemas en funcionamiento	1.819,0	4.142
Proyectos a implementarse		
Proyecto Riego Yasipan	857	1819
TOTAL	9.776,0	13.451

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2013a)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

2.2.1 Proyecto de Riego Presurizado Yasipan

El proyecto de riego presurizado Yasipan se encuentra ubicado territorialmente en dos cantones de la provincia de Chimborazo (Guamote y Riobamba). De acuerdo a la demarcación hidrográfica el proyecto se encuentra dentro de la cuenca del río Chambo y la cuenca del río Pastaza, abarcando un área neta para riego de 2144.35 hectáreas, que se encuentran en una altitud comprendida entre los 2.815 a 3.420 m.s.n.m.

⁵⁴ La erosión hídrica hace referencia a un proceso de degradación del suelo ocasionado por un flujo de agua que erosiona la superficie del suelo y remueve todos los minerales y demás sedimentos que se encuentran en la superficie.

⁵⁵ Sistema Reten Ichubamba con un caudal de 130 Litros/segundo; Pancun Ichubamba 186 ltrs/seg; Ichubamba Bajo 105 ltr/seg; Cebadas Centro 177 ltrs/seg y Eten 119 ltrs/seg.

En el territorio beneficiado por el proyecto existe una población de 11.814 habitantes, pertenecientes principalmente a la parroquia Cebadas, sin embargo, también existen comunidades beneficiadas de las parroquias vecinas de Licto, Punin y Flores. En referencia a la autodefinición étnica, el 94.9% de la población beneficiaria del proyecto se considera indígena y el 5.1% se identifican como mestizos. En el territorio de intervención del sistema Yasipan, el 14.1% de la población es analfabeta, principalmente adultos mayores (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2013b).

El 77.3% de la población en el territorio de influencia del proyecto Yasipan (9.418 personas) están ocupadas en la agricultura, de las cuales el 82.5% son mujeres. Los cultivos principales en el territorio varían en función de la parroquia, pero se destaca la producción de leche en la parroquia Cebadas y la producción de cultivos secos como el maíz en las parroquias de Licto y Flores.

El proyecto contará con una tubería de conducción principal del agua de aproximadamente 58.6 km de extensión y una red de tubería secundaria con una extensión aproximada de 200 km. El proyecto tiene previsto utilizar un sistema de riego presurizado para optimizar el manejo de los recursos hídricos del sector (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2011:75). Actualmente, culminó la fase de estudio del proyecto y su ejecución ha sido postergada por falta de presupuesto y voluntad política.

Los afluentes de agua que se prevé abastezca al sistema Yasipan proviene del río que lleva su mismo nombre y del afluente Mismahuanchi. El caudal adjudicado de estas dos fuentes de agua es de 857.74 litros/segundo.

La ejecución del proyecto tiene un valor global aproximado de USD 66 millones de dólares, los cuales serán financiados en su totalidad con recursos del Gobierno Nacional y Cooperación Internacional (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas, 2015).

Los principales indicadores económicos proyectados para el sistema de riego Yasipan se detallan a continuación:

Tabla N° 12
Indicadores de Viabilidad Económica del Proyecto de Riego Presurizado Yasipan

Indicadores	Valor
TIRe	13.56%
VANe (dólares actualizados al 12%)	5.674.494,20
Beneficio / Costo	1.12

Fuente: Estudio factibilidad Proyecto Yasipan (GADPCH, 2013 b)

Elaboración: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo [GADPCH]

Como se puede observar en la tabla 12, el valor actual neto estimado (VAN) del proyecto Yasipan es positivo, lo que refleja que los beneficios netos que generaría el proyecto en términos monetarios a lo largo de su vida útil descontados a una tasa de oportunidad del 12%, crea beneficios a la inversión realizada, por lo que el proyecto es económicamente viable. Hecho que es corroborado con la tasa interna de retorno (TIR), la cual es mayor a la tasa de descuento. Finalmente, el indicador de beneficio/costo nos sugiere que por cada dólar (USD) invertido en el proyecto, se generaría un

beneficio de USD 0.12. Por el contrario, los indicadores financieros del proyecto son negativos, según proyecciones del GADPCH, tardaría aproximadamente 24 años para que se pueda recuperar la inversión que se destine al sistema de riego Yasipan. (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2013b).

Se prevé que una vez culminado el proyecto, la junta de usuarios del sistema sean los encargados de la operación y mantenimiento del sistema, luego de que el GAD provincial de Chimborazo ejecute las pruebas técnicas correspondientes. Para la operatividad del sistema en el mediano y largo plazo, las autoridades de la parroquia y la prefectura planean cobrar una tarifa base a los usuarios por la utilización del sistema, la cual debe permitir cubrir los costos operativos y de mantenimiento. Por otro lado, los directivos de las comunidades están trabajando en mecanismo de organización para la limpieza del sistema, así como mecanismos de compensación para aquellos que protejan las fuentes hídricas del cantón.

Debido a la necesidad urgente de buscar alternativas que permitan garantizar la dotación de agua para la agricultura y la actividad pecuaria, en un contexto donde las fuentes de agua se están agotando, tecnificar los sistemas de riego se convierten en una prioridad para la SENAGUA. Es por esta razón que la ejecución del proyecto de Riego Yasipan reinició en agosto de 2018 con la finalidad de implementar técnicas de riego eficientes como el riego presurizado, que aprovechen al máximo la dotación de agua y no dejen en un futuro sin riego a miles de agricultores del cantón Guamote.

Ante el elevado costo del proyecto de riego Yasipan, la SENAGUA en 2019, inició con los estudios para convertir al proyecto en multipropósito. Los nuevos estudios prevén aprovechar la infraestructura de riego del Yasipan, para dotar también de agua potable a las futuras comunidades beneficiarias del proyecto. En el Plan Nacional de Riego y Drenaje 2019-2027, el proyecto Yasipan es catalogado como una prioridad dentro de los planes a ejecutarse por parte de la secretaria del agua.

Luego de Identificar los aspectos relevantes del proyecto de riego Yasipan y del área de estudio donde se asienta el mismo, es factible iniciar con la aplicación del modelo ADI, ya que se cuenta con los insumos necesarios para modelizar la estructura institucional y poder identificar mediante su ejecución los patrones de interacciones entre los futuros beneficiarios del proyecto.

2.3 Aplicación del Modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI)

La aplicación del modelo ADI para el presente estudio, requirió información detallada de las condiciones físicas del sector, las reglas en uso y los atributos de la parroquia de Cebadas. Adicionalmente, se recopiló información de los futuros beneficiarios del proyecto de riego Yasipan a través de estudios previos en el sector y grupos focales realizados en distintas comunidades de Cebadas.

2.3.1 Variables exógenas

Condiciones Físicas y Materiales de la Parroquia Cebadas

Antes de que se pueda analizar la arena de acción y cómo se comportan los individuos ante un determinado contexto institucional, es importante determinar cuáles son aquellos factores externos que afectan esta “arena” donde interactúan los individuos, en este caso los futuros beneficiados del Proyecto de Riego Yasipan.

Las condiciones físicas y materiales hacen referencia a todas las variables relevantes del mundo físico que influyen en la estructura de incentivos de los individuos. Según Lee (1994), cuando se analizan los sistemas de riego por medio del modelo ADI, existen cuatro variables relevantes relacionadas a las condiciones físicas y materiales del área de estudio: el tipo de cultivo o actividad pecuaria que es predominante en la zona, la dotación de agua del sector, la topografía del suelo donde se asienta o se prevé se asiente el sistema de riego y finalmente los trabajos de ingeniería o mantenimiento de la infraestructura relacionada al riego en el sector.

Principales Cultivos y Actividades Pecuarias de la Parroquia Cebadas

Según el último Censo de Población y Vivienda realizado en 2010, el 77.6% de la población económicamente activa (PEA)⁵⁶ de la parroquia Cebadas, es decir un aproximado de 2.632 personas, trabajaban en el sector primario de la economía; específicamente el 79,7% de su PEA, se dedica a actividades de agricultura y ganadería. En relación al uso biofísico del suelo, el 16.7% del territorio de Cebadas (9.507 ha) están destinadas a la producción de cultivos agrícolas y pastizales.

Tabla N° 13
Población Económicamente Activa (PEA) por Actividad Económica Parroquia Cebadas

<i>Actividad Económica / Productiva</i>	<i>PEA (%)</i>
Agricultura y ganadería	79.7
Construcción	4.3
Comercio	2.4
Transporte	2.3
Industrias / Manufactura	2.2
Servicios	9.1
TOTAL	100

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas, 2015)

Elaboración: GAD Parroquial Cebadas

La parroquia Cebadas se caracteriza por ser un territorio netamente agropecuario, su población se dedica especialmente a la crianza y producción de ganado para la obtención de leche y carne. Durante las últimas dos décadas, la producción agropecuaria de la parroquia y de la provincia ha cambiado drásticamente, las personas cambiaron la producción agrícola por la producción pecuaria.

⁵⁶ Según él (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2016), la población económicamente activa (PEA) en el Ecuador son todas aquellas personas mayores de 15 años que trabajaron al menos una hora en la semana de referencia, o aunque no trabajaron, tuvieron trabajo (empleados); y personas que no tenían empleo pero estaban disponibles para trabajar y buscan empleo (desempleados).

Actualmente, el pasto representa el principal cultivo del sector, ya que es fuente de alimento para los animales, especialmente toretes de engorde y ganado vacuno. El 7% del territorio de la parroquia Cebadas es utilizado para el cultivo de pasto, el cual usualmente es intercalado con el cultivo de papa, maíz, cebada, entre otros.

El 62.59% de la economía del territorio hídrico de Cebadas se desenvuelve en torno a la ganadería criolla. La producción promedio de leche es de 5 litros/vaca/día a un costo promedio de 0.32/litro⁵⁷, según estimaciones del GAD parroquial de Cebadas, la producción de leche diaria de la parroquia bordea los 28.000 litros. De esta forma, la leche se convierte en el principal producto de comercialización en Cebadas. También existe la crianza de otras especies de animales (conejo, cuy, pollos), sin embargo, su producción es mínima, por lo que son utilizados para el consumo familiar (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas, 2015:111).

En relación a las actividades agrícolas, en 2015 existían 2.218.45 hectáreas de cultivos en la parroquia Cebadas. Por la topografía del sector, los cultivos se encuentran localizados en la parte baja del territorio, sectores que en la actualidad han sido muy difíciles de suministrar con sistemas de riego, por lo que los agricultores de la zona aprovechan la época de lluvia para la siembra de cultivos de ciclo corto como la papa, el maíz, el haba y la cebada (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2013a :66).

Los cultivos de mayor importancia en el sector son: la papa (48.7 %), maíz (21.6%), habas (17.5%), cebada (4.7%), melloco (2.0%), quínoa (2.0%), trigo (0.9%) y finalmente la oca (0.7%). A excepción de la cebada y el trigo, el resto de productos agrícolas del sector son cultivos andinos ancestrales originarios del territorio, por lo que presentan una variedad genética muy particular que no se encuentra en otros sectores del Ecuador.

Dotación de Agua Parroquia Cebadas

El sistema hidrológico de la parroquia de Cebadas está constituido por dos grandes sistemas: el Pastaza y el Santiago. Dentro del sistema hídrico de Pastaza nacen dos cuencas hidrográficas muy importantes: la cuenca del río Chambo y la del río Palora; la cuenca del río Chimbo a su vez recibe dotación de agua del río Yasipan, Guargualla, entre otros. La superficie de Cebadas se encuentra asentada en su totalidad sobre la cuenca del río Chambo.

Tabla N° 14
Principales Ríos y Microcuencas en la Parroquia Cebadas

<i>Sistema</i>	<i>Cuenca</i>	<i>Nombre de la microcuenca</i>	<i>Superficie (HA)</i>	<i>(%)</i>
Rio Pastaza	Rio Chambo	R. Ozogoché	526.1	0.9
		R. Atillo	9.091	15.9
		R. Yasipan	14.930	26.2
		R. El Tingo	3.857	6.8
		Q. Chilicayacu	1.330	2.3
		Q. Pancum	2.625	4.6
		R. Guargualla	13.790	24.2

⁵⁷Precio referencial publicado por el MAGAP en agosto de 2018.

		Drenajes Menores	10.380	18.2
	Rio Palora	R. Culebrillas	51.4	0.1
		R. Yuracpaccha	0.0	0.0
Rio Santiago	Rio Upano	R. Upano	450.7	0.8
		R. Tungle	2.5	0.0
		R. Anguchaca	39.8	0.1
		R. Abanico	0.4	0.0
		TOTAL	57.077,5	100.0

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2013a)

Elaboración: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo[GADPCH]

El proyecto de Riego Yasipan prevé extraer agua de la microcuenca del rio Yasipan, la cual cubre un área geográfica de 14.903 hectáreas, lo que representa el 26.2% de la extensión total de la parroquia. La microcuenca del Yasipan ofrece un caudal estimado de 5.000 litros /segundo, lo que lo convierte en el rio con mayor caudal de la parroquia⁵⁸. Sin embargo, el caudal del rio Yasipan varía durante el año, en tiempo de estiaje, reduce significativamente su caudal. Según el GAD parroquial de Cebadas, a lo largo de los últimos años ha existido una reducción progresiva de la oferta hídrica de toda la cuenca del rio Chambo, reducción que es atribuida a los efectos del cambio climático y la reducción de los páramos en las zonas altas del cantón.

Tabla N° 15
Oferta Hídrica de los Ríos de la Parroquia Cebadas

Nombre del rio	Caudal (litros/ segundo)	Porcentaje (%)
Ozogoche	2.500	12.8
Atillo	3.000	15.4
<u>Yasipan</u>	<u>5.000</u>	<u>25.6</u>
Tingo	2.000	10.3
Chlicayacu	1.500	7.7
Pancun	2.000	10.3
Guargualla	3.500	17.9
Total Parroquia Cebadas	19.500	100.0

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2013a)

Elaboración: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo[GADPCH]

2.3.2 Atributos de la Comunidad de Cebadas para la construcción del ADI

En el Modelo ADI varios atributos de la comunidad influyen en los resultados de la arena de acción. Estos atributos incluyen componentes como las condiciones demográficas del territorio, condiciones sociales de los irrigadores de agua y demás componentes que hacen que los usuarios del sistema de riego no sean iguales entre sí. Por ejemplo, identificar el nivel de ingresos de la población de Cebadas, especialmente de los futuros beneficiarios del sistema de riego Yasipan, puede ser determinante luego, cuando por medio de la teoría de juegos se busque llegar al nivel óptimo de inversión en mantenimiento para que el sistema sea sostenible en el tiempo.

⁵⁸ Según la SENAGUA, las estaciones hidrometeoro lógicas en funcionamiento actualmente, no permiten tener un dato certero sobre los caudales de los ríos, épocas de estiaje y condiciones climáticas para la correcta planificación del agua.

Condiciones Demográficas de la Parroquia Cebadas

La parroquia Cebadas, donde se prevé se construya el proyecto de riego Yasipan, abarca un territorio de 570.78 km², constituyéndose en la segunda parroquia más grande del cantón Guamote.

➤ Población Parroquia Cebadas

En cuanto a su población, la parroquia de Cebadas hasta 2010 contaba con una población de 8.218 personas, es decir el 18.20% de la población del cantón Guamote y el 1.79% de la población total de la provincia de Chimborazo. La población de Cebadas se asienta principalmente en el área rural, el 90.63% de la población (7.448 habitantes) viven fuera de entorno urbano y la cabecera parroquial; en tanto que el 9.36% (1.296 habitantes) viven en el centro urbano de Cebadas (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2010).

Según datos del mismo censo, la mayor población de la parroquia Cebadas se encuentra en edad de trabajar y componen la Población Económicamente Activa (PEA), con una edad comprendida entre 15 y 64 años de edad.

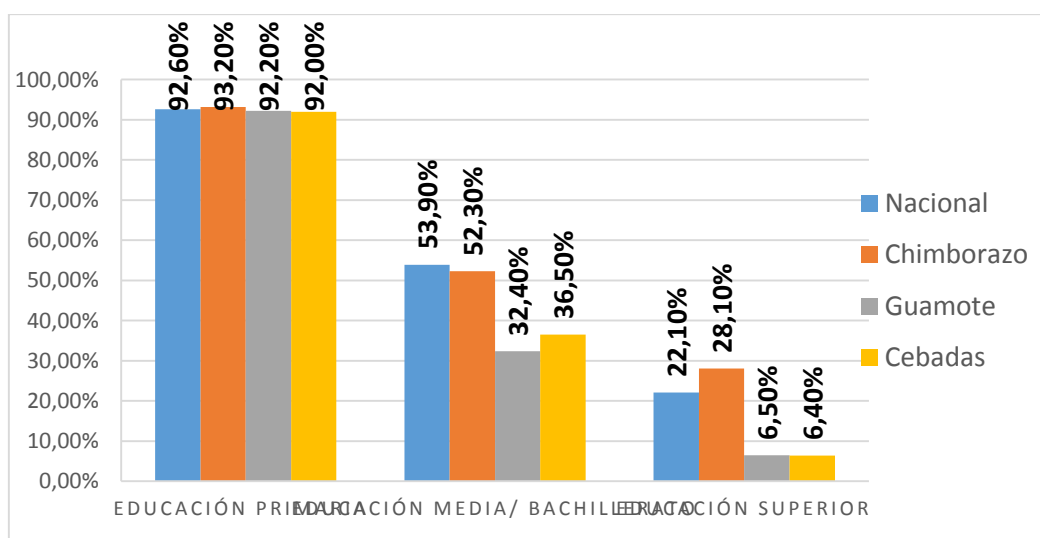
➤ Auto Identificación Étnica

Del total de habitantes, el 92,5% de la población se considera indígena, el 7,09% mestiza y el 0.48% restante se identifican como otros (blanco, mulato, etc.) (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2010).

➤ Educación y Analfabetismo

Los índices de escolaridad han mejorado en la parroquia Cebadas durante los últimos años, principalmente en el nivel de educación básica. Lastimosamente, esa mejora avanza lentamente en los niveles de educación media y bachillerato, al igual que en los niveles de educación superior; los cuales se encuentran muy por debajo del promedio provincial y nacional. Véase el gráfico 12:

Gráfico N°11
Tasa de Asistencia por Nivel de Educación Parroquia Cebadas para el Año 2010



Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2010)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

El analfabetismo en la parroquia Cebadas es una de las mayores preocupaciones en el sector. En 2010, el 20.4% de la población mayor a 15 años no sabía leer ni escribir, es decir, 4 de cada 10 personas de la parroquia (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas, 2015:77).

Nivel de ingresos de la población parroquia Cebadas

Referente al ámbito socio económico, según datos de la junta parroquial de Cebadas, el ingreso económico promedio familiar es de \$ 360.00 dólares americanos mensuales, los cuales son generados principalmente por la venta de productos pecuarios (leche, derivados de la leche y animales) y agrícolas (papa, maíz, cebada, etc.). La población también percibe otras fuentes de ingresos provenientes de trabajo en las haciendas como peones y también del sector de la construcción. Adicionalmente, según datos de la junta parroquial Cebadas el 85 % de la población de la parroquia recibe el Bono de Desarrollo Humano el cual puede alcanzar un valor máximo de \$150.00 dólares americanos según el último decreto ejecutivo número 253⁵⁹, del 22 de diciembre de 2017(Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2013a :39).

Según el último Censo de Población y Vivienda realizado en 2010, la parroquia cebadas tenía un nivel de pobreza por necesidades básicas insatisfechas⁶⁰ del 97.5 %, uno de los más altos del país. De los 8.196 pobladores de la parroquia en 2010, 7.988 eran considerados pobres.

Organización Social

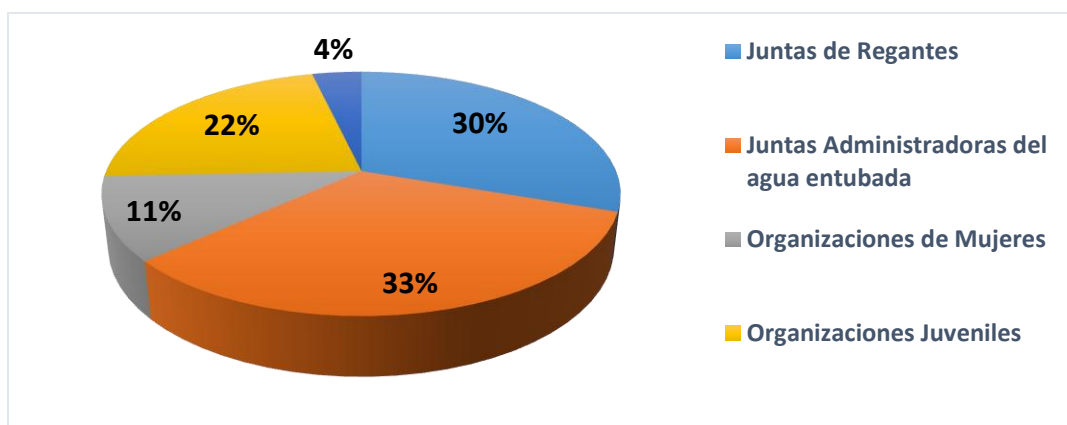
Al igual que las demás parroquias del cantón con población mayoritariamente indígena, la organización y el tejido social en la parroquia Cebadas cuenta con una estructura vertical de organización. La asamblea general de comuneros se constituye como la máxima autoridad, la cual es la encargada de evaluar el accionar de directivos y demás miembros de la comunidad; un nivel más abajo se encuentra el cabildo, cuyos miembros tienen la función de ejecutar las decisiones de la asamblea y a su vez rendir cuentas de su accionar cuya duración es de aproximadamente dos años, tiempo por el que son elegidos por la comunidad (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas, 2015: 99).

Finalmente, debajo de los cabildos se encuentran las organizaciones sociales, las cuales representan directamente a los pobladores de la parroquia en distintos ámbitos. En 2014 la parroquia Cebadas contaba con 114 organizaciones sociales las cuales están representadas a continuación. Véase el gráfico 12:

⁵⁹ El decreto ejecutivo número 253, estableció un incremento en el Bono de Desarrollo Humano en función del número de hijos que compone el núcleo familiar. Adicionalmente, se estableció que los adultos mayores de 65 años, en condición de extrema pobreza y que no estén afiliados al sistema de seguridad pública, reciban un valor fijo mensual de \$ 100.00 dólares americanos.

⁶⁰ Método directo para establecer el nivel de pobreza, creado por la CEPAL en la década de los ochenta. Este método utiliza varios indicadores censales para determinar si los hogares satisfacen o no algunas de sus necesidades básicas como: acceso a agua potable y alcantarillado, características de la vivienda, nivel educativo, ocupación del jefe de familia, etc.

Gráfico N° 12
Organizaciones Sociales Presentes en la Parroquia de Cebadas



Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2010)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Gran parte de las comunidades que componen la parroquia de Cebadas cuentan con una organización encargada de la administración del riego y del acceso equitativo del agua. En muchos casos, estas organizaciones representan a varias comunidades, tal como ocurre con la Junta General de Usuarios de Riego de Cebadas que apoya a las comunidades de Tagmo y Chacaplan.

Un factor relevante que distingue a la junta de regantes de la parroquia de Cebadas, es su alto poder de convocatoria para realizar mingas y sesiones. Sin embargo, su capacidad de gestión dentro de las comunidades aún se mantiene débil debido a su dependencia con las instituciones gubernamentales a nivel local, cantonal y provincial, lo que refleja procesos de autogestión incipientes que no aportan mayormente al mantenimiento y gestión de los sistemas de riego en la parroquia, tal como se describió en el primer capítulo de esta investigación (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas, 2015: 111).

Mapeo de actores claves

En el territorio hídrico de Cebadas existen varias organizaciones encargadas de gestionar y apoyar los proyectos de desarrollo del sector. Estas instituciones tanto públicas como privadas ejercen una función específica en la parroquia y están directamente relacionadas con el manejo, promoción y mantenimiento de los sistemas de riego en Cebadas. En la Tabla 16 y 17, se describen las instituciones presentes en Cebadas, sus funciones y acciones que ejecutan en la parroquia.

Tabla N° 16
Principales Instituciones Gubernamentales presentes en la Parroquia Cebadas Relacionadas al Riego

INSTITUCIÓN	FUNCIONES	PROYECTOS	ACCIONES QUE DESARROLLAN EN LA PARROQUIA CEBADAS
<i>GAD Prefectura Chimborazo</i>	En la nueva Constitución de 2008, en su Art. 42 referente a las competencias de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) se determina que: - Deben ejecutar en coordinación con los gobiernos regionales obras en las cuencas y micro cuencas. - Planificar, construir, operar los sistemas de riego.	Estudio para la implementación del Riego Presurizado	Elaborar los estudios de factibilidad y línea base para la implementación del proyecto de riego Yasipan
		Fomento de la producción lechera y comercio asociativo	Mejoramiento de la producción lechera mediante el mejoramiento de los terrenos y la comercialización de los mismos mediante empresas de economía mixta.
		PIDD	Rehabilitación del sistema de riego Salerón
<i>GADM Guamote</i>	COOTAD Art.55 – Competencias de los gobiernos seccionales. En este artículo se establece la obligación de los gobiernos seccionales de prestar servicios básicos a su población, así como garantizar el acceso al agua y la protección ambiental de su territorio.	Proyecto de Sistemas de Agua de Desarrollo Rural	Transferencia de Tecnología agropecuaria para la conservación de los suelos, desarrollo agrícola y preservación del medio ambiente.
<i>GADPR Cebadas</i>	COOTAD Art.65- Competencias exclusivas Coordinar las actividades e iniciativas en favor del desarrollo parroquial con los distintos entes públicos.	Gestionar el desarrollo territorial	Mejorar las condiciones de vida de las familias de la parroquia. Apoyar el fomento productivo.
<i>MAGAP</i>	Fomentar el desarrollo socio económico de las familias en el sector rural mediante la preservación del medio ambiente y la sostenibilidad de los cultivos.	Mejoramiento de riego y pastos	Mejoramiento de los pastos y la producción ganadera del sector.
<i>Ministerio de Ambiente</i>	Diseñar políticas ambientales que se articulen con proyectos y programas para el cuidado del ecosistema y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.	Proyecto Socio Páramo	Protección de vertientes de agua y páramos
<i>Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)</i>	Dirigir la gestión integral de los recursos hídricos a través de políticas de control y administración eficiente del uso y aprovechamiento del agua.	Asesoría a los directorios del agua. Estudio de nuevos sistemas de riego.	Actualización del inventario Hídrico de la parroquia.

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas, 2015)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Tabla N° 17
Principales Instituciones No Gubernamentales Presentes en la Parroquia Cebadas Relacionas al Riego

INSTITUCIÓN	FUNCIONES	PROYECTOS	ACCIONES QUE DESARROLLAN EN LA PARROQUIA CEBADAS
FEPP	ONG encargada de apoyar la seguridad alimentaria por medio de la capacitación e implementación de parcelas demostrativas	Desarrollo integral de la parroquia Cebadas	- Fomento prácticas de producción sostenible y amigable con el medio ambiente, incluyendo la tecnificación del riego. - Implementación de granjas pecuarias.
CESA	Organización que apoya los procesos de gestión y organización entorno al manejo de los recursos hídricos.	Fortalecimiento del Comité de Gestión de la sub cuenca del rio Chambo	Proyecto de gestión responsable del agua en la sub-cuenca del rio Chambo

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas, 2015)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Tabla N° 18
Principales Instituciones Locales Presentes en la Parroquia Cebadas Relacionas al Riego

ORGANIZACION LOCAL	FUNCIONES	ACCIONES QUE DESARROLLAN EN LA PARROQUIA CEBADAS
ASARATY	Asocia a los trabajadores autónomos de las comunidades de San Rafael-Tres Cruces y Yurakrumi encargadas de la capacitación sobre el manejo de las parcelas agropecuarias	- Protección de los páramos - Contribuye al manejo sostenible del páramo
LA MINGA	Organización de segundo grado encargada de la protección de los páramos	- Capacitación para la implementación de riegos familiares - Mejoramiento y capacitación de técnicas de producción agropecuaria

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas, 2015)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Prácticas ancestrales en la parroquia Cebadas

Al igual que en el resto de comunidades indígenas del país, la minga se constituye en la práctica ancestral más recurrente de trabajo colectivo en la región andina. Esta forma de labor y de apoyo mutuo entre los miembros de una misma comunidad es altamente importante en las poblaciones indígenas, ya que refuerza los principios de solidaridad, reciprocidad y comunión. La minga se

constituye actualmente en una forma de trabajo muy eficiente al momento de ejecutar proyectos de beneficio común.

Generalmente son los cabildos o los directivos comunitarios quienes convocan a la minga, y en ella participan los beneficiarios directos de la ejecución de una obra en particular. Las mingas son empleadas principalmente para el mantenimiento y limpieza de los canales de riego, la construcción de carreteras, mejoramiento de infraestructura civil como escuelas, canchas deportivas, etc. Las asistencias a las mingas convocadas por la comunidad son obligatorias para los pobladores, ya que, por medio de ellas, se trata de generar mayor sentido de responsabilidad, cuidado y pertenecía sobre las obras ejecutadas en el territorio.

Otra práctica ancestral recurrente en la parroquia Cebadas es la de presta mano o “Maki Mañachi” en dialecto Kichwa. Esta práctica se lo realiza entre familiares y vecinos para la ejecución de trabajos agropecuarios, construcción de viviendas, etc. Esta práctica tiene la finalidad de ayudar a un miembro de la comunidad con el compromiso de que en algún momento se retribuya la ayuda. Este método de colaboración permite optimizar tiempo y dinero entre los miembros de la comunidad y se convierte en una fuente de mano de obra muy importante para la realización de obras pequeñas en beneficio de una familia o sector en específico.

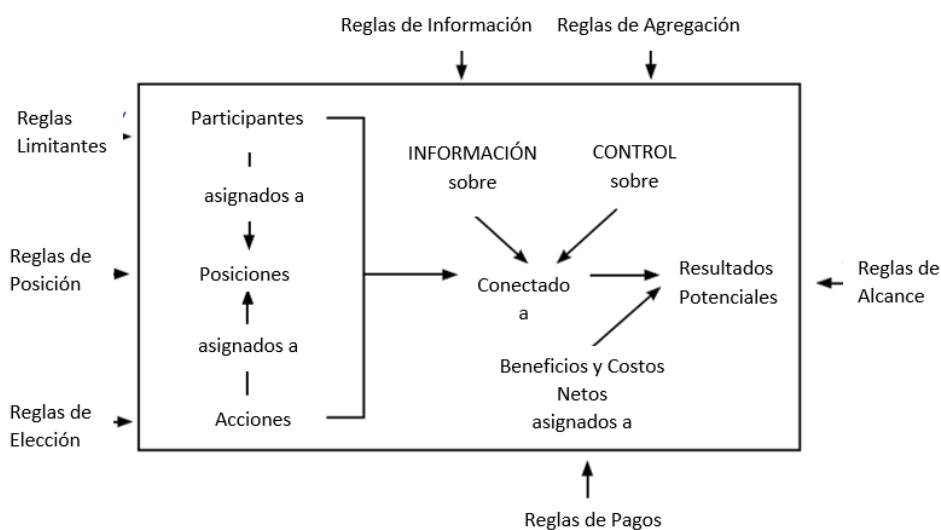
2.3.3 Reglas en Uso

El comportamiento de los individuos está siempre influenciado por el conjunto de reglas que regulan la convivencia social. Estas reglas que guían el comportamiento de los individuos en su convivencia diaria son denominadas por Ostrom (1990) como las “reglas de funcionamiento”.⁶¹ Estas reglas de funcionamiento permiten a los individuos tomar decisiones en base a las acciones que son permitidas o no, la información disponible y la función de pagos que se asigna a cada individuo a consecuencia de sus decisiones. Cualquier modificación a las reglas de funcionamiento según Ostrom, altera los resultados esperados ante el aprovechamiento de un determinado recurso.

Las reglas de funcionamiento pueden ser clasificadas en siete grupos en función de su influencia en la “arena de acción” descrita en el modelo ADI. Los siete grupos de reglas son: reglas limitantes, reglas de posición, reglas de elección, reglas de recompensa, reglas de información, reglas de alcance y reglas de agregación. Véase el Tabla 19, en ella se detalla cómo se relacionan cada uno de los tipos de reglas en el modelo ADI.

⁶¹Traducción Propia. El taller del Modelo ADI lo denomina “working rules”

Tabla N° 19
Reglas como Variables Exógenas que Afectan la Arena de Acción en el Modelo (ADI)



Fuente: (Smajgl, Leitch, & Lynam, 2009)

Elaboración: (Smajgl, Leitch, & Lynam, 2009)

Reglas Limitantes: Se definen como los requisitos mínimos que los usuarios deben cumplir para que puedan beneficiarse del agua proveniente del sistema de riego. A medida que estas reglas se vuelven más restrictivas existe mayor probabilidad de que el número de apropiadores del sistema (jugadores) sea menor. Las reglas limitantes pueden referirse a distintos ámbitos, como el pago de una tarifa por el aprovechamiento del agua, título de propiedad de los terrenos beneficiados con riego, ser residente de la comunidad beneficiada por el sistema, etc (Lee, 1994).

Reglas de Posición: Las reglas de posición especifican el número y el tipo de apropiadores del sistema de riego. Dependiendo del sistema de riego el rol que cumple cada apropiador puede ser distinto. En los sistemas de riego comunitarios como se prevé se desarrolle el Proyecto de Riego Yasipan, la participación de cada usuario del sistema la define la junta de regantes o el directorio a cargo del proyecto. Estas autoridades de la comunidad son quienes disponen a los responsables del mantenimiento del sistema, el cobro de las tarifas (si existiera) y el acopio del agua de la fuente hídrica (Smajgl, Leitch, & Lynam, 2009).

A más de los roles que son dictaminados por la junta de regantes, existen diferentes tipos de apropiadores en función de su ubicación en el sistema de riego. En sistemas de riego por inundación o presurizado, las condiciones en las que los apropiadores reciben el agua varía dependiendo de si están ubicados en la parte alta del sistema, o en la parte baja del mismo. Por lo general los usuarios ubicados en la parte alta de las laderas están más próximos a las fuentes de agua, por lo que su dotación de líquido vital está más garantizada. Por otro lado, el usuario de la parte baja de las laderas recibe una dotación de agua mucho más fluctuante debido a que se encuentra más lejos de las fuentes de agua. El caudal de agua que reciben los apropiadores de la parte baja del sistema depende de la cantidad consumida de los usuarios de la parte alta y las pérdidas asociadas a la distribución del agua a lo largo del canal de riego. Más adelante, con la aplicación de un modelo de teoría de juegos para analizar la arena de acción, se detallará a profundidad la participación de los distintos tipos de apropiadores del sistema y su influencia en la eficiencia y confiabilidad en el sistema de riego (Smajgl, Leitch, & Lynam, 2009).

Reglas de Elección: Las reglas de elección limitan dos tipos de acciones: la cantidad de agua que cada usuario puede apropiarse del sistema de riego; y la inversión que cada usuario del sistema debe invertir para el mantenimiento del sistema.

Las reglas que regulan la cantidad apropiada de agua en los sistemas de riego se suelen definir en función de la forma en la que se asigna el agua entre los regantes. Existe la repartición del agua por medio de flujos continuos, rotación del agua, en función de la demanda y por medio de tuberías cerradas. Dependiendo de la forma de asignación, se puede determinar el grado de interdependencia entre los usuarios del sistema de riego (Lee, 1994).

Reglas de Alcance: Las reglas de alcance definen el conjunto de variables de resultado que deben, no deben o pueden verse afectadas como resultado de las acciones tomadas por los apropiadores de un determinado bien común. Estas reglas determinan los límites de apropiación para establecer niveles óptimos de regeneración del bien común. Las reglas de alcance se aplican comúnmente al manejo de recursos forestales (Smajgl, Leitch, & Lynam, 2009).

Reglas de Agregación: Las reglas de agregación definen como se debe realizar el proceso de toma de decisiones entorno al manejo y operatividad de un determinado recurso. Las reglas de agregación en última instancia son las que definen quien tiene el poder de decisión.

Reglas de Información: Las reglas de información delimitan cual es la información a la que deben o no tener acceso los usuarios del sistema de riego, en función de su posición y poder de decisión. Los sistemas de riego comunitario por ejemplo requieren de un proceso de información libre y transparente entre los usuarios, ya que de ello depende el sostenimiento del sistema.

Reglas de Pagos: Las reglas de pagos asignan recompensas o sanciones a determinadas acciones de los usuarios del riego. Estas reglas son utilizadas como penalizaciones ante desvíos o comportamientos que pueden afectar la cooperación de los usuarios de riego.

2.4 Arena de Acción

La “arena de acción” es el espacio donde las interacciones de los agentes toman lugar, en función del conjunto de elecciones que tienen los individuos sobre determinados contextos. Estas elecciones a su vez están determinadas por el marco institucional y las variables exógenas detalladas anteriormente.

La arena de acción propuesta por Ostrom incluye a los participantes en posiciones definidas donde deben elegir entre diversos cursos de acción en base a sus intereses, la información disponible, el efecto de sus acciones en el resultado final, el control de los participantes frente al resultado de sus acciones, costos y beneficios asociados a las acciones que ellos elijan. Todos estos componentes definen la arena de acción y el comportamiento de los individuos ante un proceso de toma de decisiones frente a los comunes, que se pueden prolongar indefinidamente en el tiempo (Gómez & Guerrero, 2014).

El primer paso para aplicar el modelo ADI es la situación de acción, lugar donde se esquematizan los arreglos institucionales y se analizan sus consecuencias, en este caso frente al futuro manejo del sistema de riego Yasipan. La situación de acción según Ostrom (1990), se define como un arreglo institucional que puede ser modificado para obtener los resultados deseados. Véase el Tabla 20, en él se detallan los elementos que conforman la estructura de la situación de acción.

Tabla N° 20
Estructura de la Situación de Acción

<i>Arena de Acción</i>		<i>Variables</i>	<i>Descripción</i>
Situación de Acción	Espacio social en el cual los individuos interactúan, intercambian bienes y servicios, participan en actividades de apropiación y provisión y resuelven problemas, entre otros.	Participantes	Los actores que participan en la situación de acción Ej. Usuarios del Proyecto Yasipan
		Posiciones	Permiten relacionar a los participantes con un conjunto de acciones (ligadas a los resultados). Ej. usuarios de la parte alta del sistema Riego Yasipan
		Acciones	Son las acciones que pueden tomar los participantes en sus determinadas posiciones en diferentes etapas del proceso. Ej. Apropiarse o no de mayor cantidad de agua de riego.
		Resultados Potenciales	Los resultados que los participantes pueden modificar por medio de sus acciones bajo determinadas condiciones. Ej. La cantidad invertida en el mantenimiento del sistema de riego.
		Mapeo entre acciones y resultados	Conjunto de funciones que vinculan a los participantes con nudos de decisión y finalmente los resultados de la interacción.
		Información	Conjunto de datos e información que está disponible para los participantes en cierta etapa del proceso.
		Costos y Beneficios asignados a las acciones y resultados.	Conjunto de beneficios o costos asignados a cada acción o resultado elegido por los individuos.
Actores	Son los participantes de la situación de acción		Se diferencian por su capacidad de procesar información, sus preferencias, sus recursos y los procesos que emplean para la elegir los cursos de acción.

Fuente: (Gómez & Guerrero, 2014)

Elaboración: (Gómez & Guerrero, 2014)

Para poder analizar la arena de acción, en este caso se utiliza un modelo de juego dinámico propio de la teoría de juegos que permite modelar los problemas de acción colectiva y su relación frente a la futura implementación del proyecto de riego Yasipan. La finalidad del modelo dinámico es utilizar todas las variables del modelo ADI para lograr establecer los posibles juegos y sus resultados a los que se enfrentarán los futuros beneficiarios del proyecto. Con esta metodología se espera tener una aproximación real a los patrones de interacción entre los actores de la parroquia Cebadas y lograr identificar cuáles son los factores institucionales que más pueden incidir en el sostenimiento del proyecto Yasipan, una vez que esté entre en funcionamiento.

2.4.1 El modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI) y los parámetros del modelo dinámico aplicado al sistema de riego presurizado Yasipan.

Los parámetros utilizados por Lee (1994) en el desarrollo formal de su modelo de Teoría de Juegos, analizan la estructura de incentivos que describe Ostrom en la metodología del modelo ADI. Al cambiar el valor de los parámetros del modelo dinámico aplicado al riego, se simula el impacto de los cambios en los atributos físicos, reglas en uso y atributos de la comunidad en el juego y sus resultados.

El modelo descrito en la sección anterior, analiza la situación de acción, la cual está constituida por siete grupos de variables: (1) participantes, (2) posiciones, (3) acciones, (4) posibles resultados, (5) mapeo de los actores en función de su estructura de pagos, (6) la información disponible, y (7) los costos y beneficios asignados a cada acción que elijan los participantes. Lograr predecir cómo se comporta cada jugador involucrado en el sistema de riego Yasipan, parte de asumir ciertas suposiciones en los siete grupos de variables.

Arena de Acción

Actores: Para el tratamiento del juego se asume que los futuros beneficiados del proyecto Yasipan tienen las siguientes características:

- Información Completa
- Los jugadores saben el valor de las variables de estado: confiabilidad del suministro de agua (R_t) y la eficiencia en el reparto del agua (E_t), para cada periodo de tiempo.
- Se asume que los beneficiarios del proyecto maximizan su utilidad. Es decir que cada jugador elige la opción (curso de acción) que permite maximizar su utilidad esperada.
- Los posibles beneficiarios del proyecto son previsivos, tienen cierta preocupación sobre el efecto de sus acciones en el futuro. El grado de importancia que otorgan al futuro está determinado por el factor de descuento (ω), el cual es estimado por medio de los grupos focales desarrollados con los actores claves y futuros beneficiarios del proyecto de riego Yasipan.⁶² El valor obtenido de (ω) puede representar características de los individuos al igual que las características de la comunidad a la que pertenecen⁶³.
- Los individuos del modelo actúan de manera completamente racional⁶⁴. Según (Kirchgaessner, 2005), el criterio de racionalidad perfecta es irrealista en las ciencias sociales. No obstante, en situaciones donde los individuos pueden aprender de sus acciones y existe heterogeneidad entre ellos, se puede ablandar el supuesto de racionalidad perfecta por racionalidad limitada⁶⁵

⁶² El desarrollo del modelo y el valor obtenido de (ω), pueden dejar abierta la posibilidad de que los futuros beneficiarios del proyecto Yasipan ponderen más el presente que el futuro, por lo que el resultado del modelo puede resolverse para un solo periodo de tiempo.

⁶³ Un valor de (ω) cercano a 1 reflejaría que los posibles beneficiarios del proyecto Yasipan se preocupan del futuro, debido a que existe un interés por conservar las fuentes de agua por mucho más tiempo.

⁶⁴ Esta suposición ha sido ampliamente aceptada en los desarrollos de la teoría normativa. Sin embargo, aún persisten las críticas sobre la asunción de que los agentes puedan maximizar su utilidad con la información que disponen.

⁶⁵ "Bounded rationality". traducción propia.

sin que los resultados del modelo o de la investigación se alteren. Al igual que Lee (1994), la presente investigación asume que los jugadores del modelo (los futuros apropiadores del sistema de riego Yasipan) aprenden a maximizar su beneficio a medida que se desarrolla el juego en los distintos periodos de tiempo (t).

- Finalmente, el modelo asume que los individuos no poseen los recursos suficientes para que puedan elegir todos los cursos de acción que estarían disponibles para ellos. Por ejemplo, se asume que los apropiadores del riego Yasipan no podrían apropiarse de una cantidad mayor de agua a la físicamente disponible, la cual está determinada por el caudal del río Yasipan. De igual manera, los futuros apropiadores del riego Yasipan no podrían invertir más dinero ni tiempo del que tienen disponible para el mantenimiento del sistema de riego. Los beneficiarios del proyecto no pueden destinar todo su dinero ni tiempo al sistema de riego ya que ellos destinan estos recursos a otras actividades que no son consideradas en el modelo.

Situación de Acción

Existen varios parámetros que representan la situación de acción en el juego dinámico aplicado al riego. La situación de acción del modelo y los supuestos sobre los jugadores está relacionado a los métodos de resolución del juego.

- 1) **Participantes y Posiciones:** Los “ n ” jugadores del juego son en su totalidad agricultores de la parroquia Cebadas dedicados a distintas actividades agropecuarias en el territorio de influencia del proyecto de riego presurizado Yasipan. Los jugadores pueden ocupar dos posiciones en función de su posición en el territorio de Cebadas, apropiadores de la parte alta (m) o de la parte baja del sistema ($n-m$). Para resolver el juego de modo más simple se asume que existen dos jugadores: uno que representa a los beneficiarios del proyecto en la parte alta ($m=1$) y otro que representa los beneficiarios del proyecto en la parte baja ($n-m=1$).

- 2) **Acciones:** Los jugadores en ambas posiciones pueden tomar decisiones sobre las dos variables de control: la cantidad de agua que se apropiarían, (U_{jt}) para el jugador de la parte alta y (U_{kt}) para el jugador de la parte baja; y la cantidad de inversión que destinan al mantenimiento del sistema (m_{jt}) para el jugador de la parte alta y (m_{kt}) para el jugador de la parte baja, para cada periodo de tiempo t . Las decisiones en cuanto al nivel de apropiación y mantenimiento del sistema siguen la lógica de maximizar la función de pagos de cada individuo.

El límite inferior para ambas variables de control equivale a 0 para cada periodo de tiempo t . El límite superior para la cantidad de apropiación está determinado por “ $Q^s - a \cdot (1-E_t) \cdot 1$ ” para los apropiadores de la parte alta; y por “ $Q^s - \sum_{jt} a \cdot (1-E_t) \cdot (1+1')$ ” para los apropiadores de la parte baja. El límite superior para la inversión en mantenimiento está determinado por “ mb_j ” para los apropiadores de la parte alta; y “ mB_k ” para los apropiadores de la parte baja.

- 3) **Resultados Posibles:** Los jugadores eligen apropiarse de una cantidad óptima de agua (U'_{jt}) para el jugador de la parte alta y (U'_{kt}) para el jugador de la parte baja. De la misma manera eligen una cantidad óptima de inversión en mantenimiento (m'_{jt}) para el jugador de la parte alta y (m'_{kt}) para el jugador de la parte baja. Los valores que eligen sobre el nivel de apropiación y mantenimiento afectan a dos variables de estado que representan las condiciones físicas del sistema de riego: la confiabilidad del suministro del agua (R_t) y la eficiencia en el suministro del agua (E_t).

- 4) Funciones de Transformación:** Las funciones de transformación son las encargadas de convertir las elecciones de los jugadores en los distintos cursos de acción y resultados del modelo. Los parámetros de las funciones de transformación permiten calcular el valor de las variables de control para los distintos periodos de tiempo. Estos parámetros son: (α) confiabilidad al mantenimiento del riego, (α') confiabilidad a la apropiación del riego, (θ) eficiencia al mantenimiento del riego, (θ') eficiencia a la apropiación del riego, (a) coeficiente pérdida de agua, (γ) coeficiente de mantenimiento mínimo para mantener confiabilidad del sistema, (γ') coeficiente máximo de asignación de apropiación para mantener la fiabilidad del sistema, (γ'') coeficiente mínimo de mantenimiento para mantener la eficiencia del sistema y (γ''') coeficiente máximo de apropiación para mantener la eficiencia de sistema.
- 5) Información:** En este modelo se asume que los beneficiarios del proyecto Yasipan tienen información completa. Cada participante conoce las acciones tomadas por el resto de jugadores, los posibles resultados de sus acciones, su función de transformación y preferencias. Este supuesto de información completa es clave para el abordaje del modelo ya que permite a los jugadores el impacto de sus decisiones actuales en su estructura de pagos futuros.
- 6) Función de Pagos:** La función de pagos descrita en la ecuación 11, determina los pagos asignados para cada acción y resultados del modelo. La función de pagos de los futuros beneficiarios del proyecto Yasipan está determinada por la curva de beneficio marginal, la cual se compone por el intercepto (q) y su pendiente (r), parámetros que determinan el beneficio monetario de cada acción tomada por los individuos en relación al riego. La función de pagos y el beneficio que obtienen los apropiadores del sistema de riego está conectado con la variación del precio de los cultivos que producen los futuros beneficiarios del riego y el tipo de cultivo que los apropiadores cultivan.

Factores que afectan la Arena de Acción

Atributos Institucionales (Reglas en uso):

Como se describió anteriormente, las reglas en uso que no son más que los atributos y características institucionales de un determinado conglomerado de individuos son las que regulan la convivencia social. Estas reglas que guían el comportamiento de los individuos en su convivencia diaria son denominadas por Ostrom (1990) como las “reglas de funcionamiento”.⁶⁶ Estas reglas de funcionamiento permiten a los individuos tomar decisiones en base a las acciones que son permitidas o no, la información disponible y la función de pagos que se asigna a cada individuo a consecuencia de sus decisiones.

⁶⁶Traducción Propia. El taller del Modelo ADI lo denomina “working rules”

Tabla N° 21

Reglas en Uso y su Influencia en los Valores de los Parámetros del Juego Dinámico Aplicado al Riego Yasipan

Reglas / Normativa	Parámetros que afecta del Modelo de Juego Dinámico aplicado al riego Yasipan	Como afecta los parámetros del modelo
Reglas Limitantes	(m) = número de apropiadores de la parte alta del sistema (n-m) = número de apropiadores de la parte baja del sistema	Si bien no existe una información clara sobre los requisitos que los agricultores deben tener para poder beneficiarse del sistema de riego Yasipan. En una entrevista con el Ing. Jorge Maldonado, director de la junta de regantes del sistema de riego Cebadas (el más grande de la parroquia del mismo nombre) existen varios requisitos para que una persona pueda ser tomada en cuenta entre los beneficiarios de un sistema de riego: - Título de Propiedad del Terreno a beneficiarse con riego. - Planimetría del terreno, para determinar si la ubicación y la disposición del terreno es apta para el riego. - Disposición del recurso - Ser miembro activo de la junta de regantes - Pagar una cuota anual a la SENAGUA por la utilización del sistema de riego.
Reglas de Posición	(m) = número de apropiadores de la parte alta del sistema (n-m) = número de apropiadores de la parte baja del sistema	El estudio de factibilidad determinó que el proyecto de Riego Yasipan está destinado a beneficiar a 13 comunidades de la parroquia Cebadas, lo que representa una población estimada de 2293 personas. Las comunidades beneficiadas son: <u>Parte Alta</u> - Gualiñag Cochaloma, Pancun Ichubamba, San Antonio de Cebadas, Tres Aguas, Ishbug Curiquinga <u>Parte Baja</u> - Ishbug Rayoloma, Ishbug Utucun, Rosas Pamba, Gauron Cochabamba, Cofradía, Senan Chilcapamba, Bazán Chico, Bazán Grande
Reglas de Elección	(δ) Coeficiente de interdependencia entre los apropiadores de la parte alta y baja del sistema.	El proyecto de riego Yasipan tiene planificado dotar de un flujo continuo de agua durante los 250 km de tubería con las que está planificado el sistema. Cada usuario tendrá un suministro constante de agua, sin embargo, su utilización debe estar en función del tamaño de su terreno, del tipo de cultivo y del tipo de suelo. Un sistema de riego de flujo continuo implica un valor de (δ) alto, ya que la cantidad de agua que consuman los usuarios de la parte alta, afectara directamente el agua que recibirían los usuarios de la parte baja.
Reglas de Alcance	No afectan a ningún parámetro del modelo	No se aplica a sistemas de riego de flujo continuo de agua
Reglas de Agregación	No afectan a ningún parámetro del modelo	No se aplica al sistema de riego Yasipan
Reglas de Información	No afecta a un parámetro del modelo en específico,	Según el estudio de factibilidad del proyecto Yasipan, capítulo nueve sobre la administración, mantenimiento

	pero si altera las funciones de transformación del modelo.	y futura operación del sistema se establece que: “El directorio de Agua presentará al GADPCH y a los beneficiarios del sistema, informes anuales sobre el nivel de distribución de riego, rendición de cuentas del recurso económico, recaudado por la tarifa volumétrica”. Adicionalmente, los directorios encargados de manejar los diferentes módulos del sistema de riego Yasipan en los canales secundarios tienen la obligación según el mismo estudio de otorgar información sobre la adjudicación de canales, obras de mejoramientos y cual otra decisión importante que se tome con respecto al proyecto Yasipan. (GADPCH, 2013)
Reglas de Pagos	No afecta a ningún parámetro del modelo de forma directa, pero influye en el nivel de apropiación (Uji) y al factor de descuento inter temporal (ω)	Dentro del modelo no se considera el efecto de las sanciones en el proceso de toma de decisiones de los futuros apropiadores del sistema de riego Yasipan. No obstante, entre los futuros beneficiarios se debate la posibilidad de aplicar sanciones a quienes hagan mal uso del sistema. Sanciones que podrían ir desde multas económicas hasta la expulsión del sistema de riego.

Fuente: Lee (1994) y GADPCH (2013b)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Atributos Físicos: Los atributos físicos de la parroquia Cebadas alteran casi todos los parámetros del modelo, incluso aquellos parámetros relacionados con los arreglos institucionales.

- 1) **Principal cultivo en la zona de influencia del Riego Yasipan:** El tipo de cultivo afecta dos variables del modelo, el intercepto de la función de beneficio marginal (q) y la pendiente de la curva del beneficio marginal (r). Como se describió anteriormente, la parroquia Cebadas se destaca por ser netamente agropecuaria, donde la producción de pastos para la producción de leche es la principal actividad económica en la zona de influencia del proyecto Yasipan. También existen otros cultivos transitorios en la zona de los que se destacan el maíz y la papa. En el Tabla 22, se detalla los beneficios financieros y económicos en (USD) estimados sin y con el proyecto de riego Yasipan.

Tabla N° 22
Estimación del Beneficio Financiero y Económico del Proyecto Yasipan en las Principales Actividades Pecuarias de la Parroquia Cebadas

RUBRO	SIN PROYECTO			CON PROYECTO		
	MAIZ	PAPA	PASTO+ LECHE	MAIZ	PAPA	PASTO+ LECHE
COSTOS						
Mano de obra no calificada	301.00	385.00	651.00	427.00	483.00	1,024.33
Agroquímicos	0.00	157.75	68.50	216.00	449.65	227.00
Transporte	10.00	72.50	0.00	30.00	90.00	0.00
Otros	123.40	535.25	225.06	240.05	705.25	498.80
COSTO FINANCIERO	434.40	1,150.50	944.56	913.05	1,727.90	1,750.13
INGRESOS						
Rendimiento esperado kg/ha	818.10	6,525.00	3,630.00	2,000.00	11,250.00	7,200.00
Ingreso por venta	646.30	1,305.00	1,270.50	1,580.00	2,821.28	2,520.00
INGRESO FINANCIERO NETO	211.90	154.50	325.94	666.95	1,093.38	769.87
COSTOS						
Mano de obra no calificada	170.37	217.91	368.47	241.68	273.38	579.77
Agroquímicos	0.00	216.19	93.88	296.02	616.22	311.09
Transporte	7.17	51.98	0.00	21.51	64.53	0.00
Otros	90.45	392.34	164.97	175.96	516.96	365.63
COSTO ECONOMICO	267.99	878.42	627.31	735.17	1,471.08	1,256.49
BENEFICIOS						
Rendimiento esperado kg/ha	818.10	6,525.00	3,630.00	2,000.00	11,250.00	7,200.00
Beneficios	1,031.35	2,082.49	2,027.44	2,521.33	4,502.13	4,021.37
BENEFICIO NETO	763.36	1,204.07	1,400.12	1,786.17	3,031.05	2,764.88
Número de hectáreas	739.33	300.83	402.91	127.45	233.99	935.26
Número de hectáreas secuencial	0.00	0.00	0.00	136.62	79.66	0.00
Total	739.33	300.83	402.91	264.07	313.65	935.26

Fuente: GADPCH (2013b)

Elaboración: GADPCH (2013b)

Tal como lo establece Lee (1994), el intercepto del beneficio marginal (q) se puede obtener por medio del beneficio agrícola por hectárea de una unidad de agua de riego⁶⁷. Para ello se utiliza los datos del Tabla 22. Según los datos recolectados en los grupos focales y el GAD parroquial de Cebadas, el cultivo de pasto para la producción de leche es la principal actividad agropecuaria en el territorio de influencia del proyecto Yasipan, por lo que la estimación del modelo dinámico se realizará con los valores de (q) y (r) obtenidos de esta actividad económica⁶⁸. Es importante tomar en cuenta que la siembra de pasto se puede dar todo el año, pero su crecimiento tarda en promedio 3 meses. El estudio de factibilidad del proyecto Yasipan realizado por GADPCH en 2013, determinó que cada futuro beneficiario del proyecto recibirá un caudal por hectárea de 0.40 litros /segundo⁶⁹, considerando que la extensión promedio de las fincas de las familias beneficiadas por el proyecto en la parroquia de Cebadas es de 0.23 ha.

Según información de los productores agropecuarios de Cebadas, en un escenario completamente favorable y considerando que en promedio cada familia posee una cabeza de

⁶⁷ Para calcular el valor del intercepto (q) se analizan el beneficio financiero, ya que se pretende determinar como el riego afecta a los ingresos (liquidez) de los futuros beneficiarios del proyecto.

⁶⁸ Se puede realizar el mismo modelo utilizando los valores de (q) y (r) para los demás cultivos del sector, sin embargo, su importancia dentro de la economía de la parroquia de Cebadas es reducida por lo que los resultados obtenidos con estos valores no describirían la situación de gran parte del territorio de influencia del proyecto Yasipan.

⁶⁹ Este valor se obtuvo dividiendo el total del caudal de agua de riego adjudicado por el número de hectáreas (por familia) beneficiaria del proyecto Yasipan en la parroquia Cebadas. Tanto como los datos del caudal adjudicado y el número de hectáreas por familia se obtuvieron del estudio de factibilidad del Proyecto Yasipan (GADPCH, 2013).

ganado, cada una de ellas necesita aproximadamente 5 kg de pasto para producir un litro de leche. Según la Tabla 25, se espera que el rendimiento de pasto por hectárea trimestralmente pase de 3.630 kg /ha a 7.200 kg /ha, es decir se incrementa en 3570 kg. Al dividir los 3750 kg por los 5kg que se necesita para producir un litro de leche se obtiene que el riego del Yasipan permitirá incrementar la producción de leche por hectárea de 756 litros (3.630/5) a 1440 litros (7.200/5); 684 litros por hectárea más. Actualmente el litro de leche en Cebadas se comercializa en \$ 0.32 centavos según información obtenida en la entrevista con el Ing. Jorge Maldonado, director de la Junta de riego Cebadas. Es decir que el beneficio por hectárea generado por unidad de riego es de \$ 219.00 (684 litros *\$ 0.32). En términos monetarios, el proyecto Yasipan permitiría incrementar los ingresos de los productores de leche trimestralmente hasta en USD \$ 50.34 (684*0.23ha*\$0.32).

Por lo tanto, el valor utilizado para el desarrollo del modelo dinámico será de $q = 219$.

En función del tipo del suelo, el tipo de cultivo y la humedad relativa del sector los requerimientos de agua por cultivo varía. Un cultivo con mayor requerimiento de agua tendrá una pendiente de beneficio marginal menos empinada. En el caso del pasto los requerimientos de agua varía principalmente por la pendiente del terreno y la capacidad de retención de agua del mismo.

Dado que no existe un estudio específico por parte del MAGAP que determine la cantidad de agua que requeriría el cultivo de pasto dada las condiciones topográficas y climáticas de Cebadas, se utilizó un valor de $r = 20$, el mismo que representa un requerimiento de agua moderado por parte del cultivo. Este valor de (r) es el mismo que utilizó Axelroad (1981) y Lee (1994).

2) La oferta de agua:

- a) **Cantidad de agua disponible en la fuente:** La cantidad de agua disponible para el sistema de riego es el atributo físico más importante en un sistema de riego. La función de pagos, la estructura de incentivos y las decisiones de apropiación depende directamente de la cantidad de agua disponible en el sistema de riego.

El parámetro Q^s representa la cantidad de agua disponible para ser utilizada por el sistema. Un valor de Q^s se puede considerar óptimo si permite maximizar la función de pagos de los individuos sin que exista ninguna restricción sobre el volumen de agua. En el caso del proyecto de riego Yasipan la fuente hídrica que alimentaría el proyecto nace en la cuenca del río Chambo, específicamente del río Yasipan y la quebrada de Mismahuanchi que juntas suman un caudal total de 5.000 litros /segundo tal como se puede observar en la Tabla 15, aunque la SENAGUA dispuso que el proyecto de Riego Yasipan puede utilizar únicamente 857.74 litros/segundo (caudal adjudicado).

De esta forma el modelo dinámico asume que: $Q^s = 5.000$ y $Q^{FG} = 857.74$

- b) **Distribución del agua en el tiempo:** Un factor importante de la oferta del agua, es su distribución equitativa a través del tiempo. El parámetro de confiabilidad del suministro de agua (R_o) se ve afectado por la eficiencia y la abundancia del recurso hídrico. El proyecto Yasipan al tratarse de un sistema nuevo por implementarse que utilizará riego presurizado, garantiza una dotación constante y equitativa del agua.

En este caso se asume un valor de confiabilidad del suministro inicial de ($R_0=0.7$).

La confiabilidad del suministro de agua también afecta la sensibilidad a la confianza del mantenimiento del riego (α) y la sensibilidad a la apropiación del riego (α'). Según Lee (1994), un sistema de riego que garantice un nivel adecuado de suministro de agua en la entrada del sistema (Q^{FG}), es menos sensitivo a los trabajos de mantenimiento y los comportamientos de apropiación de los usuarios del riego.

- c) **Topografía del sistema de riego:** Las condiciones del suelo es un elemento que afecta directamente a los sistemas de riego. La pendiente del terreno es clave para entender el funcionamiento, los beneficios y costos que genera o generaría un proyecto de riego. Por ejemplo, un sistema de riego ubicado sobre una superficie con bastante inclinación favorece a sistemas de riego presurizado, que utilizan dicha inclinación para generar la presión necesaria para conducir el agua a través de las tuberías del sistema hasta los aspersores o mangueras de goteo sin necesidad de bombas. No obstante, esta ventaja del terreno se contrarresta con la poca capacidad del suelo para retener el agua, un terreno con mayor inclinación por lo general genera más arrastre de minerales, lo que comúnmente se conoce como erosión del suelo. En sistemas de riego por inundación el problema se agrava, ya que una mayor inclinación del terreno implica un caudal mayor, que provoca mayor desgaste del canal y posibles pérdidas de agua. Sin embargo, este no sería el caso del proyecto Yasipan.

Por otro lado, terrenos muy planos dificultan la distribución del agua, especialmente en sistemas de riego por inundación. En sistemas de riego presurizado que cuentan con pendientes reducidas, la presión para la conducción del agua se compensa con bombas a lo largo de todo el sistema. Si bien esto permite compensar la presión del agua, también implica un mayor costo del proyecto y un mayor gasto en mantenimiento. Como se describió anteriormente (Véase la Tabla 16) el 65% del territorio hídrico de Cebadas está compuesto por pendientes leves y moderadas, lo que lo hace propicio para cualquier sistema de riego, especialmente para riego presurizado. Las variables del modelo dinámico que se ven afectadas por la topografía del sistema de riego son: coeficiente costo de apropiación (e), la confianza al mantenimiento (α), la eficiencia del mantenimiento (θ), coeficiente mínimo de mantenimiento (Y) y el coeficiente mínimo de eficiencia (Y'').

El nivel inicial de eficiencia en la distribución del agua (E_0) y el coeficiente de pérdida de agua (a), son de 0.7 y 0.05 respectivamente. Se asume que el proyecto de riego Yasipan es un proyecto nuevo por implementarse que utiliza riego presurizado, el cual permite una distribución eficiente del agua y el cual minimiza al máximo las pérdidas de agua.

Atributos de la comunidad: El modelo de juego dinámico aplicado por Lee (1994), establece que una forma de identificar las diferencias entre los apropiadores de un sistema de riego es por su posición en el sistema. Es así que en el modelo se identificó a dos clases de apropiadores, los de la parte alta y baja del sistema.

Entre los parámetros que más se ven afectados por los atributos de la comunidad se encuentran: el monto máximo de inversión que los apropiadores pueden destinar al mantenimiento del sistema (Mb_j y Mb_k), el cual está directamente relacionado con el nivel de ingresos de la comunidad. Según datos del Plan de Ordenamiento territorial de la parroquia Cebadas en el año 2015, los ingresos por familia

en la parroquia se encontraban en aproximadamente (USD) \$ 350 mensuales. A medida que los ingresos de las familias beneficiarias del proyecto Yasipan mejoren, podría ser mayor el valor que destinen al mantenimiento del proyecto. En comunidades muy heterogéneas, los ingresos pueden variar entre el tipo de apropiador del proyecto (parte alta o baja).

Representar el impacto de todos los cambios en los atributos de la comunidad en los parámetros del modelo dinámico es imposible, ya que estos cambios pueden ser tan drásticos que pueden variar los supuestos del modelo y la forma en la que los jugadores se desenvuelven frente al bien común. No obstante, esto no quiere decir que los atributos de la comunidad no sean considerados en el modelo de Lee (1994). En el modelo de juego dinámico aplicado a los bienes comunes, se establece como parte de la solución de circuito cerrado, un nivel mínimo de institucionalidad que permite que el juego se pueda repetir en los distintos periodos de tiempo. Los atributos de la comunidad pueden alterar la disposición de los jugadores a continuar con el sistema de riego en el futuro, es decir influyen en el factor de descuento (w). En el caso de que los atributos de la comunidad y demás variables que afectan la arena de acción tuvieran un efecto negativo, es decir la institucionalidad en el área de estudio es baja. Es probable que la solución miope sea la óptima, ya que las condiciones no permitirían que exista una cooperación entre los apropiadores del riego a través del tiempo.

Conclusiones

En relación al proyecto de riego Yasipan, los factores institucionales que más se destacan en el territorio y que tienen completa incidencia en la ejecución y futura administración del sistema de riego, son la organización social, los atributos de la comunidad y las reglas en uso. A pesar de que existen 34 juntas de regantes y dos instituciones locales relacionadas al manejo del riego en la parroquia, ninguna de estas ha participado activamente en la planificación y elaboración de estudios para el proyecto Yasipan. Instituciones indígenas de gran trayectoria en el cantón y que se han convertido en espacios de participación de las comunidades a favor de proyectos de desarrollo en el territorio, como son el Comité de Desarrollo Regional y el Parlamento Indígena de Guamote, tampoco han intervenido en el proyecto Yasipan, debilitando el tejido social del territorio y el empoderamiento de las comunidades para con el proyecto.

Dentro de los principales atributos de la comunidad de Cebadas, se destaca el alto índice de pobreza, que podrían limitar la cantidad de inversión que la comunidad podría destinar para el mantenimiento de un sistema de riego. El bajo nivel de escolaridad en el territorio de influencia del Yasipan, podría comprometer la administración local del proyecto dado su tamaño y relativa complejidad en comparación al manejo de un sistema de riego por inundación.

Finalmente, dado que Cebadas es una parroquia netamente indígena, la minga se constituye en la institución más fuerte en la comunidad. Si bien esta institución ha sido el mecanismo por el cual las comunidades han logrado administrar y mantener los sistemas de riego por siglos, es necesario que las futuras comunidades beneficiarias del proyecto de riego Yasipan comiencen a debatir y establecer mecanismos que permitan mejorar la administración del proyecto una vez que este entre en funcionamiento como son: los límites a la apropiación del agua, las sanciones para quienes podrían dar mal uso al sistema, cuáles van a ser los mecanismos para transparentar la información relacionada al manejo del proyecto etc. Actualmente, ninguna de las comunidades visitadas ha establecido las “reglas en uso” necesarias para que se pueda establecer una cooperación eficaz al momento de gestionar y apropiarse del agua de riego del Yasipan.

Capítulo 3

3 El manejo de los bienes comunes y el desarrollo del sector rural, una mirada desde los resultados del juego dinámico aplicado al riego

En la última sección del capítulo anterior se analizó cómo la arena de acción descrita en el modelo ADI, influye en el valor de los parámetros del modelo de juego dinámico aplicado al riego y por ende en sus resultados. El valor asignado a cada variable busca representar la manera en la que los futuros apropiadores del proyecto Yasipan podrían interactuar frente al bien común del riego, considerando los posibles beneficios o dificultades que generaría la operación, administración y mantenimiento del sistema Yasipan.

Es importante aclarar que los valores de los parámetros elegidos para el modelo no son capaces de describir en su totalidad la realidad de los futuros beneficiarios del proyecto para con el proyecto Yasipan; ya que muchos de ellos por su complejidad en su estimación, no pueden contener todos los elementos que pueden incidir sobre el riego. Sin embargo, el propósito principal de la investigación más allá de los aspectos técnicos del proyecto, busca examinar cómo los cambios en los tres grupos de variables descritas en el modelo ADI (los atributos físicos, atributos de la comunidad, reglas en uso), podrían afectar la estructura de incentivos que enfrentarían los apropiadores del sistema de riego Yasipan. Con el modelo se espera determinar si las comunidades beneficiarias del proyecto pueden llegar a un equilibrio sub-óptimo entorno al riego, el cual permita la cooperación en el territorio mediante la acción colectiva, para resolver los problemas que involucran a un bien común de vital importancia como el riego.

Debido a la poca información empírica sobre la estimación de los parámetros utilizados en el modelo, la presente investigación utilizará las recomendaciones de Lee (1994) para establecer la configuración inicial del juego en base a la información obtenida del proyecto de riego Yasipan.

3.1 La percepción de los habitantes de la parroquia Cebadas frente al agua y los sistemas de riego

Como parte de la estructura de los grupos focales en la parroquia Cebadas, en una primera etapa se consultó a los participantes aspectos relacionados con los atributos físicos e institucionales del sector. En relación a los atributos físicos, concretamente se preguntó a la comunidad sobre su apreciación frente a la cantidad de agua que reciben actualmente. El 27.52% de los asistentes a los grupos focales consideraron que el agua que reciben en sus tierras es suficiente para sus actividades agropecuarias, mientras que el porcentaje restante, el 72.47% coincidieron que el agua es escasa, principalmente entre los meses de agosto y noviembre, época de sequía, en la cual es prácticamente imposible sembrar o cultivar.

Según la información recabada en la comunidad de Cebadas, todos los asistentes a los grupos focales coincidieron que durante los últimos años ha existido una reducción paulatina del caudal de los ríos que abastecen a la parroquia, hecho que coincide con los datos descritos en el capítulo anterior donde

se mencionaba que existe una disminución progresiva de la oferta hídrica, principalmente de las fuentes que se prevé abastezcan al proyecto Yasipan, como la cuenca del río Chambo y el río Yasipan.

Del total de asistentes a los grupos focales, el 18.34% se han beneficiado anteriormente de algún sistema de riego, mientras que el 81.65% restante nunca antes ha recibido este beneficio en sus terrenos. Las personas que ya se habían beneficiado anteriormente de sistemas de riego, se encontraban en su totalidad en la parte baja del territorio de influencia del proyecto Yasipan, sector que colinda con el sistema de riego Chambo-Guano, el cual se encuentra en operación. En base a esta información se preguntó a los asistentes si estarían dispuestos a colaborar en la construcción y futuro mantenimiento del proyecto Yasipan; todos los asistentes afirmaron que estarían dispuestos a colaborar.

Finalmente, se preguntó a los participantes de los grupos focales si son tomados en cuenta por las autoridades cuando se planifican o se construyen proyectos de riego, a lo que todos los participantes coincidieron que casi nunca son consultados y tienen parcial o total desconocimiento sobre la labor y proyectos encaminados al riego en su comunidad. Según los asistentes, existe una despreocupación por parte de las autoridades para con el territorio, lo cual se refleja en la demora en la implementación de proyectos emblemáticos como el Yasipan. Según los asistentes, los intereses políticos y electorales de las autoridades parroquiales, cantonales y provinciales, han frenado el desarrollo de la infraestructura hídrica del sector, ya que existen intereses antagónicos entre las comunidades y las autoridades.

Los resultados de esta primera etapa de los grupos focales permitieron preliminarmente llegar a dos apreciaciones en relación al riego en la parroquia Cebadas: la primera, es que claramente existe una necesidad urgente por el agua, ya que más del 80% de los consultados depende directamente de la época invernal para la producción agropecuaria durante pocos meses al año, el resto de meses no tienen acceso al agua por lo que en muchos casos deben subsistir con las ganancias generadas en la época invernal durante todo el año; o a su vez buscar otras fuentes de ingreso fuera de sus comunidades, por lo que migran a las ciudades para involucrarse en sectores económicos como el comercial y principalmente la construcción.

Otra conclusión importante hasta esta etapa fue el desconocimiento total de las comunidades visitadas con respecto al trabajo de las autoridades, en este caso el gobierno provincial, en relación al riego y específicamente el proyecto Yasipan. Este desconocimiento acompañado con el largo tiempo que las comunidades llevan esperando el sistema de riego, ha generado en el sector un desinterés para con el proyecto Yasipan.

La segunda etapa de los grupos focales estuvo estructurada para obtener los coeficientes necesarios para la construcción del modelo de juego dinámico aplicado al riego. Esta segunda etapa permitió configurar los parámetros para correr el modelo en función de la información obtenida en las comunidades visitadas. A continuación, se detalla cómo se obtuvo los valores de cada coeficiente y su relación con lo antes descrito en el capítulo uno y dos del actual estudio.

3.2 Configuración Inicial de los parámetros del modelo

Debido a la complejidad del modelo y de los parámetros estimados, en esta ocasión se empleará la versión sencilla del modelo. Esta versión consta de dos jugadores como se mencionó anteriormente: los apropiadores de la parte alta del sistema Yasipan ($m=1$) y de la parte baja del sistema ($n-m=1$),

quienes interactúan entre sí, sin ningún mecanismo de sanción. El juego dinámico se desarrolla en dos periodos de tiempo ($t=2$).

En función de la solución que se utilice en el modelo, la configuración de los parámetros iniciales varía de dos formas:

- Al utilizar la **solución miope** del juego el resultado representara una situación donde existe un nivel mínimo de institucionalidad en el que los jugadores no tienen previsión sobre el futuro. En este contexto, la solución racional del modelo implicaría que los jugadores maximicen su utilidad (función de pagos) en un solo periodo sin que se tome en cuenta los pagos descontados de los demás periodos.
- Al utilizar la **solución de circuito cerrado**, los resultados del juego representan una situación donde los jugadores son previsivos en relación al futuro y existe de igual forma un nivel mínimo de institucionalidad. Para lograr obtener esta solución en el juego, se asume que los jugadores tienen información de sus funciones de transformación y de las expectativas futuras del juego en cada iteración. En este contexto, la solución racional del modelo implicaría que los jugadores maximicen su utilidad (función de pagos) descontada para todos los periodos del juego.

3.2.1 Escala del juego

La función de beneficio marginal, compuesta por su intercepto (q) y la pendiente (r) son los parámetros que determinan la escala del juego. Estos dos parámetros se encuentran en valores reales, dólares por hectárea (USD/Ha). Siguiendo las recomendaciones de Lee (1994), es fundamental establecer primeramente el valor de (q), ya que de ello depende la configuración de los otros parámetros del modelo.

Como se describió en el capítulo anterior, el valor de (q) y (r) dependen directamente del tipo de cultivo predominante en la zona de influencia del proyecto y de su precio de mercado. Si el precio de mercado del producto analizado en el modelo dinámico se incrementa, también lo hará el beneficio marginal del agua de riego y la cantidad de agua apropiada por cada usuario. De esta forma y utilizando la información del cuadro 25, se había fijado el valor de $q= 219$ y $r = 20$.

En la actual investigación se utiliza los valores de (q) y (r) del cultivo de pasto (para la producción leche) en la parroquia Cebadas, la actividad agropecuaria más representativa en la zona según la información del GADP de Cebadas y los grupos focales realizados en el sector. Se consideró resolver el juego dinámico con este cultivo ya que la producción de leche en esta parroquia está desplazando a la producción agrícola del sector, debido principalmente a: la imposibilidad de cultivar en épocas de sequía, el precio relativamente conveniente del litro de leche y la facilidad que tienen los agricultores de poder vender una cabeza de ganado en pie, en caso de requerir ingresos económicos urgentes. La incipiente producción de cereales como el trigo o la cebada, sumado al cultivo de maíz y del haba actualmente son de subsistencia por lo que no existen excedentes en la cosecha que puedan ser comercializados en los mercados de la parroquia o del cantón.

Dado este cambio en el esquema productivo de la parroquia, actualmente en Cebadas se están generando emprendimientos locales relacionados a la producción lechera. Un ejemplo claro de ello es

la industria de lácteos El Cebadeño⁷⁰, la cual acoge la producción de leche de 12 familias para la producción de lácteos, principalmente queso. El objetivo de estos emprendimientos es lograr que los campesinos reciban un precio justo por cada litro de leche que producen.

Es importante aclarar que el objetivo de la investigación no es medir los efectos de los precios de cultivos en la función de beneficios de los apropiadores del Yasipan, por lo que se asume que (q) y (r) son constantes en el desarrollo del modelo.

3.2.2 Cantidad óptima de apropiación y costo de apropiación

Antes de decidir sobre el valor de los otros parámetros del modelo, Lee (1994), sugiere calcular la cantidad óptima de apropiación con el que se inicia el juego. Para el cálculo de este valor inicial se asume que no existe costo de apropiación ($e=0$) y existe una confiabilidad en la distribución del suministro de agua ($R_0=1$). Con esta información, la cantidad óptima de apropiación para el periodo inicial del juego es $(10.95)^{71}$.

El costo de apropiación en el modelo dinámico se define como la cantidad de agua apropiada por el individuo “ i ”, multiplicado el coeficiente de apropiación “ e ”. De esta forma, el costo de apropiación se describe como: “ $e*U_{it}$ ”. La estimación del coeficiente de apropiación para la actual investigación utilizó información de los grupos focales, en ellos se preguntó a los participantes sobre dos aspectos que según Lee (1994) alteran este coeficiente; los conflictos entre los futuros beneficiarios del proyecto y su percepción frente a los trabajos de mantenimiento e infraestructura concerniente al agua en su comunidad (Pregunta 23 y 24; Anexo A). A partir de esta información se estimó un valor de $e=0,52$. Como se mencionó en el apartado donde se explica el planteamiento formal del modelo, a medida que “ e ” se aproxima a 1, el costo de apropiación del agua del sistema aumenta.

Cuando se preguntó a los asistentes de los grupos focales si consideraban que en su comunidad existían muchas peleas por el agua, todos los asistentes coincidieron que efectivamente se daban conflictos relativos al recurso hídrico, los cuales derivaban de un problema de coordinación y liderazgo dentro y fuera de las comunidades. A criterio de los consultados, la falta de coordinación proviene del poco nivel de apoyo de las autoridades las cuales encaminan políticas de intervención estatal desconociendo las necesidades de los territorios, lo que genera un debilitamiento institucional y de coordinación entre autoridades y campesinos. En referencia a la Tabla 8, en el primer capítulo de este estudio, Acosta (2010) describió las mismas problemáticas en los sistemas de riego comunitarios/asociativos del Ecuador, por lo que lo descrito en la parroquia Cebadas ejemplifica lo que sucede en todo el país. Es decir que los bajos niveles de institucionalidad generan altos costos de apropiación del agua de riego.

Por otro lado, cuando se preguntó a las comunidades sobre qué tan efectivas son las obras de mantenimiento que la comunidad destina para el mejoramiento de la infraestructura de riego, el 95% de los participantes coincidió que las mingas son el mejor mecanismo para la conservación de estos sistemas, siempre y cuando estas se realicen periódicamente con la participación de toda la comunidad.

⁷⁰ Según la revista Lideres, en una publicación del 14 de marzo de 2017, esta organización fundada en 1982, producía 5.000 mil quesos mensuales, los cuales se comercializaban en las principales ciudades de la sierra norte del país como Riobamba y Quito.

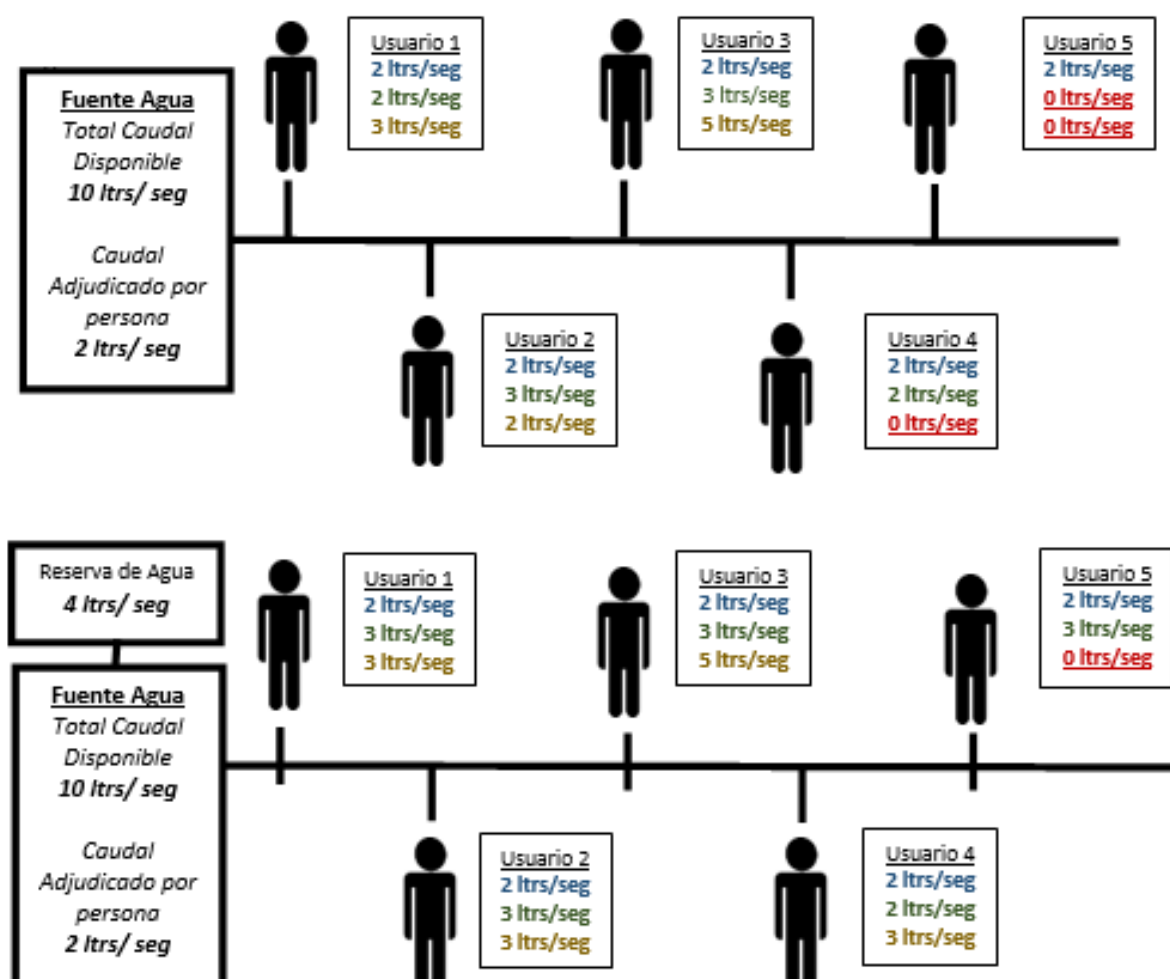
⁷¹ La ecuación usada para determinar el valor inicial de apropiación se define como: $U_{jp}/U_{kp} = (-c+q*R_0) / (2*(e*m+0.5r))$.

3.2.3 Interdependencia entre los apropiadores del sistema de riego

Según información obtenida en los grupos focales (pregunta 25 y 26; Anexo A) el coeficiente de interdependencia entre los apropiadores del sistema de riego es igual a " $\delta=1$ ", lo que quiere decir que el nivel de apropiación de todos los usuarios del sistema, tiene una incidencia total en el nivel de apropiación de agua del resto de usuarios, lo cual es congruente con la forma en la que el proyecto Yasipan fue concebido.

Según Lee (1994) cuando los sistemas de riego se benefician de un flujo continuo de agua como está planificado en el sistema de riego Yasipan, el agua que consuman los apropiadores del sistema influye totalmente en el agua que reciben los usuarios que se encuentren más abajo del mismo. Esta dinámica se representa mejor en el Gráfico 19, a continuación:

Gráfico N° 13
Efectos del nivel de apropiación del agua en un sistema de flujo continuo con y sin reservas de agua



Fuente: Lee (1994)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Tal como lo describe el Gráfico 13, si todos los usuarios respetan el caudal adjudicado, todos acceden al agua (escenario color azul). Si los usuarios irrespetan el caudal asignado y consumen más agua de la necesaria, los usuarios, principalmente de la parte baja del proyecto se quedan sin agua (escenario verde y amarillo).

En el caso de que los sistemas de riego con reservas de agua, la dinámica descrita en el escenario sin reservas es prácticamente igual, las reservas únicamente pueden compensar hasta cierto punto la sobre apropiación del agua, si el agua utilizada por los apropiadores es mayor al total del caudal disponible más las reservas, los apropiadores de la parte baja quedarían sin disponibilidad de agua (escenario amarillo). En ambos casos, el coeficiente de interdependencia se mantiene igual a 1, ya que el agua que abastece al sistema tiene un flujo continuo que permite que todos los usuarios puedan acceder al agua de riego al mismo tiempo.

Para que se cumpla el escenario azul en el caso de la parroquia Cebadas, es imperante analizar los conflictos sobre el uso del agua y los incentivos a los que los apropiadores deberían recibir para que este escenario prevalezca en el tiempo.

El primer elemento que necesita definirse para que el escenario azul sea factible, es establecer una asignación suficiente de agua a cada apropiador para que esté a su vez no tenga la necesidad de apropiarse de una mayor cantidad de agua a la asignada. Según el estudio de factibilidad del proyecto Yasipan, el caudal adjudicado a cada beneficiario del proyecto fue determinado en función del caudal total del proyecto, el cual fue dividido para el número de beneficiarios, tomando en cuenta que el tamaño de las parcelas que se beneficiarían del riego cuenta con la misma extensión. De esta forma todos los usuarios del sistema deberían recibir la misma cantidad de agua, sin embargo, esta asignación prevista puede ser insuficiente o excesiva según el caso. Como se mencionó anteriormente, es posible que, en función del tipo de cultivo, la época del año y las condiciones topográficas, el requerimiento de agua de riego entre los apropiadores del sistema sea distinta, es decir que puede existir usuarios del sistema que requieran de una menor o mayor cantidad de agua. De esta forma podría existir un mayor incentivo para que aquellos usuarios del sistema que consideran insuficiente el agua para sus terrenos, se apropien de una mayor cantidad del recurso.

Un segundo factor que se vuelve indispensable para que el escenario azul sea factible, es el establecimiento de “reglas de uso” que permitan determinar cuáles serán los mecanismos de control y sanción que se aplicaran para aquellos usuarios que den mal uso al sistema de riego o se apropien de una mayor cantidad de agua de la que les fue asignada. Sin la definición de estos límites, es muy probable que los usuarios del sistema de riego tiendan a sobre explotar el recurso.

Finalmente, dada las condiciones actuales de la parroquia Cebadas, que en el ámbito organizativo y de coalición social parecen frágiles frente a una posible cooperación con el resto de comunidades beneficiarias del proyecto, es probable que el nivel de apropiación de agua en la parte alta del sistema reduzca la cantidad de recurso hídrico que recibirían la parte media y baja del proyecto. Si la brecha entre el caudal adjudicado y el caudal que efectivamente podrían recibir los apropiadores del sistema de riego Yasipan aumenta, los incentivos a desviarse (no cooperar) también aumentan. Para Ostrom (1990), el tamaño de esta brecha define el nivel de sobre explotación del recurso.

En un sistema de riego con un flujo continuo de agua como el Yasipan, el nivel de poder cambia entre los usuarios. Aquellos ubicados en la parte alta del sistema, como la parroquia Cebadas pueden ejercer más control sobre el recurso que el resto de apropiadores que dependen directamente del nivel de apropiación de agua de esta comunidad. Es por esta razón que, dada esta relación de poder, hay mayor probabilidad que los apropiadores del sistema, pertenecientes a esta parroquia se desvíen de la cooperación y se apropien de una mayor cantidad de agua. Es por esta razón que se vuelve

imprescindible que la administración del proyecto defina con claridad cuáles van a ser los mecanismos para contrarrestar esta relación de poder, que directamente influye en los flujos de información que cada usuario podría recibir del sistema, la cantidad destinada para el mantenimiento, el poder en el proceso de toma de decisiones, el nivel de cohesión entre las comunidades, etc.

3.2.4 Nivel de Ingresos de la población en la Parroquia Cebadas vs la Inversión Máxima dispuesta a invertir en el sistema de riego

Referente al cálculo de la cantidad máxima de inversión que estarían dispuestos a pagar los futuros beneficiarios del proyecto, se recurrió a dos fuentes de información; la primera, el estudio definitivo del proyecto Yasipan, el cual establece que el monto anual aproximado por hectárea necesario para la operación y mantenimiento del sistema es de USD \$9.64 (GAD de Chimborazo, 2013b); la segunda fuente de información, fue los grupos focales en la parroquia Cebadas, donde se preguntó a los asistentes su disposición a colaborar en el futuro mantenimiento del proyecto⁷² y las horas a la semana que estarían dispuestos a destinar a esta actividad⁷³ (pregunta 15 y 16, Anexo A). Los grupos focales arrojaron que todos los consultados están dispuestos a colaborar en promedio 2 horas a la semana. En términos monetarios su aporte laboral semanal equivale a USD \$ 3.75 o USD \$ 195.00 al año. Con la suma de estos dos valores se determinó que los apropiadores del sistema podrían destinar anualmente un valor de “ m_{bj} =USD \$205” ($\$ 9.64 + \195) para el mantenimiento del sistema entre aportes económicos directos y su mano de obra.

Según datos descritos en el capítulo anterior, el GAD Parroquial de Cebadas determinó que el ingreso económico promedio familiar en la parroquia es de \$ 360.00 dólares americanos mensuales; y que gran parte de las familias recibe el Bono de Desarrollo Humano, el cual puede alcanzar un valor máximo de \$150.00 dólares americanos. Sumando estos dos valores, los ingresos totales mensuales por familia bordearían los \$ 500.00 dólares, dato que se contradice con las estadísticas sociales y de pobreza de la parroquia. Sin embargo, usando como referencia los valores del GAD parroquial de Cebadas, se podría concluir que los futuros apropiadores del proyecto Yasipan destinarían en promedio únicamente el 1.92% ($\$9.64/\500×100) de sus ingresos directos al mantenimiento del sistema de riego. Un valor considerablemente bajo, considerando la importancia que tendría este sistema sobre la producción agropecuaria del sector.

La relación que existe entre el nivel de ingresos de la población y la cantidad que destinarían al mantenimiento del sistema de riego es creciente. A medida que aumenta el nivel de ingresos, los apropiadores del sistema tienden a incrementar su inversión en el mantenimiento del sistema, siempre y cuando mantengan su confianza en la eficiencia del riego y tengan previsto cooperar y beneficiarse del sistema en el futuro.

⁷²En función de su disposición a colaborar en el sistema, la pregunta 15 representa un coeficiente entre 0 y 1. Donde 1 representa una total disposición a colaborar y 0 que no están dispuestos. Este coeficiente se multiplica por el número de horas que están dispuestos a colaborar. De esta forma se obtiene el segundo componente de la cantidad máxima de inversión en el sistema: $(1 * (2 \text{ horas} / \text{semana}))$ a con un precio referencial de jornal de USD \$ 1.875 /hora.

⁷³ Para monetizar las horas a la semana que destinarían las comunidades al mantenimiento del sistema Yasipan, se utilizó como referencia el valor de los jornales en la zona, los cuales, según el Ing. Jorge Maldonado, director de la junta de regantes del sistema de riego Cebadas se pagan a USD \$ 15.00 el día (8 horas). Dado que en promedio las comunidades consultadas destinarían dos horas a la semana al mantenimiento del sistema, esto equivale a USD \$3.75 la semana y USD \$ 195.00 al año.

Sin embargo, al consultar a los asistentes de los grupos focales sobre su disposición a un futuro pago por el mantenimiento del sistema, existió un poco de resistencia por parte de los comuneros al debatir sobre una contribución económica directa. Esta reacción puede ser motivada por varios factores: el desconocimiento total sobre cuál sería la cuota que determine la SENAGUA por la utilización del sistema de riego Yasipan; las comunidades consideran que, debido al alto costo en la construcción de los sistemas de riego presurizado, el valor del mantenimiento de los mismos es igualmente elevado; el nivel de ingresos que perciben actualmente no les alcanzaría para aportar con una contribución al mantenimiento del sistema de riego Yasipan.

De manera general, los apropiadores del proyecto estarían dispuestos destinar cierta cantidad de recursos al sistema de riego, siempre y cuando los beneficios que reciban del mismo sobrepasen los costos de apropiación del agua.

3.2.5 Abundancia del recurso hídrico

Como simplificación del modelo se asume que durante la etapa en la que transcurre el juego no existe escasez de agua, esto permite observar cómo la función de pagos y las dos variables de estado (la confiabilidad del suministro de agua (R_t) y la eficiencia en la distribución (E_t)) cambian en el tiempo. Bajo este supuesto, los apropiadores del sistema encuentran rentable incrementar la cantidad de agua de la que se apropiarían del sistema hasta que los ingresos adicionales vuelvan a igualar los costos generados por un mayor nivel de apropiación del agua. La condición de abundancia del recurso permite a criterio de Lee (1994), una función de pagos que permita optimizar el juego en cada periodo, caso contrario con un limitante en la cantidad de agua, las soluciones pueden arrojar que la cantidad óptima de agua que debe apropiarse cada jugador sobrepase a la cantidad disponible en el sistema, haciendo mucho más difícil predecir la tendencia en la cantidad de apropiación del agua y por ende la estimación de las funciones de transformación.

El supuesto de la abundancia del recurso hídrico es muy importante en la modelización del juego, ya que de ello depende la cantidad de apropiación óptima resultante del mismo. Sin embargo, Lee (1994), también desarrolla una variante del juego dinámico en sistemas con escasez de recursos, que están fuera del ámbito de estudio de este trabajo.

Para asumir la abundancia del recurso hídrico se establecieron los siguientes parámetros en el modelo según los estudios definitivos del proyecto Yasipan: la cantidad de agua en la fuente hídrica " $Q^s = 5.000$ " litros/segundo; cantidad de agua disponible al inicio del sistema " $Q^{FG} = 857.74$ " litros/segundo; la distancia entre las fuentes de agua (Rio Yasipan y quebrada Mismahuanchi) y la tubería principal " $L = 4.400$ " metros; distancia entre los apropiadores de la parte alta y parte baja " $L' = 58.600$ " metros ; finalmente el coeficiente de pérdida de agua del sistema de riego se estima en un 2 al 5% del caudal disponible al inicio del sistema por lo que el coeficiente de pérdida se determinó en " $a = 0.05$ " (GAD de la Provincia de Chimborazo, 2013b).

3.2.6 Estimación de los parámetros en las funciones de transformación

Uno de los criterios empleados en la determinación de los coeficientes en las funciones de transformación (confiabilidad y eficiencia del sistema de riego) es que todos ellos deben ser menores a 1. Esto supone que no existen sistemas de riego que sean totalmente confiables ni eficientes. Quizás este criterio sea acertado en el caso ecuatoriano ya que como se observó en el primer capítulo del

presente trabajo, casi todos los sistemas de riego en funcionamiento en el país no aprovechan en su totalidad la infraestructura existente, presentan muchas pérdidas de agua o no dan un buen uso a este recurso.

En el caso del proyecto Yasipan, el valor inicial de las dos variables de estado, R_0 y E_0 se fijaron en 0.7, bajo recomendación del modelo donde sugiere iniciar con estos valores para evitar que las dos variables de estado alcancen su valor máximo. Posteriormente, los dos parámetros referentes a la sensibilidad hacia la confiabilidad del sistema de riego, " α ", y la sensibilidad a la eficiencia al mantenimiento, " θ ", se fijaron en 0.003 y 0.64 respectivamente. Estos valores fueron obtenidos de los grupos focales realizados en la parroquia Cebadas (pregunta 27, 28, 29, 33,34 y 35; Anexo A) ⁷⁴.

El valor de los parámetros relacionados a la sensibilidad a la apropiación del sistema: confiabilidad a la apropiación del sistema, " α' ", y la sensibilidad a la eficiencia de la apropiación, " θ' ", se fijaron en 0.018 y 0.78 respectivamente. Como se mencionó anteriormente, debido a la dificultad de almacenamiento de agua en sistemas de riego con un flujo continuo como el Yasipan, las variables de estado son menos sensitivas al nivel de apropiación que al nivel de mantenimiento.

Otro elemento a destacar de los valores obtenidos en los coeficientes de las funciones de transformación, es el impacto casi nulo que tiene el nivel de apropiación y de mantenimiento sobre la confiabilidad del suministro de agua en el proyecto de riego. Los futuros beneficiarios del sistema de riego Yasipan, tendrían la total certeza que, sin importar las condiciones del sistema, el suministro de agua que recibirán en sus terrenos está garantizado. Este resultado sugiere dos cosas: primero, los pobladores de la parroquia Cebadas, que se beneficiarían del proyecto Yasipan consideran que el agua que abastece al proyecto es suficiente para cubrir las necesidades de riego de todos los usuarios; y segundo, los sistemas de riego presurizado aumentan la confiabilidad que tiene sus usuarios frente a la dotación de agua que reciben, probablemente ante la minimización de pérdidas de agua que implica la construcción de riego presurizado.

Al consultar a las comunidades sobre el efecto que tendría el irrespeto del caudal asignado por los apropiadores del sistema las respuestas fueron variadas. Por ejemplo, en la comunidad de Nauteg (parte baja del sistema), los comuneros mostraron mayor preocupación sobre la eficiencia del sistema si se llegara a irrespetar los caudales adjudicados por los apropiadores de la parte alta. Por otro lado, en la comunidad de Utucun (parte alta del sistema), los comuneros al ser consultados sobre esta misma temática, no consideraron la posibilidad de que el agua pueda faltar en su comunidad, dado que ellos se encontraban cerca de las fuentes de agua. Adicionalmente, no eran conscientes que de ellos dependía el nivel de agua que podrían recibir el resto de beneficiarios del sistema.

Los niveles mínimos requeridos de mantenimiento requeridos para mantener la eficiencia " γ " y la confiabilidad " γ' " del sistema de riego se establecieron en \$ 9.64 para ambas variables. Este valor se obtuvo de los estudios definitivos del proyecto Yasipan, los cuales establecen que este es el monto aproximado por hectárea necesario para mantener la sostenibilidad del sistema. No se considera el valor de la mano de obra (mingas) por parte de los usuarios, ya que esta actividad es opcional, los usuarios pueden como no pueden colaborar en el mantenimiento, por su parte los USD \$9.64 que en un futuro deberían cancelar por el uso y mantenimiento del sistema es una obligación por parte de la SENAGUA para formar parte del sistema.

⁷⁴ Estas seis preguntas tenían tres opciones de respuesta tal como se describen el anexo A; Si=0, No=1, Tal vez=0.5. Las preguntas 27,28 y 29 corresponden a la estimación de " α ", mientras que las pregunta 33,34 y 35 corresponden a la estimación de " θ ". En base a los resultados obtenidos por cada participante del taller, se realizó un promedio ponderado donde cada pregunta relacionada al factor tenía una ponderación del 33.33%, de esta forma se obtuvo un valor para cada coeficiente entre 0 y 1.

Los niveles mínimos requeridos para mantener la eficiencia y confiabilidad del sistema, también se ven afectados por la labor de la junta de regantes, estas organizaciones comunitarias tienen la responsabilidad de asignar las tareas y responsabilidades con respecto al mantenimiento del sistema de riego a sus usuarios, y en algunos casos, estas organizaciones sociales también son las encargadas de cobrar la tasa impuesta por la SENAGUA por el uso de los sistemas de riego. La eficiencia de los sistemas de riego está directamente relacionada con el nivel de organización y pro actividad de la junta de regantes frente al mantenimiento que se dé a los sistemas de riego comunitarios.

Por último, los niveles máximos de apropiación para mantener la confianza “ γ ” y la confiabilidad del sistema “ γ ” se establecieron en un valor de 8. Aunque el modelo de Lee (1994), no define claramente cómo se define este parámetro, el valor que adquiere es un valor cercano al valor de apropiación inicial con el que comenzó el modelo. Se toma en referencia este valor ya que se asume que ninguna configuración de los parámetros del juego puede generar una condición que sobrepase a los niveles de apropiación y mantenimiento con las que inicia el juego.

Cabe destacar que en el grupo focal realizado en la comunidad de Utucun, la más apartada y visiblemente la más pobre de las comunidades consultadas, fue la que contó con el mayor número de participantes en el grupo focal, 49 en total.⁷⁵ Sin embargo, esta comunidad mostró una menor predisposición para contestar las preguntas del grupo focal y por ende era notorio un mayor desinterés para con el proyecto de riego Yasipan. Esta menor predisposición puede ser explicada por cuatro razones principales: la primera, los asistentes eran mayoritariamente personas adultas y de la tercera edad, lo que limitó de cierta manera la pedagogización del grupo focal; segundo, la totalidad de los asistentes eran indígenas por lo que en dicho territorio la lengua predominante era el Quichua y no el español; tercero, el bajo nivel de escolaridad de los asistentes restringió la comprensión de ciertos aspectos que se buscaba indagar de ellos con respecto al riego; y finalmente, predominó un desinterés en la población con respecto al proyecto Yasipan, esto debido a la demora en la ejecución del sistema de riego, la poca información que disponían los asistentes sobre los avances del proyecto y la politización del proyecto para fines electorales dentro de los últimos años.

3.2.7 Factor de descuento

Finalmente, el último parámetro a calcularse antes de la ejecución del modelo es el factor de descuento. Similares estudios que utilizan la optimización inter temporal en teoría de juegos como Dixon (1989) y Axelrod (1981) utilizan factores de descuentos cercanos a 1. Entre más cerca se encuentre el factor de descuento al 0, menor serán la importancia que dan los jugadores al futuro, por el contrario, valores cercanos a 1 significa que los jugadores priorizan el futuro. En este estudio para determinar el valor del factor de descuento se utilizó los grupos focales, en donde se preguntó a los participantes su preferencia inter temporal (pregunta 12,13 y 14; Anexo A). En base a los resultados de los talleres se obtuvo un coeficiente “ $\omega=0.42$ ”.

⁷⁵ En total asistieron 109 personas a los grupos focales: 49 de la comunidad de Utucin (parte alta), 30 de la comunidad de Cecel/San Antonio (parte media) y 30 de la comunidad de Nauteg (parte baja).

3.2.8 Racionalidad Individual y Pérdida de Eficiencia

En la tabla 23, se resume el valor de la configuración inicial de los parámetros utilizados en el modelo sin escasez de agua.

Tabla N° 23
Configuración Inicial de los Parámetros del Juego Dinámico

Variables		Descripción
2	N	Número Total de Apropiadores del Sistema de Riego Yasipan
1	M	Número de regantes ubicados en la parte alta del sistema
2	T	Número de Repeticiones del Juego
0.42	Ω	Factor de descuento (Entre 0 y 1)
205	mBj	Inversión máxima que cada apropiador estaría dispuesto a pagar por el mantenimiento del sistema de riego Yasipan en el periodo t
5.000	Qs	Caudal de Agua del Rio Yasipan
4.400	L	Distancia entre el rio Yasipan y los apropiadores de la parte alta del sistema de riego.
58.600	L'	Distancia entre los apropiadores de la parte alta y de la parte baja del sistema de riego.
219	Q	Intercepto del beneficio marginal del agua de riego (dólar por hectárea) (beneficio agrícola por hectárea de una unidad de agua de riego)
20	R	Pendiente del beneficio marginal del agua de riego
0.52	E	Costo de Apropiación del agua
1	Δ	Coeficiente de interdependencia entre los apropiadores de la parte alta y baja del sistema.
0.7	R0	Valor inicial de fiabilidad del suministro de agua
0.7	E0	Valor inicial de la eficiencia del suministro de agua
0.003	A	Confiabilidad al mantenimiento del riego
0.018	α'	Confiabilidad a la apropiación del riego
0.64	Θ	Eficiencia al mantenimiento del riego
0.78	θ'	Eficiencia a la apropiación del riego
0.05	A	Coeficiente pérdida de agua
9.64	Γ	Coeficiente de mantenimiento mínimo para mantener confiabilidad.
8	γ'	Coeficiente máximo de asignación de apropiación para mantener la fiabilidad del sistema
9.64	γ''	Coeficiente de mantenimiento mínimo para mantener la eficiencia del sistema
8	γ'''	Coeficiente máximo de apropiación para mantener la eficiencia de sistema

Fuente: Lee (1994)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Tabla N° 24
Resultados Modelo de Simulación del Juego Dinámico con la Configuración Inicial de los Parámetros

<i>Solución Miope U_j</i>	<i>{7.2861, 5.4281}</i>
<i>Solución Miope U_k</i>	<i>{7.1060, 5.2940}</i>
<i>Solución Miope m_j, m_k</i>	<i>{0, 0}</i>
<i>Solución Circuito Cerrado U_j</i>	<i>{7.2861, 8.1574}</i>
<i>Solución Circuito Cerrado U_k</i>	<i>{7.1060, 8.0594}</i>
<i>Solución Circuito Cerrado m_j, m_k</i>	<i>{205,0}</i>
<i>Óptimo U_j, U_k</i>	<i>{4.2103, 10.1577}</i>
<i>Óptimo m_j, m_k</i>	<i>{205,0}</i>
<i>Beneficio Óptimo</i>	<i>710.82</i>
<i>Beneficio Solución Miope</i>	<i>(- 3.91%) 682.988</i>
<i>Beneficio Solución Circuito Cerrado</i>	<i>(-2.81%) 690.8139</i>

Fuente: Pablo Andrés Chamorro (Wolfram Mathematica)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

<i>Miope U_j</i>	<u>Clave:</u> : Cantidad óptima de apropiación para los usuarios de la parte alta del sistema Yasipan en la solución miope $\{t=1, t=2\}$
<i>Miope U_k</i>	: Cantidad óptima de apropiación para los usuarios de la parte baja del sistema Yasipan en la solución miope $\{t=1, t=2\}$
<i>Miope m_j, m_k</i>	: Cantidad óptima de inversión en mantenimiento en la solución miope $\{t=1, t=2\}$
<i>C. Cerrado U_j</i>	: Cantidad óptima de apropiación para los usuarios de la parte alta del sistema Yasipan en la solución circuito cerrado $\{t=1, t=2\}$
<i>C. Cerrado U_k</i>	: Cantidad óptima de apropiación para los usuarios de la parte baja del sistema Yasipan en la solución circuito cerrado $\{t=1, t=2\}$
<i>C. Cerrado m_j, m_k</i>	: Cantidad óptima de inversión en mantenimiento en la solución circuito cerrado $\{t=1, t=2\}$
<i>Óptimo U_j, U_k</i>	: Cantidad óptima de apropiación para apropiadores de la parte alta y baja en la solución de optimo social.
<i>Óptimo m_j, m_k</i>	: Cantidad óptima de inversión en mantenimiento en la solución de optimo social.
<i>Beneficio Solución Óptima</i>	Función de pagos óptima para los usuarios del Yasipan con la solución óptima.
<i>Beneficio Solución Miope</i>	: Función de pagos óptima para los usuarios del Yasipan con la solución miope.
<i>Beneficio Solución Circuito Cerrado</i>	: Función de pagos óptima para los usuarios del Yasipan con la solución circuito cerrado.

La función de pagos grupal (suma de pagos o beneficio de los apropiadores de la parte alta y baja del sistema de riego) de la solución miope, circuito cerrado y óptima social son 682.988, 690.928 y 710.82 respectivamente. Como se esperaba, la función de pagos de la solución de circuito cerrado es menor

a la función de pagos grupal de la solución óptima y mayor a la función de pagos grupal de la solución miope.

Para poder comparar las tres soluciones en términos de eficiencia se utilizó como referencia la función de pagos del óptimo social, con la cual según datos obtenidos del proyecto Yasipan, la solución de circuito cerrado es 2.81% menos eficiente que el óptimo y la solución miope un 3.91%.⁷⁶ Con estos resultados se puede concluir que aumentaría la pérdida de eficiencia del sistema de riego Yasipan si sus futuros usuarios buscaran maximizar su utilidad individual, tal como lo predice mucha literatura que analiza el manejo de los bienes comunes. De igual forma, en este estudio se puede determinar que a pesar de que los apropiadores del Yasipan puedan tener previsibilidad sobre el futuro, no lograrían alcanzar el nivel óptimo de apropiación de agua en el contexto actual del territorio de influencia del proyecto.

La pérdida de eficiencia causada por la racionalidad individual es mejor representada por la solución de circuito cerrado. Si los futuros apropiadores del proyecto Yasipan toman en consideración el efecto de sus acciones en el beneficio que recibirían del sistema de riego en el futuro, no sería racional que ellos busquen maximizar únicamente su beneficio en el presente, apropiándose de la cantidad de agua de riego que permita generar un beneficio adicional en un solo periodo de tiempo hasta igualar a su costo, sin que inviertan nada en el mantenimiento del sistema.

3.3 Cantidad Óptima de Apropiación e Inversión en Mantenimiento

Existen dos factores que causan que existan diferencias entre la pérdida de eficiencia en la solución de circuito cerrado y la solución miope. El primer factor está relacionado con la inversión en mantenimiento que ambas soluciones predicen para el sistema. En la solución miope, el escenario óptimo es que los apropiadores del Yasipan no inviertan en el sistema dado que, en esta solución del juego, los apropiadores del sistema no consideran el efecto de sus decisiones sobre la función de pagos en el futuro. La cantidad que destinen los apropiadores del sistema para el mantenimiento del sistema en el periodo (t) bajo esta solución al juego dinámico es considerada como un costo, cualquier inversión que destinen los apropiadores del sistema en el periodo (t), solo tiene efectos sobre la cantidad de agua que pueden apropiarse del sistema a partir del periodo (t+1).

Al contrario, no es una decisión óptima en la solución de circuito cerrado que los futuros apropiadores del sistema Yasipan no inviertan todo lo que estarían dispuestos a invertir en el mantenimiento del sistema. Cuando los apropiadores del sistema de riego se preocupan del efecto de sus decisiones sobre el futuro, son conscientes de que la inversión que destinen al mantenimiento, puede tener efectos positivos sobre la cantidad de agua que podrían recibir en el futuro. En la solución de circuito cerrado el comportamiento óptimo que los apropiadores del sistema de riego es invertir la cantidad máxima que estarían dispuestos a destinar para el mantenimiento del sistema de riego (mBj y mBk). Este escenario se repite para la solución óptima del juego dinámico.

En la solución de circuito cerrado, la suma de la función de pagos descontados incrementa a medida que se invierte en el mantenimiento del sistema de riego. Cuando el agua es suficiente para abastecer

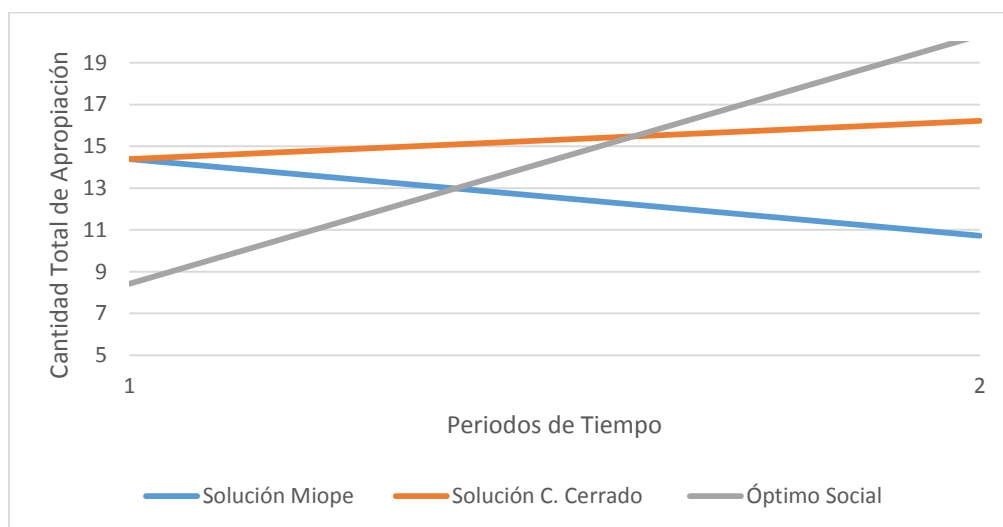
⁷⁶ El modelo desarrollado por Lee (1994) con su respectiva configuración inicial de los parámetros, determinó que la solución miope es 16.50% menos eficiente con respecto al óptimo, mientras que la solución de circuito cerrado fue únicamente 0.23% menos eficiente que el nivel óptimo.

al sistema de riego, la función de pagos en el periodo (t) ($\Psi_t = \pi_t + \omega \cdot \Psi_{t+1}$) se vuelve convexa para la cantidad invertida en mantenimiento (m_t).

La sobre apropiación del agua es el otro factor que influye en las diferencias entre la pérdida de eficiencia de la solución de circuito cerrado y la solución miope. Los usuarios del sistema de riego que utilizan la solución de circuito cerrado tienden a apropiarse de menos agua en las etapas iniciales del juego y más en las etapas finales, a diferencia de la solución miope. De igual forma, la solución óptima para este estudio predice que, en la solución óptima del juego, en las etapas iniciales los usuarios del sistema se apropian de menor cantidad de agua y a medida que se dan las interacciones (cooperación) aumenta la cantidad de agua que pueden apropiarse.

En el primer periodo de tiempo (t), la cantidad de agua apropiada en la solución miope y de circuito cerrado es prácticamente la misma para el sistema de riego Yasipan, en ambas soluciones la cantidad de agua apropiada es 14.39 (7.2861 apropiadores parte alta; 7.1060 apropiadores parte baja). Para el caso del óptimo social, el agua apropiada es menor, 8.4206 (4.2103 apropiadores parte alta y baja). Esta dinámica se aprecia mejor en el Gráfico 14.

Gráfico N° 14
Cantidad Total de Apropiación en la configuración inicial de los parámetros sin escasez de agua para el proyecto Yasipan.



Fuente: Pablo Andrés Chamorro (Wolfram Mathematica)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

A partir de la segunda iteración (t=2), la cantidad de apropiación por parte de las distintas soluciones del juego cambia. En la solución miope la cantidad de agua apropiada en el segundo periodo se reduce a 10.72 (5.4281 apropiadores parte alta; 5.2940 apropiadores parte baja). Por su parte el nivel de apropiación aumenta en la solución de circuito cerrado con 16.22 (8.1574 apropiadores parte alta; 8.0594 apropiadores parte baja). Por último, el nivel de apropiación aumenta en el óptimo social incrementándose en el segundo periodo a 20.32 (10.16 apropiadores parte alta y baja).

La brecha entre la pérdida de eficiencia de la solución miope y de circuito cerrado se incrementa a medida que los parámetros que describen las condiciones físicas del sistema de riego se vuelven más sensibles al nivel de apropiación, es decir que aumentan tal como (α') y (θ'). Esta mayor sensibilidad

hace que la solución de circuito cerrado permita un nivel de apropiación menor del agua en las primeras iteraciones. En la solución miope, la sensibilidad a la apropiación no altera la cantidad de agua que pueden obtener los usuarios del sistema de riego.

3.4 Efectos de más iteraciones

Bajo los supuestos de racionalidad de los agentes, previsibilidad con respecto al futuro y de libre acceso a la información; la pérdida de eficiencia es menor a la que se predice entorno a los comunes. Esta disminución se da siempre y cuando exista un suministro de agua suficiente para abastecer al sistema de riego, especialmente en la solución de circuito cerrado, como es el caso del proyecto Yasipan.

Tabla N° 25
Resultados Modelo de Simulación del Juego Dinámico para (T=3)

<i>Solución Miope U_j</i>	<i>{7.2861, 5.4281, 4.0439}</i>
<i>Solución Miope U_k</i>	<i>{7.1060, 5.2940, 3.9440}</i>
<i>Solución Miope m_j, m_k</i>	<i>{0, 0}</i>
<i>Solución Circuito Cerrado U_j</i>	<i>{7.2861, 8.1574, 8.5698}</i>
<i>Solución Circuito Cerrado U_k</i>	<i>{7.1060, 8.0594, 8.4512}</i>
<i>Solución Circuito Cerrado m_j, m_k</i>	<i>{205, 205, 0}</i>
<i>Optimo U_j, U_k</i>	<i>{2.7425, 6.8859, 10.1152}</i>
<i>Optimo m_j, m_k</i>	<i>{205,205,205,205, 0}</i>

Fuente: Pablo Andrés Chamorro (Wolfram Mathematica)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Tabla N° 26
Resultados Modelo de Simulación del Juego Dinámico para (T=5)

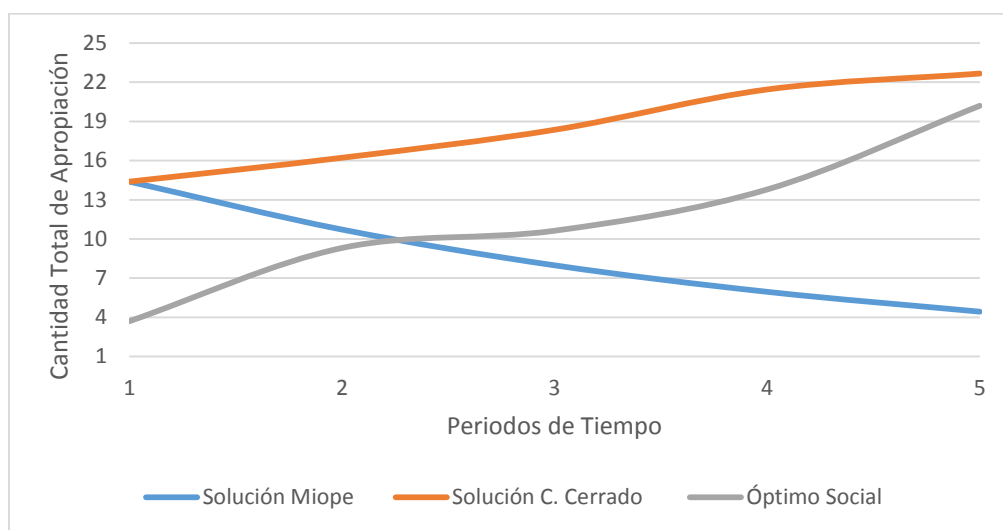
<i>Solución Miope U_j</i>	<i>{7.2861, 5.4281, 4.0439, 3.0127, 2.2446}</i>
<i>Solución Miope U_k</i>	<i>{7.1060, 5.2940, 3.9439, 2.9382, 2.1889}</i>
<i>Solución Miope m_j, m_k</i>	<i>{0, 0}</i>
<i>Solución Circuito Cerrado U_j</i>	<i>{7.2861, 8.1574, 8.5698, 9.1237, 9.8746}</i>
<i>Solución Circuito Cerrado U_k</i>	<i>{7.1060, 8.0594, 8.4512, 8.9965, 9.5214}</i>
<i>Solución Circuito Cerrado m_j, m_k</i>	<i>{205,205,205,205, 0}</i>
<i>Optimo U_j, U_k</i>	<i>{1.8518, 4.6550, 5.3184, 6.8959, 10.1021}</i>
<i>Optimo m_j, m_k</i>	<i>{205,205,205,205, 0}</i>

Fuente: Pablo Andrés Chamorro (Wolfram Mathematica)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

Un gran número de iteraciones es únicamente posible si el nivel de agua que abastece al sistema de riego es suficiente. El Gráfico 15 muestra los cambios en el nivel de apropiación del agua a medida que (t) incrementa, como se observa, la tendencia de cada una de las soluciones se mantiene con respecto al Gráfico 14.

Gráfico N° 15
Cantidad Total de Apropiación en la configuración inicial de los parámetros sin escasez de agua para el proyecto Yasipan (T=5)



Fuente: Pablo Andrés Chamorro (Wolfram Mathematica)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

El patrón de la inversión en el mantenimiento del sistema de riego se mantiene igual, no cambia a pesar de que (t) aumente. Tanto la solución de circuito cerrado como la solución de óptimo social son mejores que la solución miope. De igual forma, en estas dos soluciones, siempre es óptimo invertir la totalidad de recursos disponibles por parte de los apropiadores del sistema para el sostenimiento del riego para el futuro. Al correr el modelo para varios periodos de tiempo, la relación entre las variables y la tendencia de las mismas se mantiene, por lo que se obtiene las mismas conclusiones al correr el modelo para $t=5$ o para $t=60$.

3.5 Efecto de los arreglos institucionales

El modelo dinámico aplicado al sistema de riego Yasipan desarrollado anteriormente, considera que existe un nivel mínimo de institucionalidad, el cual permite a los apropiadores del sistema conocer sobre las funciones de transformación y las acciones que el resto de jugadores elijen en relación al riego. Con estos supuestos en la arena de acción, la solución de circuito cerrado permitiría describir el comportamiento de los individuos racionales que son previsivos con respecto al futuro; y la solución miope a los individuos racionales que no lo son.

Si llegáramos a suavizar o eliminar este supuesto de institucionalidad mínima, la solución miope representaría a los individuos racionales que son previsivos con respecto al futuro, en un contexto donde no existen los arreglos institucionales apropiados para que puedan mejorar sus capacidades.

Tabla N°27
Distintos Escenarios para la Arena de Acción y sus Soluciones Apropriadas

	<i>Sin previsión al futuro</i>	<i>Con previsión al futuro</i>
<i>Sin Instituciones</i>	Arena de Acción I (Solución Miope)	Arena de Acción II (Solución Miope)
<i>Con Instituciones</i>	Arena de Acción III (Solución Miope)	Arena de Acción IV (Solución de Circuito Cerrado)

Fuente: Lee (1994)

Elaboración: Lee (1994)

La Tabla 27, ilustra cuatro posibles escenarios dentro de la arena de acción, ante posibles cambios en el supuesto de institucionalidad mínima y de previsión por parte de los apropiadores del sistema de riego. Según Lee (1994), es únicamente posible llegar a una solución de circuito cerrado si existen en el territorio de análisis por lo menos un nivel bajo de institucionalidad y de previsión por parte de los agentes (arena de acción IV). Aunque los agentes sean previsivos, no podrían alcanzar los niveles apropiación de la solución de circuito cerrado si en el territorio no existen los arreglos institucionales apropiados (arena de acción II). Por el contrario, si los usuarios del sistema de riego no son previsivos, los arreglos institucionales no tendrían efecto en el nivel de apropiación del sistema (arena de acción I y III). De esta manera, la solución miope al modelo dinámico del riego será la más apropiada sin importar que existan o no acuerdos institucionales dentro del territorio. Frente a este escenario, la parroquia Cebadas cumple las condiciones necesarias para que la solución miope sea la más factible en la arena de acción I, ya que como se mostró en el capítulo anterior, el bajo nivel de organización social e instituciones fuertes frente al manejo del agua, sumado a la poca previsibilidad hacia el futuro, imposibilitan la cooperación entre los futuros beneficiarios del proyecto.

3.6 Efectos de un nivel mínimo de arreglos institucionales

Para Ostrom (1990), los acuerdos institucionales hacen referencia a todas aquellas reglas formales o informales, acuerdos explícitos o tácitos que regulan la convivencia entre seres humanos. Sin la existencia de reglas que definan los límites y las posiciones de cada usuario en los sistemas de riego, la solución de circuito cerrado no puede ser una solución factible en el modelo dinámico. Tal como se estableció en el capítulo anterior, sistemas de riego ya en funcionamiento en la parroquia Cebadas utilizan estas normativas para precautelar el buen uso del riego y la sostenibilidad del sistema en el mediano y largo plazo. En el caso del proyecto de riego Yasipan, concretamente en el estudio de factibilidad del proyecto, no se menciona cuáles podrían ser los mecanismos para regular y controlar que efectivamente cada usuario del sistema utilice el caudal asignado y que de un uso adecuado al agua de riego. De igual forma, en relación al proyecto Yasipan no se ha debatido entre los futuros beneficiarios, cuáles van a ser los roles, la forma de organización y las funciones que cada comunidad debe cumplir para el sostenimiento del proyecto. Mientras no exista una definición clara de estos elementos, según el modelo dinámico, es imposible esperar que perdure la cooperación entre los apropiadores del sistema. Si los futuros beneficiarios del proyecto Yasipan no construyen desde ahora un nivel de institucionalidad que permita generar acuerdos que definan claramente estos factores, en términos económicos, cada futuro beneficiario del proyecto racionalmente buscará maximizar su beneficio individual (solución miope) sin importar que esto pueda comprometer la sostenibilidad del sistema de riego una vez que el proyecto entre en funcionamiento.

Otra particularidad importante sobre los acuerdos institucionales hace referencia a las reglas de información que detalla Ostrom en el modelo ADI. Estas reglas permiten que los apropiadores del sistema puedan conocer sobre las funciones de transformación, es decir sobre aspectos relacionados con la eficiencia y la confiabilidad del sistema, que están directamente ligados con el nivel de apropiación de agua por parte de los usuarios y la cantidad destinada para el mantenimiento del sistema. Conocer cuánta agua están utilizando los demás beneficiarios del sistema, cómo la utilizan y cuántos recursos se destinan para el mantenimiento es fundamental, ya que de ello depende el grado de cooperación entre los usuarios del sistema y el beneficio que estos esperarían obtener del mismo.

Al igual que sucede con muchos modelos económicos, suponer que los individuos cuentan con información completa y perfecta es poco creíble, sin embargo, existen mecanismos que pueden mejorar el nivel de información que reciben los agentes económicos. En los sistemas de riego comunitarios, la Junta de Riego por lo general es la encargada de dar a conocer a los regantes la situación del sistema periódicamente. El estudio de factibilidad del proyecto Yasipan contempla que una vez que el sistema entre en ejecución, la Junta tiene la obligación de presentar un informe anual al GADPCH y a los usuarios sobre la distribución y apropiación del riego, lo recaudado e invertido para el mantenimiento y demás aspectos relevantes de la administración del sistema.

Debido al gran número de beneficiarios del proyecto, el riesgo de que existan fuertes asimetrías de información entre los usuarios es alto, por ende, generar acuerdos institucionales que permitan la cooperación puede tornarse complicado. Por esta razón es importante que se analice por parte de las autoridades y de las comunidades otros mecanismos de transmisión de información al ya inicialmente previsto. Una estrategia podría ser la conformación de una comisión integrada por un delegado de cada comunidad, que podrían reunirse periódicamente para conocer sobre el estado del sistema con la finalidad de que ellos a su vez puedan trasladar a sus comunidades información relevante del proyecto. Otra alternativa puede ser la presentación de un informe mensual o trimestral por parte del GADPCH o la Junta de Riego en el que se exhiban elementos generales sobre el proyecto, principalmente aquellos relacionados con las obras de mantenimiento, sanciones a usuarios que hayan dado mal uso al sistema, caudal efectivamente utilizado, convocatorias a mingas, etc.

De acuerdo a Ostrom (1990), se debe trabajar en ocho áreas básicas para generar una institucionalidad sólida frente a los bienes comunes: (1) Reglas claras relacionadas al nivel de apropiación y acceso al agua de riego (2) congruencia entre la normativa y las condiciones del territorio, (3) predisposición para generar arreglos institucionales, permitir que los usuarios formen parte del proceso de toma de decisiones, (4) monitoreo efectivo, (5) mecanismos de sanción para quienes den mal uso al sistema (6) establecer mecanismos para la resolución de conflictos, (7) capacidad de auto organización, las cuales puedan ser reconocidas por las autoridades competentes y (8) empresas anidadas⁷⁷. Según lo expuesto por Lee (1994) en el modelo dinámico aplicado al riego, para que exista un nivel mínimo de institucionalidad que permita la solución de circuito cerrado debe cumplirse al menos el primer factor antes descrito. Las reglas de información, si bien no están expuestas dentro de los ocho principios, Lee asume que los mecanismos de monitoreo y sanción, principio (4) y (5), son únicamente factibles si existen reglas de información en el sistema.

Como se demostró en el Proyecto Yasipan, la función de pagos total en la solución de circuito cerrado siempre es mayor a la función de pagos total de la solución miope. Un nivel mínimo de acuerdos institucionales (solución circuito cerrado) permitiría a los futuros beneficiarios del Proyecto de Riego Yasipan, apropiarse de más agua a medida que cooperan y a su vez invertir en el mantenimiento del

⁷⁷ Traducción del término “nested enterprises” usado por Ostrom para referirse a los distintos niveles de organización que deberían existir para resolver los siete puntos previos en bienes comunes de gran tamaño.

sistema, lo que implica un mayor beneficio para los apropiadores en el futuro, y un mayor beneficio total del sistema de riego.

Cuando el agua que abastece al sistema de riego es suficiente para abastecer a los usuarios⁷⁸, como se planteó en el modelo desarrollado en este capítulo, es racional que los individuos no inviertan en el mantenimiento del sistema cuando no existe un nivel mínimo de arreglos institucionales (solución miope). Por el contrario, cuando existe este nivel mínimo, es racional que los individuos inviertan la cantidad máxima en el mantenimiento del sistema (solución circuito cerrado)⁷⁹.

En base a lo antes expuesto, se puede determinar que una pre condición fundamental para el éxito de la acción colectiva en los bienes comunes en el caso del proyecto de riego Yasipan, es que exista un nivel mínimo de arreglos institucionales que permita en esta ocasión, a los apropiadores del sistema de riego anticiparse a las futuras interacciones y generar información en relación a las funciones de transformación descritas anteriormente. Siempre que se analiza los sistemas de riego hay que tomar en cuenta que los apropiadores siempre van a buscar aprovecharse de la mayor cantidad de agua posible, e invertir en su mantenimiento lo mínimo que sea posible.

3.7 Efectos de los atributos de la comunidad

Los atributos de la comunidad tienen la particularidad de influir en la arena de acción. Entre los principales atributos se destacan la homogeneidad de la comunidad, el tamaño de la misma y el monto máximo que estarían dispuesto a destinar para el mantenimiento del sistema. Estos tres factores sin lugar a dudas alteran el resultado del modelo dinámico aplicado al riego.

3.7.1 Homogeneidad en la Comunidad

A medida que una comunidad se vuelva más homogénea, el factor de descuento inter temporal (ω) se aproxima a 1. Un factor de descuento más alto implica que los apropiadores del sistema de riego se preocupen mucho más por el futuro y destinen más recursos para el mantenimiento del mismo. De igual forma, conforme ω aumenta, los pagos que reciben los jugadores tienden a incrementarse.

Una comunidad más homogénea implica que exista mayor cooperación entre los apropiadores del sistema, lo que se traduce en mayores repeticiones del juego (T). Como se vio anteriormente, a medida que (T) aumenta, la solución de circuito cerrado aumenta la función de pagos de los apropiadores, mientras que en la solución miope ocurre todo lo contrario. Una comunidad muy heterogénea en la cual sea más complicado que exista cooperación genera en el modelo un factor de descuento mucho más cercano a 0. Cuando ω es igual a cero, el modelo da como resultado que la función de pagos de la solución miope y de circuito cerrado sean iguales en todas las iteraciones del juego.

⁷⁸ En un modelo alternativo desarrollado por Lee (1994) en el que se considera escasez de agua, los pagos de la solución de circuito cerrado siempre sobrepasan a los pagos de la solución miope. A diferencia del modelo con abundancia de agua, un nivel mínimo de institucionalidad con escasez en el recurso hídrico reduce más la pérdida de eficiencia del sistema de riego.

⁷⁹ La cantidad máxima que los individuos estarían dispuestos a invertir en el mantenimiento del sistema de riego está sujeto a una restricción presupuestaria, considerando que los sujetos destinan únicamente parte de sus ingresos al riego. De igual forma, el modelo no considera racional que los agentes inviertan más de lo requerido para el sostenimiento del sistema.

Para que pueda existir un nivel de institucionalidad mínima que pueda resolver los problemas relacionados a los bienes comunes, según el modelo de Lee (1994), es necesario que el juego se desarrolle para un T mayor a 1 y con un factor de descuento distinto de 0. Si alguna de estas condiciones no se cumple, la solución de circuito cerrado no ofrece mayor beneficio que la solución miope. En este caso, los apropiadores del sistema de riego Yasipan no podrían recurrir a la acción colectiva para resolver sus conflictos en cuanto al riego, por lo que sería necesario la intervención de un agente externo (autoridades) para asegurar la sostenibilidad de los bienes comunes, tal como lo establece Hardin (1968), cuando describe teoría de la tragedia de los comunes.

3.7.2 Tamaño de la Comunidad

El tamaño de la comunidad afecta el resultado del juego dinámico. Al cambiar los valores de (n) , la función de pagos que reciben los apropiadores del sistema de riego Yasipan cambia. Sin embargo, alterar el número apropiadores sin reconsiderar el valor de los demás parámetros, implicaría obtener resultados no significativos del modelo. Según Lee (1994), es posible analizar los efectos del cambio en (n) sin perder la confiabilidad del modelo siempre y cuando este parámetro no se altere tanto.

Cuando el agua que abastece el sistema de riego es suficiente, un incremento de (n) , el monto total de inversión en mantenimiento y la cantidad de apropiación del agua incrementa. A mayor número de apropiadores, mayor será el mejoramiento de la infraestructura física del sistema y por ende su confiabilidad.

3.7.3 Cantidad Máxima de Inversión en Mantenimiento que los Apropiadores del Sistema pueden afrontar

La cantidad máxima de inversión que los apropiadores pueden afrontar para el mantenimiento del sistema de riego altera los resultados del juego dinámico. Un incremento en la cantidad máxima de inversión (mb_i) , incrementa la cantidad óptima de inversión en mantenimiento que deberían realizar los apropiadores, y también mejora el rendimiento del sistema de riego, siempre que el incremento no sea muy grande. Cuando el valor de (mb_i) , supera la cantidad óptima de inversión que requiere el sistema, los apropiadores elegirán invertir la cantidad óptima, por lo que un valor muy alto de (mb_i) no tendría efecto sobre los resultados del modelo.

En conclusión, un incremento en la cantidad máxima de inversión en mantenimiento mejora el rendimiento del sistema de riego en la solución de circuito cerrado. Por su parte, en la solución miope, un incremento de (mb_i) no tiene impacto en los resultados del juego.

3.7.4 Componente Cultural y de Organización Social

Hasta el momento el modelo de juego dinámico aplicado al sistema de riego Yasipan ha logrado confirmar satisfactoriamente el planteamiento de Lee realizado hace 25 años atrás. A pesar de eso, existe un factor que no está descrito en la formulación del modelo, pero que indudablemente influye en los resultados obtenidos, el componente cultural y de organización social.

Las predicciones del modelo desarrollado por Lee sugieren que existe una diferencia significativa entre el beneficio obtenido por la solución miope y de circuito cerrado. Hecho que no se refleja en el modelo desarrollado en el presente estudio. Si bien, la solución de circuito cerrado ofrece una función de pagos mejor que la solución miope para el caso del sistema de riego Yasipan, la diferencia entre estas dos es únicamente del 1.13 %, es decir que el beneficio traído a valor presente que obtienen los apropiadores del sistema con las dos soluciones al modelo es prácticamente igual. A pesar de que existan diferencias significativas en los niveles de apropiación del agua para estas dos soluciones a partir del segundo periodo.

El parámetro que podría tener mayor incidencia en este resultado es el factor de descuento intertemporal (ω)⁸⁰. Tal como sucede cuando los apropiadores del sistema son muy heterogéneos en sus atributos sociales y no logran que exista cooperación, el componente demográfico y de organización puede tener el mismo efecto en el modelo.

En el segundo capítulo de la actual investigación se describió a detalle las características étnicas/culturales de la parroquia Cebadas. En ellas se destaca que para el año 2010, el 92.43% de la población se consideraba indígena; 4 de cada 10 personas no sabía leer ni escribir y el nivel de pobreza por necesidades básicas insatisfechas se ubicó en el 97.5%. Al realizar los grupos focales en las comunidades estas cifras parecían acentuarse en las zonas altas de la parroquia. Cuando se realizó el grupo focal en la comunidad de Utucun (parte alta), era claramente visible que el nivel de pobreza era mayor y el nivel de escolaridad mucho más bajo. Esta condición afectó la recolección de datos e hizo visible la poca información que tenían sobre el proyecto y por ende la poca disposición a contribuir y asociarse con los demás usuarios del sistema de riego, tal como lo refleja el valor de los parámetros obtenidos en esa comunidad.

En relación al nivel de organización social, fue claramente visible que, entre las comunidades beneficiarias del proyecto, no existía un trabajo conjunto para encaminar acciones conjuntas alrededor del riego, concretamente en favor de la ejecución del sistema de riego Yasipan. De igual forma, organizaciones comunitarias como el Parlamento Indígena y el Comité de Desarrollo Local asentadas en Guamote, no se han involucrado con el proyecto Yasipan, por ende, las comunidades beneficiarias no han recibido el apoyo de este tipo de organizaciones asentadas en el cantón. Cuando se preguntó a los asistentes de los grupos focales, si conocía sobre alguna asociación que los represente en temas de riego en su comunidad, la totalidad de participantes afirmaron desconocer de cualquier organización que se encargue de este ámbito (Ver Anexo A).

Todos los puntos antes descritos, afectan la posibilidad de generar acuerdos institucionales en la población. Cuando los actores son conscientes que la cooperación entre los demás usuarios del sistema de riego es muy difícil, la probabilidad de que esperen beneficios del proyecto de riego en el futuro se reduce y con este la importancia que dan al beneficio futuro que esperan obtener del mismo. Cuando se da este escenario, la solución óptima de los apropiadores del sistema, es maximizar su beneficio presente sin importar las decisiones de los demás apropiadores, tal como sucede en la solución miope.

Dada la cohesión social actual en el territorio de influencia del proyecto de riego Yasipan, los resultados del modelo sugieren que el beneficio obtenido tanto por la solución miope como con la solución de circuito cerrado son casi iguales, es decir que a pesar de que exista cooperación en cuanto al

⁸⁰ El factor de descuento utilizado por Lee (1994), es de 0.8, es decir que para ese caso los apropiadores del sistema daban bastante importancia al futuro, mientras que, según los resultados obtenidos en los grupos focales realizados en las comunidades beneficiarias del proyecto de riego Yasipan, se obtuvo un factor de descuento de 0.42, es decir que los futuros usuarios del sistema se preocupan mucho más por el presente que por el futuro.

aprovechamiento del agua del sistema de riego Yasipan, a medida que trascurra el tiempo, el beneficio que obtienen del agua de riego los apropiadores del sistema va ser el mismo que el que obtendrían si decidieran no cooperar. Esto sugiere un nivel de institucionalidad muy baja en el territorio, que vuelven totalmente ineficaz la cooperación. En base a lo antes expuesto, se puede determinar que los dos factores que podrían tener mayor incidencia en este resultado, es el alto nivel de asimetrías de información entre los regantes y la heterogeneidad de las comunidades beneficiarias del proyecto en aspectos como el económico, productivo, educacional y de organización social.

En la realización de los grupos focales, fue evidente que existían grandes diferencias entre las tres comunidades consultadas, si bien todas compartían una misma construcción étnica y cultural; el nivel económico, de información e interés frente al sistema de riego Yasipan cambiaba drásticamente. Esto de alguna forma ha impedido que todas las comunidades beneficiarias del proyecto se hayan organizado para trabajar en conjunto para impulsar el proyecto y debatir sobre temas relacionados a la futura administración, operatividad y manejo del sistema de riego. Actualmente, la parroquia de Flores, una de las beneficiarias del proyecto Yasipan, se encuentra totalmente alejada de la labor que los dirigentes del proyecto Yasipan, están encaminando para concretar la construcción del proyecto.

Tabla N° 28
Principales Conflictos y Problemática de las comunidades

<i>Grupo de Involucrados</i>	<i>Nivel de Información sobre el proyecto Yasipan</i>	<i>Principales Problemas Evidenciados</i>	<i>Conflictos</i>	<i>Posibles Estrategias acorde al Modelo ADI</i>
Parte Alta (Comunidad Utucun)	Baja	Bajo Nivel Educativo Desconocimiento casi total de los avances y estado actual del proyecto Yasipan. Nulo conocimiento sobre el manejo de riego presurizado. La comunidad nunca ha contado con riego, por lo que no existe una organización social destinada exclusivamente para debatir y tratar temas relacionados con el agua. Poco interés en los esfuerzos encaminados por los dirigentes comunitarios con respecto a la construcción del proyecto de riego. Ampliación de la frontera de pastoreo hacia los páramos en la parte alta de la cordillera.	Puede limitar la capacidad de la comunidad a encaminar procesos de organización social y empoderamiento del proyecto Yasipan, una vez que este entre en funcionamiento. Poca articulación comunitaria y la capacidad de generar acuerdos institucionales sobre la futura administración, operación y mantenimiento del sistema Yasipan. Dificultades para la administración y mantenimiento del sistema. Bajo nivel institucional que repercute en la capacidad de tener una participación activa en la toma de decisiones de política pública relacionada al riego en su comunidad. Dificulta la capacidad de generar acuerdos entre los usuarios del sistema de riego y propicia una actitud egoísta frente al recurso, lo que dificulta la cooperación y compromete la sostenibilidad del proyecto en el mediano y largo plazo. Reduce la retención de agua en la parte alta de las montañas, comprometiendo la dotación de agua para el sistema de riego Yasipan.	Construir mecanismos por los cuales los futuros usuarios del sistema Yasipan, puedan estar informados constantemente del estado del proyecto, así como de los mecanismos de monitoreo sobre las condiciones del sistema y de la conducta de los apropiadores. Es necesario que la operatividad del sistema y las políticas colindantes encaminadas al manejo del sistema de riego tengan congruencia con el entorno local, cultural y ambiental. En este sentido es importante primero construir estrategias para que los beneficiarios del proyecto retomen el interés en el proyecto y puedan generar las condiciones necesarias para establecer arreglos de elección colectiva que no solo garantice la participación local, sino que refuerce la cooperación.
Parte Media (Comunidad)	Media	Además de los problemas percibidos en la parte alta:		La poca coordinación entre las comunidades interfiere en el establecimiento de principios

Cecel/San Antonio)		Altos niveles de migración hacia las cabeceras cantonales y provinciales. Poca coordinación y trabajo conjunto con las demás comunidades beneficiarias del proyecto. Lejos de continuar con la actividad agropecuaria, esta comunidad espera retomar la agricultura como principal fuente de ingreso para la población, lo que plantea un nuevo análisis sobre las necesidades hídricas que necesita satisfacer el sistema de riego Yasipan, en función de los distintos tipos de cultivo.	Muchos de los beneficiarios del proyecto Yasipan, han abandonado sus tierras, por lo que el nivel de participación comunitaria en relación al proyecto es bajo. Al ser consultados en el grupo focal si se han reunido con las demás comunidades beneficiarias del proyecto para coordinar esfuerzos para la ejecución de la obra y debatir sobre temas relacionados al uso y aprovechamiento del sistema de riego, todos los asistentes coincidieron que no han tenido ningún acercamiento con las demás comunidades. Los requerimientos de agua del sistema Yasipan pueden cambiar en función de la época de año, y el tipo de cultivo no solo entre comunidades, sino dentro de la misma comunidad, por lo que es necesario planificar y coordinar la asignación del agua entre los usuarios para precautelar el suministro efectivo del recurso hídrico a todos los usuarios.	básicos para encaminar la acción colectiva frente al futuro manejo del Yasipan. Lograr el trabajo conjunto entre las comunidades debe ser una prioridad frente a este proyecto que involucra a varias comunidades. Principalmente se deben buscar espacios para que las comunidades puedan debatir sobre: 1. Las limitaciones del recurso hídrico, al igual que las limitaciones que los apropiadores deben asumir a usar un bien común. 2. Mecanismo de Resolución de Conflictos 3. Posibles sanciones sobre quienes den mal uso al recurso.
Parte Baja (Comunidad de Nauteq)	Media	Desconocimiento sobre cómo se determinó el caudal adjudicado por parte del estudio de factibilidad del proyecto Yasipan, a cada uno de los beneficiarios del proyecto. Desconfianza sobre los términos en los cuales se prevé se administre y opere el sistema de riego.	Existe desconfianza sobre el uso y aprovechamiento que se dé al agua de riego del Yasipan, en la parte alta y media del proyecto, lo que limita la capacidad de generar consensos alrededor de la cantidad óptima de apropiación de agua. Dado que ciertos sectores de esta comunidad ya se benefician de otros de sistemas de riego, existe incertidumbre sobre la administración del proyecto, ya que temen que los problemas organizativos y de gestión que actualmente afrontan otros sistemas de riego en funcionamiento, puedan afectar la futura operación del Yasipan.	En base a lo planteado por Ostrom, es necesario que la acción colectiva no se limite a una administración político-administrativa de los bienes comunes. Es importante que se legitime la participación de los beneficiarios del proyecto al brindarles a ellos poder de decisión frente a temas como la adjudicación de caudales y mecanismos de monitoreo o sanción.

Fuente: Pablo Andrés Chamorro (Wolfram Mathematica)

Elaboración: Pablo Andrés Chamorro

3.8 Resultados del Modelo vs la Política Sectorial del Riego

Los resultados del modelo de juego dinámico aplicado al sistema de riego Yasipan, da cuenta de un nivel institucional muy bajo en el territorio estudiado. Tal como se describió en los dos capítulos anteriores, el poder que ejercen las organizaciones comunitarias y las juntas de riego en la actual política pública sectorial del riego es muy baja y eso se ve reflejado en la imposibilidad de generar acuerdo que permitan la cooperación y la gestión óptima de los sistemas de riego. Si bien el proyecto Yasipan aún no se implementa, los resultados preliminares del modelo ADI dejan al descubierto muchas falencias en la coordinación interna de las organizaciones campesinas y en su capacidad de coordinar esfuerzos con los gobiernos autónomos descentralizados para emprender proyectos que beneficien al sector rural.

Lastimosamente, la realidad de la parroquia Cebadas no es aislada, el año pasado uno de los proyectos de riego comunitario emblemáticos de la provincia de Chimborazo y recientemente inaugurado, el proyecto “Chambo-Guano” fue sujeto de críticas ante problemas en su gestión. De igual forma, se repite este escenario en gran parte de los sistemas de riego del país, dejando una tela de duda sobre la efectividad de la constitución de 2008, la denominada “Ley de Aguas” y el COOTAD.

Dichos problemas ya fueron reconocidos por la Subsecretaria de riego y Drenaje en 2016, año donde la institución propuso un nuevo modelo de gestión integral del riego en el Ecuador. En dicha propuesta se reconoce que entre los principales problemas que atraviesa el riego en el país a más de factores propios del recurso hídrico como la escasez en la disponibilidad del agua y el cambio climático, se destaca la falta de articulación del marco legal e institucional con la realidad del sector rural campesino. En este punto vale destacar que ninguna política entorno al riego ha ponderado lo suficiente la importancia de los incentivos y las “reglas de uso” del sector rural para planificar y emprender proyectos de riego.

Como se mencionó anteriormente, desde 2008 los GAD provinciales tiene la exclusividad del riego y drenaje. Este cambio involucro ajustes estructurales en las instituciones a cargo de la gestión del riego, lo que ha implicado cambios y limitaciones en la administración de este recurso. Estos cambios repercutieron en la actual política pública de riego la cual ha perdido su eficacia dada la falta de claridad sobre las funciones y responsabilidades de las instituciones estatales. Las actuales políticas en el sector no han considerado la participación de los usuarios y grupos interesados en la gestión del agua de riego. Entre los pedidos más urgentes de las juntas de regantes se destaca la solicitud de ayuda económica de los GADS y otras instituciones públicas para rehabilitar los sistemas de riego en funcionamiento e incrementar áreas de cultivos con riego a más de autonomía y poder de decisión en proyectos que se planifiquen en sus territorios (Secretaria del Agua, 2016).

Para Zapata (2013), el enfoque netamente normativo de la gestión del agua se ha concentrado en el reconocimiento de nuevas formas de administración del agua o las formas de asignación social de los derechos sobre este recurso, un elemento obvio, que lastimosamente no ha ido más allá y no se ha reflexionado sobre la verdadera institucionalización del agua en el país. La nueva forma de administración del recurso hídrico transfirió a los gobiernos autónomos la competencia del riego, sin embargo, estos a su vez están limitados por la asignación de recursos del gobierno central, la superposición de funciones y el desconocimiento de la realidad institucional de las comunidades rurales. Los planes provinciales de riego en muchas ocasiones veces están sujetos a interés políticos o mantienen una fuerte apuesta por la agricultura para exportación, lo que influye la política en la gestión del agua y encamina proyectos y recursos a intereses particulares.

3.8.1 Recomendaciones de Política Pública para el mejoramiento del riego

Del modelo desarrollado en este capítulo se desprenden dos resultados importantes: el primero, que los individuos racionales pueden resolver hasta cierta medida los problemas de acción colectiva bajo determinadas condiciones sin necesidad de la intervención de un agente externo; segundo, el nivel institucional, los atributos físicos y de la comunidad afectan la habilidad que tienen los apropiadores de los bienes comunes para resolver problemas de acción colectiva por ellos mismos. Por esta razón, el diseño de las políticas públicas sectoriales de riego debe considerar como primer punto, estos dos postulados.

Segundo, es importante que se mejore la gestión del riego garantizando en los territorios un nivel mínimo de arreglos institucionales que limiten el uso del recurso y proporcionen a los usuarios del riego información básica sobre las funciones de transformación. Una forma de hacerlo es que la política pública genere incentivos para que los regantes logren organizarse, si en los territorios no existe una institucionalidad fuerte que permita garantizar la cooperación entre los apropiadores de un sistema de riego.

Tercero, políticas sectoriales que estén enfocadas a mejorar o construir nuevas infraestructuras de riego sin que se considere las características de la comunidad y su estructura organizativa, son inapropiadas y están sujetas al fracaso. Según Lee (1994), destinar grandes recursos a la construcción de infraestructura puede inclusive reducir el rendimiento de los bienes comunes si no se considera previamente los arreglos institucionales del territorio o comunidad beneficiada.

Cuarto, aunque un territorio pueda generar la capacidad de resolver conflictos entorno a los bienes comunes, es muy difícil que logren alcanzar el óptimo social, ya que siempre existirá una pérdida de eficiencia debido a que las comunidades no pueden resolver por sí solas todos los problemas de acción colectiva. Esta pérdida de eficiencia depende directamente de los atributos físicos e institucionales del territorio.

Finalmente, el éxito de una determinada herramienta de política aplicada sobre un sistema de riego, no necesariamente puede resultar exitoso en otro sistema. Dado que la estructura de incentivos a los que se enfrenta los apropiadores de un sistema de riego no es igual en todos los escenarios, diseñar y aplicar una misma política para todos ellos puede resultar ineficiente.

3.9 Conclusiones

El modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI) aplicado a las futuras comunidades beneficiarias del proyecto riego Yasipan, mediante un modelo de juego dinámico, permitió identificar factores que son claves para explicar el manejo de los comunes y su influencia en el desarrollo del sector rural.

La importancia de generar un nivel de institucionalidad mínima para que los usuarios de los bienes comunes puedan llegar a formar acuerdos entre ellos, puede marcar la diferencia entre la sobre apropiación del recurso o su sostenibilidad en el tiempo. Lograr definir mecanismos para que se regule y se controle la cantidad de apropiación del recurso por parte de las comunidades sirve como incentivo para reducir los conflictos en la utilización del recurso y a su vez disminuir el costo de apropiación del bien común.

Si los apropiadores de un bien común deciden maximizar su utilidad en el presente, sin tomar en consideración el efecto de sus acciones en el futuro, la cantidad que se apropiaran del recurso será mayor en un inicio, pero a medida que transcurre el tiempo no podrán acceder a la misma cantidad de recursos, por lo que su beneficio se reduce.

Cuando la comunidad es heterogénea y las posibilidades de cooperación sobre el aprovechamiento de un bien común disminuyen, los individuos están motivados a maximizar su beneficio individual en el presente, reduciendo la cantidad de recursos que estarían dispuestos a destinar para la preservación del bien común.

En el caso del sector rural, determinar el patrón con el que se manejan los bienes comunes, especialmente el agua, determina no solo la eficiencia y aprovechamiento de los sistemas de riego, también involucra la sostenibilidad de la producción agropecuaria que depende del riego. Como se detalló al inicio de este capítulo, lograr un buen manejo y operatividad del riego permite garantizar la dotación de agua durante todo el año, haciendo que la producción agropecuaria deje de ser de subsistencia, a generar excedentes que permita no solo mejorar el nivel de ingresos de la población del sector rural, sino también reducir la migración y despoblación del campo, diversificar la producción agrícola, generar encadenamientos relacionados al sector agrícola, etc.

Conclusiones

Establecer un buen manejo de los bienes comunes depende directamente de que tan eficaz y eficiente sea la acción colectiva que los usuarios de determinado bien común puedan establecer para aprovecharse de dicho recurso y hacerlo social y económicamente sostenible. Si se entiende estos dos conceptos de forma aislada, se puede asumir que la denominada “tragedia de los comunes” planteada por Hardin, es el único desenlace a lo que se verían enfrentados este tipo de bienes. En el caso concreto del proyecto de riego Yasipan, determinar los efectos de la acción colectiva en el aprovechamiento y sostenibilidad de este sistema de riego parte de hacer una inferencia del estado actual de la institucionalidad del territorio y su efecto que tendrían una vez que este proyecto sea implementado.

Es así que, utilizando el modelo dinámico aplicado al riego que recoge en gran medida las condiciones y características de la parroquia Cebadas, se puede determinar que, dado el entorno institucional actual, la acción colectiva no aportaría sustancialmente a los beneficios que los apropiadores del sistema de riego podrían recibir por la utilización del agua, lo que comprometería la eficiencia del sistema de riego e incrementaría los conflictos entre los beneficiarios del proyecto. Con este escenario, es probable que los futuros beneficiarios del sistema de riego Yasipan tiendan a sobreexplotar el recurso al buscar apropiarse de una mayor cantidad de agua de la que se les fue asignada; y que su predisposición a colaborar en el mantenimiento del sistema de riego sea menor en el mediano y largo plazo.

Si se mantienen las condiciones actuales en la zona de influencia del proyecto, el aporte mínimo que tendría la acción colectiva en la implementación y manejo del proyecto Yasipan podría ser explicada por tres factores fundamentales: las imprecisiones del aspecto regulatorio que rige el aprovechamiento y uso del agua en el país frente al manejo comunitario del agua, un nivel de organización social incipiente en el territorio y por último, problemas relacionados a fuertes asimetrías de información y de heterogeneidad entre las distintas comunidades beneficiarias del proyecto, en aspectos como el económico, productivo, educación, etc.

Desde 2008, se encaminaron varias reformas constitucionales que pretendían mejorar el uso, aprovechamiento y cuidado de este bien común y del recurso hídrico en general. Tal como se describió anteriormente en el primer capítulo, la competencia del riego fue transferida a los gobiernos provinciales con el objetivo de descentralizar el manejo del agua y acercar la administración de este recurso a sus principales beneficiarios, los campesinos. Lastimosamente, como se demostró en este estudio, la situación actual del riego no ha mejorado como se esperaba en estos últimos diez años.

El marco regulatorio que rige sobre el uso y aprovechamiento del riego, si bien hace mucho énfasis en la protección y uso adecuado del agua para garantizar la vida, los ecosistemas y la producción agropecuaria; en temas de asignación de competencias, recursos económicos y participación social deja muchos vacíos. El proceso de descentralización que vivió el Ecuador a partir de su última constitución, fue netamente administrativo, es decir que se transfirieron responsabilidades a los gobiernos sub nacionales en ámbitos como el riego, sin que esta delegación de funciones estuviera acompañada de recursos fiscales, limitando el accionar de las prefecturas y creando aún más dependencia del gobierno central. Esta limitación de los GADs actualmente, permite que los intereses de las autoridades nacionales prevalezcan ante los intereses y necesidades de los territorios.

Adicionalmente, el nivel de participación de las comunidades en la formulación e implementación de políticas de riego, están cumpliendo únicamente una función legitimadora, informativa y consultiva. Según la escalera de Arnstein (1971), se puede concluir que el nivel de participación ciudadana en

cuanto al riego se encuentra en el escalón de apaciguamiento, es decir que las comunidades actualmente tienen la capacidad de aconsejar o planificar proyectos o políticas entorno a este bien común, sin embargo, quien tiene finalmente el poder de decisión sobre este ámbito es el gobierno central por medio de la SENAGUA, ellos son los que en última instancia deciden si acoger o no las recomendaciones de los territorios, afectando en definitiva el poder que tienen los territorios frente a las políticas de riego.

Referente al factor institucional, la parroquia Cebadas presenta algunas particularidades que podrían alterar la ejecución y futura administración del Proyecto de Riego Yasipan. Tal como se describió en el segundo capítulo, la capacidad de gestión de la junta de regantes de la parroquia de Cebadas, aún se mantiene débil debido a su dependencia con las instituciones gubernamentales a nivel local, cantonal y provincial, lo que refleja procesos de autogestión incipientes que no aportan mayormente al mantenimiento y gestión de los sistemas de riego que ya se encuentran en funcionamiento en la parroquia.

El tejido social en la parroquia Cebadas cuenta con una estructura vertical de organización, que ha permitido mediante la organización de cabildos la conformación de organizaciones sociales encargadas de los sistemas de riego y el agua en general. Si bien al inicio de este trabajo se espera analizar el efecto que tendría el Comité de Desarrollo Local y Parlamento Indígena en el manejo de los sistemas de riego y en el acompañamiento a las comunidades para la ejecución del proyecto de riego Yasipan, lastimosamente se encontró que estas dos instituciones de participación y control indígena no han tenido ningún aporte significativo a lo que respecta a este proyecto. Posiblemente esta falta de interés y de apoyo por parte de estas instituciones sociales del cantón Guamote han retardado la ejecución del proyecto y han influenciado para que exista una falta de trabajo conjunto entre las comunidades beneficiarias del riego Yasipan para con la construcción del mismo, tal como se pudo apreciar en los grupos focales, realizados en el territorio.

De igual forma, en relación al Modelo de Análisis y Desarrollo (ADI), se puede concluir que, en relación a los atributos de la comunidad, específicamente las reglas de uso en la comunidad, aun no se tiene claramente definido dos aspectos que para Ostrom, son determinantes en el manejo de los bienes comunes; las reglas limitantes y de información. En base al estudio de factibilidad del proyecto Yasipan, aún no se debate entre los futuros beneficiarios del sistema cuáles serían los mecanismos de control que se utilizarían para verificar el buen uso del sistema; de igual forma no se tiene establecido claramente cuáles van a ser las herramientas que los futuros administradores del proyecto podrían implementar para evitar las asimetrías de información entre los apropiadores del sistema y por consiguiente mejorar la cooperación entre todos los usuarios del proyecto.

El modelo de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI), permitió identificar en esta investigación cuáles son los elementos que inciden en la acción colectiva y por medio de la Teoría de Juegos cuantificar su posible efecto en el beneficio que recibirían los futuros usuarios del proyecto Yasipan. Si el beneficio que obtienen los apropiadores de un sistema de riego bajo un esquema de cooperación arroja resultados muy cercanos a los que se obtendría en un escenario sin acción colectiva, tal como sucede para el caso de estudio en la presente investigación, es casi inminente que los bienes comunes tienden a ser sobre explotados, ya que prima un interés egoísta maximizador en los individuos, por lo que se necesitaría la intervención de un agente externo para que regule y administre el recurso, sea este el estado o alguna otra autoridad sub nacional competente. De esta forma, la propuesta de Ostrom de que los bienes comunes pueden ser administrados por la comunidad no sería factible y se ratifica lo planteado por Hardin, la necesidad de que este tipo de bienes sean regulados por el estado.

El modelo ADI, resulta útil al analizar los bienes comunes ya que permite entender cómo se desarrolla el manejo y administración de estos recursos que por sus características son sujetos a muchos conflictos en su aprovechamiento. Los resultados del ADI, brinda más herramientas a los hacedores de política pública, de cómo encaminar políticas sobre recursos que históricamente han sido administrados por las comunidades y que son esenciales para el sustento económico de las familias en el sector rural. Mediante el ADI, se puede trabajar en mecanismos que fomenten la acción colectiva y generen acuerdos institucionales, todo esto permitiría un mejor aprovechamiento de recursos como el riego, que al ser bien administrados pueden convertirse en componentes clave para el fomento agropecuario.

Actualmente, la falta de agua en época de sequía en varios sectores rurales del Ecuador ha provocado la migración masiva de la población del campo a la ciudad, en busca de una fuente de ingresos estable, por lo que la producción de alimentos para satisfacer las necesidades de las grandes ciudades se está viendo comprometida ante el abandono de las tierras de cultivo. Lograr una buena administración de los bienes comunes como el agua no solo permitiría revertir esta tendencia, sino lograría una producción agrícola constante durante todo el año, lo que incide directamente en el nivel de ingresos de la población del campo y favorece a combatir otras problemáticas como la pobreza, el analfabetismo, la falta de acceso a servicio básicos, etc.

Recomendaciones

Con los resultados obtenidos en esta investigación, se vuelve imperante que los dirigentes comunitarios encargados del proyecto Yasipan encaminen acciones en favor de una institucionalidad fuerte que permita generar acuerdos entre las distintas comunidades beneficiarias del proyecto. Es esencial que se definan cuáles serán los límites, sanciones y sistema de gestión que la junta de regantes empleara en este proyecto, para garantizar su sostenibilidad en el tiempo. La heterogeneidad entre las comunidades es un factor en contra, por lo que se requiere que tanto los dirigentes como las poblaciones logren generar concesos y encontrar objetivos comunes para que el proyecto Yasipan se vuelva una realidad.

En relación a las autoridades que tiene la competencia del riego, este trabajo pone en evidencia el parcial o total desconocimiento de las entidades públicas sobre las necesidades y la realidad del sector rural. El diseño actual de la política pública, no pondera lo suficiente los incentivos y las instituciones informales en la implementación de políticas públicas. No solo es importante que se reconozca a las organizaciones comunitarias en la gestión del riego, sino también que se les otorgue verdadera participación y poder de decisión.

Referente a este trabajo, dada la complejidad del modelo dinámico y la estimación de los factores para su implementación, la presente disertación únicamente considero la versión básica del juego dinámico planteado por Lee (1994). Se dejó por fuera otras variaciones del modelo muy importantes que pueden servir para posteriores investigaciones y para contrastar los resultados obtenidos en este trabajo. Esas variaciones consisten en desarrollar el mismo juego dinámico bajo tres escenarios distintos: el primero que asume la cooperación de los apropiadores del sistema de riego bajo un contexto de escasez de agua, que limita la cantidad de apropiación y altera los incentivos detrás del mantenimiento del sistema; el segundo escenario, incluye sanciones a quienes irrespeten el caudal adjudicado, de esta forma se juega con incentivos negativos para evaluar cómo cambia el proceso de toma de decisiones de los apropiadores y la cantidad apropiada del recurso hídrico; y finalmente, el último escenario considera cambios en la infraestructura del sistema de riego, al igual que aportes externos para el mantenimiento del sistema.

La sensibilidad de los resultados obtenidos a los parámetros utilizados para el desarrollo del modelo, son una limitante para poder generalizar los resultados en otros casos de estudio. La razón principal para esta limitación es el método de valoración de algunas variables cualitativas empleadas en esta investigación. La estimación de las funciones de transformación que incluía cuantificar aspectos como la confiabilidad y la eficiencia del suministro de agua plantearon muchos retos en la actual disertación, ya que no existen trabajos empíricos anteriores que siguieran algún método para tratar de cuantificar estas variables. Si bien la metodología de grupo focal cumplió con las expectativas esperadas y se ajustó a la información que requería el modelo, existió dificultades en cuanto a la facilidad con la cual la población consultada pudo solventar la información requerida por el investigador. La obtención de estas variables puede mejorar si se emplean otros mecanismos de recolección de datos que permitan mejorar su estimación.

Finalmente, la carencia de otros trabajos empíricos relacionados a este tema y concretamente a esta metodología aplicada en el Ecuador y América Latina, impidieron tener una referencia clara sobre cómo estructurar y desarrollar esta investigación en el contexto ecuatoriano, por lo que este trabajo busca ser un referente para futuras investigaciones. Sería recomendable realizar la misma investigación una vez que el proyecto Yasipan se encuentre en funcionamiento y analizar si los resultados previstos para el sistema se cumplieron, o si se tomaron los correctivos adecuados para

mejorar la institucionalidad en el territorio y por ende mejorar la administración y operatividad del sistema de riego.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, M. (2010). *Estudio de Rehabilitación, terminación de obras de infraestructura y tecnificación del riego*. Quito: MAGAP.
- Araujo, P. (2010). *Participación Social, Democracia Participativa y Gobierno Local: una visión desde lo indígena en el cantón Guamote*. Quito, Ecuador : Facultad de Latinoamericana de Ciencias Sociales [FLACSO].
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Registro Oficial Nro 449.
- Axelrod, R. (1981). The emergence of cooperation among egoists. *American Political Science review*, 306-318.
- Bardey, D., & Bonnet, H. (2006). *Teoría del control óptimo: ¡Una guía para principiantes!* Rosario: Universidad del Rosario .
- Brassel, F., Ruiz, P., & Zapatta, A. (2008). La estructura agraria en el Ecuador: una aproximación a su problemática y tendencias. En F. Brassel, S. Herrera, & M. Laforge, *¿Reforma Agraria en el Ecuador?: Viejos y nuevos argumentos* (págs. 17-33). Quito: Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador (SIPAE).
- Bullard, A. (1996). Un mundo sin propiedad. *Estudio de Análisis Económico del Derecho* , 71-99.
- Burns, E. (1931). Does Institutionalism Complement or Compete with "Orthodox Economics"? (A. E. Association, Ed.) *The American Economic Review*, 21(1), 80- 87.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2012). *Diagnóstico de las estadísticas del agua en el Ecuador* . Santiago de Chile : CEPAL .
- Dixon, L. (1989). *Models of Groundwater Extraction with an Examination of Agricultural Water Use in Kern County*. California: University of California.
- Feeny, D., Fikret, B., McCay, B., & Acheson, J. (1990). The tragedy of the commons. *Human Ecology*, 18(1).
- Foro de los Recursos Hídricos. (2013). *La gestión comunitaria del agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador: Diagnóstico y Propuestas*. Quito: Foro de los Recursos Hídricos.
- García, D. (2010). *Una Constitución hecha de agua*. Quito : Abaya Yala.
- Gibbons, R. (1997). An Introduction to Applicable Game Theory. *Journal of Economic Perspectives*, 11(1), 127-149.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Chimborazo*. Riobamba: GADPCH.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo. (2013). *Estudios y Diseños Definitivos Proyecto de Riego Yasipan*. Riobamba: GADPCH.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo. (2013). *Plan de Manejo del Teritorio Hidrico de Cebadas*. Riobamba: GADPCH.

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guamote. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Guamote*. Riobamba: GAD Guamote.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial Parroquial Cebadas*. Riobamba: GADPC.
- Gómez, F., & Guerrero, H. (2014). El análisis institucional en el campo de la gestión de los recursos naturales. *Economía y Sociedad*, 67-86.
- Hanemann, M. (2006). The economic conception of water . En P. Rogers, M. Llamas, & L. Martínez-Cortina, *Water Crisis: Myth or Reality?* (págs. 61-91). Londres: Taylor & Francis.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of Commons. *Science*, 162, 243-1248.
- Hume, D. (1751). *Investigación sobre los principios de la moral*. Madrid: Alianza Editorial.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2010). *Censo de Poblacion y Vivienda*. Quito: INEC.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2016). *Encuesta Nacional de empleo, desempleo y subempleo* . Quito: INEC.
- Jordana, J. (2007). *Producción y percepción de bienes públicos en la lógica de la acción colectiva*. Barcelona: Universidad Pompeu Fabra e Instituto de Estudios Internacionales de Barcelona.
- Kirchgaessner, G. (2005). *The weak rationality principle in economics* . Gallen: University of St. Gallen.
- Lange, G. -M., & Hassan, R. (2006). Methodologies for Valuation of Water Services. En E. Elgar, *The Economics of Water Management in Southern Africa* (pág. 34). Sud Africa : Edward Elgar Publishing.
- Lee, M. (1994). *Institutional Analysis, Public Policy, and the possibility of Collective Action in Common Pool Resources. A Dynamic Game Theoretic Approach* . Indiana: Indiana University.
- March, J., & Olsen, J. (1989). *Rediscovering institutions: The organizational basis of politics*. New York: Free Press.
- Martines, J. P. (2010). *La Gestión Comunitaria del Agua en el Ecuador*. Cuenca: Protos.
- Masera, G. A., Palma, R., & Calcagno, D. L. (2017). *El institucionalismo económico. Identidad de un movimiento disidente (1899-1939)* (Segunda ed., Vol. 26). Madrid: Economia e Sociedade. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1590/1982-3533.2017v26n2art9>
- McGinnis, M. (2010). *An Introduction to IAD and the Language of the Ostrom Workshop: A Simple Guide to a Complex Framework for the Analysis of Institutions and their Development*. Indiana: Workshop in Political Theory and Policy Analysis Indiana University.
- Mella, O. (2000). *Grupos Focales. Tecnicas de Investigación Cualitativa*. Santiago de Chile: CIDE.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería . (24 de Abril de 2019). *Ministerio de Agricultura y Ganadería* . Obtenido de Logros MAGAP: <https://www.agricultura.gob.ec/riego/>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP]. (2011). *PLAN NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE 2012- 2026*. Quito: MAGAP.
- North, D. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Olson, M. (1965). *The logic of collective action: Public goods and the theory of groups*. Chicago: Harvard University Press.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (15 de Enero de 2019). FAO. Obtenido de AQUASTAT:
http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/Profile_segments/ECU-IrrDr_esp.stm
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: the Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge : Cambridge Press.
- Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes* . Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Paspuel, S. (2016). *La gestión comunitaria del riego en el desarrollo territorial: El caso del sistema de riego San Vicente de Pusir - Yascan, en la provincia del Carchi*. Quito: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales .
- Posner, R. (1979). *Utilitarian Economics, and Legal Theory*. Journal of Legal Studies.
- Powell, W., & DiMaggio, P. (1999). *El nuevo institucionalismo en el análisis*. Mexico D.F: Fondo de Cultura Económica.
- Ramirez, F. (2001). La gestión participativa en Guamote. En C. d. Ciudad, *La política del desarrollo local: innovación institucional, participación y actores locales en dos cantones indígenas del Ecuador* (págs. 47-69). Quito: Ensayos FORHUM No.16.
- Rivas, J. (junio de 2003). El nuevo institucionalismo y la revalorización de las instituciones. *Reflexión Política* , 5(9).
- Ruf, T., Le Goulven, P., & Rivadeneira, H. (1990). *Principales Problemas del Diagnostico de las Redes Tradicionales de Riego en los Andes del Ecuador*. Cajamarca: Consejo Nacional de Ciencias y Tecnologías.
- Sanmartin, A. B. (2016). *Concentración vs. procesos de Desconcentración en la tenencia de tierra como elemento de desarrollo rural. Caso de estudio: Parroqui Tixan, Comunidad Coca San Patricio (1995-2015)*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Secretaría del Agua. (2016). *Propuesta de modelo de gestión integral del riego en el Ecuador*. Quito : Subsecretaría de Riego y Drenaje.
- Secretaría Nacional de Agua [SENAGUA]. (2011). *Políticas para la gestión Integrada de los recursos hídricos*. Quito: SENAGUA.
- Smajgl, A., Leitch, A., & Lynam, T. (2009). *Outback Institutions: An application of the Institutional Analysis and Development (IAD) framework to four case studies in Australia's outback*. (Vol. 31). Alice Springs: Desert Knowledge Cooperative Research Centre.
- Steinmo, S., Thelen, K., & Longstrech, F. (1992). *Structuring politics: Historical individualism in comparative analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Udén, L. (1993). Twenty Five Years with "The Logic of Collective Action". *Acta Sociológica*, 36(3), 239-261.
- Zapatta, A., & Gasselin, P. (2005). *El riego en Ecuador : problemática, debate y políticas*. Quito: CAMAREN.

Anexos

Anexo A: Formato Entrevista Dirigentes de las Junta de Agua Parroquia Cebadas

Nombre del entrevistado:

Teléfono:

Fecha:

- 1) ¿Cuál es su vinculación con el riego? (Dirigente, usuario, autoridad, etc.)
- 2) ¿Me podría mencionar cual es el estado del riego en Cebadas? Es suficiente, necesita mejorar, ¿Que problemas presenta?
- 3) ¿Cuáles considera son los atributos más importantes que tiene la parroquia Cebadas que puedan ayudar con el mejoramiento del riego?
- 4) ¿Existe alguna restricción o impedimento para que las personas puedan formar parte y beneficiarse de algún sistema de riego? ¿Necesitan tener títulos de propiedad sobre la tierra, pagar alguna cuota o contribución, ser miembros de alguna agrupación o comunidad?
- 5) ¿Cuándo se construye un sistema de riego ¿Cómo se asigna las labores de los beneficiarios del sistema? ¿Cómo se organizan para elegir a los dirigentes, las personas encargadas de la limpieza y mantenimiento del sistema? ¿Quién se encarga de cobra las tarifas de mantenimiento, etc.?
- 6) ¿Es la junta de regantes la máxima autoridad sobre el riego?
- 7) ¿Cómo determinan cuánta agua recibe cada persona? (Caudal) En función de la demanda, son sistemas de flujo continuo o se rotan el acceso entre los usuarios en determinados periodos ¿Explique?
- 8) ¿Quién determina cuanta inversión debe destinar cada usuario para el mantenimiento del sistema de riego?
- 9) ¿Cómo se realiza el proceso de toma de decisiones entorno al manejo y operatividad del riego? ¿Quién designa a los directorios de agua? ¿Se consulta a los usuarios del riego sobre cualquier decisión que se tome entorno al sistema?

10) ¿La información sobre el manejo de los sistemas de riego es abierta todos los usuarios?

11) ¿Existen sanciones a los usuarios que utilizan mal el sistema de riego?

En relación al Proyecto de Riego Yasipan

12) ¿Conoce sobre el Proyecto de riego Yasipan?

13) ¿Sabe por qué no se ha construido el proyecto todavía?

14) ¿Sabía que el proyecto Yasipan quiere utilizar riego presurizado?

15) ¿Conoce sobre el sistema de riego presurizado?

16) ¿Ha utilizado este sistema antes?

17) ¿Consideran que esta forma de riego es más eficiente que el método de surcos o inundación?

18) ¿Qué considera a usted es lo bueno y lo malo del riego presurizado?

Anexo B: Código de Programación Modelo Dinámico aplicado al riego (Programa de simulación Wólffram Mathemática 10)

Solución Miope:

T = 2; q = 219; r = 20; c = 0; U = 0; d = 0; M = 0; R1 = .70; E1 = .70; m = 1; n = 2; e = 0.52; ep = 4; w = 0.42; alp = 0.003; gam = 9.64; alpp = 0.018; gamp = 8; alppp = 0.018; gampp = 9.64; the = 0.004; gamppp = 8; mB = 205; Qs = 5000; a = 0.05; l = 4400; lp = 58600;

Pijm := (R*q*uj - 0.5*r*uj^2 - e*m*uj^2 - (c (uj - U) + d*M) - ep);

Pikm := (R*q*uk - 0.5*r*uk^2 - e*(m*uj + (n-m)*uk)*uk - (c (uk - U) + d*M) - ep);

R11 = R1; E11 = E1;

ujp := (-c + q*R)/(2*(e*m + 0.5*r));

ukp := (-c + q*R - (e*m*(-c + q*R))/(2*(e*m + 0.5*r)))/(2*(e*m - e*n - 0.5*r));

ujpp = Min[(ujp /. R->R11), ((Qs-a*(1-Ee)*1)/m /. Ee->E11)];

ukpp = Min[(ukp /. R->R11), ((Qs-a*(1-Ee)*(l + lp) - m*ujpp)/(n-m) /. Ee->E11)];

ukpp = ukp /. R->R11;

pijP = Pijm /. {uj ->ujpp, uk -> ukpp, R -> R11};

pikP = Pikm /. {uj ->ujpp, uk -> ukpp, R -> R11};

Ujpp = {ujpp}; Ukpp = {ukpp}; PijP = {pijP}; PikP = {pikP}; PR = {R11}; PE = {E11};

Do[

Rp = (R11 - alp*(gam*R11) + alpp*(gamp*R11 - m*ujpp - (n-m)*ukpp));

Ep = (E11 - alp*(gam*E11) + alpp(gamp*E11 - m*ujpp - (n-m)*ukpp));

R11 =.; E11 =.;

Rff = If [0 <= Rp <= 1 , Rp, If[Rp>1, 1,0]];

Eff = If [0 <= Ep <= 1 , Ep, If[Ep>1, 1, 0]];

ujpp = .; ukpp = .; pijP = .; pikP = .;

ujpp = Min[(ujp /. R->Rff), ((Qs-a*(1-Ee)*1)/m /. Ee -> Eff)];

ukpp = Min[(ukp /. R->Rff), ((Qs - a*(1-Ee)*(l + lp) - m*ujpp)/(n-m) /. Ee -> Eff)];

pijP = Pijm /. {uj ->ujpp, uk -> ukpp, R -> Rff};

pikP = Pikm /. {uj ->ujpp, uk -> ukpp, R -> Rff};

Ujpp = Insert[Ujpp, ujpp, -1];

Ukpp = Insert[Ukpp, ukpp, -1];

PijP = Insert[PijP, pijP, -1];

PikP = Insert[PikP, pikP, -1];

PR = Insert[PR, Rff, -1];

PE = Insert[PE, Eff, -1];

R11=Rff; Rff = .; E11= Eff; Eff = .;

{T-1}];

Myopj = Sum[(w^(i-1))*PijP[[i]], {i, 1, T}];

Myopk = Sum[(w^(i-1))*PikP[[i]], {i, 1, -T}];

Solución Circuito Cerrado:

UUJ = {}; UUK = {}; MMJ = {}; MMK = {}; PPJ = {}; PPK = {}; RRR = {}; EEE = {};
Do[

B = Table[IntegerDigits[kk, 2]];
 len = Length[B];
 CC = Table[0, {ii, 2T-len}];
 A = Join[CC, B];
 Pij := (R*q*uj - 0.5*r*uj^2 - e*m*up^2 - mj - (c*(uj - U) + d*(M - mj)) - ep);
 Pik := (R*q*uk - 0.5*r*uk^2 - e*(m*uj + (n-m)*uk)*uk - mk - (c*(uk - U) + d*(M - mk)) - ep);
 ujs = Replace[uj, Solve[D[Pij, uj]==0, uj]] [[1]];
 ujc = If[A[[1]]==0, ujs, If[(Qs-0.05a*1)<0, 0, (Qs - a*(1-Ee)*1)/m]];
 ukz = Replace[uk, Solve[D[Pik, uk]==0, uk]] [[1]];
 uks = ukz /. uj -> ujc;
 ukc = If[A[[2]]==0, uks, If[(Qs-0.05*a*(l + lp)-(Qs-0.05*a*1/m)<0, 0, (Qs-a*(1-Ee)*(l + lp)-m*ujc)/(n-m)]];

Saij = Pij /. {uj -> ujc, mj -> 0};
 Saik = Pik /. {uj -> ujc, uk -> ukc, mk -> 0};
 TPij = {Saij}; TPik = {Saik}; Tmj = {0}; Tmk = {0}; Tuj = {ujc}; Tuk = {ukc};
 ujs = .; ujc = .; uks = .; ukc = .; ukz = .;

Do[

aj = Saij;
 Saij = .;
 ak = Saik;
 Saik = .;

bj = aj /. {R -> Rb, Ee -> Eb}; bk = ak /. {R -> Rb, Ee -> Eb};
 R = .; Ee = .; aj = .; ak = .;
 Saij = bj /. {Rb -> (R - alp*(gam*R - m*mj - (n-m)*mk) + alpp*(gam*R - m*uj - (n-m)*uk)),
 Eb -> (Ee - the*(gampp*Ee - m*mj - (n-m)*mk) + alpp*(gampp*Ee - m*uj - (n-m)* uk))};
 Saik = bk /. {Rb -> (R - alp*(gam*R - m*mj - (n-m)*mk) + alpp*(gam*R - m*uj - (n-m)*uk)),
 Eb -> (Ee - the*(gampp*Ee - m*mj - (n-m)*mk) + alpp*(gampp*Ee - m*uj - (n-m)* uk))};

Rb = .; Eb = .;
 Obj = Pij + w*Saij;
 Obk = Pik + w*Saik;
 Saij = .; Saik = .;

mkzs = If[Coefficient[Obk, mk, 2] >= 0, mB,
 Simplify[Replace[mk, Solve[D[Obk, mk]==0, mk]] [[1]]]];
 mjzs = If[Coefficient[Obj, mj, 2] >= 0, mB,
 Simplify[Replace[mj, Solve[D[Obj, mj]==0, mj]] [[1]]]];
 mks = If[Coefficient[Obk, mk, 2] >= 0, mB,
 Replace[mk, Solve[(mkzs /. mj->mjzs)== mk, mk]] [[1]]];
 mjs = If[Coefficient[Obj, mj, 2] >= 0, mB, mjzs /. mk->mks];
 Obkk = Simplify[Obk] /. mk->mks;
 Obkkk = Simplify[Obkk] /. mj->mjs;
 ukz = If[A[[2 + 2*i]] == 0,
 Simplify[Replace[uk, Solve[D[Obkkk, uk]== 0, uk]] [[1]]],
 If[(Qs-0.05*a*(l + lp) - (Qs-0.05*a*1/m)<0, 0,
 (Qs - a*(1 - Ee)*(l + lp) - m*uj)/(n-m)]];

Objj = Obj /. mj->mjs;
 Objjj = Simplify[Objj] /. mk->mks;
 Objjjj = Simplify[Objjj] /. uk->ukz;
 ujs = If[A[[1+2i]] == 0,
 Simplify[Replace[uj, Solve[D[Objjjj, uj]==0, uj]] [[1]]],
 If[(Qs-0.05*a*1)<0, 0, (Qs - a*(1 -Ee)*1)/m]];

```

uks = ukz /. uj -> ujs;
mksz = mks /. {uj -> ujs, uk -> uks};
mjsz = mjs /. {uj -> ujs, uk -> uks};

mkss = If[Coefficient[Coefficient[mksz,R,0],Ee,0] + Coefficient[mksz,Ee,1]
+ Coefficient[mksz,R,1]<0, 0,
If[Coefficient[Coefficient[mksz,R,0],Ee,0]
+ Coefficient[mksz,Ee, 1] + Coefficient[mksz,R, 1] > mB,
mB,mksz]];
mjss = If [Coefficient[Coefficient[mjsz,R,0],Ee,0] + Coefficient[mjsz,Ee, 1]
+ Coefficient[mjsz,R,1]<0, 0,
If [Coefficient[Coefficient[mjsz,R,0],Ee,0]
+ Coefficient[mjsz,Ee, 1] + Coefficient[mjsz,R, 1] > mB,
mB,mjsz]];
Saij = Simplify[Obj /. {uj -> ujs, uk -> uks, mj -> mjss, mk -> mkss}];
Saik= Simplify[Obk /. {uj -> ujs, uk -> uks, mj -> mjss, mk -> mkss}];
TPij = Insert[TPij, Saij, 1]; TPik = Insert[TPik, Saik, 1];
Tuj = Insert[Tuj, ujs, 1]; Tuk = Insert[Tuk, uks, 1];
Tmj = Insert[Tmj, mjss, 1]; Tmk = Insert[Tmk, mkss, 1];
mjs = .; mjz = .; mjzs = .; mjss = .; mjsz = .; mks = .; mkzs = .; mkss = .; mksz = .;
ujs = .; ujz = .; uks = .; ukz = .; aj = .; ak = .; bj = .; bk = .; Obj = .; Obk = .; Objj = .; Objjj = .; Objjjj = .;
Obkk = .; Obkkk = .;

, {i, (T-1)}];

ujN = Tuj[[1]] /. {R -> R1, Ee -> E1};
ukN = Tuk[[1]] /. {R -> R1, Ee -> E1};
mjN = Tmj[[1]] /. {R -> R1, Ee -> E1};
mkN=Tmk[[1]] /. {R -> R1, Ee -> E1};
PikN = Pik /. {uj -> ujN, uk -> ukN, mj -> mjN, mk -> mkN, R -> R1};
PijN = Pij /. {uj -> ujN, uk -> ukN, mj -> mjN, mk -> mkN, R -> R1};
Nuj = {ujN}; Nuk = {ukN}; Nmj = {mjN}; Nmk = {mkN}; NPij = {PijN};
NPik = {PikN}; Rp = R1; Ep = E1;
RD= ( Rp - alp (gam Rp - m mjN - (n-m) mkN) + alpp( gamp Rp - m ujN - (n-m) ukN));
Rf = If[0<=RD<= 1, RD, If[RD>1, 1, 0]];
ED= ( Ep - alp (gam Ep - m mjN - (n-m) mkN) + alpp( gamp Ep - m ujN - (n-m) ukN));
Ef = If[0<=ED<= 1, ED, If[ED>1, 1, 0]];
Rp = .; RD = .; Ep = .; ED = .; ukN = .; ujN = .; mjN = .; mkN = .; PikN = .; PijN =.;
NR = {R1}; NE = {E1};
Do[
ujN=Tuj[[i + 1]] /. { R -> Rf, Ee-> Ef};
ukN = Tuk[[i + 1]] /. {R -> Rf, Ee -> Ef};
mjN = Tmj[[i + 1]] /. { R -> Rf, Ee-> Ef};
mkN = Tmk[[i + 1]] /. {R -> Rf, Ee -> Ef};
PikN = Pik /. {uj -> ujN, uk -> ukN, mj -> mjN, mk -> mkN,
R-> Rf};
PijN = Pij /. {uj -> ujN, uk -> ukN, mj -> mjN, mk -> mkN,
R-> Rf};
Nuj = Insert[Nuj, ujN, -1]; Nuk = Insert[Nuk, ukN, -1];
Nmj = Insert[Nmj, mjN, -1]; Nmk = Insert[Nmk, mkN, -1];
NPij = Insert[NPij, PijN, -1]; NPik = Insert[NPik, PikN, -1];
NR = Insert[NR, Rf, -1]; NE = Insert[NE, Ef, -1];
Rp = Rf; Rf = .; Ep = Ef; Ef = .;
RD = ( Rp - alp (gam Rp - m mjN - (n-m) mkN) + alpp( gamp Rp - m ujN - (n-m) ukN));
Rf = If [ 0 <= R D <= 1, RD, If[RD>1, 1, 0]];
ED= ( Ep - alp (gam Ep - m mjN - (n-m) mkN) + alpp( gamp Ep - m ujN - (n-m) ukN));
Ef = If[0<=ED<= 1, ED, If[ED>1, 1, 0]];
Rp = .; RD = .; Ep = .; ED = .; ukN = .; ujN = .; mjN = .; mkN = .; PikN = .; PijN =.;
, {i, (T-1)}];
UUJ = Insert[UUJ, Nuj, -1];
UUK = Insert[UUK, Nuk, -1];
MMJ = Insert[MMJ, Nmj, -1];
MMK = Insert[MMK, Nmk, -1];

```

```

PPJ = Insert[PPJ, NPij, -1];
PPK = Insert[PPK, NPik, -1];
RRR = Insert[RRR, NR, -1];
EEE = Insert[EEE, NE, -1];
Nuj = .; Nuk = .; Nmj = .; Nmk = .; NPij = .; NPik = .; NR = .; NE = .;
, {kk, 0, 2^(2T)-1, 1}];
Aux = Table[ii, {ii, 2^(2T)}];
Temp = {};
Do[
Do[
Temp = If[ UUK[[Aux[[k]], x]] <=UUK[[Aux[[k+1]], x]],
Insert[Temp, Aux[[k]], -1],
Insert[Temp, Aux[[k + 1]], -1 ] ,
{k, 1, 2^(2T-2x + 2), 2 } ] ;
Aux = {};
Do[
Aux = If[ UUI[[Temp[[k]], x]] <=UUI[[Temp[[k + 1]], x]],
Insert[Aux, Temp[[k]], -1],
Insert[Aux, Temp[[k + 1]], -1 ] ,
{k, 1, 2^(2T-2x + 1), 2}];
Temp = {};
, {x, T}];
UUJX = UUJ[[Aux[[1]] ]];
UUKX = UUK[[Aux[[1]] ]];
MMJX = MMJ[[Aux[[1]] ]];
MMKX = MMK[[Aux[[1]] ]];
PPJX = PPJ[[Aux[[1]]]];
PPKX = PPK[[Aux[[1]]]];
RRRX = RRR[[Aux[[1]] ]];
EEEX = EEE[[Aux[[1]] ]];
Dynapj = Sum[(w^(i-1))*PPJX[[i]], {i, 1, T}]
Dynapk = Sum[(w^(i-1))*PPKX[[i]]/ {i, 1, T}]

```

Óptimo Social:

```

QJ:= (Qs - a (1-Ee) l)/m;
QK:= (Qs - a (1-Ee) (l+lp) - m QJ)/(n-m);
UUS = {}; MMS = {}; PPP = {}; RRRS = {}; EEES = {};

```

```

Do[
B = Table[IntegerDigits[kk,2]];
len = Length[B];
CC=Table[0, {ii, T-len}];
A = Join[CC,B];
P:= 2*(-ep - d*M - ms + d*ms - c*u + q*R*u - (e*m*u^2)/2 - (e*n*u^2)/2 - 0.5*r*u^2 + c*u);
us = Replace[u, Solve[D[P, u]==0, u]][[1]];
usc = If[A[[1]]==0, us,
If[(((Qs-0.05a l + Qs -0.05a (l +lp) - Qs +0.05a l)/n <0),0, (m QJ + (n-m) QK)/n ]];
Sai = P /. {u -> usc, ms -> 0};
TP = {Sai}; Tms = {0}; Tu = {us};
us = .;
Do[
as = Sai; Sai = .; bs = as /. {R -> Rs, Ee-> Es}; R = .; Ee = .; as = .;
Sai= bs /. {Rs -> (R - alp (gam R - m ms - (n-m) ms) + alpp( gamp R - m u - (n-m) u)),Es -> (Ee - alp (gam Ee - m ms - (n-m) ms) +
alpp( gamp Ee - m u - (n-m) u))};
Rs = .; Es = .;

```

```

Ob = P + w Sai; Sai = .;
msz = If[Coefficient[Ob, ms, 2]>=0, mB, Simplify[Replace[ms, Solve[D[Ob, ms]==0, ms]] [[1]] ]];
Obb = Ob /. ms->msz;
us = If[A[[i + 1]]==0,Simplify[Replace[u, Solve[D[Obb, u]==0, u]][[1]] ],If[(((Qs-0.05a l + Qs -0.05a (l +lp) - Qs + 0.05a l)/n <0),0,
(m QJ + (n-m) QK)/n ]];
mszz = msz /. u->us;

```



```

mss = If[Coefficient[Coefficient[mszz,Ee,0],R,0] + Coefficient[mszz,Ee,1]+ Coefficient[mszz,R, 1 ] <0,0, If
[Coefficient[Coefficient[mszz,Ee,0],R,0] + Coefficient[mszz,R, 1] + Coefficient[mszz,Ee/1]>mB, mB, mszz] ];
Sai=Simplify[Ob /. {u -> us, ms -> mss}];
TP = Insert[TP, Sai, 1];
Tu = Insert[Tu, us, 1];
Tms = Insert[Tms, mss, 1];
mss = .; msz = .; mszz = .; us = .; uz = .; as = .; bs = .; Ob = .; Obb = .;
, {i, (T-1)}];

uN=Tu[[1]] /. {R -> R1, Ee -> E1};
msN = Tms[[1]] /. {R -> R1, Ee -> E1};
PN = P /. {u ->uN, ms -> msN, R -> R1};
Nu = {uN}; Nms = {msN}; NP = {PN};
Rs = R1; Es = E1;
RDD= ( Rs - alp (gam Rs - m msN - (n-m) msN) + alpp( gamp Rs - m uN - (n-m) uN));
Rfff = If[0 <= RDD <= 1, RDD, If[RDD > 1, 1, 0]];
EDD= ( Es - alp (gam Es - m msN - (n-m) msN) + alpp( gamp Es - m uN - (n-m) uN));
Efff = If[0 <= EDD <= 1, EDD, If[EDD > 1, 1, 0]];
Rs = .; RDD = .; Es = .; EDD = .; uN = .; msN = .; PN = .;
SR = {R1}; SE= {E1};
Do[
uN=Tu[[i + 1]] /. { R -> Rfff, Ee-> Efff};
msN = Tms[[i + 1]] /. {R -> Rfff, Ee -> Efff};
PN = P /. {u ->uN, ms -> msN, R -> Rfff};
Nu = Insert[Nu, uN, -1];
Nms = Insert[Nms, msN, -1];
NP = Insert[NP, PN, -1];
SR = Insert[SR, Rfff, -1];
SE = Insert[SE, Efff, -1];
Rs = Rfff; Rfff = .; Es = Efff; Efff = .;
RDD = ( Rs - alp (gam Rs - m msN - (n-m) msN) + alpp( gamp Rs - m uN - (n-m) uN));
Rfff = If [ 0 <= RDD <= 1 , RDD, If[RDD>1, 1,0]];
EDD= ( Es - alp (gam Es - m msN - (n-m) msN) + alpp( gamp Es - m uN - (n-m) uN));
Efff = If[0<=EDD<= 1, EDD, If[EDD>1, 1,0]];
Rs = .; RDD = .; Es = .; EDD = .; uN = .; msN = .; PN = .;
, {i, (T-1)}];
UUS = Insert[UUS,Nu, -1];
MMS = Insert[MMS,Nms/ -1];
PPP = Insert[PPP,NP,-1];
RRRS = Insert[RRRS,SR, -1];
EEES = Insert[EEES,SE, -1];
Nu = .; Nms = .; NP = .; SR = .; SE = .;
, {kk, 0, 2^(T)-1, 1});

UUS
PPKS = PPP[[1]];
Socip = (Sum[(w^(i-1))*PPKS[[i]], {i, 1, T}])/2

```

Anexo C: Matriz para estimación de variables del modelo

<u>Variables Modelo Teoría de Juegos</u>		<u>Fuente donde se obtuvo el coeficiente</u>	<u>Interpretación Coeficiente</u>	<u>Preguntas</u>	<u>Codificación Preguntas Grupo Focal</u>
n	Número Total de Apropriadores del Sistema de Riego Yasipan	Prefectura Chimborazo (Estudio Factibilidad Proyecto Yasipan)	Número Total de Apropriadores del Sistema de Riego Yasipan	No aplica	
m	Número de regantes ubicados en la parte alta del sistema	Prefectura Chimborazo (Estudio Factibilidad Proyecto Yasipan)	Número de regantes ubicados en la parte alta del sistema	No aplica	
T	Número de Repeticiones del Juego	Discrecional (Elección Modelador)	Número de Repeticiones del Juego	No aplica	
ω	Factor de descuento (Entre 0 y 1)	Grupo Focal (Guamote)	Importancia que dan los apropiadores del sistema al futuro (Preferencia inter temporal) Denota el grado en el que los pagos futuros de los usuarios son valorados en relación a los pagos actuales del juego. Una forma estándar para calcular descuentos futuros en pagos trata las recompensas de las rondas restantes que vale una fracción de los pagos de la presente ronda. Valor igual a 0: Los Usuarios no dan importancia al futuro. Valor igual a 1: Usuarios dan total importancia al futuro.	12) ¿Es importante para ustedes el agua de riego para que crezcan sus cultivos? 13) ¿Creen que los sistemas de riego manejados por la comunidad duran más tiempo que los sistemas que son administrados por las autoridades? 14) Si tuvieran que elegir entre cuidar el agua hoy, o dejar que sus hijos o nietos las cuiden mañana, ¿Que elegirían?	Si = 1 No = 0 (Promedio) Si = 1 No = 0 (Promedio) Hoy: 0 Mañana: 1 (Promedio)

mBj	Inversión máxima que cada apropiador estaría dispuesto a colaborar por el mantenimiento del sistema de riego Yasipan en el periodo i	Grupo Focal (Guamote) Estudio Hídrico Parroquia Cebadas (GAD Cebadas)	Inversión máxima que cada apropiador estaría dispuesto a pagar por el mantenimiento del sistema de riego Yasipan en el periodo i	15) Si el proyecto de Riego Yasipan fuera construido en su comunidad, ¿Ayudarían en su mantenimiento? (Si o No) 16) ¿Cuántas horas a la semana podrían ayudar con el sistema de riego?	Si = 1 No = 0 (Promedio)
Qs	Caudal de Agua del Rio Yasipan	Estudio Hídrico Parroquia Cebadas (GAD Cebadas)	Caudal de Agua del Rio Yasipan medido en litros por segundo (ltrs/seg)	No aplica	
1	Distancia entre el rio Yasipan y los apropiadores de la parte alta del sistema de riego	Estudio Hídrico Parroquia Cebadas (GAD Cebadas)	Distancia entre el rio Yasipan y los apropiadores de la parte alta del sistema de riego medido en kilómetros.	No aplica	
1'	Distancia entre los apropiadores de la parte alta y de la parte baja del sistema de riego.	Estudio Hídrico Parroquia Cebadas (GAD Cebadas)	Distancia entre los apropiadores de la parte alta y de la parte baja del sistema de riego medido en kilómetros.	No aplica	
q	Intercepto del beneficio marginal del agua de riego	Estudio Hídrico Parroquia Cebadas (GAD Cebadas) Plan de Ordenamiento Territorial (2015) GAD Cebadas Grupo Focal (Guamote)	Puede ser calculado de las siguientes formas: - (Dólar por hectárea) - (Beneficio agrícola por hectárea de una unidad de agua de riego) Se obtiene mediante el precio de mercado de un cultivo específico y como este responde al riego.	17) ¿Cuáles fueron los principales cultivos que ustedes sembraron el año pasado? (<i>Usar Imágenes</i>) Cultivo 1 Cultivo 2 Cultivo 3 18) ¿En tiempo de cosecha, cuanto recogieron de cada cultivo el año pasado? (Quintales) Cultivo 1 Cultivo 2 Cultivo 3 19) ¿Cuáles son los principales animales que crían en sus fincas? (<i>Usar Imágenes</i>)	Para efectos de la investigación para calcular el valor de q, se obtiene información del cultivo o actividad pecuaria más representativa en el sector. (Cultivo 1 o Actividad Pecuaria 1)

				Animal 1: Derivado: Animal 2: Derivado: Animal 3: Derivado: 20) Entre el cultivo 1 y la actividad pecuaria 1, ¿Cuál es la más importante?	
r	Pendiente del beneficio marginal del agua de riego	Estudio Hídrico Parroquia Cebadas (GAD Cebadas) Plan de Ordenamiento Territorial (2015) GAD Cebadas Grupo Focal (Guamote)	Pendiente del beneficio marginal del agua de riego. Determina cómo cambia el beneficio marginal del riego a medida que cambia la cantidad de agua aplicada al campo. Valor bajo r: Cultivo que pueden tolerar gran volumen de agua o que requieren gran cantidad de agua para crecer Valor alto r: Cultivos que no toleran gran cantidad de agua o que requieren poca cantidad de agua para crecer.	21) El principal cultivo que tiene en sus fincas ¿Necesita mucha agua para crecer? Cultivo: 22) El principal animal que tiene en sus fincas ¿Necesita mucha agua para alimentarse? Animal	Se calcula a partir de los requerimientos de agua por tipo de cultivo o actividad pecuaria en relación a los otros cultivos.
e	Costo de Apropiación del agua	Estudio Hídrico Parroquia Cebadas (GAD Cebadas) Grupo Focal (Guamote)	Cantidad de agua apropiada de un sistema de riego multiplicado por una constante e ($e > 0$). A medida que e aumenta, el costo de apropiación del agua también lo hace. Variable e aumenta si los trabajos de mantenimiento del sistema son ineficientes o existen demasiados conflictos entorno a la apropiación del agua de riego	23) ¿Consideran que en su comunidad existen demasiadas peleas por el uso del agua? 24) ¿Consideran que los trabajos que las comunidades emprenden para mejorar la infraestructura de riego han sido malas?	Nota: Para calcular la cantidad de agua apropiada se calculó la cantidad óptima de apropiación para un solo período de tiempo asumiendo que no hay costos de apropiación (es decir, el costo de apropiación, e , es igual a cero) y la perfecta confiabilidad del suministro de agua (es decir, el valor inicial de confiabilidad, R0 , es igual a uno)
δ	Coeficiente de interdependencia entre los apropiadores de la parte alta y baja del sistema. (Entre 0 y 1)	Grupo Focal (Guamote)	Determina el nivel de afectación que generan los usuarios de la parte alta del sistema de riego a los usuarios de la parte baja del sistema. Valor igual a 0 = El nivel de apropiación de los usuarios de la parte alta del sistema no afectan a los costos de apropiación de los usuarios de la parte baja del sistema.	25) ¿Creen que cuando utilizan bastante agua en su terreno, le estas quitando agua a su vecino que tiene su terreno más abajo? 26) ¿Creen que cuando las fincas de la parte alta de la montaña usan bastante agua, ustedes reciben menor cantidad agua?	Si = 1 No = 0 A veces = 0.5 Si = 1 No = 0

			Valor igual a 1 =El nivel de apropiación de los usuarios de la parte alta del sistema afecta totalmente el costo de apropiación de los usuarios de la parte baja del sistema.	<i>(A ser resuelto por medio de una dinámica)</i>	A veces = 0.5
R0	Valor inicial de fiabilidad del suministro de agua	Grupo Focal (Guamote)	Valor inicial de fiabilidad del suministro de agua	No Aplica	Valor utilizado por Lee (1994), R0: 0.5
E0	Valor inicial de la eficiencia del suministro de agua	Grupo Focal (Guamote)	Valor inicial de la eficiencia del suministro de agua	No Aplica	Valor utilizado por Lee (1994), R0: 0.5
α	Fiabilidad al mantenimiento del sistema (Sensibilidad) (Entre 0 y 1)	Grupo Focal (Guamote)	Representa la medida en que el monto de la inversión en mantenimiento realizado por los usuarios en el momento t puede mantener el nivel de confiabilidad del suministro de agua en el momento (t + 1). α es igual a cero: la cantidad de inversión en el mantenimiento realizado por los usuarios mantiene el nivel de confiabilidad del suministro de agua. A medida que α aumenta, el monto de inversión destinada para el mantenimiento por parte de los apropiadores, afecta la confiabilidad del suministro de agua.	27) En base a lo que han vivido, ¿Piensan ustedes que los trabajos para arreglar el riego mantuvieron la cantidad de agua que recibieron después? ¿Cómo? 28) ¿Consideran que los arreglos que se hacen en el riego sirven para que no se desperdicie el agua? 29) ¿Si tuvieran que colaborar en el riego para que nunca les falte agua, lo harían? <i>(A ser resuelto por medio de una dinámica)</i>	Si: 0 No: 1 A veces: 0.5 Si: 0 No: 1 A veces: 0.5 Si: 0 No: 1 Tal vez: 0.5
α'	Fiabilidad a la apropiación del sistema (Sensibilidad) (Entre 0 y 1)	Grupo Focal (Guamote)	Representa la medida en que la cantidad de agua de riego asignada por los usuarios en el momento t afecta el nivel de confiabilidad del suministro de agua en el momento (t + 1). α' es igual a cero: La cantidad de agua de riego apropiada por los usuarios no cambia el nivel de confiabilidad del suministro de agua. A medida que α' aumenta, el nivel de confianza en el suministro de agua se vuelve más sensitivo al nivel de agua de riego apropiado por los irrigadores. Es decir, entre más sea la cantidad apropiada de agua por parte de los usuarios,	30) En base a lo que han vivido, ¿Creen que cuando utilizan más agua de la que necesitan para regar su terreno, su vecino de la comunidad recibe igual cantidad de agua? 31) Consideran que, si más personas utilizan el agua de riego para sus cultivos, ¿El agua alcanzaría para todos? 32) Creen que las personas respetarían el caudal adjudicado del sistema de riego Yasipan? (0.4 ltr /seg)	Si: 1 No: 0 A veces: 0.5 Si: 1 No: 0 A veces: 0.5 Si: 1

			menor será la confiabilidad que ellos tengan sobre su suministro de agua en el futuro.		No: 0 A veces: 0.5
θ	Eficiencia del mantenimiento del sistema (Sensibilidad) (Entre 0 y 1)	Grupo Focal (Guamote)	Representa la medida en que la cantidad de inversión en mantenimiento realizada por los apropiadores en el momento t determina mantiene el nivel de eficiencia del suministro de agua en el momento (t + 1). θ es igual a cero: El nivel de eficiencia del suministro de agua no cambia en absoluto, independientemente de la cantidad de inversión en mantenimiento realizada por los apropiadores. A medida que θ, el nivel de eficiencia del suministro de agua se vuelve más sensible a la cantidad de inversión en mantenimiento.	33) En base a su experiencia, ¿Consideran que el mantenimiento de los sistemas de riego hace que se reparta mejor el agua? 34) En base a lo que ustedes conocen, ¿Las mingas que realizan para cuidar del riego son buenas? 35) ¿Crees que si más personas utilizan el agua de riego, menos gente ayudara con el mantenimiento del riego?	Si: 1 No: 0 A veces: 0.5 Si: 1 No: 0 A veces: 0.5 Si: 1 No: 0 Tal vez: 0.5
θ'	Eficiencia de la apropiación del sistema (Sensibilidad) (Entre 0 y 1)	Grupo Focal (Guamote)	Representa la medida en la cual el nivel de eficiencia de suministro de agua en el momento (t + 1) se ve afectado por la cantidad de agua de riego apropiada por los apropiadores en el momento t. θ' es igual a cero: la cantidad de agua de riego apropiada por los irrigadores no cambia el nivel de eficiencia en el suministro de agua. A medida que θ' se hace más grande, el nivel de eficiencia del suministro de agua se vuelve más sensible a la cantidad de agua de riego apropiada por los irrigadores.	36) ¿Consideran que entre menos personas utilicen un sistema de riego, mejor se repartirá el agua? 37) ¿Cómo consideran la repartición del agua en su comunidad?  Excelente Mala 38) Si todas las personas de esta comunidad utilizáramos un mismo sistema de riego y mañana se unen los de Palmira y pasado mañana se unen los de Guamote y así se unen todas las parroquias, ¿Creen que el agua alcanzaría para todos?	Si: 1 No: 0 Tal vez: 0.5 Excelente: 0 Bueno: 0.25 Regular: 0.50 Inadecuado: 0.75 Malo: 1 Si: 1 No: 0 Tal vez: 0.5
a	Coeficiente de pérdida de agua (Entre 0 y 1)	Estudio Hídrico Parroquia Cebadas (GAD Cebadas)	El coeficiente de pérdida de agua, a, representa la cantidad de agua pérdida en el tramo del canal. Si a es igual a cero: No existe pérdida de agua en el canal.	No Aplica	Para esta variable se asume que el sistema de riego presurizado es nuevo, por lo que las pérdidas a lo largo del sistema son casi nulas por que el valor del coeficiente se asume en este caso es igual a 0.

			A medida que a aumenta, también lo hace la pérdida de agua.		
Y	Coeficiente de mantenimiento mínimo para mantener confiabilidad del sistema.	Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador [CONGOPE]	Coeficiente de mantenimiento mínimo para mantener el nivel de confiabilidad en el sistema de riego.	No Aplica	Según el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador [CONGOPE] (2014), los sistemas de riego presurizado requieren de mantenimiento una vez por semana que depende del tamaño de la parcela puede tardar de 1 hora a un día. Por lo que el coeficiente de mantenimiento mínimo iguala a lo que dejaría de percibir un agricultor por un día de trabajo que destina al mantenimiento del sistema en promedio.
Y'	Coeficiente máximo de apropiación para mantener la fiabilidad del sistema	Grupo Focal (Guamote)	Coeficiente máximo de asignación de apropiación para mantener la fiabilidad del sistema	No aplica	Según el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador [CONGOPE] (2014), la cantidad óptima de agua que se necesita regar en los cultivos en función del clima y el tipo de suelo de Guamote es de 7.5 litros por metro cuadrado a la semana
Y''	Coeficiente mínimo de mantenimiento para mantener la eficiencia del sistema	Grupo Focal (Guamote)	El coeficiente de requerimiento mínimo, Y'', representa el valor umbral de la inversión en mantenimiento que se requiere para mantener el nivel actual de eficiencia de suministro de agua. El producto de este coeficiente y el nivel de eficiencia de suministro de agua en el momento t denota el Valor umbral de la inversión en mantenimiento en el momento t. A medida que Y'' aumenta, mantener el nivel actual de la eficiencia de suministro de agua requiere más inversión en el mantenimiento.	No aplica	Según el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador [CONGOPE] (2014), los sistemas de riego presurizado requieren de mantenimiento una vez por semana que depende del tamaño de la parcela puede tardar de 1 hora a un día. Por lo que el coeficiente de mantenimiento mínimo iguala a lo que dejaría de percibir un agricultor por un día de trabajo que destina al mantenimiento del sistema en promedio.
Y'''	Coeficiente máximo de apropiación para mantener la eficiencia de sistema	Grupo Focal (Guamote)	Coeficiente máximo de apropiación para mantener la eficiencia de sistema A medida que, Y''' aumenta, los apropiadores pueden usar más agua de riego sin hacer cualquier daño al sistema de riego.	No aplica	Según el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador [CONGOPE] (2014), la cantidad óptima de agua que se necesita regar en los cultivos en función del clima y el tipo de suelo de Guamote es de 7.5 litros por metro cuadrado a la semana.

