

En español

Metodología para priorizar la inversión en irrigación en zonas rurales deprimidas

Jaime E. Díaz Ortiz¹ y
Carlos Alfredo Ramírez²

RESUMEN

La construcción de infraestructura para la pequeña irrigación demanda grandes inversiones de capital que aumentan por desconocimiento de los aspectos sociales, culturales y técnicos de las regiones susceptibles de inversión. La carencia de información hidroclimatológica confiable, sumada a la debilidad organizacional que presentan comunidades deprimidas, dificulta su participación en las labores de planificación y limitan el éxito de muchos proyectos de riego. Para seleccionar predios con las características más favorables de inversión en la infraestructura de riego en la zona norte del departamento del Cauca (Colombia), y determinar aquellos que ofrecían las características sociales y económicas con mayor potencial de éxito, se aplicaron criterios de tipo cualitativo y se construyeron indicadores de tipo cuantitativo para priorizar los recursos financieros disponibles y facilitar la toma de decisiones. El objetivo consistió en maximizar la inversión garantizando su recuperación y beneficiando al mayor número de usuarios. Los predios evaluados fueron 400, de los cuales se seleccionaron 84. El proyecto tuvo duración de 42 meses, periodo durante el cual se realizó el diseño y construcción de la infraestructura básica de riego a los predios escogidos. Se construyeron captaciones directas sobre fuentes de agua superficial y pozos para aprovechar agua subterránea. Los costos de la inversión fueron menores a los estimados por la FAO para este tipo de obras.

Palabras clave: irrigación-agua, sistema básico de riego, administración del riego.

Recibido: junio 3 de 2009
Aceptado: noviembre 15 de 2010

Introducción

Desarrollar infraestructura en regiones tradicionalmente deprimidas es un asunto complejo debido a la presión creciente por recursos financieros y a la debilidad de las comunidades para apropiarse de los avances tecnológicos que puedan beneficiarlas. Aumentar la eficiencia en el manejo de estas inversiones obliga a los planificadores, diseñadores y constructores de infraestructura con fines sociales y económicos a desarrollar metodologías que faciliten la selección de alternativas que ofrezcan mayor rentabilidad y cobertura.

Un sistema de distribución de agua con fines de riego está compuesto de una infraestructura compleja constituida por estructuras de captación, conducción, distribución y regulación que permiten la entrega de agua a los usuarios de una manera eficiente y oportuna.

¹ Ingeniero Agrícola, Universidad del Valle, Cali Colombia. M.Sc., en Recursos Hídricos, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Ph.D., Ingeniero Agrónomo, Universidad Politécnica de Madrid, España. Universidad del Valle. jaidiaz@univalle.edu.co

² Ingeniero Agrícola, Universidad del Valle, Cali Colombia. Colpozos S.A. carlosalfredo24@hotmail.com.

In English

Priority investment irrigation methodology in depressed rural areas

Jaime E. Díaz Ortiz³ y
Carlos Alfredo Ramírez⁴

ABSTRACT

The infrastructure for small irrigation systems demands costly investment which may become increased as many social and technical aspects related to the concerns of regions susceptible to investment remain unknown. The lack of both information and a social network supporting planning and design tasks constitute factors affecting many irrigation projects, consigning them to failure. Some indicators were prepared for constructing an irrigation system in the north of the Cauca department in Colombia which, in turn, led to determining investment priorities and facilitated decision-making. The indicators guaranteed that the construction would benefit the greatest number of users, assuring wider irrigation coverage. The project lasted forty-two months; the basic irrigation system was designed and constructed during this time, alternating direct reception via surface water sources and digging wells to use groundwater. Investment costs were lower than estimated FAO reference ones.

Keywords: irrigation-water, basic irrigation system, water-management.

Received: june 3th 2009
Accepted: november 15th 2010

Introduction

Developing infrastructure in traditionally-depressed regions is a complex issue, due to growing financial pressure and the communities' weakness in seizing the opportunity offered by technological advances benefitting themselves. Increased efficiency in the investment management requires planners, designers and infrastructure-builders for social and economic objectives to develop methodologies facilitating the selection of alternatives offering higher returns and greater coverage.

An irrigation water distribution system requires complex infrastructure consisting of intake, transmission, distribution and regulation structures, allowing water delivery to users in an efficient and timely manner.

³ Agricultural Engineer, Universidad del Valle, Cali Colombia. M.Sc., in Water Resources, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Ph.D., Agricultural Engineering, Universidad Politécnica de Madrid, Spain. Universidad del Valle. jaidiaz@univalle.edu.co

⁴ Agricultural Engineer, Universidad del Valle, Cali Colombia. Colpozos S.A. carlosalfredo24@hotmail.com.

En español

Generalmente las condiciones fisiográficas, hidrológicas, climáticas, agronómicas, sociales y económicas de los proyectos de pequeña irrigación son bastante heterogéneas y poseen información escasa. Por tanto, planificadores y diseñadores de estos sistemas encuentran dificultades para tomar decisiones acertadas debido a la carencia de información suficiente y confiable (FAO, 1996)

Según Cárdenas (1978), en la mayoría de las ocasiones funcionarios y representantes de los agentes implicados en el manejo del agua de los países en desarrollo se ven apresurados a ofrecer alternativas de solución a problemas de asignación de agua con fines de irrigación, lo que ocasiona planificaciones inapropiadas que disminuyen la eficiencia de la asignación. En algunas situaciones la falta de tiempo y experiencia en la elaboración de planes estratégicos o los escasos conocimientos para la transferencia de experiencias de gestión contribuyen a tomar decisiones desafortunadas. Ostrom (1999) indica que es frecuente observar que en algunas oportunidades la intervención del Estado en lugar de mantener y reforzar la capacidad de gestión propia contribuye al colapso de organizaciones, dificultando su creación o funcionamiento adecuado.

Desde el siglo pasado la inversión realizada en infraestructura de riego en todo el mundo ha sido elevada y los resultados en la mayoría de las ocasiones no reflejan una respuesta apropiada a las expectativas y al costo de la inversión. Kijne *et al.* (1998), evaluando varios proyectos de irrigación, detectaron algunos impactos negativos, siendo uno de los más notorios la salinidad de los suelos ocasionada por el manejo inadecuado del agua.

Analizando los problemas ocasionados por el manejo inadecuado del recurso hídrico se ha concluido que una comunidad comprometida puede aportar elementos que contribuyan a la construcción y gestión de sistemas de riego más eficientes. Bandaragoda y Memon (1997) mencionan que la ausencia de registros y reglamentos escritos dificultan la construcción de indicadores, complicando las tareas de seguimiento y evaluación de los sistemas de pequeña irrigación. Con el fin de contribuir al desarrollo de procesos en el manejo del agua e incrementar su eficiencia, se han desarrollado metodologías con base en la gestión participativa del riego, involucrando a los usuarios del agua (Vermillion y Sagardoy, 2001).

Martínez y Palerm (1997) consideran que la mayor parte de las ejecuciones realizadas por las organizaciones de autogestión para la administración, mantenimiento y construcción de sistemas de riego no desarrollan la disciplina necesaria para escribir reglamentos que precisen las actividades o tareas de mantenimiento, distribución del agua, resolución de conflictos, vigilancia, monitoreo y elección de autoridades, entre otras.

Tradicionalmente la construcción de indicadores en la agricultura se ha utilizado para identificar estrategias de operación de los sistemas de riego y para determinar si éstos son sostenibles en los años de escasez de agua. Los indicadores son útiles para establecer comparaciones entre distintas parcelas; sin embargo, no lo son tanto al comparar simultáneamente localidades con contextos diferentes. Es más conveniente tomar menor número de unidades y establecer rangos de acuerdo con criterios de similitud (extensión, estructura productiva dominante, diversificación en el uso del agua, etcétera) para ofrecer diagnósticos significativos.

Un buen indicador debe suministrar datos sobre múltiples aspectos, y específicamente para irrigación Vermillion y Sagardoy (2001)

In English

Physiographic, hydrological, climatic, agronomic, social and economic needs for small irrigation projects are quite heterogeneous and scant information is available about or for them. It is thus difficult for system planners and designers to make good decisions, due to a lack of sufficient and reliable information (FAO, 2006).

According to Cárdenas (1978), officials and representatives involved in water management in developing countries, in most cases, are urged to offer alternative solutions for irrigation water allocation problems, resulting in inadequate planning reducing allocation efficiency. In some situations, a lack of time, experience in strategic planning or lack of knowledge for transferring management experience leads to unfortunate decisions being made. Ostrom (1999) stated that it is often observed that state intervention on some occasions does not serve to maintain and strengthen its own management ability and contributes towards organisational collapse, hampering its creation or correct functioning.

Investment in irrigation infrastructure around the world began during the last century and has become increased since then; however, the results, in most cases, have not reflected an appropriate response to expectations and investment costs. Kijne *et al.*, (1998), have evaluated several irrigation projects and identified some negative impacts; one of the most notorious was soil salinity caused by inadequate water management.

Analysing the problems caused by inadequate water resource management has led to concluding that a committed community can provide elements contributing towards more efficient irrigation system construction and management. Bandaragoda and Memon (1997) have mentioned that the absence of written records and regulations hinders the development of indicators, complicating the tasks of monitoring and evaluating small irrigation systems. Methods based on participatory irrigation management involving water-users in irrigation management have contributed towards improving water management and increased efficiency (Vermillion and Sagardoy, 2001).

Martínez and Palerm (1997) consider that most self-management organisations for managing, maintaining and constructing irrigation systems do not have the discipline to write regulations specifying activities or maintenance, water distribution, conflict resolution, supervision, monitoring and electing administrative people.

Constructing agricultural indicators has traditionally been used for identifying strategies for operating irrigation systems and determining whether they are sustainable in years of water shortage. The indicators are useful for comparing different plots; however, they are not therefore used for simultaneously comparing locations having different contexts. It is more convenient to take fewer units and set ranges according to similar criteria (size, dominant production structure, diversified water use, etc.) to offer a significant diagnosis.

A good indicator should provide data on many aspects, specifically for irrigation. Vermillion and Sagardoy (2001) have shown metho-

En español

muestran el desarrollo de metodologías con indicadores que determinan el impacto de las inversiones sobre el crecimiento de las economías regionales, el incremento en el abastecimiento del agua y el fortalecimiento de las organizaciones comunitarias. Igualmente, Mock y Bolton (1993), Hammond *et al.* (1995) y Garcés y Guerra (1999), crearon indicadores ambientales que señalan los impactos generados por la construcción de sistemas de riego. Rymshaw (1998), en algunos distritos de riego, elaboró indicadores con patrones de comportamiento para optimizar las utilidades generadas por los recursos de tierra y agua. Comparar los indicadores de abastecimiento con los promedios de sequía en una serie de 14 años permitió establecer criterios de desempeño a largo plazo cuando se presentaban restricciones severas en la cantidad de agua por unidad de área.

Para determinar la calidad del agua destinada a la agricultura se han creado indicadores basados en valoraciones analíticas relacionadas con el rendimiento, la calidad de los cultivos, el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo y la protección del ambiente. Estos indicadores se han generado a partir de relaciones apoyadas en características físicas, químicas y microbiológicas del agua y de los suelos. Algunas de las metodologías propuestas sólo establecen comparaciones cualitativas sin ofrecer resultados finales concluyentes (Lacoste, 1997). Una forma posible de encarar este problema es utilizar escalas numéricas simples relacionadas con el grado de contaminación (Berón, 1984).

International Water Management Institute (IWMI), con base en trabajos realizados por Perry (1995), y De Fraiture y Garcés (1998), diseñó un conjunto de nueve indicadores para comparar el desempeño de sistemas de riego. Los parámetros se basan en dos aspectos: uno referido a la producción agrícola y el otro a la utilización del agua. El primero se fundamenta en la determinación de la intensidad de riego, relacionando valores brutos de producción por hectárea con el área de control, la superficie regada, el volumen de producción por unidad de agua suministrada y por unidad de agua consumida. El segundo hace referencia a la disponibilidad de agua, la disponibilidad de riego y la capacidad de entrega del agua.

Bos y Chambouleyron (1999) han propuesto unos parámetros de desempeño para comparar y corregir ineficiencias en el manejo y gestión del riego de las tierras de cultivo en la provincia de Mendoza (Argentina), haciendo algunos de ellos énfasis en las particularidades administrativas del modelo. En América Latina se han aplicado una serie de indicadores para la evaluación de los sistemas de riego, los cuales se pueden clasificar en tres grupos: uso agrícola (físico, económico, ambiental); gestión (administrativos, financieros, sociales) y operación del agua en la red de riego, estos últimos específicamente referidos a determinar los diversos tipos de eficiencia para el manejo del agua (Maldonado, 2000).

La evaluación del desempeño de la irrigación puede efectuarse con distintos propósitos que pretenden ayudar a los administradores del riego y a las organizaciones de usuarios del agua a mejorar los servicios de suministro de agua a los agricultores. El indicador típico usado con este propósito vincula logros reales con estándares establecidos por los administradores del riego. Se han formulado numerosos indicadores que han sido usados para mejorar el manejo y la organización de sistemas individuales (Bos *et al.*, 1999; Murray-Rust y Snellen, 1993).

In English

dologies developed with indicators measuring the impact of investment on regional economies' growth, increased water supply and strengthening community organisations. Mock and Bolton (1993), Hammond *et al.*, (1995) and Garcés and Guerra (1999) have developed environmental indicators showing the impact produced by constructing irrigation systems. Rymshaw (1998) developed indicators in some Mexican districts, looking at patterns for maximising profits generated by land and water resources. Supply indicators comparing drought averages in 14-year series can lead to long-term performance standards being set when there are severe water restrictions per area. Indicators based on analytical assessment related to yield, crop quality, maintaining soil production capacity and environmental protection have been developed for determining water quality for agriculture.

These indicators have been produced from the physical, chemical and microbiological elements involved in the relationship between water and soil. Some of the proposed methodologies provide only qualitative comparisons without providing conclusive final results (Lacoste, 1997). One possible way of addressing this problem is to use simple numerical scales related to the degree of contamination (Berón, 1984).

The International Water Management Institute (IWMI) has designed a set of nine indicators for comparing irrigation system performance, based on work done by Perry (1995) and De Fraiture and Garcés (1998). The parameters are based on two aspects: one referring to agricultural production and the other to water use. The first is based on determining irrigation intensity and the relationship between gross production values per hectare and the control area, the irrigated area, the volume of production per water unit supplied and per water unit consumed. The second refers to water availability, irrigation availability and water delivery capacity.

Bos and Chambouleyron (1999) proposed some performance parameters for comparing and correcting inefficiency in agricultural land management and irrigation management in the province of Mendoza (Argentina); some of them emphasise a special administrative model. A number of indicators for evaluating irrigation systems have been implemented in Latin-America; they can be classified into three groups: agricultural (physical, economic, environmental), management (administrative, financial, social) and irrigation network operation. The latter specifically relates to identifying efficient types of water management (Maldonado, 2000).

Irrigation performance can be evaluated for various purposes intended to help irrigation managers and water users' organisations to improve water supply services for farmers. The typical indicator used for this purpose relates actual accomplishment with standards established by irrigation managers. Many indicators have been used for improving individual systems' management and organisation (Bos *et al.*, 1999, Murray-Rust and Snellen, 1993).

En español

Vermillion y Garcés (1998) consideran que en las labores de irrigación los indicadores utilizados con mayor frecuencia tienen relación con la reorganización del personal del sistema de riego, la reducción en los gastos del Gobierno en operación y mantenimiento, el costo del riego para los agricultores, los cambios en los presupuestos del sistema de riego, las tarifas y su costo de cobro, y el estado funcional de la infraestructura de riego.

Indicadores que ayudan a tomar decisiones en el manejo de los sistemas están relacionados con el valor actualizado neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (Conpes, 2005). Igualmente, Vermillion y Sagardoy (2001) han propuesto indicadores que permitan evaluar los impactos de sistemas de riego e incluso que puedan ser utilizados para tomar decisiones al momento de construir. Las variables contempladas son: superficie de riego servida, calidad de la entrega del agua, eficiencia de riego, productividad agraria y económica por unidad de tierra y agua, ingresos por explotación y creación de empleo, superficie afectada por anegamiento o salinidad.

Como se observa, no existen criterios que faciliten tomar decisiones al momento de priorizar las inversiones que deben realizarse en comunidades tradicionalmente deprimidas. En el desarrollo de este proyecto se analizaron parámetros de orden cultural, social, jurídico y técnico que sirvieron para la elaboración de indicadores cualitativos y cuantitativos que facilitaron la selección de los predios, los cuales presentaban el mejor potencial de inversión en los sistemas básicos de riego. El proyecto benefició el mayor número de familias campesinas en la zona rural plana de los municipios de Padilla, Puerto Tejada, Guachené, Villarrica y Miranda.

Metodología

La Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente (Eidenar) de la Universidad del Valle, en un periodo de cuatro años, llevó a cabo en el norte del departamento del Cauca un proyecto para mejorar la base tecnológica de producción agrícola regional. Durante este tiempo diseñó y construyó la infraestructura básica de riego en predios de propietarios o aparceros pertenecientes a poblaciones afrodescendientes y mestizas que se dedican al cultivo de productos tradicionales como cacao, plátano y frutales. Las condiciones culturales de esta población son bastante homogéneas, caracterizándose por su escaso grado de educación, el bajo nivel de organización y el desinterés por participar en proyectos comunitarios. Las condiciones naturales de la región permiten considerarla dentro de la misma zona agroecológica.

La región de carácter agrícola está conformada por la combinación de varios sistemas de tenencia de la tierra, desde latifundios con desarrollo agrícola empresarial, cuya producción se fundamenta en la utilización masiva de tecnología apoyada por grandes inversiones de capital, y minifundios dispersos que subsisten de la agricultura de pancoger, con poca infraestructura y bajo desarrollo tecnológico.

Inicialmente se identificaron los usuarios potenciales de la inversión. Esta información se sistematizó empleando la cartografía digital de la zona en escala 1:25000 (IGAC, 1989). Con base en ella se construyó un mapa temático detallado de la región de estudio, al cual se le adicionó información geoespacial integrada por los siguientes componentes: municipios y vías, hidrología superficial (ríos y quebradas), red de estaciones meteorológicas, variación de la capacidad específica de los acuíferos, ubicación de los predios

In English

Vermillion and Garcés (1998) considered that the indicators most commonly used in irrigation are related to irrigation system staff reorganisation, reduced government expenditure on operation and maintenance, irrigation costs for farmers, changes in irrigation system budgets, banking fees and costs and irrigation infrastructure functional status.

Indicators helping decision-making in system management are related to net present value (NPV), internal rate of return (IRR) and benefit/cost (Conpes, 2005). Vermillion and Sagardoy (2001) have proposed indicators for assessing irrigation system impact and even for use in making construction decisions. The variables considered were: irrigated area served, water supply quality, irrigation efficiency, agricultural productivity and cost per unit of land and water, farm incomes and job creation, area affected by water-logging and/or salinity.

As noted, there is no criteria for facilitating decision-making concerning priority investment in traditionally-depressed areas. Cultural, social, legal parameters and technical standards were analysed for this project; they were used for developing qualitative and quantitative indicators facilitating the selection of properties having the best potential for investment in basic irrigation systems. The project benefited rural farm families in the municipalities of Padilla, Puerto Tejada, Guachené, Villarrica and Miranda.

Methodology

The Natural Resources and Environmental Engineering School (Universidad del Valle, Colombia) conducted a four-year project in the north of the Cauca department to improve the technological basis for regional agricultural production. The basic irrigation infrastructure for Afro-descendant and mixed-race land owners or tenants was designed and built during this time; these people cultivate traditional products like cocoa, banana and fruit. The population's cultural conditions are fairly homogeneous, being characterised by their low educational level, low organisational level and lack of interest in participating in community projects.

The agricultural region is formed by a combination of different land tenure systems; scattered small-scale subsistence farms involved in minimum agriculture having little or low technological development regarding their infrastructure and large farms run by companies involved in agricultural development whose production is based on the large-scale use of technology supported by large-scale capital investment.

Prospective users' investment potential was initially identified. This information was systematised by using digital mapping of the area (1:25000 scale, IGAC, 1989). A detailed thematic map of the study area was then constructed based on such information. Geospatial information was then added, consisting of the following components: towns and roads, surface hydrology (rivers and streams), a meteorological station network, variation in aquifers' specific capacity, loca-

En español

beneficiados e infraestructura básica de los predios relacionada con la red eléctrica y vivienda.

Se delimitaron las cuencas y subcuencas para calcular la escorrentía que nutre las fuentes de agua superficial. Se ubicaron y seleccionaron las que ofrecían mejor potencial de ser usadas con fines de riego y se estudiaron las variaciones de caudal a través del tiempo, durante épocas de estiaje y sequía. La información de la red meteorológica de estaciones circundantes a la zona facilitó el cálculo de la oferta y demanda hídrica para las distintas alternativas agronómicas. Se utilizaron sistemas de posicionamiento global (GPS) para localizar las fincas de los agricultores participantes en el proyecto, información que se contrastó en el plano con la red hídrica para determinar su distribución espacial y la distancia de los predios a las fuentes de agua superficial. Las curvas de caudal específico contribuyeron a identificar el potencial de agua subterránea de la zona y su distribución en el subsuelo.

Se definieron las fuentes de abastecimiento y se hicieron los diseños hidráulicos de las redes de conducción para todos los predios potenciales empleando el programa Epanet 2.0 y simulando diferentes escenarios hidráulicos. Se seleccionaron los diámetros de las redes de distribución con presiones superiores a 40 mca en los puntos de entrega, lo cual facilita la instalación de sistemas de riego localizado de alta frecuencia (Walter, 1989). Las curvas de caudal específico facilitaron el proceso de selección de las fincas con mayor potencial de aprovechamiento del agua subterránea, proporcionando alternativas de uso, con la construcción de pozos de poca profundidad, que fueron programados como soluciones individuales o colectivas dependiendo de la densidad de los predios.

Al finalizar los diseños se cuantificó el costo de inversión total para la construcción de la infraestructura básica de riego en todos los predios potenciales de ser beneficiados, independientemente de la fuente de abastecimiento. Para facilitar el proceso de selección final se definió una metodología que involucró variables de tipo cultural, social, jurídico y técnico. El modelo se fundamentó en la valoración de las variables, permitiendo escoger los predios que alcanzaran los puntajes más altos de acuerdo con la ponderación establecida. Con relación a los aspectos culturales, sociales y jurídicos las variables seleccionadas fueron determinadas con base en la densidad de los predios, el número de beneficiarios priorizó las soluciones colectivas sobre las individuales, el grado de participación de los usuarios en los talleres de socialización que se efectuaron para planificar el proyecto y el trazado de las redes de conducción. La situación jurídica y fiscal se consideró como un aspecto relevante, valorando el cumplimiento de las obligaciones fiscales como un signo de responsabilidad social y financiera. Los valores obtenidos fueron valorados con un peso del 40% y se presentan en la Tabla 1.

Para las variables técnicas se tuvo en cuenta la disponibilidad de red eléctrica en el predio, la existencia de vivienda que garantizara la protección de la inversión, la facilidad de acceso vehicular al predio para facilitar las labores de construcción, la distancia a la fuente de suministro de agua y la ubicación del predio en zonas con curvas de capacidad específica superiores a 3 l/s-m. Los valores se ponderaron por un factor del 60% (Tabla 2).

Con base en la aplicación de los criterios anteriores se generó una puntuación de clasificación de los usuarios. Los costos del proyecto sirvieron para desarrollar indicadores de tipo cuantitativo que precisaron de manera definitiva los beneficiarios seleccionados. Los indicadores que se estimaron contemplaron variables relacionadas con

In English

tion of the land being benefited and the basic infrastructure of premises connected to the mains and housing.

Sub-basins and watersheds were delimited to calculate runoff contributing to surface water sources. Those having the best potential for irrigation use were located and selected. Variations in flow during periods of drought and non-drought were studied. Information from the network of meteorological stations in the area facilitated calculation of supply from water-demand for agricultural alternatives. Global positioning systems (GPS) were used for locating farms participating in the project; such information was tested on the water supply plan to determine spatial distribution and distances between surface water sources and farms. The specific flow curve helped identify groundwater potential in the area and its distribution in the subsurface.

Sources of supply and hydraulic designs were defined for the network for all supplying potential plots using EPANET software (US Environmental Protection Agency's Water Supply and Water Resources Division, version 2.0), simulating different water scenarios. Diameters were selected for distribution networks having more than 40 mca pressure at delivery points, facilitating the installation of high frequency drip irrigation (Walker, 1989). Specific flow curves led to selecting farms having the most potential for groundwater exploitation, providing alternative uses with shallow well construction which were programmed as individual or collective solutions, depending on the density of premises.

Total investment cost was quantified with the final designs for irrigation construction infrastructure in all potential properties being benefited, regardless of supply source. A methodology was defined for facilitating final selection that involved cultural, social, legal and technical variations. The model was based on evaluating the variables, allowing properties having the highest scores to be chosen, according to established weighting. Cultural, social and legal variables were based on plot density, the number of beneficiaries having collective solutions prioritised above individual solutions, the degree of user involvement in the socialisation workshops held to plan the project and the network paths. Legal and fiscal status was considered relevant, assessing compliance with tax obligations as a sign of social and financial responsibility. Values were measured with 40% weightin and are presented in Table 1

Technical variables took into account the availability of on-site power supply, the existence of housing to ensure protection of investment, ease of vehicle access to farm to facilitate construction work, the distance to the water supply source and farm location in areas having specific capacity curves above 3 l / sm values (60% weighting) (Table 2).

Users were scored by implementing the above criteria. Project costs were used for developing quantitative indicators definitively stating the selected beneficiaries. The indicators were estimated using variables related to investment cost per property and the average of all

En español

costos de inversión por predio y promedia de todos los beneficiarios, costo por valorización del proyecto y costos por hectárea, con los cuales se construyeron los indicadores, que fueron definidos de la siguiente forma:

- IN_1 = Inversión por beneficiario/Inversión promedio por beneficiario
- IN_2 = Inversión por hectárea/Valorización de hectárea en la zona del proyecto
- IN_3 = Inversión por hectárea/Inversión promedio por hectárea.

Tabla 1. Valoración cualitativa de aspectos culturales, sociales y jurídicos.

Aspectos	Variables	Valoración	Calificación (puntos)
Cultural y social	Densidad de los predios	1	1
		2	2
		3	3
		4	4
	Grado de participación de los usuarios en reuniones	1 – 3 4 – 6 7 – 9 10 – 12	1 2 3 4
Jurídico	Tradición del inmueble	Aparcero sin escritura	1
		Alquiler	2
		Herencia	3
		Propietario	4
	Deuda fiscal	2003 o anterior 2004 2005 2006	1 2 3 4

Tabla 2. Valoración cualitativa de los aspectos técnicos en el proyecto

Variables	Valoración	Calificación (puntos)
Vías	Sí	2
	No	1
Red eléctrica	Sí	2
	No	1
Vivienda	Sí	2
	No	1
Distancia a la fuente de suministro	< 250 m	2
	> 250 m	1
Curvas de CE	< de 3 l/s.m	2
	> de 3 l/s.m	1

Cada uno de estos indicadores fue ponderado por un factor (FP) de acuerdo con su importancia relativa con respecto al valor total de la inversión. Para el indicador 1 (IN_1) se resaltó la importancia de maximizar la cobertura potencial de la inversión con base en el mayor número de usuarios beneficiados, valorando este criterio con un porcentaje del 25%. Al indicador 2 (IN_2) se le asignó un factor de ponderación correspondiente a un porcentaje del 60% para valorar el impacto de la inversión económica en el desarrollo tecnológico de la región y la valorización de los predios. Se asumió que el efecto positivo sobre el patrimonio de los campesinos era directo, por lo cual a este factor se le asignó el mayor factor de ponderación. Al indicador 3 (IN_3) se le asignó un factor de ponderación del 15%, considerando el costo individual de cada infraestructura de riego sobre el costo global.

La sumatoria del producto de los indicadores por su factor de ponderación (FP) determinó el indicador total (IT) que fue aplicado a los usuarios para determinar los beneficiarios finales.

$$IT = \sum_{i=1}^n FP_i * IN_i$$

Ecuación 1

In English

beneficiaries, recovery of project cost and costs per hectare. Indicators were defined as follows:

- IN_1 = Investment per beneficiary / average investment per beneficiary
- IN_2 = Investment per hectare / per hectare exploitation of the project area
- IN_3 = Investment per hectare / average investment per hectare.

Tabla 1. Qualitative cultural, social and legal assessments

Aspect	Variable	Evaluation	Score (points)
Cultural and social	Farm density	One	1
		Two	2
		Three	3
		Four	4
	Number of users participating in meetings	1 – 3 4 – 6 7 – 9 10 – 12	1 2 3 4
Legal	Building tradition	Sharecropper lacking writing skills renting Heritage owner	1 2 3 4
Legal	Tax debt	2003 or before 2004 2005 2006	1 2 3 4

Tabla 2. Qualitative assessment of the project's technical aspects

Variable	Evaluation	Score (points)
Roads	Yes	2
	No	1
Mains	Yes	2
	No	1
Housing	Yes	2
	No	1
Distance to water pumping station	< 250 m.	2
	> 250 m.	1
Specific curve capacity	< 3 l/s.m	2
	> 3 l/s.m	1

Each indicator was weighted (FP) according to relative importance regarding total investment value. IN_1 highlighted the importance of maximising potential investment coverage based on the highest number of benefited users (25% weighting). IN_2 was given 60% weighting regarding the economic impact of investment in technological development in the region and increased farm value. A direct positive effect on the farmers' heritage was assumed, so this factor was assigned the highest weighting factor. IN_3 was given 15% weighting considering individual irrigation infrastructure cost on overall cost.

The sum of the product of the indicators by weighting factor (FP) determined the overall indicator (IT), which was applied to the users to determine final beneficiaries.

$$IT = \sum_{i=1}^n FP_i * IN_i$$

Equation 1

En español

Resultados y discusión

Las relaciones establecidas por los indicadores cualitativos y cuantitativos se establecieron con el objeto de iniciar dentro de la comunidad procesos de construcción ciudadana de participación para la consolidación de una sociedad civil que inicie el proceso de apropiación de su propio destino. En ese sentido, la valoración económica de las inversiones para el uso eficiente de los recursos, que siempre son escasos, pretendió generar un impacto que priorizara las soluciones comunitarias sobre las individuales.

Se consideraron viables las soluciones cuyo indicador total fue menor a 1 ($IT < 1$), garantizando de esta forma la selección de los predios que presentaban mayor rentabilidad de la inversión. Se estableció este límite considerando que el IIWA contempla un criterio similar, basado en la relación entre el volumen total de agua suministrada por precipitación y el riego a un área basado en la demanda de agua de los cultivos, indicando que la demanda de agua se satisface cuando la relación está por debajo de 1.

La selección final implicó que los usuarios escogidos no solamente cumplieron con una serie de requisitos legales y técnicos, sino que también sus predios presentaron la mejor relación beneficio-coste de la inversión y que los recursos asignados al proyecto tuvieron la mayor cobertura posible.

Con base en la aplicación de los criterios cualitativos y cuantitativos se identificaron 84 beneficiarios finales cuyo indicador total (IT) fue menor a 1. Los predios seleccionados se dividieron en dos grupos: uno conformado por 46 soluciones que fueron abastecidas por fuentes de agua superficial, a las cuales se les construyeron tomas directas para la derivación del agua; y el otro por 38 soluciones que aprovecharon el agua subterránea con la construcción de pozos de mediana profundidad. En todas las soluciones se construyeron las redes hidráulicas básicas para conducción de agua a cada uno de los predios, permitiendo aprovechar al máximo los recursos económicos disponibles.

El costo total de inversión fue de \$780.974 dólares para un área total de 84 hectáreas. El costo promedio por hectárea para todo el proyecto fue de \$3.197 dólares.

Al diferenciar la inversión por el tipo de solución construida se encontró que para los predios con tomas directas la inversión promedio fue de \$1.733 dólares/ha, y para los predios con pozos de agua subterránea, de \$4.389 dólares/ha, valores que son inferiores a los costos de inversión en infraestructura en riego de \$8.000 dólares citados por Kloezen y Garcés (1997). Es importante aclarar que la inversión realizada fue solamente para la construcción de la infraestructura básica, sin considerar el costo de los equipos prediales de riego. Aun incluyendo estos costos, la inversión por hectárea sigue estando por debajo de los costos estimados para este tipo de proyectos.

Conclusiones

La metodología empleada facilitó la clasificación de los beneficiarios probables del proyecto, permitiendo seleccionar 84 que cumplieron con los parámetros de los indicadores estimados.

Los predios seleccionados tuvieron una inversión promedio en dólares por hectárea de \$1.733 para las soluciones con toma directa y de \$4.389 para las soluciones con pozos, valores menores a los estimados por la FAO en este tipo de proyectos.

In English

Results and Discussion

The relationships established by qualitative and quantitative indicators were determined to start civic construction for participation in civil society to initiate a desire for owning their own destiny. Financial investment was evaluated for the efficient use of resources which are always scarce; this was intended to generate an impact prioritising community solutions over individual interests.

An indicator score lower than 1 ($IT < 1$) was considered to be a viable solution, thus ensuring that selected properties had a greater return on investment. This limit was set considering that IIWA provides a similar approach, based on the ratio between the total water volume supplied by rainfall and irrigation to an area based on crop water demand, indicating that water demand is satisfied when the ratio is below 1.

Final selection meant that selected users not only met a number of legal and technical requirements, but also that their properties had the best benefit-cost investment and that resources allocated to the project had the widest possible coverage.

Eighty-four final beneficiaries were identified, based on applying qualitative and quantitative criteria, having an indicator total (IT) less than 1. The selected farms were divided into two groups: one, consisting of 46 solutions, was supplied directly by surface water sources and the other 38 solutions involved tapping underground water supplies (medium depth wells were constructed). Basic water supply systems were built for each property for all solutions, thereby allowing maximum use of available financial resources.

Total investment was US\$ 780,974 for a total area of 84 hectares. Average cost per hectare for the entire project was US\$ 3,197.

Differentiating the investment by type of solution provided, it was found that average investment was US\$ 1,733 / ha for properties having direct supply and \$ 4,389 / ha for farms with groundwater wells. These values were lower than investment costs regarding US\$ 8,000 / ha irrigation infrastructure cited by Kloezen and Garcés (1997). It should be noted that investment was only made for constructing basic infrastructure, regardless of irrigation equipment cost. Even including these costs, investment per hectare was still below estimated costs for this type of project.

Conclusions

The methodology allowed likely project beneficiaries to be classified, leading to 84 recipients being selected who met estimated indicators' parameters.

The selected farms had an average US\$ 1,733 investment per hectare for direct solutions and US\$ 4,389 for solutions involving wells (lower values than those estimated by FAO for this type of project).

En español

El beneficio cuantitativo obtenido por la comunidad en el proyecto incluyó la participación de la sociedad civil y fortaleció los lazos de solidaridad para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Este estudio presenta una propuesta inicial para la construcción de indicadores que permitan seleccionar las alternativas de inversión en proyectos de construcción de sistemas básicos de riego que tengan en cuenta las características particulares de la zona de estudio. Para este caso particular se benefició una comunidad aproximada de 84 familias en una extensión de 84 hectáreas.

Bibliografía / References

- Bandaragoda, D.J., Memon, Y., Moving Towards Participatory Irrigation Management., Report No. R-26., Pilot Project for Farmer-Managed Irrigated Agriculture Under the Left Bank Outfall Drain Stage., 1997, pp. 31-32.
- Berón, L., Evaluación de la Calidad de las Aguas de los ríos de la Plata y Matanza-Riachuelo Mediante la Utilización de Índices de Calidad del Agua., Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental. Ministerio de Salud y Acción Social. Argentina., 1984, pp. 64-65.
- Bos, M. G., Chambouleyron, J. L., Parámetros de Desempeño de la Agricultura de Riego de Mendoza, Argentina., IWMI, Serie Latinoamericana No.5, 1999, pp. 78-79.
- Cárdenas-Saavedra, E., Evaluación Técnica Económica de la Ampliación y Mejoramiento del Distrito de Riego, Río Recio., Colombia, 1978, pp. 64-65.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (CONPES)., Departamento Nacional de Planeación., Importancia Estratégica de la Construcción de la Presa el Cercado y las Conducciones Principales Hacia las Áreas de Ranchería y San Juan del Cesar., Documento 3362, Colombia, 2005, pp. 44-45.
- De Fraiture, CH., Garcés-Restrepo, C., Evaluación de las Tendencias y los Cambios en el Desempeño de la Irrigación: El Caso del Distrito de Riego de Samacá, Colombia, IWMI., Serie Latinoamericana No. 2, México, 1998, pp. 96-102.
- Epanet 2., Manual del usuario., Water Supply and Water Resources Division. U.S. Environmental Protection Agency, 2003.
- FAO., Departamento de Agricultura. Proyectos de Transferencia y Modernización de Distritos de Riegos, Resultados y Recomendaciones., Roma, Italy, 2006, pp. 54-55.
- Garcés, C., Guerra, J., Consideraciones Sobre Impacto Ambiental por Efecto de las Obras de Regadío en el Distrito de Riego de Chancay-lambayeque., Perú, IWMI, Serie Latinoamericana No. 7, México, 1999, pp. 21- 22.
- Hammond, A., Adriaase, A., Rodríguez, E., Bryant, D., Woodwork, R., Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development., Washington, D.C, World Resources Institute, 1995, pp. 64-67.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi., Cartografía digital del Valle del Cauca., 1989.
- Kijne, J., Prathapar, S.A., Wopereis, C.S., Sahrawat, K.L., How to Manage Salinity in Irrigation Lands., A Selective Review with Particular Reference Irrigation in Developing Countries., SWIM Paper 2., Colombo, Sri Lanka., International Irrigation Management Institute., 1998, pp.9-10.

In English

The quantitative benefits obtained by the community in the project included civil society participation and strengthening solidarity bonds for developing such projects.

This study has presented an initial proposal for constructing indicators for selecting investment alternatives for construction projects involving basic irrigation systems taking the study area's particular characteristics into account. A community of about 84 families in an area of 84 hectares benefited from this particular initiative

- Klozen, W., Garcés-Restrepo, C., Assessing Irrigation Performance with Comparative Indicators: the Case of the Alto Río Lerma River Irrigation District., México, IWMI Research Report No.22. Colombo, Sri Lanka, 1997, pp. 13-14.
- Lacoste, C., Instrumentos de Diagnóstico Ambiental: Índice de Calidad del Agua., Gerencia Ambiental, No. 24. Argentina, 1997, pp. 37-38.
- Maldonado-Rojas, T., Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación., Transferencia de Sistemas de Riego a los Usuarios en Países de América Latina y el Caribe., Desarrollo de Tierras y Aguas., Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe., Santiago de Chile, 2000, pp. 51-53.
- Martínez, T., Palerm, J., Antología sobre pequeño riego., Colegio de Postgraduados, México, 1997 pp. 25-27.
- Mock, J.F., Bolton, P., The ICID Environmental Check-list to Identify Environmental Effects of Irrigation, Drainage and Flood Control Projects., HR Wallingford, UK. ICID-CIID, 1993, pp. 27-28.
- Murray-Rust, D.H., Snellen, W.B., Irrigation System Performance Assessment and Diagnosis, IIMI/ ILRI/ IHE, Colombo., Sri Lanka: International Irrigation Management Institute, 1983, pp. 34-35.
- Ostrom, E., Principios de Diseño y Amenazas a las Organizaciones Sustentables que Administran Recursos Comunes., Ponencia en VI Conferencia Electrónica y Exposición Virtual en Internet. De cara a la globalización: Organizaciones Económicas Campesinas en América Latina y el Caribe, 1999.
- Perry, C.J., Quantification and Measurement of a Minimum Set of Indicators of the Performance of Irrigation Systems., Final Draft Paper., Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute, 1995, pp 7-8.
- Rymshaw, E., Análisis del Desempeño de la Irrigación en los Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, Tamaulipas., México, IWMI, Serie Latinoamericana: No. 1, XIV, 1998, pp. 28-29.
- Vermillion, D.L., Garcés-Restrepo, C., Impacts of Colombia's Current Irrigation Management Transfer Program., Colombo, Sri Lanka, IWMI. V, 1998, pp. 32-33.
- Vermillion, D.L., Sagardoy, J.A., La Transferencia de la Gestión del Riego., Directrices FAO. Riego y Drenaje, Rome (Italy), No. 58, 2001, pp. 64-65.
- Walker, W. R., Guidelines for Designing and Evaluating Surface Irrigation Systems., FAO. Irrigation and Drainage Paper, Rome, No. 45, 1989, pp 16-17.