
Estudio de factibilidad técnica para la implementación de un sistema de riego en la comunidad de Mucuquí, parroquia Pueblo Nuevo de Sur, municipio Sucre, estado Mérida

Technical feasibility study for implementing an irrigation system in the Mucuquí community, Pueblo Nuevo del Sur, Sucre municipality, Mérida State (Venezuela)

José D. Hernández B.¹, Juan C. Rivero.², Vanesa Del V. Hernández F.³, Gladys Ramos.³

¹IIAP-ULA, Mérida 5101-A, hernandezjose@ula.ve, ²IGCRN-ULA, Mérida, jrivero40@hotmail.com, ³Escuela de Geografía FCFA-ULA, vanessa@hotmail.com

Resumen

En la presente investigación se realiza un estudio de factibilidad técnica para la implementación de un sistema de riego en la comunidad de Mucuquí parroquia Pueblo Nuevo del Sur, municipio Sucre del estado Mérida; con el fin de mejorar el rendimiento en la producción de los diversos rubros agrícolas allí presentes, ya que dicha comunidad presenta una agricultura de subsistencia, limitada por la estacionalidad de las lluvias, debido a que se encuentra localizada en un área semiárida, por lo cual al introducir tecnologías de riego, se transforma la agricultura en la zona de forma positiva, lo cual a su vez la diversifica, multiplica los ingresos de los productores y mejora la calidad de vida de la comunidad. Con tal propósito, se efectuó el estudio de la comunidad en base a la descripción de sus características, tanto físicas como sociales, económicas y productivas, se estimó la oferta de agua superficial en el área con un valor de 23,65 l/s, a través del método del rendimiento hídrico, al igual que la demanda de riego a partir del uso del modelo de simulación CROPWAT 8.0 de la FAO, para un caudal módulo de 0,72 l/s/ha. El balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima concluyó que la zona presenta un déficit de agua a lo largo de los doce meses del año; lo que quiere decir que se evapora más de lo que precipita y por lo tanto existe un déficit hídrico en el suelo, lo cual manifiesta que; para explotar la agricultura prevalece la necesidad de implementar el riego, se propone el método de riego por aspersión y entrega del agua por "rotación o turnos de riego" y finalmente se realiza la cartografía base y temática.

Palabras clave: Cuenca, caudal, riego, balance hídrico, cultivos, sistemas de producción.

El presente artículo se encuentra enmarcado en el trabajo de grado para optar al Título de Geógrafo. Titulado "Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de riego en la comunidad de Mucuquí, parroquia Pueblo Nuevo del Sur, municipio Sucre, estado Mérida". Realizado por las Bachilleres Vanesa Del V. Hernández F. y Gladys Ramos en la Escuela de Geografía de la FCFA-ULA, Febrero de 2013.

Abstract

A technical feasibility study for implementing an irrigation system in the Mucuquí community, Pueblo Nuevo del Sur, Sucre, Merida State is made in the following research; with the purpose of improving the main crops production in the sector, this community has a subsistence farming system, limited by rain seasonality since it is located in a semi-arid

area, therefore introducing irrigation technologies will make a positive transformation in the agriculture around the area, it diversifies it, multiplies the farmers incomes, and improves life quality of people in the community. To accomplish this purpose a study of the community was made based on the description of their physical, social, economic and productivity characteristics. The offer of artificial groundwater in the area was estimated with a value of 23.65 l/s through the water yield method, as well as the irrigation demand from the use of the simulation model CROPWAT 8.0 of the FAO, for a module flow of 0.72 l/s/ha. Soil hydrological balance in terms of weather determined that the area faces a water deficit throughout the twelve months of the year; which means that water evaporates more than it precipitates, consequently there is a soil hydrological deficit that determines that in order to take advantage of agriculture in the zone it prevails the need of implementing irrigation; it is proposed a sprinkle irrigation method, and water delivery by 'rotation or irrigation shifts', finally thematic and base mapping is made.

Key words: basin, flow, hydrological balance, crops, production systems.

This article is framed on the thesis to opt for the Bachelor in Geography Degree. Titled 'Technical feasibility study for implementing an irrigation system in the Mucuqui community, Pueblo Nuevo del Sur, Sucre Municipality, Merida State', made by the Career students Vanesa Del V. Hernández F. and Gladis Ramos in the School of Geography of the FCFA-ULA, February 2013.

Introducción

El agua es un elemento esencial en todo organismo vivo y de vital relevancia en las zonas áridas, donde una gota es sinónimo de vida. A causa de ello, los asentamientos agrícolas y humanos se han ubicado y desarrollado preferentemente, cercanos a una fuente de agua.

Sin embargo, los cambios climáticos que se vienen generando en los últimos tiempos en el planeta, están ocasionando en forma cada vez más frecuentes ciclos de sequía que provocan problemas en la población humana que día a día genera más y más demanda de agua para uso doméstico, industrial y agrícola.

En este sentido, cabe resaltar las diferentes problemáticas planteadas hoy día por las comunidades rurales del estado Mérida, las cuales se vinculan en muchos casos a las demandas de tecnologías de riego, si bien es cierto estas tecnologías están muy difundidas en diferentes áreas y zonas de nuestro estado, pero en otros casos existen comunidades ajenas al uso de las mismas por diferentes razones como, ausencia de organización de los comités de riego, zonas alejadas que implican altos costos para implementar el riego, poca disponibilidad de agua, ausente manejo de información a nivel de comunidad en cuanto a técnicas eficientes de riego, u otras.

En todo caso, diferentes ámbitos rurales pueden contar con recursos como suelo y agua, pero requieren acceder a las tecnologías de riego para mejorar de forma eficiente sus niveles de producción y sobre todo para solventar la escasez de agua en temporadas donde la disponibilidad se ve limitada.

Dentro de la entidad merideña existe un conjunto de condiciones agroecológicas que apertura el desarrollo de las actividades agrícolas, sin embargo; no sólo basta con que existan dichas condiciones, por cuanto el hombre debe valerse de la aplicación de un conjunto de técnicas necesarias para acceder al uso de los recursos disponibles.

El municipio Sucre del estado Mérida se destaca, a nivel regional, por ser un importante abastecedor de alimentos, sobretudo en el área metropolitana de Mérida. Entre las áreas productoras que conforman este municipio existe un extenso territorio, el cual pertenece a la parroquia Pueblo Nuevo del Sur, dentro del cual se encuentra la comunidad de Mucuquí, localizada en el valle de la quebrada La Vizcaina, afluente del Río Chama, para la cual se planteó realizar un estudio de factibilidad técnica para la implementación de un sistema de riego, tomando en

consideración que no existe en la zona y que, la comunidad desconoce cuantitativamente la disponibilidad de agua para riego, con el fin de lograr un mayor aprovechamiento de las tierras disponibles, incrementar la producción de los rubros agrícolas presentes, y por ende de los ingresos de sus habitantes, lo cual les permitirá elevar su calidad de vida.

Materiales y métodos

El estudio de factibilidad técnica se llevó a cabo mediante una secuencia de etapas o fases, cuyo procedimiento regular y ordenado, a través de actividades e instrumentos aplicados, permitió congregarse a la comunidad de productores entorno a un interés común, generar la cartografía base y mapas temáticos, y así; conocer la situación actual respecto al consumo de agua por los cultivos y la disponibilidad de este recurso para el riego en la comunidad de Mucuquí.

RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO Y LA CARTOGRAFÍA BASE

Como punto inicial de la etapa práctica del estudio de factibilidad técnica, un instrumento importante lo fue la visita de campo. Habiendo definido el área de estudio se obtuvo información valiosa a través de conocedores de la realidad socio-cultural y económica de la comunidad de Mucuquí que fueron contactados también con el fin de comprender las perspectivas de los pobladores de la comunidad.

A su vez, la estructuración del mapa base, partió de una base cartográfica-digital de las hojas 5940-IV-NE y 5940-IV-NO (Edición 1977) a escala 1:25.000, editadas por la Dirección de Cartografía Nacional. Esta base fue generada a través del software ArcGIS (versión 9.3). Tiene como datum de referencia el sistema WGS84; así mismo los mapas temáticos y síntesis generadas a partir de dicha base.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

A la información obtenida en el sondeo bibliográfico, se agrega la recopilada directamente en campo mediante la observación y contacto con habitantes, lo cual facilitó apreciar la caracterización de elementos básicos que son los componentes de la configuración espacial del área de estudio. Se describen algunos rasgos de los elementos físico-naturales; como hidrografía, clima y suelos.

ANÁLISIS DE LA OFERTA DE AGUA SUPERFICIAL EN LA ZONA

Mediante visita de campo y tomando en cuenta los estudios de aforos realizados, así como los criterios técnicos necesarios, se ubicó el sitio de toma de la principal fuente de agua, de donde se extraerá el caudal de oferta para satisfacer las demandas de riego de los cultivos. La estimación de la oferta de agua para riego, en el sitio de toma, consistió en que teniendo los valores de escorrentía en el punto de aforo y conociendo el valor del área aportante en este punto, se extrapolaron la información del caudal hasta el sitio de toma, empleando el método del rendimiento hídrico, según la siguiente ecuación:

$$RH = Q / A \quad (1)$$

Donde:

RH: Rendimiento hídrico en (l/s Km²).

Q: Caudal en (l/s).

A: Área de la subcuenca en (Km²).

CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Dentro de esta fase se pudo determinar las condiciones sociales, económicas y productivas de cada una de las unidades de producción, mediante visita de campo y con aplicación de encuesta agrosocioeconómica.

DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA DE LOS CULTIVOS Y LAS DEMANDAS DE RIEGO

El análisis de la demanda de agua es de singular importancia, tanto en estudios de factibilidad y diseño de los sistemas de riego, como en su operación y manejo. El punto de inicio del cálculo de la demanda, es el cálculo de los requerimientos de riego para cada uno de los cultivos a establecerse en el área a irrigar, y estará en función del uso consuntivo de éstos.

Los requerimientos de riego se refieren a la cantidad de agua y al momento y período de su aplicación con la finalidad de compensar el déficit de humedad en el suelo durante el período vegetativo del cultivo considerado.

Requerimientos hídricos de los cultivos

Con la finalidad de analizar un número importante de criterios prácticos en los planes de riego y en la distribución de agua, se utilizó el modelo computacional de simulación CROPWAT 8.0, para explicar las diferentes condiciones de abastecimiento de agua de riego; éste modelo calcula los requerimientos hídricos de los cultivos y fue desarrollado por la División de Tierras y Aguas de La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (1989).

Estimación de los requerimientos de riego

En las estimaciones de las demandas de riego se utilizó un intervalo de tiempo mensual, tomando en cuenta el nivel del estudio, la disponibilidad de información y la confiabilidad de los datos simulados. Se realizó un balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima con los datos de precipitación y evaporación de la estación meteorológica San Juan de Lagunillas que cumplió con los criterios de representatividad de la zona en estudio. Así mismo se realizaron muestreos de suelos para conocer propiedades físicas como textura, profundidad efectiva, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente, variables que permitieron calcular su capacidad de almacenamiento de agua, aprovechable para los cultivos.

Método de riego y distribución del agua

Para recomendar el método de riego más adecuado se consideró todos los factores necesarios para tomar la decisión entre los cuales están:

- Cultivo.
- Topografía del terreno.
- Características físicas del suelo.
- Disponibilidad de agua.
- Otros factores.

Se estudió los distintos métodos de entrega de agua y se recomendó aquel que se adecuó a las siguientes condiciones:

- Caudal disponible.
- Tiempo de operación del sistema.
- Mínimos diámetros de tuberías.
- Oportunidad del riego.

Resultados y discusión

El área de estudio se localiza en el valle de la quebrada La Vizcaína afluente del Río Chama, en la parroquia Pueblo Nuevo del Sur municipio Sucre, del estado Mérida. Según las coordenadas geográficas la microcuenca de la quebrada La Vizcaína se encuentra entre los meridianos 71°24' 09" y 71° 20' 34" de longitud Oeste y los paralelos 8°19'36" y 8°16' 49" de latitud Norte.

Por encontrarse, hacia el sur, orientada hacia el piedemonte andino barinés y hacia el norte, hacia la cuenca del Lago de Maracaibo recibe, desde el punto de vista climático, la influencia directa de dos patrones diferentes, denominados Patrón Llanero y Patrón Lacustre; la manifestación más evidente de los mismos es la distribución de las lluvias a lo largo del año, presentando un comportamiento bimodal, en el que aparecen dos períodos de lluvias, entre abril y junio y entre septiembre y noviembre, con un promedio anual de 506,4 mm.

A nivel del municipio Sucre el comportamiento de la temperatura asume un valor muy variado debido a los diferentes pisos altitudinales que se presentan. De acuerdo a los promedios mensuales registrados durante el periodo (1971 -2000) en la estación más cercana al área de estudio (San Juan de Lagunillas) el promedio anual varía en un valor de 22,5 °C, tomando en consideración el gradiente alto térmico cuya relación expresa que a mayor altitud las temperaturas son bajas.

Los valores de precipitación y evapotranspiración para la zona (1971-2000), se presentan en la Figura 1.

El curso de agua más importante en la zona es la quebrada La Vizcaína, ésta nace en el páramo Las Coloradas, y confluye con el Río Chama en las adyacencias del sector Puente Real al Suroeste de la ciudad de Mérida, en la margen izquierda de la cuenca del Río Chama; perteneciente a la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo. A nivel de toda la subcuenca posee elevaciones que van desde los 600 hasta los 3600 msnm. Las Figura 2 y 3, muestran la hidrografía y topografía del Sector Mucuquí.

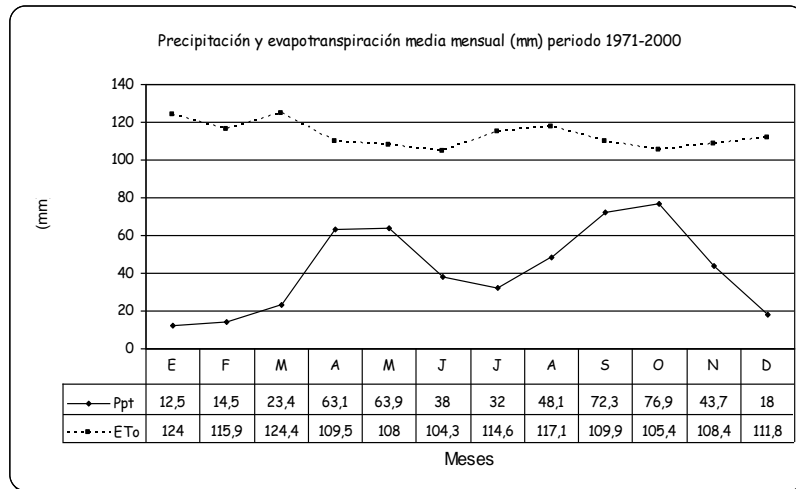


Figura 1. Precipitación y Evapotranspiración Est. San Juan de Lagunillas (1971-2000).

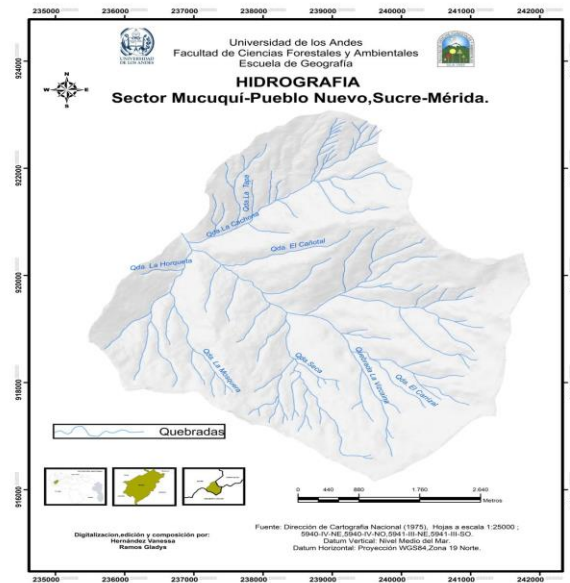


Figura 2. Hidrografía del Sector Mucuquí.

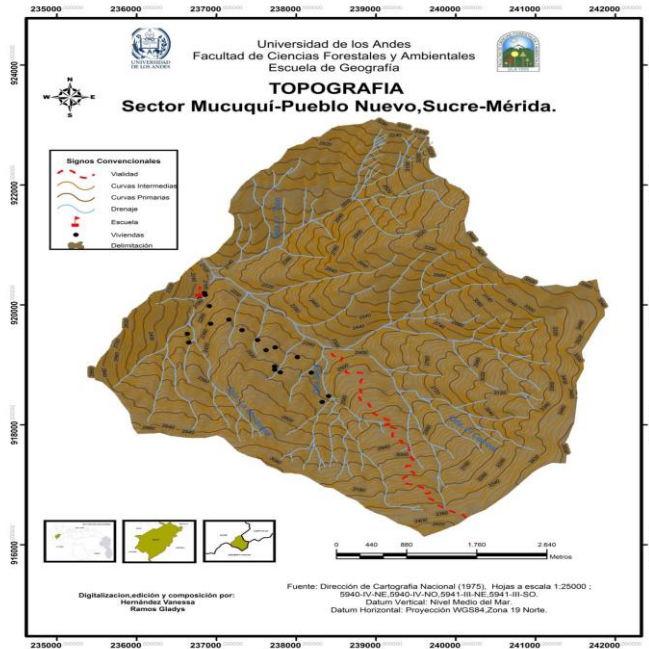


Figura 3. Topografía del Sector Mucuquí.

Los suelos en general son franco arcillosos, enriquecidos con óxidos de hierro, producto de la alteración de las rocas filitas, filitas pizarras, metareniscas y neises de las formaciones Mucuchachí y Sierra Nevada, de edades Paleozoico Superior y Precámbrico Superior. Sin embargo, el reconocimiento de campo, permitió verificar la existencia de suelos francos, franco arenosos, y franco arcillosos, mediante la técnica de recolección de muestras, con el uso del barreno y aprovechando los taludes de corte sobre los caminos y carreteras. La Tabla 1, muestra las características físicas de una muestra de suelo realizada in situ.

Tabla 1. Características físicas y capacidad de almacenamiento del suelo.

Profundidad (cm)	Textura	CC (%)	PMP (%)	Da (g/cc)	Almacenamiento (mm)	lb (cm/h)
0-20	Franco arenoso	32,48	25,68	1,50	20,40	1,1
20-40	Franco arcilloso	27,69	18,99	1,40	24,36	
>40	Franco arcilloso			Total:	44,76	

En general, dentro del sector Mucuquí, los pobladores disponen mayormente de las unidades de fondo de valle para el uso agrícola, en virtud de que estas unidades están sometidas a constante acumulación de sedimentos por el arrastre y deposición de los materiales, cuya condición permite establecer suelos con mayor permeabilidad, nutrientes y profundidad, resultando adecuados para el uso agrícola.

Un requerimiento indispensable para lograr un buen manejo es el conocimiento de las disponibilidades de agua y de los valores extremos, o sea, la predicción de la ocurrencia del agua a corto y largo plazo. Para el análisis de la escorrentía se utilizó la información aportada por los estudios hidrológicos realizados por el MARN durante los años 2002 y 2003 (INDERURAL 2005), en la quebrada La Vizcaína, los cuales proporcionan un caudal disponible en el punto de aforo "Mucuquí Bajo" de 227,31 l/s, para una probabilidad de ocurrencia del 80% y cuyo valor mínimo se presenta en el

mes de abril, según la curva de variación estacional de caudales. Este sitio se encuentra localizado en las coordenadas UTM; 920772,52 m norte y 236907,60 este.

La metodología empleada para la determinación de la oferta de agua para riego, en el sitio de toma, cuya localización está en las coordenadas UTM; 917950,00 m norte y 239187,00 este, consistió en que teniendo los valores de escorrentía en el punto de aforo "Mucuquí Bajo" y conociendo la magnitud del área aportante en este punto, se extrapola la información del caudal hasta el sitio de toma, empleando el método del rendimiento hídrico, obteniéndose un valor de 8,78 l/s/Km², para un área aportante de 25,94 Km². De este modo, la disponibilidad en el sitio de toma quedó determinada por el producto entre el área de la microcuenca aportante de 2,70 Km² y el rendimiento hídrico de 8,78 l/s/Km², para un valor de 23,71 l/s.

La disponibilidad de agua, como caudal mínimo aprovechable, para un 80% de probabilidad de ocurrencia, para suplir las demandas de riego en el sitio de toma es de 23,71 l/s. Ahora bien; considerando un caudal ecológico del 10%, se tiene una oferta de agua mínima aprovechable para el riego igual a 21,34 l/s.

Las parcelas que conforman el área de estudio presentan formas y tamaños irregulares; con un área bajo cultivo de 24,75 ha, más 16,05 ha que se encuentran en descanso; pero que son potencialmente regables. El número total de parcelas es de 19, y producen una sola cosecha al año, con la implementación del sistema de riego se incorporarían un total de 40,80 ha de tierras bajo riego y se tendría producción al menos dos cosechas por año. La tabla 2, muestra la relación de parcelas, áreas sembradas y no sembradas y cultivos presentes.

Tabla 2. Relación de parcelas, áreas bajo siembra y descanso, y cultivos.

Nº Parcela	Área sembrada (ha)	Área descanso (ha)	Área total (ha)	Cultivo
1	1,0	2,0	3,0	Apio, papa
2	1,0	0	1,0	Papa, zanahoria
3	0,25	0,25	0,5	Apio, papa, cebolla, zanahoria
4	0,5	0,5	1,0	Apio, mora
5	2,0	0	2,0	Apio, maíz
6	3,0	0	3,0	Apio, maíz, papa
7	2,0	4,0	6,0	Apio, papa, cebollín, cilantro
8	0,5	0	0,5	Papa, zanahoria, apio, cebolla
9	2,0	3,0	5,0	Zanahoria, apio, papa, cilantro
10	1,0	1,0	2,0	Apio, maíz
11	1,5	0,8	2,3	Apio, maíz, cebolla, papa
12	0,25	0,25	0,5	Apio, maíz, cebolla
13	3,0	0	3,0	Apio, cebolla
14	0,5	2,0	2,5	Apio, papa, cebolla, maíz
15	0,5	0,5	1,0	Cebolla, apio
16	3,5	0,5	4,0	Cebolla, apio, papa
17	1,0	1,0	2,0	Apio, maíz
18	1,0	0	1,0	Apio, cebolla
19	0,25	0,25	0,5	Apio

De acuerdo a la información levantada en campo mediante la aplicación de una encuesta agrosocioeconómica y la observación directa, a cada una de las unidades de producción, la comunidad presenta un sistema agrícola de producción basado en la horticultura semi-intensiva de piso medio a alto, puesto que existe variedad de cultivos, con una forma de organización de la producción constituida principalmente por el modo de explotación

familiar. En este sistema agrícola, se observó en los encuestados, la necesidad por la implementación de nuevas tecnologías, enfocadas al abastecimiento de agua para irrigar los cultivos.

En general, las condiciones son relativamente favorables en este sistema. Hay una base bioclimática apropiada para el desarrollo de la horticultura, y los productores la han sabido aprovechar, aun cuando el sistema no es intensivo, sin embargo, les permite a los habitantes vivir de la actividad agrícola y satisfacer sus necesidad básicas.

El balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima, a nivel mensual, se realizó utilizando los datos de precipitación y evaporación promedio de 30 años de la estación San Juan de Lagunillas, situada a 08° 30' 40" de latitud norte y 71° 21' 14" de longitud oeste, a una altura de 1050 m.s.n.m; en razón de que es la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio. La Figura 4, muestra el resultado de este balance.

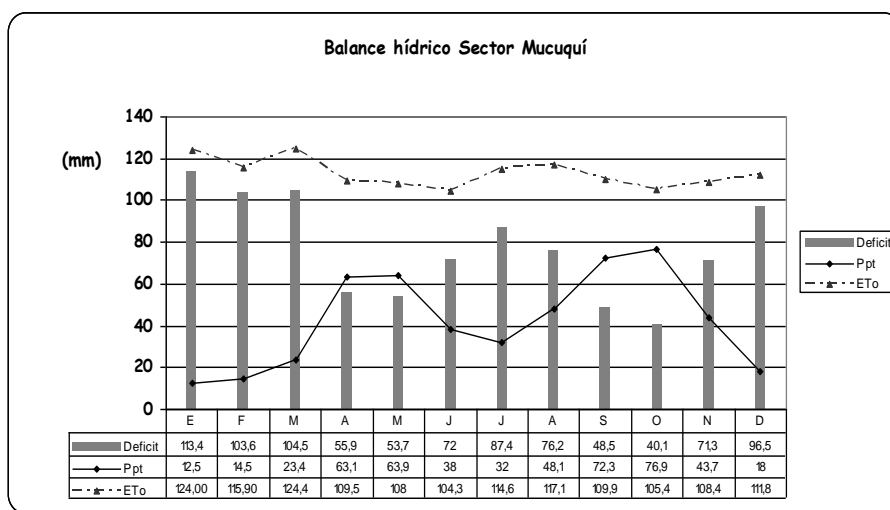


Figura 4. Balance hídrico Sector Mucuquí.

Según la Figura 4, en la zona se presenta un déficit de agua a lo largo de los doce meses del año, la magnitud de las lluvias y la evapotranspiración, no le permiten almacenar agua al suelo para sustracción por parte de los cultivos; lo cual manifiesta que; para la producción agrícola es necesario el riego.

Los requerimientos hídricos de los cultivos y las demandas de riego en la zona de estudio, se estimaron con la implementación del modelo de simulación CROPWAT 8.0. La utilización del modelo aplicado requirió suministrarle información relativa a la ubicación geográfica y a las características físicas de la zona en estudio, referentes a clima, cultivo y suelo.

El área de estudio presenta una serie de cultivos ya establecidos. La programación de las siembras se realizó de acuerdo con la información suministrada por los productores, así como por la situación de los mercados para determinadas épocas del año, en la que las condiciones son más favorables en cuanto al valor de la producción. Se asumió que los cultivos de cebolla, cebollín, cilantro, zanahoria, papa, maíz y ajo, se cultivarán en dos ciclos al año y con fechas de siembra de 01-febrero, y 01-agosto. Para el caso de la mora y apio, cuyo período vegetativo es más largo, la evaluación se realizó en un ciclo anual. La Tabla 3, presenta los requerimientos hídricos diarios para los cultivos y la Figura 5, los muestra gráficamente.

Tabla 3. Requerimientos hídricos diarios de los cultivos en (mm).

Meses	Días	Cebolla	Apio	Ajo	Papa	Zanahoria	Cilantro	Mora	Cebollín	Maíz
Enero	31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0
Febrero	28	2,9	2,9	2,9	2,1	2,9	2,9	1,2	2,9	1,4
Marzo	31	4,0	3,0	3,8	3,7	4,0	4,0	1,4	3,5	3,8
Abril	30	4,1	3,4	3,9	4,5	5,6	3,9	2,3	3,9	4,8
Mayo	31	3,9	3,7	3,7	4,0	5,5	0,0	3,2	3,8	3,4
Junio	30	3,3	3,9	3,3	3,1	4,8	0,0	3,9	0,0	1,2
Julio	31	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0
Agosto	31	2,8	4,2	2,7	1,9	2,6	2,8	4,3	2,7	1,4
Septiembre	30	3,8	4,1	3,6	3,6	3,9	3,8	4,2	3,3	3,8
Octubre	31	3,8	3,8	3,6	4,2	5,3	3,6	3,9	3,6	4,5
Noviembre	30	4,0	3,9	3,8	3,9	5,5	0,0	4,0	3,7	3,2
Diciembre	31	3,4	0,0	3,4	3,1	4,4	0,0	3,4	0,0	1,4

Al observar los resultados del Cuadro 3 y la Figura 5, se concluye que la máxima demanda de agua por los cultivos se presenta en los meses de abril (36,3 mm) y octubre (36,4 mm). Esto se debe fundamentalmente al hecho de que; es en estos meses que se presenta la mayor evapotranspiración de los cultivos, ya que están en el máximo desarrollo vegetativo y por ende en el máximo consumo hídrico.

El cálculo de las demandas de riego de cada uno de los cultivos considerados, se realizó a través de esta herramienta de computación que permitió en forma rápida, precisa y sistemática realizar determinaciones para diferentes condiciones de manejo. Para la aplicación del modelo se establecieron una serie de supuestos, determinados según consideraciones técnicas, la información recopilada en la zona de estudio, así como la experiencia y el componente práctico.

La humedad inicial del suelo se estableció en un 100 %, un umbral de riego del 35% para los cultivos de cebolla, ajo, maíz, zanahoria, papa, cebollín y apio, y un valor de 50 % para la mora. Así mismo; el criterio de oportunidad y profundidad, en la aplicación de la lámina de riego, se estableció para cuando se haya agotado el 100% del agua disponible, regándose hasta llevar la humedad del suelo hasta capacidad de campo. No se previó disminución de la producción por restricciones de agua, ni manejo en déficit. Toda el agua que necesite el cultivo la tendrá disponible.

En función de las características topográficas de la zona, pendientes variables, así como, de las condiciones de suelo, cultivos, clima y disponibilidad de agua, se recomendó la implementación de un método de riego presurizado, y dentro de este tipo; el riego por aspersión.

La Tabla 4 y la Figura 6, muestran los resultados de la demanda de riego mensual en (mm) para una eficiencia de riego de 90 %, en vista que en la zona se proyecta un sistema de riego por aspersión que optimiza el uso del recurso agua.

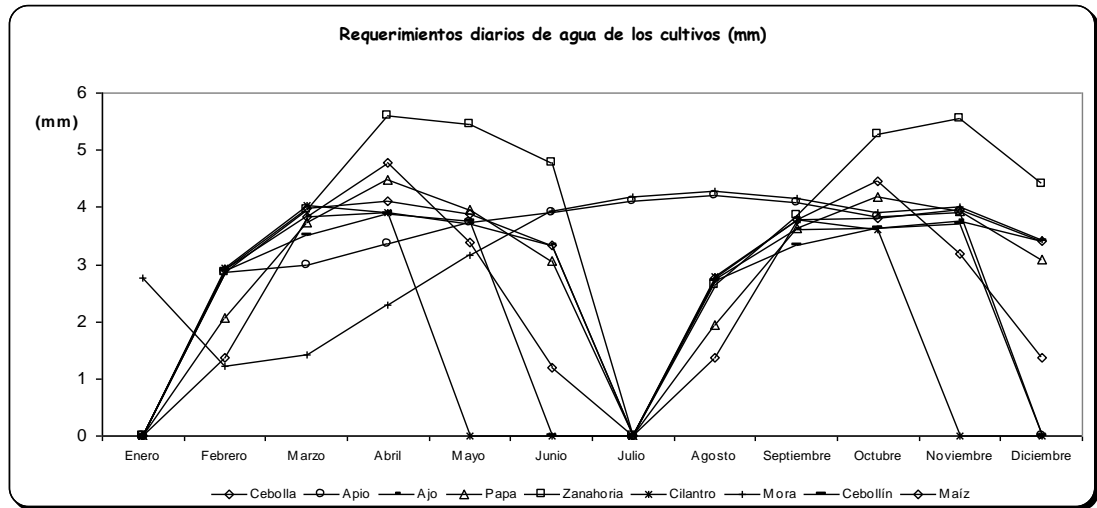


Figura 5. Curvas de demandas de agua diarias de los cultivos en (mm).

Tabla 4. Demandas de riego mensuales en (mm), para una eficiencia de riego del 90%.

Meses	Días	Cebolla	Apio	Ajo	Papa	Zanahoria	Cilantro	Mora	Cebollín	Maíz
Enero	31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,3	0,0	0,0
Febrero	28	91,0	88,9	90,8	64,0	88,9	91,7	38,1	90,1	42,7
Marzo	31	137,3	102,6	131,8	128,8	136,3	138,7	48,7	121,3	132,2
Abril	30	136,7	111,7	130,0	149,8	186,9	48,0	76,3	129,6	159,4
Mayo	31	134,0	128,2	127,4	136,1	188,1	0,0	109,1	25,0	116,7
Junio	30	111,3	130,6	111,0	33,9	159,3	0,0	131,1	0,0	8,0
Julio	31	0,0	141,3	0,0	0,0	0,0	0,0	143,9	0,0	0,0
Agosto	31	94,9	144,7	94,3	67,1	91,2	96,0	147,2	93,2	46,9
Septiembre	30	125,9	136,2	120,4	121,6	128,6	126,2	138,7	110,9	125,8
Octubre	31	131,6	132,3	125,0	144,2	181,6	36,2	134,7	124,8	153,3
Noviembre	30	131,7	116,2	125,2	131,0	184,9	0,0	133,8	12,3	106,3
Diciembre	31	106,3	0,0	106,0	27,4	151,8	0,0	118,3	0,0	4,6

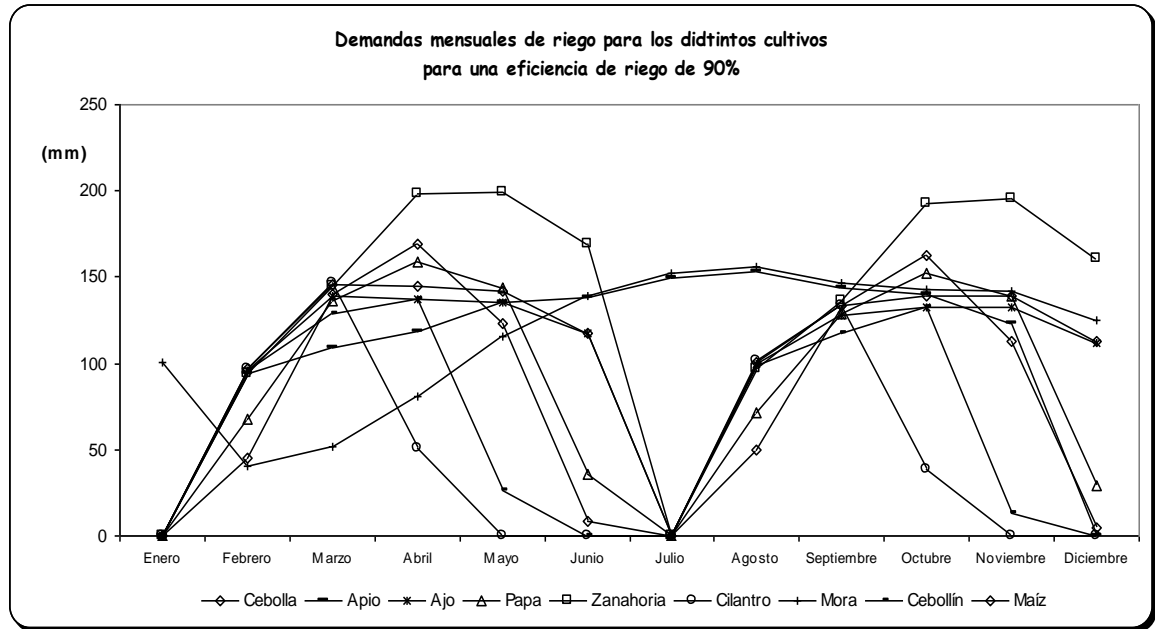


Figura 6. Curvas de requerimientos de riego mensuales en (mm), eficiencia de riego de 90%.

Con el fin de sintetizar los procedimientos de cálculo de la demanda de riego para el área, y de ésta forma, compatibilizar dichas unidades con las disponibilidades de agua, se estimó esta demanda de riego por unidad de superficie, como caudal módulo en l/s/ha. Este cálculo se basó en los resultados dados por el modelo CROPWAT. Las estimaciones se realizaron para los nueve cultivos considerados. La Tabla 5 y la Figura 7, muestran las demandas mensuales de riego en l/s/ha para cada uno de los cultivos, de forma cuantitativa y gráfica, respectivamente.

Tabla 5. Caudal módulo en l/s/ha, para los diferentes cultivos.

Meses	Días	Cebolla	Apio	Ajo	Papa	Zanahoria	Cilantro	Mora	Cebollín	Maíz
Enero	31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00
Febrero	28	0,38	0,37	0,38	0,26	0,37	0,38	0,16	0,37	0,18
Marzo	31	0,51	0,38	0,49	0,48	0,51	0,52	0,18	0,45	0,49
Abril	30	0,53	0,43	0,50	0,58	0,72	0,19	0,29	0,50	0,62
Mayo	31	0,50	0,48	0,48	0,51	0,70	0,00	0,41	0,09	0,44
Junio	30	0,43	0,50	0,43	0,13	0,61	0,00	0,51	0,00	0,03
Julio	31	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00
Agosto	31	0,35	0,54	0,35	0,25	0,34	0,36	0,55	0,35	0,18
Septiembre	30	0,49	0,53	0,46	0,47	0,50	0,49	0,53	0,43	0,49
Octubre	31	0,49	0,49	0,47	0,54	0,68	0,14	0,50	0,47	0,57
Noviembre	30	0,51	0,45	0,48	0,51	0,71	0,00	0,52	0,05	0,41
Diciembre	31	0,40	0,00	0,40	0,10	0,57	0,00	0,44	0,00	0,02

Ahora bien, para llegar al contraste oferta-demanda de agua, se determinaron los caudales requeridos por parcela, en función del tipo de cultivo presente (que genera la mayor demanda) y la superficie ocupada por éste. Esto se logró mediante el producto entre el caudal módulo y la superficie potencialmente cultivable.

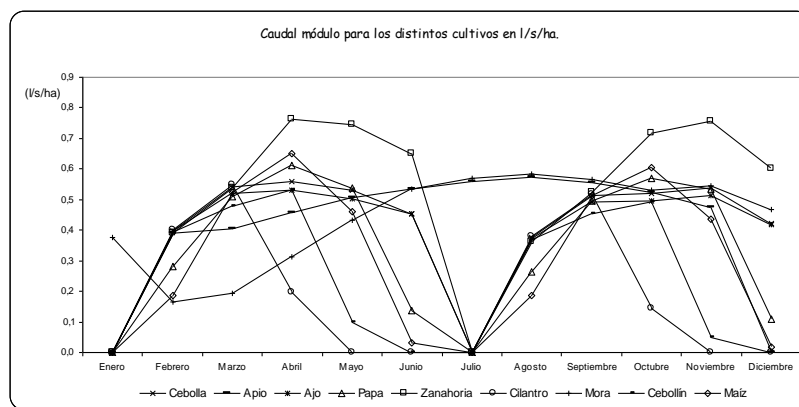


Figura 7. Curvas de caudal módulo para los diferentes cultivos en l/s/ha.

La Tabla 6, muestra los valores de caudal necesarios para el riego de cada parcela, para todos los meses del año; como se puede ver, estos caudales no superan la oferta de la fuente de agua en el sitio de toma. La Figura 8, muestra el contraste oferta-demanda de agua para riego en el Sector Mucuquí.

Tabla 6. Caudales diarios por parcela para riego.

Parcela	Área (ha)	Cultivo	Caudal (l/s)											
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	3,0	Papa	0,00	0,79	1,44	1,73	1,52	0,39	0,00	0,75	1,41	1,62	1,52	0,31
2	1,0	Zanahoria	0,00	0,37	0,51	0,72	0,70	0,61	0,00	0,34	0,50	0,68	0,71	0,57
3	0,5	Zanahoria	0,00	0,18	0,25	0,36	0,35	0,31	0,00	0,17	0,25	0,34	0,36	0,28
4	1,0	Mora	0,36	0,16	0,18	0,29	0,41	0,51	0,54	0,55	0,53	0,50	0,52	0,44
5	2,0	Apio	0,00	0,73	0,77	0,86	0,96	1,01	1,06	1,08	1,05	0,99	0,90	0,00
6	3,0	Apio	0,00	1,10	1,15	1,29	1,44	1,51	1,58	1,62	1,58	1,48	1,35	0,00
7	6,0	Apio	0,00	2,20	2,30	2,58	2,87	3,02	3,17	3,24	3,15	2,96	2,69	0,00
8	0,5	Zanahoria	0,00	0,18	0,25	0,36	0,35	0,31	0,00	0,17	0,25	0,34	0,36	0,28
9	5,0	Zanahoria	0,00	1,84	2,55	3,61	3,51	3,07	0,00	1,70	2,48	3,39	3,57	2,83
10	2,0	Apio	0,00	0,73	0,77	0,86	0,96	1,01	1,06	1,08	1,05	0,99	0,90	0,00
11	2,3	Apio	0,00	0,85	0,88	0,99	1,10	1,16	1,21	1,24	1,21	1,14	1,03	0,00
12	0,5	Apio	0,00	0,18	0,19	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,26	0,25	0,22	0,00
13	3,0	Apio	0,00	1,10	1,15	1,29	1,44	1,51	1,58	1,62	1,58	1,48	1,35	0,00
14	2,5	Apio	0,00	0,92	0,96	1,08	1,20	1,26	1,32	1,35	1,31	1,24	1,12	0,00
15	1,0	Apio	0,00	0,37	0,38	0,43	0,48	0,50	0,53	0,54	0,53	0,49	0,45	0,00
16	4,0	Apio	0,00	1,47	1,53	1,72	1,91	2,01	2,11	2,16	2,10	1,98	1,79	0,00
17	2,0	Apio	0,00	0,73	0,77	0,86	0,96	1,01	1,06	1,08	1,05	0,99	0,90	0,00
18	1,0	Apio	0,00	0,37	0,38	0,43	0,48	0,50	0,53	0,54	0,53	0,49	0,45	0,00
19	0,5	Apio	0,00	0,18	0,19	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,26	0,25	0,22	0,00
Total (l/s)			0,36	14,47	16,60	19,91	21,11	20,21	16,26	19,78	21,08	21,59	20,39	4,72

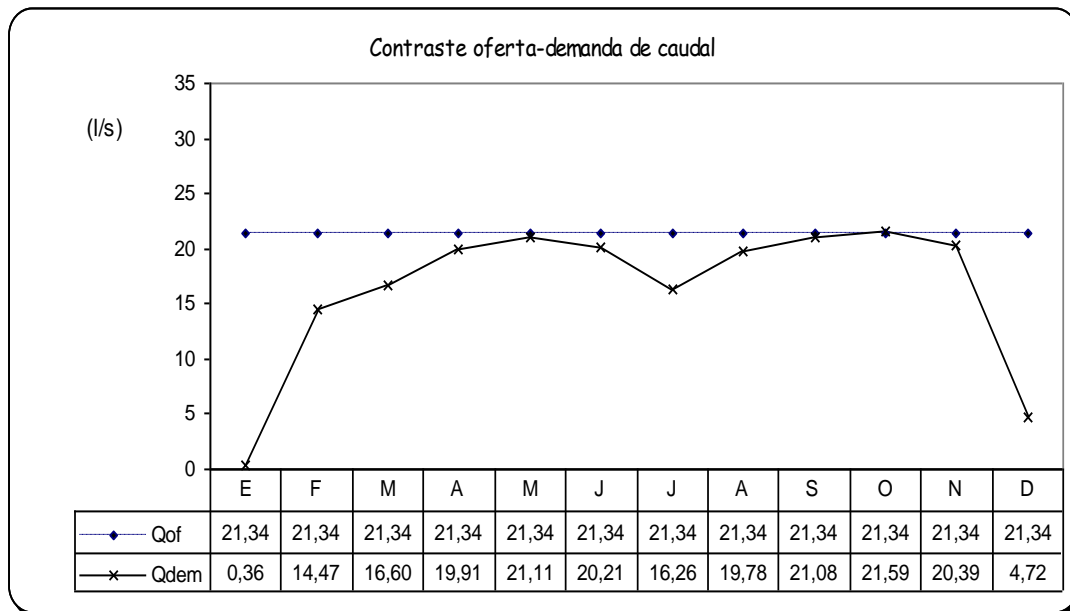


Figura 8. Contraste oferta-demanda de caudal para riego, Sector Mucuquí.

La distribución de agua a las parcelas, involucra directamente el funcionamiento de la red del sistema, así como su dimensionamiento, la organización de todas las actividades que de ello se derive y el manejo del personal responsable de la entrega de agua. En el caso del sistema de riego para el sector Mucuquí, se propone el método de entrega por “rotación o turnos de riego”. El riego por turnos es la forma específica de las redes de riego colectivas formadas por tuberías. Con el turno de riego de módulo variable, el módulo no es uniforme en toda la red, sino específico de cada tubería ramal o secundaria, se recomienda calcularse de forma que se obtenga un funcionamiento continuo del elemento ramal a lo largo del turno de agua, considerando el total de superficies dominadas.

El turno de riego supone obligaciones bien conocidas tanto para el regante (horarios prefijados) como para el que explota la red colectiva (“tomero”). Es importante señalar también, la extrema rigidez de una distribución con turno de riego, desde el punto de vista de su adaptación a una dispersión de las condiciones específicas de cada unidad de explotación.

Se propone también, bajo este sistema de entrega de agua, los siguientes principios:

- La toma de la parcela respectiva, únicamente puede ser utilizada libremente dentro del horario establecido.
- El caudal asignado a cada toma es función de la superficie de la parcela servida.
- El tiempo de operación del sistema está referido a 24 horas al día.
- La distribución del agua a cada parcela sea equilibrada para no sobrecargar los ramales de distribución.

Conclusiones

Las condiciones del área de estudio son características de una zona con sequedad atmosférica, en consecuencia, se evapora más de lo que precipita. Hay, por lo tanto, déficit hídrico en el suelo, resultando negativo el balance. De manera que, para poder producir, se requiere la implementación del tipo de riego integral.

Del estudio realizado se concluye que la caudal oferta en la fuente de 21,34 l/s, satisface plenamente las demandas de riego de los cultivos presentes, a pesar de que los valores pico suceden en los meses de mayo y octubre con 21,11 y 21,59 l/s, llegando al límite de la disponibilidad. Ante esta situación, hay que recordar que, la caudal oferta está estimado como el mínimo posible, es decir; en la fuente se esperan con mayor probabilidad caudales superiores, quedando demostrada la factibilidad técnica para el aprovechamiento del agua de la Quebrada La Vizcaína con fines de riego.

Los meses de mayor demanda de caudal son mayo y octubre, debido a que los cultivos están en su máximo desarrollo, ocurriendo la máxima demanda evapotranspirativa.

El método de riego por aspersión se ajusta adecuadamente a las condiciones topográficas del área, tipo de suelo, clima, cultivos y sobre todo, atendiendo a la disponibilidad de agua.

Con la implementación del sistema de riego se incrementa el área de siembra en un 65%, y se garantizan dos cosechas al año, elevando la producción y mejorando la calidad de vida de la comunidad.

Es importante señalar que, los productores no poseen información en cuanto a la disponibilidad de agua superficial y requerimientos de caudales para riego, y sobre todo, lo referido a las grandes interrogantes, ¿Cuánto regar?, ¿Cuándo regar? y ¿Cómo regar?. En este sentido, se ha contribuido en la generación de información importante para el buen aprovechamiento por parte de esta comunidad de los Andes Venezolanos.

Referencias bibliográficas

FAO. 2006. **Evapotranspiración del cultivo**. Roma. Departamento Económico y Social. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Documento 56 Serie Riego y Drenaje.

Grassi 1998. **Formulación de Proyectos de Riego y Drenaje**. Mérida. CIDIAT. ISBN. 980-292- 692 - 2.

IMDERURAL. (2005). **Estudio de Impacto Ambiental. Captación de Recursos Hídricos, I Etapa diseño de línea de aducción sector: “Los Amarillos – Mucusús” “Mucusús – La Laguna” Pueblo Nuevo del Sur, Municipio Sucre, Estado Mérida**. Mérida – Mérida.

Smith, M. 1993. **CROPWAT, programa de ordenador para planificar y manejar riego**. Naciones Unidas, FAO. ISBN: 92-5-303106-9.