



IMPACTOS DE TECNOLOGÍAS AGRARIAS

PUNTOS DE VISTA

Algunas consideraciones para lograr una agricultura de regadío sostenible

Some considerations for achieving a sustainable irrigated agriculture

Greco Cid¹, Julián Herrera¹, Teresa López¹ y Felicita González²

RESUMEN. El artículo trata de aquellos aspectos a tener en cuenta bajo los conceptos actuales de desarrollo agrícola sustentable, en el que se considera como un elemento muy importante el papel que desempeña la población local en cualquier decisión vinculada con los proyectos de riego, sus hábitos, costumbres, nivel educacional y cultural, de gestión, así como los recursos naturales autóctonos, los cuales son elementos de vital importancia en la toma de decisiones. Se exponen algunas consideraciones generales en relación a los elementos que se deben tener en cuenta en la elaboración e implementación de un proyecto de riego y drenaje y que responda a los conceptos de desarrollo sustentable; haciendo énfasis en las perspectivas que deben considerarse para evaluar su impacto ambiental y en lo importante que resulta la participación de la población que será beneficiada en la confección y ejecución del proyecto.

Palabras clave: Agricultura de regadío sostenible, desarrollo agrícola sostenible, población local, proyecto de riego.

ABSTRACT. In this paper are considering some aspects to be taking into account to develop irrigation programs under the currents concepts of sustainable agricultural development, in which the role of the local population in any decision related to the projects of irrigation, habits, customs, educational and cultural, management level, as well as indigenous natural resources is considered a very important element which are items of vital importance in decision making. Some general considerations in relation to the elements to be taken into account in the elaboration and implementation of a project of irrigation and drainage and to respond to the concepts of sustainable development are considered, with an emphasis on prospects that should be taking into account to considered to assess their environmental impact and how important is the participation of the people who will benefit in the preparation and implementation of the project.

Keywords: Agriculture sustainable irrigation, sustainable agricultural development, local population, irrigation projects.

INTRODUCCIÓN

El riego es un factor de productividad por cuanto permite al agricultor el dominio de la mayor parte de los otros procesos agrícolas con relativa independencia de las condiciones climáticas y por ello constituye un paradigma para los agricultores de casi todo el mundo. También es una actividad cara, que demanda fuertes insumos y que puede convertirse en un factor degradante del medio que puede empobrecer, e incluso hacer desaparecer, como ya ha ocurrido, a prósperas civilizaciones.

Siguiendo este principio, en la agricultura moderna y dada las necesidades crecientes de alimentos a nivel mundial, es imprescindible la aplicación de tecnologías que posibiliten

potenciar la producción de alimentos, además de permitir su rentabilidad. Dentro de todo el conjunto de prácticas que conforman una tecnología agrícola, son el riego y el drenaje los principales protagonistas al duplicar y hasta triplicar la producción de alimentos. Un ejemplo de ello está dado en el hecho que de los 235 millones de hectáreas existentes con sistemas de riego en el mundo (1/6 del total del fondo agrícola mundial) se produce una tercera parte de los alimentos (Castellanos, 1994).

Por otro lado la violación de las reglas del arte en el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje ha ocasionado que en la actualidad del 10 al 15% del área irrigada en el mundo se encuentre degradada por la salinización y el anegamiento.

Recibido 21/12/10, aprobado 30/01/12, trabajo 01/12, puntos de vista.

¹ Dr.C. Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km. 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Teléf.: (53) (7) 645-1731 y 645-1353, e-mail: greco@iagric.cu

² M.Sc., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric).

DESARROLLO

Los sistemas de riego

El riego puede definirse como la intervención humana para modificar la distribución espacial y/o temporal del agua que corre por las corrientes (naturales o artificiales), almacenada en las depresiones, en los drenajes o en los acuíferos y la manipulación de toda o parte de esta agua para la producción de cultivos.

Un sistema de riego se define como el conjunto de elementos físicos e institucionales empleados para:

- tomar el agua desde las fuentes naturales o artificiales (como los canales, depresiones drenajes, acuíferos).
- facilitar y controlar el movimiento del agua desde esta fuente hasta la zona en la que se desarrollan las raíces de los cultivos.
- Este sistema, y considerando la definición anterior, puede dividirse en los siguientes subsistemas:
- **Subsistema de toma del agua**, que incluye los elementos físicos e institucionales asociados con la toma del agua desde la fuente.
- **Subsistema de distribución**, incluye los elementos asociados con el movimiento del agua desde la fuente hasta el último punto del campo donde se va a aplicar. Este subsistema involucra a varios actores, tanto el personal de dirección como el regador.
- **Subsistema de aplicación**, comprende los elementos involucrados en la aplicación del agua al suelo y cultivo. Actor principal, el regador.

Un sistema de riego por si mismo es solo parte de un sistema mayor de control del agua para la agricultura, el cual incluye el drenaje y el control de las inundaciones (Castellanos, 1994). Entre estos componentes existen importantes y complejas interacciones (Figura 1).

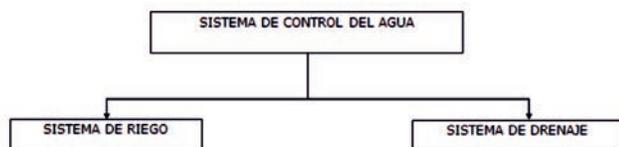


FIGURA 1. El riego en el contexto del control del agua en la agricultura.

Propósitos de los sistemas de riego

Hay una amplia variedad de respuestas según el punto de vista del que responde.

Riego como suministro en el proceso de producción: el propósito del riego es suministrar agua de acuerdo con las necesidades del cultivo. En este caso se hace énfasis en el producto agrícola obtenido por el uso del riego, debido a que el propósito del riego es incrementar la producción agrícola nacional o la producción de alimentos.

A nivel de planificación gubernamental el riego puede verse, en primera instancia, como una vía para garantizar el desarrollo económico integral de la nación o de una región dentro de la escala nacional.

Los expertos en ciencias sociales, focalizados en las condiciones de vida, pueden sugerir que el propósito del riego es “hacer posible un nivel de vida adecuado, seguro y decente”, lo que en sentido más amplio significa “aumentar el bienestar de la población”.

Estos diferentes puntos de vista sobre el propósito del riego pueden caracterizarse de manera directa relacionándolo con las actividades básicas del mismo, es decir, la captura y manipulación del agua para la producción agrícola. Por su parte la producción agrícola está directamente relacionada con estas actividades, en la que intervienen un pequeño número de variables.

En contraste, la relación entre las actividades del riego y el bienestar de la población es indirecto, y esta afectado por muchas variables. En la medida en que la relación entre el riego y el alcance de un propósito sea más directa, más específico y de corto alcance tiende a ser este propósito. Por el contrario, los propósitos que se relacionan muy indirectamente con el riego, tienden a tener una mayor amplitud de alcance. Es decir, existe una dicotomía entre propósitos amplios y estrechos.

Según Sagardoy *et al.* (1991), expresiones como “mejorar el bienestar de los agricultores”, constituyen un fin social indiscutible, pero carente de significado en el orden práctico, si esta aspiración humana no se traduce en objetivos más tangibles que puedan a su vez transformarse en metas más medibles.

La división de la expresión anterior en objetivos se presta a muchas consideraciones de orden socio político, pero a los efectos de un proyecto de riego, como es el caso que nos ocupa, se puede adoptar la idea de que el bienestar de los agricultores tiene su raíz en los dos objetivos siguientes:

- un mayor nivel de ingresos
- una mejora de los servicios sociales (educación, sanidad, diversiones, viviendas, etc.).

Para el análisis que se hará a continuación no es importante la forma en que se ha dividido el fin último, puesto que lo que se pretende es ilustrar la necesidad de subdividir el mismo en objetivos más explícitos. De hecho una de las tareas del planificador sería ver cuál es la importancia respectiva de esas metas en el incremento del bienestar de los agricultores.

En teoría, un mayor nivel de ingreso proviene, para el agricultor, de la producción agrícola vendida a precios remuneradores y relativamente constantes. Sólo puede conseguirse mayor producción cuando se dispone, a su debido momento, del agua y otros insumos, y éstos se utilicen en forma apropiada.

La mejora del bienestar de los agricultores puede subdividirse en objetivos de carácter secundario. De éstos, la conclusión más importante que puede obtenerse es que los objetivos en niveles diferentes son jerárquicamente dependientes, no pudiéndose lograr plenamente un objetivo de nivel superior, sin alcanzar los del nivel inmediatamente inferior. Un ejemplo muy conocido de lo anterior es que para un aumento de los ingresos es necesario un incremento de la producción pero una mayor producción no siempre garantiza ingresos superiores (Herrera, 1997).

Desde el punto de vista de análisis de sistemas, las metas pequeñas que se convierten en medios para alcanzar metas más grandes, pueden interpretarse como salidas de un sistema que a su vez sirve de entrada en otro mayor, en el cual el primero está anidado (Tabla 1).

Tabla 1. Propósito del Riego como Conjunto Integrado de Medios y Fines

| NIVEL FINAL | MEDIO | FIN |
|----------------|---|--|
| Próximo | Operación de las facilidades para riego | Suministrar agua a los cultivos |
| Intermedio - 1 | Suministrar agua a los cultivos | Incremento sostenido de la productividad agrícola |
| Intermedio - 2 | Incremento sostenido de la productividad agrícola | Incremento en el ingreso del Sector Rural |
| Intermedio - 3 | Incremento en el ingreso del Sector Rural | Desarrollo de la economía rural |
| Ultimo | Desarrollo de la economía rural | Mejora del nivel de vida de los campesinos. Desarrollo socioeconómico sostenido de toda la economía |

A sí mismo, un incremento sostenido en la productividad agrícola es simultáneamente una salida de un sistema de agricultura bajo riego y una entrada en un sistema más amplio que es la economía del sector agrícola. La salida de este sistema, que es el incremento en los ingresos del sector rural, representa a su vez una entrada en la economía del sector rural cuya salida a su vez es entrada en el sistema socio económico de la nación.

Planeamiento del sistema de riego

Definido el marco conceptual en los que se mueve el sistema de riego dentro de un proyecto de desarrollo agrícola, abordaremos algunos aspectos del planeamiento del sistema de riego.

En las regiones en desarrollo el planeamiento va más allá de la determinación del monto a gastar, o qué tamaño y tipo de estructura emplear, debido a que la proyección en estas condiciones se ve afectada generalmente por uno o varios de los siguientes subsistemas:

- falta de datos,
- falta de fondos,
- falta de experiencia y de tradición en la irrigación,
- falta de personal calificado,
- falta de tiempo, y casi siempre la urgencia de encontrar soluciones para aliviar la desfavorable situación socioeconómica.

Las acciones basadas en datos escasos y en corto tiempo, pueden afectar los resultados del diseño en cuanto a tamaño de las estructuras, costos y beneficios brutos y netos del proyecto de riego (sostenibilidad). Por tanto, el encargado de esta actividad debe apoyarse en un proceso de decisión pragmática que tome en cuenta los siguientes elementos:

- **Síntesis**- un marco de trabajo para la identificación de los datos requeridos para el proceso de proyección del riego.
- **Evaluación** -una metodología para evaluar el valor de los datos y su efecto en los tamaños de las estructuras, costos y el beneficio neto del diseño.
- La información requerida para la planificación del riego puede dividirse en dos subsistemas:
- El subsistema **natural**: consiste en información sobre la tierra, los recursos de agua y el medio físico (ej., clima) del área de proyecto.

- El subsistema **social-económico**: consiste en información sobre el valor de la producción agrícola, el ambiente de vida así como el factor humano.

En el esquema para el diseño del riego, los datos y parámetros necesarios pueden reducirse a un pequeño número de variables de decisión, a través de las cuales, se produce el proceso de diseño. Así, la información de suelo, clima y cultivo se reducen a la humedad fácilmente disponible (HFD), la evapotranspiración potencial (ETP), la lluvia efectiva (Lle) y el uso consuntivo (UC).

De este modo puede afirmarse que la frecuencia de riego, el área de cultivo bajo riego por ciclo, el tamaño de las estructuras y el costo bruto por área, son funciones del método de riego; mientras que el volumen de agua necesario, el rendimiento real y el beneficio neto, son funciones del tamaño de las estructuras planificadas, así como, de la exactitud de la información de suelo y clima (Sagardoy *et al* 1991).

Evaluación del comportamiento de los sistemas de riego

El comportamiento de un sistema de riego es el resultado de un gran número y variedad de actividades que pueden funcionalmente categorizarse en seis procesos primarios:

Planeación - diseño - construcción - operación - mantenimiento - y aplicación del agua al campo

Las actividades de **planeación, diseño y construcción** están asociadas con la creación de la infraestructura física de riego.

La **operación** de la instalación incluye las actividades recurrentes necesarias para la toma, asignación y distribución del agua hasta la parcela de riego.

Las actividades de **mantenimiento** se diseñan para sostener las capacidades de funcionamiento a largo plazo.

Las actividades de **aplicación del agua** permiten almacenar dentro o sobre el suelo (en el caso del arroz), para el uso de los cultivos, el agua distribuida a través de la red de riego.

Para permitir y facilitar la ejecución de las actividades de los anteriores seis procesos del riego, existen otra variedad de acciones de apoyo entre las cuales se incluye: **la administra-**

ción del personal, de los equipos, del financiamiento y la contabilidad, así como la movilización de los recursos.

En los inicios del sistema de riego, la actividad de planeamiento, diseño y construcción es intensa. Estas actividades vuelven a manifestarse de nuevo esporádicamente en la vida del sistema en el momento de expansión, mejora o rehabilitación. Por el contrario el proceso funcional de operación, mantenimiento y aplicación del agua, así como la mayor parte de las actividades de soporte, ocurren a todo lo largo de la vida del sistema. La evaluación del comportamiento del mismo puede realizarse en cualquiera de los seis procesos primarios. Sin embargo, sin desdeñar la importancia de ninguno de ellos, debe hacerse énfasis especial en trazar un sistema dentro del proyecto que permita evaluar periódicamente las actividades recurrentes de operación y mantenimiento (O y M).

Esto es así porque las primeras tres actividades son generalmente ejecutadas por personal contratado por su reconocida capacidad y además, en el marco de puesta en marcha del proyecto, estas actividades son sometidas constantemente a juicio técnico y económico. La calidad de la actividad de aplicación del agua depende en gran medida del funcionamiento de las actividades de O y M y del desarrollo de las habilidades de los regadores a través del servicio de extensión; de ahí que la actividad intermedia es la que más a menudo corre el riesgo de quedarse en el terreno de nadie, por lo que para evitar esto, en el marco de formulación del proyecto, la misma requiere de la confección de un programa para la evaluación periódica de su comportamiento.

Entradas y salidas del sistema de riego

En términos generales los sistemas pueden ser concebidos como consumidores de varios productos o servicios que son a su vez utilizados en varios procesos de transformación interna, que generalmente producen elementos que son usados como productos en otros procesos de transformación, hasta llegar al producto final. Estos productos finales, en interacción con el ambiente (en su contexto más amplio), dan como resultado el impacto del sistema en ese ambiente.

Impacto ambiental de los sistemas de regadío

Los cambios económicos, sociales y ambientales son inherentes al desarrollo. A pesar de que el desarrollo intenta conducir hacia cambios positivos, estos pueden generar un conflicto. En años anteriores, la promoción del crecimiento económico como motor para el incremento del bienestar, fue la principal arremetida del desarrollo, sin mostrar gran sensibilidad a los impactos ambientales o sociales adversos.

La necesidad de evitar impactos adversos y de asegurar beneficios en el largo plazo condujo al concepto de “**Sostenibilidad**”. Este concepto ha sido aceptado como un carácter distintivo esencial del desarrollo, siempre y cuando se proponga incrementar el bienestar y aumentar la igualdad en la satisfacción de las necesidades básicas para ésta y las generaciones futuras (Herrera, 1997).

La agricultura de regadío es esencial para la economía, la salud y el bienestar de una parte considerable del tercer mundo, y por tanto, es uno de los factores más importantes para la seguridad alimentaria del planeta. Sin embargo, no puede olvidarse que el regadío cambia radicalmente el uso de la tierra y es a su vez el mayor consumidor de agua potable. De este modo puede afirmarse que el desarrollo del riego tiene un impacto considerable sobre el ambiente, y todo proyecto que no este bien concebido puede resultar en gran medida un elemento degradante del medio.

Por ello, al formular un proyecto de desarrollo de riego y drenaje (R y D), es necesario determinar el nivel aceptable de degradación, y proponer las medidas para compensar la misma.

Esta degradación puede ocurrir lo mismo aguas abajo que aguas arriba del área irrigada, y el impacto puede ser tanto sobre el ambiente natural, el físico, como sobre el ambiente humano. Esta es una razón por la cual, para el desarrollo de programas de agricultura de regadío, junto con el proyecto, debe imponerse la ejecución de un programa de estudio del posible impacto ambiental.

Al considerar el impacto ambiental debe tenerse en cuenta dos perspectivas:

- el proyecto sobre el medio,
- los factores externos del proyecto.

Es importante tener en cuenta también que la rehabilitación de sistemas y los cambios en la operación de la infraestructura, pueden traer consigo un impacto inicialmente no considerado durante la planificación del proyecto.

La intensificación de la agricultura puede conducir a la polución del agua subterránea debido al incremento en el uso de los pesticidas y fertilizantes. El aumento en la eficiencia de conducción del agua puede reducir significativamente las pérdidas de cola en los canales magistrales y con ello, disminuir la utilización de esta agua en otros sistemas de riego más abajo o afectar la flora y la fauna natural de los humedales. De igual modo, un desarrollo aguas arriba puede tener un impacto sobre el sistema de riego, tanto al reducir la disponibilidad del agua (superficial o subterránea) como la calidad de la misma.

Diferentes tipos de riego tendrán diferentes tipos de impacto y no puede afirmarse que los métodos modernos tengan necesariamente menos impacto negativo; estos pueden incrementar el consumo energético o inducir problemas sociales al disminuir la fuerza de trabajo necesaria.

El impacto también cambia con el estado de desarrollo del proyecto; así por ejemplo, durante la fase de construcción pueden ocurrir problemas de enfermedades y otros riesgos sociales debido a la introducción en ese medio de trabajadores de otras zonas que viven en facilidades temporales y con poco nivel de higiene. Posteriormente, cuando el proyecto esta en operación, los impactos acumulados pueden comenzar a presentar serios efectos sobre el ambiente y llegan a poner en peligro la sostenibilidad del mismo. Las Tabla 2 y 3 señalan los problemas más comunes que ocurren en los proyectos de riego y algunas sugerencias para mitigarlos (Herrera, 1997).

En lo que sigue, la mayor parte de los impactos descritos son casos extremos para áreas de nuevo desarrollo. Es impor-

tante tener en cuenta que la rehabilitación de sistemas y los cambios en la operación de la infraestructura, pueden traer consigo un impacto inicialmente no considerado durante la planificación del proyecto.

El riego se ve comúnmente como la infraestructura física para realizar la acción de regar (el Hardware), pero su operación sostenible depende del Software ambiental; es decir de la educación del personal vinculado, del esquema institucional, las estructuras legales y el servicio de soporte externo. Todos estos elementos son herramientas poderosas que aseguran la sostenibilidad de conjunto con un buen diseño y un buen manejo del hardware, (Altieri & Yurjeric, 1991).

Sostenibilidad de los sistemas de regadío

En la actualidad, a través de diversas conferencias y convenciones mundiales, auspiciadas por la Organización de Naciones Unidas y otras instituciones y países, se ha acuñado el término de Desarrollo Duradero o Sustentable (Conway & Boudier, 1990), como única salida viable, concibiéndose tres líneas generales a ejecutar: Una, la del cuidado del medio, materializada a través de la necesidad urgente de mantener los procesos ecológicos (Edwards *et al.*, 1993), preservar la diversidad genética (WRI, IUCN, UNEP, 1992) y utilizar sustentablemente los recursos; y, otras dos un tanto más novedosas, una social, que incluye más libertad, mejor educación, más respeto hacia las culturas autóctonas, hábitos y costumbres de los pobladores locales (Thorsell, 1992; Altieri, 1991) y evitar guerras, y, otra financiera, a través de una gestión más eficiente del dinero (Folke *et al.*, 1991).

Como consecuencia, ha sido reconocida la necesidad urgente de una cooperación mundial para conservar y restablecer la integridad del ecosistema de la tierra, siendo necesario buscar un desarrollo sustentable

que fomente la participación de los ciudadanos especialmente de la juventud y de las comunidades locales, en la protección del Medio Ambiente y en el adecuado manejo de todos los recursos disponibles en un agroecosistema y en particular los vinculados a la actividad de irrigación (Lal, 1994).

El agua para el desarrollo sustentable

Durante muchos decenios, el agua ha desempeñado un papel sólo secundario en la historia del desarrollo mundial. Se creía que mientras existieran tierras que regar, ríos en los que construir presas y fuentes subterráneas de las que extraer agua, sólo las limitaciones que imponían la tecnología y las inversiones podían detener el proceso. Las sequías que asolaron África durante los años setenta y ochenta hicieron comprender a muchos que la causa última del fracaso de las cosechas es a menudo la escasez de agua. Pronto comenzó a considerarse el problema del agua una cuestión de alcance mundial, estimándose que la clave para la futura acción sobre el agua y el desarrollo agrícola sostenible es integrar los programas y las políticas sobre la conservación del agua y de la tierra (Lal, 1994).

Hasta ahora, ha sido frecuente que las cuestiones relacionadas con el agua se trataran por etapas. Generalmente, había un órgano que se encargaba de mejorar los suministros de agua potable, otro de mejorar el saneamiento, otro del riego, otro de la conservación de la tierra y otros aún para detener la degradación de los bosques de las cuencas hidrográficas, mejorar la pesca continental y expandir la acuicultura.

Se ha tendido también a tratar estas cuestiones con un enfoque técnico, dedicando escasa atención a los factores sociales, económicos y culturales que determinan si una solución es viable y cómo hay que abordarla. La participación de la comunidad constituye un medio eficaz de garantizar que las soluciones técnicas sean adecuadas y duraderas (Gliessman *et al.*, 1981).

TABLA 2. Impactos Ambientales más comunes asociados a los Proyectos de Riego

| IMPACTO SOBRE | EFEECTO |
|---|---|
| Hidrología | Disminución del caudal de los ríos. Control del régimen de flujo. Operación de las presas. Disminución de los niveles freáticos. Incremento niveles de las aguas freáticas. |
| Calidad del agua y del aire | Dispersión de solutos. Substancias tóxicas. Polución agroquímica. Efecto anaerobio. |
| Propiedades del suelo y efecto sobre la salinidad | Salinidad del suelo. Propiedades del suelo. Salinidad del agua subterránea. Salinidad del agua de drenaje. |
| Erosión y sedimentación | Erosión local. Morfología de los ríos. Estructura de los canales Sedimentación. |
| Cambios biológicos y ecológicos | En el área del proyecto. En los cuerpos de agua. En el área adyacente. En los humedales y llanuras |
| Impacto socio-económico | Cambio de población. Ingresos y vida cultural. Migración humana. Reasentamiento. Papel de la mujer. Efectos regionales. Participación de los usuarios. Recreación. Plagas y malas hierbas. Enfermedades en los animales. |
| Salud Humana | Ecología de las enfermedades. Rasgos específicos y medios de prevención. Mejora de la salud |

TABLA 3. Problemas principales que resultan de la insostenibilidad de los esquemas de riego y drenaje (R y D) y medidas apropiadas para mitigarlos

| PROBLEMA | MEDIDAS PARA MITIGARLOS |
|--|--|
| Degradación de las tierras irrigadas: Salinización Alcalinización Sobrehumedecimiento Acidificación del suelo. | Mejorar la operación del R y D para satisfacer la demanda de “cuánto y cuándo”. Realizar el drenaje previendo la evacuación del agua hacia las lagunas de evaporación o hacia el mar si la calidad de la corriente del río no se altera significativamente por el agua de drenaje. Mantener los canales para prevenir el “seepage” y reducir las ineficiencias resultantes debido al azolve y a las hierbas. Prever las vías de acceso para el mantenimiento. Crear o ajustar la infraestructura de riego capaz de asegurar los fondos suficientes para mantener el sistema de riego y drenaje. Analizar los suelos y monitorear los cambios para poder manejar los problemas potenciales. |
| Reducción en las condiciones socio-económicas: Incremento de la incidencia de las enfermedades relacionadas con el agua. Incremento de la desigualdad. Desajustes en la infraestructura comunitaria | Manejar el R y D para prevenir la difusión de enfermedades. Educar sobre las causas de la enfermedad. Mejorar las facilidades de salud. Dedicar suficiente tiempo y dinero para que con la participación de los usuarios se asegure que los planes son óptimos, que todas las secciones de la sociedad afectada están consideradas y que las instituciones locales que existen son capaces de sostener una agricultura de regadío. |
| Pobre calidad del agua: Reducción en la calidad del agua de riego. Problemas de calidad del agua aguas abajo del sistema de riego causada por la calidad del agua de drenaje | Definir y mejor la calidad del agua de retorno (incluye el monitoreo). Controlar el desarrollo industrial. Designar las áreas para la deposición de las aguas salinas. Construir canales separados. Educar sobre los daños por contaminación de pesticidas o residuales. Monitorear la calidad del agua de riego |
| Descenso del agua subterránea: Se secan los pozos de agua para beber y para riego. Intrusión salina cerca de la costa. Se reduce el flujo de base/humedales. | Definir y hacer cumplir las regulaciones de extracciones. Monitorear los niveles de agua subterránea. Ajustar los pagos por extracción. |

Crterios en los proyectos de riego para un desarrollo sustentable

El desarrollo sustentable no puede lograrse a largo plazo con comunidades que sean hostiles al medio ambiente. En muchas ocasiones, es necesario enfrentar el problema de la presión ejercida por la población creciente cuyo bienestar económico ha sufrido como consecuencia de un inadecuado manejo de sus recursos naturales. Las características culturales y socio-económicas de la población local en la cual se pretende alcanzar un desarrollo sustentable, constituye un elemento de primordial importancia; esta información es tan importante, como la relativa a los recursos naturales que desean preservarse, cualquiera sea la estrategia de desarrollo a aplicar en relación a la actividad de irrigación (Grieshop & Raj, 1992).

Según Cid *et al.*, (2005), al enfrentar la tarea de proyectar un sistema de riego apoyado en el concepto de un desarrollo sustentable resulta de una trascendental importancia tener presente las siguientes consideraciones.

El proyecto debe adaptarse a las características de los recursos del agroecosistema: Es necesario conocer y evaluar los recursos naturales, sociales, humanos, de capital y de producción; las posibilidades de acceso a los mismos y en el momento requerido, y su cantidad y calidad (Altieri & Farrel, 1984 y Altieri, 1986).

El proyecto de concebirse sobre las bases de la cultura local: Al proyectar un sistema de riego, o al establecer las normas de operación de uno ya existente, una tarea a la cual debe concederse absoluta prioridad es a la investigación de las formas tradicionales de gestión de los recursos, antes de que esos elementos puedan ser afectados por la inercia de la modernidad y la alta tecnología (Gliessman *et al.*, 1981). Por lo tanto el método de riego a emplear, la técnica, la forma de entrega más adecuada, su explotación, los criterios de uso y manejo del agua, no pueden ser ajenos a esta situación.

Devolver la responsabilidad a la población local con el adecuado asesoramiento: La estabilidad cultural mantenida a largo plazo en el pasado, en determinados lugares, ha demos-

trado que la población local es perfectamente capaz y competente para imponer normas, al menos generales, en beneficio de su comunidad (Altieri, 1991; Conway & Boudier, 1990). En algunas áreas y localidades podrían establecerse unidades de gestión integradas por expertos, especialistas y personas del lugar bajo el control de los gobiernos municipales, lo cual puede extenderse a los consejos asesores del grupo gestor (Cid *et al*, 2005). Una manera importante de aumentar la confianza en el caso de introducción de nuevas tecnologías, criterios de manejo y uso del agua, contemplados en los proyectos de riego en determinadas zonas, está dada, precisamente, por esa participación colectiva desde la etapa de investigación y concepción de la idea preliminar, lo cual permite a la población local ayudar a generar información sobre la situación de la zona, pasada y actual, las modificaciones a través del tiempo en el uso de los recursos naturales vinculados a la actividad de irrigación, la experiencia en la explotación de los métodos de riego por ellos empleados, ayudando significativamente a los responsabilizados con la elaboración de las nuevas ideas o del nuevo proyecto, incluso, a definir las mejores vías y tendencias del uso de estos recursos en las condiciones actuales y futuras y, en consecuencia, serviría de guía para la gestión más eficiente de las diferentes etapas del proyecto.

Contratar a la población local para la ejecución del proyecto de riego: Se debe realizar un esfuerzo especial por contratar población local para que trabaje en la zona beneficiada por un nuevo proyecto de riego o en explotar uno existente. Esto elevaría el interés de esta población en que se obtengan resultados positivos como consecuencia del proyecto, elevando, a su vez, la posibilidad de que hagan una contribución única e importante en la manera que se gestiona la zona y el proyecto, con su positiva influencia en la ejecución y explotación del sistema de riego y de todos los recursos vinculados al mismo. Esta contratación de la población local puede requerir de la elevación de su nivel educacional, cultural y técnico, todo lo cual debe ser considerado oportunamente en la concepción del proyecto, de modo tal que pueda ser incluido en el mismo la infraestructura que esto requerirá. (Altieri & Yurjeric, 1991).

Vincular el nuevo proyecto y su explotación a los programas gubernamentales de desarrollo local, regional y del país: Las políticas de desarrollo de las localidades deben estar en correspondencia con las del país; por tanto las primeras deberían revisar sus políticas y su legislación tan frecuentemente como sea posible para adecuarlas al desarrollo del país, haciendo énfasis en que se estén tratando de manera adecuada los problemas humanos y que las soluciones técnicas están en correspondencia con el desarrollo actual y las particularidades de la zona y, además, debidamente integradas en el marco del resto de los aspectos de desarrollo estrechamente vinculados con la actividad de riego y el manejo y uso de los recursos hídricos.

Priorizar el desarrollo local a pequeña escala: Cuando se pretende mejorar la actividad del riego a escala local resulta mejor concentrarse en el nivel de cada pueblo, con proyectos de desarrollo adaptados que puedan mejorar la productividad de las mejores tierras y proporcionar fuentes de energía loca-

les. Además, en la práctica diaria de la explotación y, en particular, de la operación de los sistemas de riego, distribución de los recursos, manejo y uso del agua, resultan más factibles y cómodos tanto desde el punto de vista técnico como operativo y administrativo. Además, no siempre las características de los diferentes asentamientos poblacionales están preparados para asimilar la administración y operación de sistemas de gran envergadura y complejidad. Este desarrollo local a pequeña escala de los proyectos de riego, debe estar concebido como una parte bien definida dentro de los proyectos de desarrollo de todos los niveles superiores y, excepcionalmente, para resolver únicamente los problemas de una localidad en particular (Lal, 1994).

Facilitar a la población local su participación activa en la preparación de los planes de gestión: Todo proyecto de riego debe tener debidamente planificado un plan de gestión, siendo probable que el plan resulte más eficaz si se desarrolla en estrecha colaboración con la población local (Altieri, 1991; Conway, 1985). Se deben crear las condiciones elementales para que las propias personas de la localidad realicen los diferentes trabajos en las distintas áreas de interés. Esto garantiza que la población local pueda contribuir con sus puntos de vista al buen funcionamiento del sistema. La definición y construcción de estas diversas áreas de trabajo han de ser precedidas por una paciente labor de investigación participativa y análisis de los problemas con una amplia gama de personas de la comunidad, siendo necesario en ocasiones, dado el nivel y alcance de las decisiones a tomar, discutir y analizar abiertamente todo el espectro de opciones posibles.

Precisar y legislar a nivel local las restricciones asociadas a la explotación de los sistemas de riego: Una vez discutido con la población local que resulta deseable y necesario establecer determinadas restricciones en el manejo de los recursos hídricos, es preciso establecer con exactitud y rigor una serie de normativas y regulaciones, obligando que las mismas sean cumplidas. Es preciso no pasar por alto ninguna restricción que pudiera ser necesaria, así como garantizar que la población conozca y entienda las mismas, velando por el cumplimiento de estas a través de su comportamiento y actuaciones.

Divulgar los beneficios obtenidos como consecuencia del proyecto de riego y drenaje: Es necesario desarrollar y estructurar argumentos sólidos y convincentes que demuestren fehaciente y objetivamente los diferentes beneficios derivados de los proyectos de riego y drenaje, haciendo énfasis en los incrementos en la producción de alimentos para satisfacer las necesidades de la población local.

Apoyar la diversidad como un valor: Los pueblos han reconocido desde hace mucho tiempo que la diversidad es la clave de la supervivencia. Por esto, al concebir un nuevo proyecto de riego o drenaje, es necesario tener presente los sistemas mixtos, (Ecuel, 1986; Janzen, 1973). Es importante tener presente que la sustentabilidad es la capacidad del agroecosistema para mantener un rendimiento que no decline a lo largo del tiempo, dentro de una amplia gama de condiciones, las cuales deben ser previstas en cada caso en particular.

Los recursos, el riego y el desarrollo sustentable

La concepción de un nuevo proyecto de riego y drenaje o cualquier modificación a uno existente bajo los enfoques actuales de un desarrollo sustentable, implica necesariamente algunos cambios mentales importantes en relación a la necesidad de ampliar el concepto de los recursos a considerar en los mismos. Así pueden ser considerados las siguientes cuatro categorías de combinaciones de recursos, que por su estrecha vinculación a la agricultura, influirán de una u otra manera en el momento de enfrentar cualquier actividad vinculada con el proyecto y explotación de los sistemas de riego: **Recursos naturales**,

Recursos humanos, de capital y de producción

Recursos Naturales: Los recursos naturales son todos aquellos vinculados con la tierra, el agua, el clima y la vegetación natural que el agricultor explota para la producción agrícola y los cultivos que serán atendidos por el sistema de riego.

- En relación al recurso suelo, los elementos más importantes son la superficie del área en la cual se establecerá el proyecto y de los beneficiados por el mismo, incluyendo su topografía, relieve y paisajes característicos, el grado de fragmentación de las tenencias individuales o colectivas, y su ubicación con respecto a los mercados, la profundidad efectiva de los suelos, sus propiedades físicas y químicas y, en general, caracterizar los principales factores limitantes que en relación a este recurso, pueden tener influencias en la selección y ubicación de uno u otro método de riego, técnica a emplear y forma de entrega más adecuada.
- En relación al recurso agua es necesario conocer su disponibilidad, las posibles fuentes y sus características, la procedencia de las aguas y su calidad para el riego, las formas más adecuadas de tratar las mismas en caso de ser necesario y su disponibilidad.
- En cuanto al clima, se requieren estudios relacionados con el régimen y distribución de las precipitaciones, la evaporación, temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, radiación solar, horas de iluminación, nubosidad; en todos los casos, teniendo en cuenta su comportamiento tanto estacional como anual.
- Respecto a la vegetación natural, es necesario precisar y definir la que puede constituir una importante fuente de alimentación de la población local, esté o no vinculada al proyecto, de modo que sea lo menos afectada posible por la ejecución del proyecto y la posterior explotación de los sistemas de riego, áreas y vegetación de forraje para el alimento de los animales, la cantidad y calidad de estos recursos con posibilidades potenciales de ser utilizados como materiales de construcción para cualquiera de los diferentes objetos de obras que conformarán el proyecto, la existencia de plantas medicinales y, en general, toda aquella vegetación natural que de una u otra forma puede ejercer influencia en la productividad de los suelos, en la protección de los sistemas de cultivos o que contribuyan favorablemente en mejorar la eficiencia del sistema de riego una vez instalado (WRI, IUCN, UNEP, 1992).

- Importante resulta caracterizar la diversidad del mundo animal, pues esto ha demostrado tener una significativa influencia en la selección de los métodos de riego más apropiados y, en ocasiones, ha sido factor limitante en el momento de definir los mismos, ya que existen determinadas especies que resultan agresivas y detractoras de diversos componentes que integran algunos de los sistemas de riego, como por ejemplo de los sistemas de riego localizado que requieren de numerosos componentes plásticos muy atrayentes para determinadas especies animales.

- **Recursos Humanos:** Los recursos humanos consisten en aquella parte de la población local que viven y trabajan en la localidad beneficiada por el proyecto, que explotan los recursos de la misma para la producción agrícola sobre la base de incentivos tradicionales o económicos y, que de una u otra forma, pueden vincularse inmediata o mediatamente al desarrollo del proyecto de riego.

Recursos de capital: Son los bienes y servicios creados, comprados o tomados en préstamo por las personas asociadas al proyecto, con la finalidad de facilitar su ejecución, desarrollo y explotación, incluyendo todos los recursos naturales y humanos que contribuirán a obtener los beneficios derivados del mismo. De manera general, éstos pueden ser agrupados en cuatro categorías principales:

Los recursos permanentes, asociados a las modificaciones duraderas de los recursos de tierra, agua, objetos de obra u otras, vinculados directamente al proyecto de riego.

Los recursos no permanentes, o aquellos que se deprecian y tienen que ser reemplazados periódicamente;

Recursos operativos o bienes consumibles, utilizados en las operaciones cotidianas del sistema de riego y las diferentes actividades vinculadas al proceso productivo del mismo, como tuberías, accesorios, puntos de emisión etc.

Los recursos potenciales, aquellos que no posee el agricultor pero de los cuales puede disponer y que eventualmente tendrán que ser pagados, como el crédito, la capacitación del personal vinculado al proyecto, la asesoría o consultoría de personal especializado en el proyecto y otros.

Recursos de Producción: Estos incluyen básicamente la producción agrícola de la finca, granja o área beneficiada por el proyecto. Estos se convierten en recursos de capital cuando se las venden.

CONSIDERACIONES FINALES

En el artículo se realiza un esbozo general de los principales elementos que se deben tener en cuenta bajo los conceptos actuales de desarrollo agrícola sustentable, al abordar la proyección, el diseño, la construcción, la explotación y el manejo y uso del agua de riego, los cuales deben formar parte de la información básica que debe estar disponible al tomar decisiones en relación a la factibilidad de utilizar el método de riego, la técnica, la forma de entrega, así como de la infraestructura necesaria vinculada con un nuevo proyecto o cualquier modificación a uno existente durante su explotación.

La población local debe jugar un importante papel en cualquier decisión vinculada con los proyectos de riego, sus hábitos, costumbres, nivel educacional y cultural, de gestión, así como los recursos naturales autóctonos, elementos de vital importancia en el momento de tomar la decisión más adecuada, la cual debe estar en estricta correspondencia con todos estos factores.

No debe obviarse al concebir un proyecto de riego, la creación de las infraestructuras necesarias que pueden garantizar un buen desarrollo del mismo, incluyendo la posibilidad de

capacitar y asesorar a la población autóctona con la finalidad de elevar su nivel educacional, cultural y técnico, que pueda garantizar que sea ésta, básicamente, la encargada en un alto porcentaje de enfrentar y desarrollar las diferentes etapas de un proyecto de riego, creando condiciones que les permita interpretar su alta responsabilidad en el logro de los objetivos propuestos en cualquier etapa de un proyecto de riego, en el manejo eficiente de todos los recursos vinculados al mismos y en su administración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. A.: "Traditional farming in latin America", *The ecologist*, 21: 93-96, 1991.
- ALTIERI, M. A. y A. YURJERIC: "La agroecología y el desarrollo rural sostenible en América Latina", *Agroecología y Desarrollo*, 1: 25-36, 1991.
- CASTELLANOS, A.: *Dificultades de los suelos en las tierras de riego incluyendo suelos salinos, causas y uso presente así como manejo de las prácticas en Cuba*, En: Memorias del Curso de Suelos y Producción Sustentable en Terrenos de Regadío, FAO-UNESCO, Nov 21-Dic 2, Bahía, Argentina, 1994.
- CID, G.; J. HERRERA; T. LÓPEZ y F. GONZÁLEZ: Aspectos a considerar en las soluciones de riego en condiciones de un desarrollo sustentable. En: **Memorias Congreso Internacional Cuba-Riego**, Octubre, Palacio de las Convenciones, La Habana, 2005.
- CONWAY, G. R.: "Agrosystems analysis", *Agric. Administration*, 20: 31-55, 1985.
- CONWAY, G. R. & B. BOUDIER: *After the Green Revolution: Sustainable Agriculture for Development*, Earthsan Publ., London, 1990.
- EDWARDS, C. A.: "The role of agroecology in agricultural sustainability", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 46: 99-121, 1993.
- ECUEL, J. J.: "Designing agricultural ecosystems for the humid tropics" *Ann. Rev. Ecol. and Systematics*, 17: 245-271, 1986.
- FOLKE, K.; M. HAMMER & A.-M. JACKSON: "Life support value of ecosystem: a case study of the Baltic Sea region", *Ecological Economics*, 3: 123-137, 1991.
- GLIESSMAN, S. R.; R. GARCÍA & M. AMADOR: "The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the manangement of tropical agroecosystems", *Agro-ecosystem*, 7: 173-185, 1981.
- GRIESHOP, J. & A. RAJ: "Are California Farmers Headed Toward Sustainable Agriculture" *California Agriculture*, 46(2): 4-7, 1992.
- HERRERA, J.: Servicio de Asistencia Técnica en Riego y Drenaje. Concepción, estado actual y futuro. En Seminario Taller Asistencia Técnica Agrícola y cooperación Internacional, FIDA-CIAR, La Habana, Septiembre, 1997.
- JANZEN, D. H.: "Tropical agroecosystems", *Science*, 182: 1212-1219, 1973.
- LAL, R.: *Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics*, SMSS Technical Monograph 21. USDA Soil Conservation Service, Washington, D.C., 1994.
- SAGARDOY J.A; A. BOTTRALL y G.O. ULTTENBOGAARD: *Organización, Operación y Mantenimiento de los sistemas de riego*, pp. 1-11, FAO 40, Roma, 1991.
- THORSELL, J.: *World Heritage Twenty Year Later*, 191pp., IVCN, Gland, Suiza, 1992.
- WRI, IUCN, UNEP: *Global Biodiversity strategy*, 240pp., World Resources Institute, Washington D.C., 1992.

