



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN HIDROCIENCIAS

**VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA EN EL MÓDULO
UNO DEL DISTRITO DE RIEGO 089 “EL CARMEN” EN EL
ESTADO DE CHIHUAHUA, A TRAVÉS DE LOS COSTOS DE
OBTENCIÓN Y DE LA PRODUCTIVIDAD MARGINAL.**

FERNANDO YESCAS DIEGO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO.

2014

La presente tesis, titulada: **Valoración económica del agua en el módulo uno del Distrito de Riego 089 “El Carmen” en el Estado de Chihuahua, a través de los costos de obtención y de la productividad marginal**, realizada por el alumno: **Fernando Yescas Diego**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
HIDROCIENCIAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:


DR. JUAN ENRIQUE RUBIÑOS PANTA

ASESOR:


DR. RAMÓN VALDIVIA ALCALÁ

ASESOR:


DR. CARLOS RAMÍREZ AYALA.

ASESOR:


M.C. GUILLERMO CARRILLO FLORES.

Montecillo, Texcoco, México, Julio de 2014.

**Valoración económica del agua en el módulo uno del Distrito de Riego 089
“El Carmen” en el Estado de Chihuahua, a través de los costos de obtención
y de la productividad marginal.**

Yescas Diego Fernando, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN

El Distrito de Riego 089 no tiene suficiente disponibilidad de agua, debido a las escasas precipitaciones, baja eficiencia, poca modernización del sistema de distribución y una inadecuada valoración del recurso agua, que no permite, incrementar las tarifas de riego e invertir en mejoras y modernización de los sistemas de riego.

El presente trabajo tiene como objetivo, determinar el valor económico del agua de riego en el módulo uno del Distrito de Riego 089, a través de funciones de beneficio neto y de la productividad marginal y evaluar la contribución al beneficio neto de un plan de inversión en la modernización de los sistemas de riego.

Para desarrollar la investigación, se analizaron datos históricos proporcionados por el Distrito de Riego 089 como primer escenario, como segundo escenario, se considera una inversión para modernizar el sistema de distribución, estimando los beneficios netos que se generarían con estas inversiones. Para ambos escenarios se plantea una función de producción Cobb-Douglas que nos permita estimar la productividad marginal del agua.

Los resultados obtenidos del escenario 1 arrojan que la productividad marginal es en promedio de $\$0.55/m^3$ para un volumen promedio utilizado de 43.76 millones de m^3 y un beneficio neto promedio de 82.52 millones de pesos, para el caso del escenario 2 la productividad marginal del agua es de $\$ 0.31/m^3$ con un beneficio neto promedio de 94.37 millones de pesos en el periodo comprendido de 2003 a 2013, esto nos muestra que el precio que actualmente pagan los productores de $\$0.2/m^3$ está por debajo de lo que se debiera de pagar. Por lo anterior, se recomienda considerar el precio obtenido a través de los costos de obtención y la productividad marginal, como referencia para establecer las cuotas, tarifas y precio del agua, ya que este precio refleja el valor de escasez del recurso.

Palabras Clave: Valor económico, productividad marginal, costos de obtención.

Economic valuation of water in Module one Irrigation District 089 "El Carmen" in the State of Chihuahua, through procurement cost and marginal productivity.

Yescas Diego Fernando, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

ABSTRACT

Irrigation District 089 does not have sufficient water availability due to low rainfall, low efficiency, poor modernization of the distribution system and inadequate assessment of water resources, which does not allow, increasing irrigation rates and invest in improvements and modernization irrigation systems.

This study aims to determine the economic value of irrigation water in each Irrigation District 089 module functions through net income and the marginal productivity and evaluate the contribution to the net profit of an investment plan modernization of irrigation systems.

To develop research, historical data provided by the Irrigation District 089 as a first stage as the second stage, is considered an investment to modernize the distribution system, estimating the net benefits that would be generated from these investments were analyzed. For both scenarios a production function Cobb-Douglas that allows us to estimate the marginal productivity of water arises.

The results of scenario 1 yield the marginal productivity is on average \$ 0.55/m³ volume used for an average of 43.76 million m³ and an average of 82.52 million pesos net profit, for the case of Scenario 2, the marginal productivity of water is \$ 0.31/m³ with an average net profit of 94.37 million pesos in the period of 2003-2013, this shows us that the price currently paid producers \$ 0.2/m³ is below what is expected to pay . Therefore, it is recommended that the price obtained by the costs of production and the marginal productivity as a reference for establishing quotas, tariffs and price of water, for this price reflects the scarcity value of the resource.

Keywords: economic value, marginal productivity, costs of production.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme vida y abundantes bendiciones.

A mi esposa amada, Sandra Constantino Toledano por su invaluable apoyo y ánimos para la conclusión de este trabajo.

A mis hijas Fernanda y Ana Valeria, por sus sonrisas y besos que me llenan de energía.

A mis padres por sus palabras y consejos.

Al pueblo de México que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología aportaron recursos para la realización de mis estudios de maestría.

A todo el consejo particular que apoyo este trabajo, principalmente al Dr. Enrique Rubiños Panta por su paciencia y consejos.

Al compañero y amigo Ing. Genaro Contreras, por sus atinadas observaciones.

DEDICATORIA

A ti Dios y Padre Eterno porque tuya es la gloria, si ti nada es, nada fue y nada será.

A ti esposa amada por la inspiración y ser la mayor bendición en mi vida.

A mis hijas por todo su amor.

A mis padres por todo el esfuerzo que han hecho.

A mis hermanos Mirna, Alex y Chava, que siempre estarán presentes en mi vida.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
III. JUSTIFICACIÓN	2
IV. OBJETIVOS	3
4.1 General	3
4.2 Específicos.....	3
V. HIPÓTESIS	4
VI. MARCO TEORICO.....	4
6.1 La disponibilidad de agua	4
6.2 Situación del recurso hídrico en México.....	4
6.2.1 Agua renovable	4
6.2.2 Situación del recurso hídrico	5
6.2.3 Clasificación de los usos del agua.....	5
6.2.4 Infraestructura hidroagrícola	6
6.3 Valoración económica de los bienes y servicios ambientales	7
6.3.1 Métodos de Valoración económica del agua	7
6.3.2 Métodos de valoración de los Bienes Intermedios.....	7
6.3.3 Calculo del valor del agua como costo. Recursos hídricos superficiales.	8
6.3.4 Estructura y cálculo del costo de obtención del agua superficial.....	9
6.1 Función de Producción.....	9
6.1.1 Fases de la construcción de funciones de producción	10
6.2 Función de producción de Cobb-Douglas	14
6.2.1 Linealización de la función Cobb-Douglas.....	15
VII. METODOLOGÍA	15
7.1 Recopilación de la información.....	15
7.1.1 Ubicación e información de la zona de estudio.....	15
7.1.2 Factores de la producción agrícola.....	16
7.2 Análisis de la Información.	16

7.2.1	Costos de modernización del módulo uno.....	16
7.2.2	Beneficio neto.....	16
7.2.1	Especificación del modelo	17
7.2.2	Estimación del modelo	17
7.2.3	Análisis estadístico.	18
7.3	Análisis de resultados	18
VIII.	INFORMACIÓN BÁSICA DEL DISTRITO DE RIEGO	19
8.1	Histórica	19
8.2	Recursos naturales.....	20
8.2.1	Clima.....	20
8.2.2	Suelos.....	22
8.2.3	Vegetación.....	23
8.3	Fuentes de agua superficial y subterránea	24
8.3.1	Ríos y corrientes	25
8.3.2	Acuíferos.....	26
8.4	Calidad del agua	27
8.5	Infraestructura hidroagrícola del distrito de riego	29
8.5.1	Presas de almacenamiento	29
8.5.2	Red de Conducción	29
8.5.3	Red de distribución (red menor de canales).....	30
8.5.4	Estructuras de Control y medición.....	31
8.5.5	Red de caminos	34
8.5.6	Red de drenaje.....	35
8.6	Características generales de operación	36
8.6.1	Pérdidas y eficiencias de riego	36
8.6.2	Superficies	37
8.6.3	Padrón de Usuarios	38
8.7	Factores de la producción agrícola.....	38
8.7.1	Cultivos	38
8.7.2	Manejo del suelo y el agua.....	39

IX. PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN	42
9.1.1 <i>Estudio topográfico</i>	42
9.1.2 <i>Diseño agronómico.....</i>	43
9.1.3 <i>Diseño hidráulico.....</i>	47
X. PRODUCTIVIDAD MARGINAL DEL AGUA.....	51
10.1 Especificación del modelo	53
10.2 Estimación del modelo.....	53
10.3 Análisis estadístico.....	54
XI. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
11.1 Resultados del análisis estadístico para el escenario 1.....	55
11.1.1 <i>Coeficiente de determinación R^2</i>	56
11.1.1 <i>La prueba de F.....</i>	56
11.1.2 <i>Productividad Media del Agua escenario 1.....</i>	56
11.1.3 <i>Resultados de la Productividad Marginal del Agua en el escenario 1.....</i>	57
11.2 Resultados del análisis estadístico para el escenario 2.....	59
11.2.1 <i>Coeficiente de determinación R^2</i>	59
11.2.2 <i>La prueba de F.....</i>	59
11.2.3 <i>Productividad media en el escenario 2.....</i>	59
11.2.4 <i>Resultados de la Productividad Marginal del Agua en el escenario 2.....</i>	60
XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
12.1 Conclusiones.....	62
12.2 Recomendaciones.....	63
XIII. BIBLIOGRAFIA	64
XIV. ANEXOS	67

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Usos consuntivos agrupados según origen.....	6
Cuadro 2. Precipitación histórica en el Distrito de Riego 089, Estación presa Las Lajas.	21
Cuadro 3. Calidad del Agua en el Distrito de Riego 089.....	28
Cuadro 4. Red de conducción en los Módulos del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.	30
Cuadro 5. Red de distribución en los Módulos del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.	31
Cuadro 6. Estructuras de Operación del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.	31
Cuadro 7. Estructuras de Protección del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.	32
Cuadro 8. Estructuras de cruce en los Módulos del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.....	33
Cuadro 9. Longitud de caminos en el Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.....	35
Cuadro 10. Red de drenaje en los Módulos del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.....	35
Cuadro 11. Eficiencias de conducción Módulo 1.	36
Cuadro 12. Número de usuarios y superficies por Módulo del Distrito de Riego 089.	37
Cuadro 13. Superficies por sección de cada Módulo del Distrito de Riego 089.	38
Cuadro 14. Comportamiento histórico de las superficies cultivadas en el módulo 1.	39
Cuadro 15. Gasto máximo requerido en el sistema	46
Cuadro 16. Costos de la propuesta de modernización del módulo uno.....	49
Cuadro 17. Participación de los usuarios en el costo de inversión.....	49
Cuadro 18. Condiciones del módulo bajo el esquema de modernización.....	50
Cuadro 19. Proyección de superficie agrícola bajo el escenario de modernización.....	51
Cuadro 20. Datos base para el análisis de regresión escenario 1.....	52
Cuadro 21. Datos base para el análisis de regresión escenario 2.....	52
Cuadro 22. Productividad media del agua en el escenario 1.....	56
Cuadro 23. Productividad marginal del agua por ciclo agrícola en el escenario 1.	58
Cuadro 24. Productividad media del agua en el escenario 2.....	60
Cuadro 25. Productividad marginal del agua por ciclo agrícola en el escenario 2.	61

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Etapas en el desarrollo de un modelo econométrico.....	11
Figura 2. Técnicas de análisis de dependencia	12
Figura 3. Ubicación del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.	20
Figura 4. Clima, Precipitación-Evaporación.	21
Figura 5. Presa de almacenamiento Las Lajas	29
Figura 6. Red de conducción en Módulo 1	30
Figura 7. Red de distribución en el Módulo uno El Carmen, Chihuahua.	30
Figura 8. Estructuras de Operación en el Módulo 1 El Carmen, Chihuahua.....	32
Figura 9. Estructuras de Protección en el Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.	33
Figura 10. Estructuras de Cruce en el Módulo de Riego 1 El Carmen, Chihuahua.	34
Figura 11. Red de Caminos en el Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.	34
Figura 12. Localización de la zona de estudio.	43
Figura 13. Plano Topográfico de la Zona del Proyecto	43
Figura 14. Diseño hidráulico de la red de conducción.....	48
Figura 15. Diseño hidráulico de ramales	48
Figura 16. Secuencia en programa SAS para obtención de estimadores escenario 1.	54
Figura 17. Secuencia en programa SAS para obtención de estimadores escenario 2.	55

I. INTRODUCCIÓN

La Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA) de 1992, realizada en Dublín (Irlanda), estableció un conjunto de principios con relación a los recursos hídricos, entre los que se destacan (Lentini y Mercadier,2009):

1º Principio: El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.

4º Principio: El agua tiene un valor económico en todos sus usos en competencia y debería ser reconocida como un bien económico.

Reconocer que el agua es un bien económico implica asignar un valor al agua que guarde relación con los beneficios que genera y costos que se absorben por su utilización (Lentini y Mercadier,2009).

En el presente trabajo se estima el valor del agua a través de una función de producción Cobb-Douglas para explicar la relación que existe entre el beneficio neto y la combinación de factores o insumos que se utilizan para su obtención, el beneficio neto se calculó, tomando en cuenta los rendimientos de cada cultivo, precio medio rural y costos de producción en cada ciclo de producción comprendidos entre 2003 y 2013 para dos escenarios:

En el primer escenario se tomaron en cuenta los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua a través del módulo uno del Distrito de Riego 089, empleando las variables: superficie física cosechada, volumen bruto de agua aplicada en el riego, costos de operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica del módulo uno y costos de la mano de obra.

En el segundo escenario se estimó la función de producción tomando en cuenta los costos estimados en la propuesta de modernización del módulo uno, para el cálculo del beneficio neto se consideró el impacto que generó el aumento de la disponibilidad de agua. En la estimación del modelo econométrico, se utilizaron las variables: superficie física cosechada, volumen bruto de agua aplicada en el riego, costos de inversión y costos de mano de obra.

A partir de las funciones anteriores se estimó la productividad marginal del agua, los resultados obtenidos nos muestran que para ambos escenarios el precio que actualmente están pagando los productores ($\$ 0.2/m^3$), no refleja su verdadero valor económico, ya que para el escenario uno, se obtuvo un valor de ($\$ 0.55/m^3$) y para el escenario dos, se obtuvo un valor de ($\$ 0.31/m^3$), este resultado nos dice que al aumentar el volumen disponible de agua, la razón de cambio es menor lo

que se explica por la aplicación del volumen incremental a cultivos menos rentables.

Por otro lado la productividad media del agua incrementa en un 14 % al tomar en cuenta el escenario de modernización, lo que nos indica que la eficiencia económica del agua es mayor mejorando la infraestructura hidroagícola.

Finalmente se recomienda tomar en cuenta la productividad marginal del agua obtenida en este trabajo como pauta para asignar una tarifa que refleje el valor del agua en la zona de estudio, además de incrementar la eficiencia de riego a través de la modernización del módulo uno para mejorar la eficiencia económica del agua.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mayor consumidor de agua en el norte de México es el sector agrícola, ya que emplea alrededor del 80% del agua que se extrae de los ríos, lagos y acuíferos. (Muñoz y Núñez, 2005).

En el estado de Chihuahua se registra una precipitación promedio anual de 419 mm, lo que lo ubica entre las primeras cuatro entidades federativas que registran las precipitaciones más bajas a nivel nacional (CNA, 2005). Debido a esto, la cantidad de agua disponible es, en muchas ocasiones, insuficiente para cubrir las necesidades de uso e impacta seriamente la recarga de cuerpos de agua y acuíferos subterráneos.

Por otro lado en el Distrito de Riego 089 “El Carmen” en el Estado de Chihuahua se cuenta con una infraestructura hidroagícola (sin tecnificar) en muy malas condiciones lo que ocasiona baja eficiencia de riego por pérdidas por filtración principalmente, aunado a lo anterior, la transferencia de agua a los usuarios y las políticas de administración actuales en el Distrito de Riego no han tenido el efecto esperado en cuanto al mejor uso y valoración del agua, ya que los usuarios hacen un uso indiscriminado del recurso.

III. JUSTIFICACIÓN

El Módulo de riego uno del Distrito de Riego 089 “El Carmen”, Chihuahua, tiene una superficie física de 7,558.22 ha y 561 usuarios. Los cultivos principales son: el Nogal, Alfalfa y Chile aunque también se cultiva Cacahuete, Algodón, Sorgo y Maíz. Actualmente la red de conducción y de distribución está compuesta de

canales revestidos y canales en tierra, teniendo pérdidas de agua por filtración. El gasto hidráulico resulta insuficiente para cubrir las necesidades de riego de los cultivos en la superficie de riego dominada, razón por la cual los proyectos de tecnificación de la zona de riego se hacen necesarios.

Por otro lado, el uso indiscriminado del recurso por parte de los usuarios refleja el poco valor que se le asigna al agua de riego en la zona de estudio, esto generado en parte por el financiamiento del Gobierno Federal a los sistemas de tecnificación hidroagrícolas y a la tarifa pagada por parte de los usuarios por el servicio de agua que actualmente es de (\$ 0.2/ m³).

Por lo anterior se hace necesario el análisis de las diferentes variables que intervienen en la valoración del recurso hídrico en el módulo uno del Distrito de Riego 089.

IV. OBJETIVOS

4.1 General

El presente trabajo tiene como objetivo, determinar el valor económico del agua de riego en el módulo uno del Distrito de Riego 089, a través de funciones de beneficio neto y de la productividad marginal y evaluar la contribución de un plan de inversión en la tecnificación de los sistemas de riego, como escenario de la modernización.

4.2 Específicos

- Utilizar el concepto de productividad marginal de agua, como un mecanismo para determinar una tarifa que refleje el verdadero valor del recurso en la zona de estudio.
- Establecer un parámetro objetivo para la toma de decisiones acerca de las tarifas asignadas al recurso agua en la zona de estudio.

V. HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas para el presente trabajo son las siguientes:

- El incremento en una unidad adicional del volumen de agua contribuye con un incremento mayor o igual al 30 % en el beneficio neto de la producción en el Distrito de Riego en el escenario uno.
- Mejorar las condiciones de riego incrementará los beneficios netos en la zona de estudio.
- El precio que actualmente pagan los productores por el recurso agua está por debajo de su verdadero valor de escasez.
- La eficiencia económica del agua es mayor tomando en cuenta la modernización del módulo uno en comparación con el producto medio calculado con los datos proporcionados por el Distrito de Riego.

VI. MARCO TEORICO

6.1 La disponibilidad de agua

A nivel mundial se estima la disponibilidad de agua promedio anual en 1,386 millones de kilómetros cúbicos. De ésta, 35 millones de kilómetros cúbicos son agua dulce (el 2.5%). Del agua dulce, el 70% no son disponibles por encontrarse en glaciares, nieve, hielo; 10.5 millones de kilómetros cúbicos se encuentran en el agua subterránea, y solamente 135 mil kilómetros se encuentran en lagos, ríos, humedad en suelo y aire, humedales, plantas y animales, (Conagua 2010).

6.2 Situación del recurso hídrico en México.

6.2.1 *Agua renovable*

El agua renovable es la cantidad de agua máxima que es factible explotar anualmente en una región, es decir, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y por el agua proveniente de otras regiones o países (importaciones). Se

calcula como el escurrimiento natural medio superficial interno anual, más la recarga total anual de los acuíferos, más las importaciones de agua de otras regiones, menos las exportaciones de agua a otras regiones (en el caso de México se utilizan los valores medios determinados a partir de los estudios disponibles), (Gleick, P. 2002- 2003).

6.2.2 Situación del recurso hídrico

El agua renovable se debe analizar desde tres perspectivas (Conagua, 2011).

- Distribución temporal, ya que en México existen grandes variaciones del agua renovable a lo largo del año. La mayor parte de la lluvia ocurre en el verano, mientras que el resto del año es relativamente seco.
- Distribución espacial. Porque en algunas regiones del país ocurre precipitación abundante y existe una baja densidad de población, mientras que en otras sucede el efecto contrario.
- Área de análisis. Porque la problemática del agua y su atención es predominantemente de tipo local. Los indicadores calculados a gran escala esconden las fuertes variaciones que existen a lo largo y ancho del país.

6.2.3 Clasificación de los usos del agua

El agua es empleada de diversas formas prácticamente en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o para producir bienes y servicios. En el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), se registran los volúmenes concesionados (o asignados, en el caso de volúmenes destinados al uso público urbano o doméstico) a los usuarios de aguas nacionales. En dicho registro se tienen clasificados los usos del agua en 12 rubros, mismos que para fines prácticos se han agrupado en cinco grandes grupos; cuatro de ellos corresponden a usos consuntivos, a saber, el agrícola, el abastecimiento público, la industria autoabastecida y la generación de energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad, y por último el hidroeléctrico, que se contabiliza aparte por corresponder a un uso no consuntivo (Conagua, 2011)

El mayor volumen concesionado para usos consuntivos del agua es el que corresponde al uso agrupado agrícola, como se observa en la tabla siguiente. En este caso, se está considerando principalmente el agua empleada para riego.

Cabe destacar que México es uno de los países con mayor infraestructura de riego en el mundo (Conagua, 2011).

Cuadro 1. Usos consuntivos agrupados según origen.

Usos	Origen		Volumen Total (km ³)	Porcentaje de extracción
	Superficial (km ³)	Subterráneo (km ³)		
Agrícola	40.9	20.9	61.8	76.7
Abastecimiento público	4.3	7.1	11.4	14.1
Industria autoabastecida	1.6	1.7	3.3	4.1
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	3.6	0.4	4.1	5.1

FUENTE: Conagua. Subdirección General de Administración del Agua. 2010.

6.2.4 Infraestructura hidroagrícola

Dentro de la infraestructura hidráulica con la que cuenta el país para proporcionar el agua requerida para los diferentes usuarios nacionales, destaca la siguiente (Conagua, 2011):

- 4,462 presas y bordos de almacenamiento.
- 6.50 millones de hectáreas con riego.
- 2.9 millones de hectáreas con temporal tecnificado.
- 631 plantas potabilizadoras en operación.
- 2,029 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación.
- 2,186 plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación.
- 3,000 km de acueductos.

En México, el área con infraestructura que permite el riego es de aproximadamente 6.5 millones de hectáreas, de las cuales 3.5 millones corresponden a 85 distritos de riego (DR), y las restantes 3.0 millones de hectáreas a más de 39 mil unidades de riego (UR). (Conagua, 2011).

Los Distritos de Riego y Unidades de Riego fueron diseñados de acuerdo con la tecnología prevaleciente para la aplicación del agua por gravedad en las parcelas. En muchos casos sólo se construyeron las redes de canales y drenes principales, quedando las obras parcelarias a cargo de los usuarios. Esto, sumado al deterioro

de la infraestructura, acumulado en varias décadas por la insuficiencia de recursos económicos destinados a su conservación y mejoramiento, propiciaron una baja en la eficiencia global en el manejo del agua, cabe destacar que el rendimiento de la superficie bajo régimen de irrigación es superior al correspondiente a la agricultura de temporal. (Conagua 2011).

6.3 Valoración económica de los bienes y servicios ambientales

Valorar económicamente los bienes y servicios ambientales significa obtener una medición monetaria de los cambios en el bienestar, que una persona o grupo de personas, experimenta a causa de una mejora o daño de esos o servicios ambientales. Asociar una determinada cifra monetaria al valor económico de un servicio ambiental no pretende representar un precio, sino un indicador monetario del valor que tiene para un individuo o conjunto de individuos el servicio en cuestión (Romero, 1997).

6.3.1 Métodos de Valoración económica del agua

La evaluación económica de las inversiones relacionadas con el agua en el desarrollo y la gestión del riego, energía hidroeléctrica, abastecimiento urbano y rural del agua es importante porque ayuda a determinar el valor que le dan las personas a los proyectos propuestos y la estimación del grado en que están dispuestos a pagar los beneficios (Young,1996).

Como alternativa a los precios de mercado, se necesitan precios sombra, precios que reflejen los beneficios o valores económicos para proporcionar una base para las inversiones relacionadas con el agua y las decisiones de asignación. Los economistas han desarrollado y perfeccionado en las últimas décadas una serie de técnicas para la medición de los valores económicos. Estas técnicas requieren de la teoría económica y las prácticas económicas aplicadas. (Young,1996).

6.3.2 Métodos de valoración de los Bienes Intermedios

Young (1996) en el método de valoración a través del enfoque residual emplea modelos de beneficio neto para valorar económicamente el agua como bien intermedio, principalmente en el riego de cultivos y las actividades industriales. El proceso consiste en restar los gastos previstos de insumos de los ingresos en una

primera etapa. El superávit restante o residual de los ingresos sobre los gastos es conceptualizado como el beneficio neto que sirve como base para estimar el valor económico del agua. En una segunda etapa, Young considera un proceso de producción en el que el beneficio neto (Y) es producido por diferentes factores de producción, el capital (K), el trabajo (L), otros recursos naturales como la tierra (R) y el agua de riego (W), la función de producción planteada es la siguiente:

$$Y = f(K, L, R, W)$$

A partir de esta función, el autor hace uso del concepto de la productividad marginal para darle valor a los insumos que intervienen en el proceso de producción.

La técnica residual está sujeta a errores (Young, 1996), ya que el analista puede subestimar los costos de ciertos insumos o incluso omitirse y sobreestimar el valor residual atribuido a la variable de estudio. Errores de este tipo se han encontrado en los modelos, en los que el valor añadido de todo (los pagos a los sueldos, salarios, beneficios, intereses, depreciación, otros recursos naturales, etc.) se ha atribuido erróneamente al agua.

6.3.3 Calculo del valor del agua como costo. Recursos hídricos superficiales.

Por otro lado otros autores (Caballer y Olmeda) formulan un modelo de comportamiento económico mediante el efecto sustitución (riego convencional por riego localizado) y utilizar el costo de dicha innovación como criterio para la asignación de un valor al agua para riego.

Una primera estimación del valor del agua de riego es su valor o precio de obtención. La transformación del agua de lluvia desde un proceso aleatorio a un proceso controlable lleva consigo costos tanto en la construcción de obras hidráulicas como en las instalaciones de extracción (energía eléctrica, mano de obra, etc.)

6.3.4 Estructura y cálculo del costo de obtención del agua superficial

Los costos de obtención del agua superficial para riego, en el caso de los recursos hidráulicos en funcionamiento, se pueden agrupar en los siguientes conceptos.

- Amortización de la obra hidráulica.
- Amortización de los canales de riego.
- Mantenimiento de las instalaciones.
- Mano de obra.
- Administración.
- Energía.
- Varios e imprevistos.

Estos costos de funcionamiento generalmente se contabilizan en periodos anuales y se pueden agrupar en:

- **Costos Fijos.**- Amortización, mantenimiento, derecho de explotación, cuotas de participación, etc.
- **Costos Variables.**- Costos de la gestión de las instalaciones de riego, costos de personal y mano de obra, energía, administración, estos varían proporcionalmente al volumen de agua.

6.1 Función de Producción

En general, los modelos econométricos y específicamente la función de producción son utilizados como una herramienta de análisis que ayuda en la toma de decisiones tanto a nivel macroeconómico como a nivel microeconómico como es el caso que nos ocupa.

Los modelos econométricos son utilizados generalmente para alguna de las siguientes actividades (Pulido, 1987):

- **Análisis estructural:** Cuantificación de las relaciones que en el periodo analizado ha existido entre las variables implicadas, a través del conocimiento del signo y valor de los parámetros estimados. Es decir, como inciden en la variable endógena las variaciones de las variables explicativas.

- Predicción: Predecir los valores que tomará a futuro la variable objeto de estudio.
- Simulación: Efectos que tienen sobre la variable endógena diferentes estrategias que se planteen en las variables explicativas.

En lo referente a la clasificación de los modelos econométricos, existen diversas categorías dependiendo del tipo de datos de las variables, el momento del tiempo al que hacen referencia y el número de variables endógenas que se desee explicar, entre otras.

En lo referente a los tipos de datos de las variables, encontramos dos divisiones (Pulido, 1987):

- Series temporales: Los datos pueden corresponder a los valores de una variable en el tiempo. Estos pueden tener frecuencia, diaria, semanal, mensual o anual.
- Series de corte transversal: Los valores corresponden a distintos sujetos para un mismo momento del tiempo. En este caso se trataría de series del tipo de consumo de diferentes familias, inversión de distintas empresas, etc.

Finalmente, es preciso señalar que la modelación debe ser entendida como el proceso mediante el cual un investigador diseña y construye un modelo que representa un objeto o sistema real, es decir, es una metodología para la resolución de problemas y no una teoría en sí (Aguilar *et al.*, 2003).

6.1.1 Fases de la construcción de funciones de producción

Cuando se plantea la estimación un modelo econométrico es necesario disponer de información estadística de las variables que se utilizarán en la construcción de éste, además de tener claros los objetivos perseguidos en dicha función (Toro, *et al.* 2010).

En la elaboración de un modelo es posible distinguir al menos cuatro fases:

- i. Recopilación de información.
- ii. Especificación.
- iii. Estimación de los parámetros.
- iv. Contraste diagnóstico o de validación.
- v. Selección del modelo.

Siendo posible repetir algunas de las fases cuando ninguno de los modelos especificados inicialmente se adaptan a los datos analizados, tal como se muestra en la Figura 1.

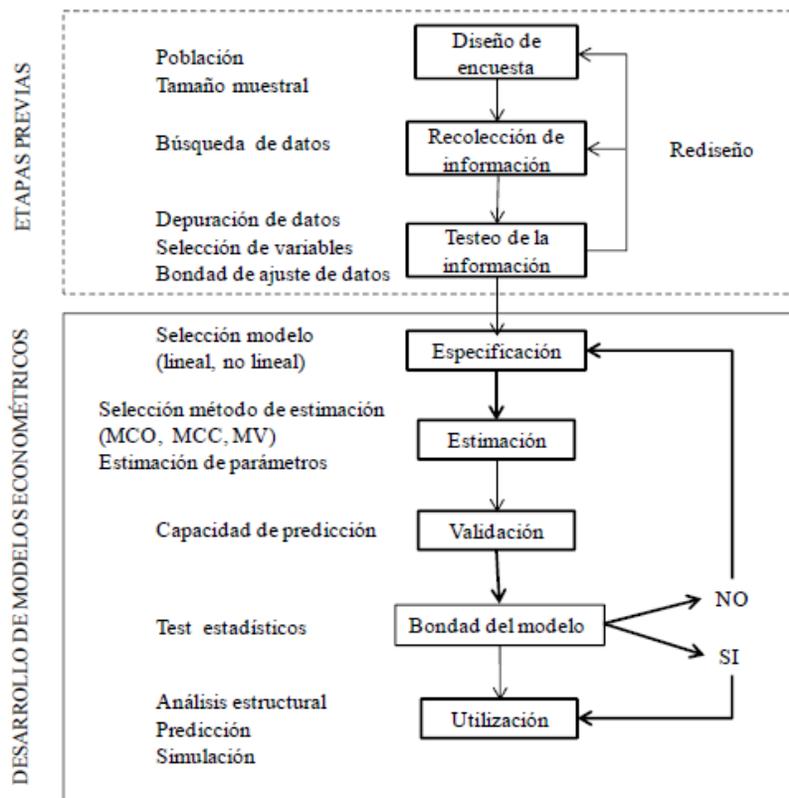


Figura 1. Etapas en el desarrollo de un modelo econométrico.

A continuación, se especificará brevemente en qué consiste cada una de dichas etapas (Toro, *et al.* 2010):

i. Recopilación de información.

El proceso de recopilación de la información, etapa inicial de cualquier investigación, es considerada el cimiento sobre el que se sustenta el proceso de modelización. De esta manera, para realizar de forma correcta esta etapa es necesario tener presente ciertas consideraciones en la búsqueda de la representatividad de la muestra.

ii. Especificación.

Comienza con la formulación del modelo estructural, para lo que es necesario, inicialmente, definir que variable productiva se quiere determinar y seleccionar las variables que serán utilizadas para dicha estimación.

iii. Estimación de los parámetros.

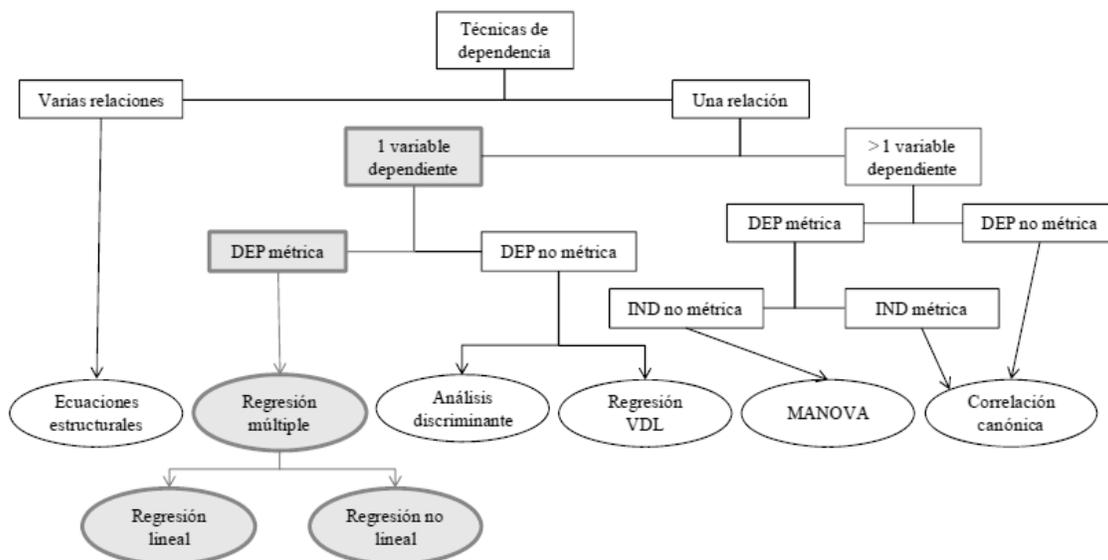
Una vez especificado el modelo, se prosigue con la fase de estimación de los parámetros estructurales. Para llevar a cabo esta tarea, se hace indispensable la utilización de algún software estadístico.

Los métodos de estimación dependen tanto de la relación de dependencia de las variables como del tipo de modelo. En la determinación de funciones de producción, el tipo de dependencia más habitual corresponde a aquellas en que se presenta una relación con una variable dependiente métrica y un conjunto de variables independientes que pueden ser o no ser métricas, es decir:

$$Y_1 \Leftarrow (X_1, X_2, X_3, \dots, X_m)$$

(métricas) (métricas, no métricas)

Tal clasificación se muestra destacada en la Figura 2, donde se presentan todas las técnicas de análisis de dependencia.



FUENTE: Toro, *et al.* (2010)

Figura 2. Técnicas de análisis de dependencia

Es decir, la técnica de análisis de dependencia más utilizada para la generación de funciones de producción corresponde a la regresión múltiple, estando esta representada tanto por relaciones lineales como no lineales.

Para poder calcular la productividad marginal del agua de riego de un cultivo, y por consiguiente su valor económico, es necesario estimar su función de producción, a través del beneficio neto, donde la cantidad de cosecha está en función de la dosis aplicada de agua y de otros factores, como la mano de obra y la superficie cosechada, entre otros, así la función de producción se presenta de la siguiente manera:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_i)$$

Donde:

Y = Cantidad de producto obtenido, y

X_i = Cantidad de insumos necesarios para la producción,

De la función de producción se puede derivar los conceptos de producto medio (PM_e) y producto marginal (PM_g), el PM_e expresa la tasa promedio a la cual un insumo se transforma en producto, y es razón entre el producto y nivel de uso de insumo variable (Caballer y Guadalajara, 1998).

$$PM_e = (Y/X)$$

La preocupación de la economía aplicada a la agricultura es el uso eficiente de los recursos. Así, esta eficiencia se mide según se transforma el insumo en producto, entonces el producto medio mide la eficiencia del insumo variable usado en el proceso de producción agrícola. El PM_g es más significativo para el análisis económico que el PM_e , es el PM_g que se expresa como el aumento en el producto total (Y), debido a la adición de una unidad del insumo variable durante el proceso productivo. Matemáticamente, es la primera derivada parcial de la función con respecto al insumo variable X (Caballer y Guadalajara, 1998).

$$PMg = (dY/dX_i)$$

Según Palacios (2011), en el análisis del agua aplicada al riego, si la cantidad de agua disponible se utiliza para regar cultivos de alta rentabilidad, el incremento en el beneficio neto obtenido por cada unidad de agua utilizada sería muy considerable. Conforme se dispone de más agua se regarán cultivos menos remunerativos por unidad de superficie pero con más facilidad de mercadeo, de manera que el incremento en beneficio por unidad adicional de agua disponible va disminuyendo.

6.2 Función de producción de Cobb-Douglas

Se propone la utilización de la función de producción Cobb-Douglas en el desarrollo del presente trabajo porque permite el análisis el comportamiento de más de una variable explicativa, debido a que muestra la variación del beneficio neto en respuesta a una variación de los insumos que intervienen en su producción, evitando así los errores de sobrestimación (Young,1996) por la utilización de una sola variable para la explicación del comportamiento del beneficio neto.

La función de producción Cobb-Douglas es una función muy empleada para el análisis económico que tiene la siguiente forma (Castellanos, 2004):

$$Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2}, \dots, X_n^{\beta_n} \quad (1)$$

Donde Y es un vector de dimensión que denota la cantidad de producto obtenido, $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ un vector de n insumos y $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n)$ un vector de n parámetros desconocidos.

Para la función de producción anterior, el producto (Y) usualmente es el producto total medido por año, en tanto que los insumos (X_1, X_2, \dots, X_n) comúnmente son medidos como cantidades disponibles o usadas en el proceso de producción (Velazco, 1988).

De la ecuación 1 podemos mencionar:

- 1) $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ y β_4 , es la elasticidad (parcial) del producto final con respecto al insumo X_1, X_2, X_3 y X_4 , respectivamente, es decir, mide el cambio porcentual en Y debido a una variación del 1% en el insumo correspondiente, manteniendo los demás insumos constantes.

- 2) La suma de $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4$ nos da la información sobre los rendimientos a escala, es decir, la respuesta del beneficio neto a un cambio proporcional en los factores. Si la suma es 1, entonces existen rendimientos constantes a escala, es decir, la proporción del incremento de los insumos será la misma en la que incremente la variable de respuesta. Si la suma es menor que 1, existen rendimientos decrecientes a escala, la proporción del crecimiento del beneficio neto será menor que el incremento de los factores. Si la suma es mayor que 1 habrá rendimientos crecientes a escala, es decir, la proporción de crecimiento del beneficio neto, será mayor a incremento de los insumos.

6.2.1 Linealización de la función Cobb-Douglas

Para la aplicación del método de mínimos cuadrados o en la utilización de un programa estadístico, es necesario tener la ecuación de regresión en forma lineal y la función de producción de Cobb-Douglas no se encuentra establecida en esa forma, por lo que se hace necesario utilizar un método para la linealización de dicha función. El método utilizado es el empleo de logaritmos naturales ya que es intrínsecamente lineal.

Aplicando directamente logaritmos a la función (1), se tiene:

$$\ln Y = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln X_4 \quad (2)$$

VII. METODOLOGÍA

Para desarrollar la presente investigación se llevó a cabo la siguiente metodología:

7.1 Recopilación de la información

7.1.1 Ubicación e información de la zona de estudio.

En esta etapa se describió detalladamente información de la localización geográfica de la zona de estudio, se describieron datos como: clima, suelo, vegetación, además de identificar las fuentes de agua en la zona de influencia del proyecto, determinando la cuenca y la subcuenca hidrográfica, identificando los ríos, corrientes y acuíferos.

7.1.2 Factores de la producción agrícola.

En este apartado se colectó información sobre los cultivos, superficie cultivada y manejo de los mismos, esta información nos aporta factores para posteriormente calcular la productividad marginal del agua a través de la estimación de los beneficios netos en la zona del módulo uno.

7.2 Análisis de la Información.

7.2.1 Costos de modernización del módulo uno

Se propuso un esquema de modernización del módulo uno y utilizar el costo de dicha innovación como criterio para la asignación de un valor al agua para riego, estimando el beneficio neto y analizando su comportamiento ante los factores de producción (incluyendo el costo de inversión propuesta), la propuesta de modernización constará de las siguientes actividades:

- 1.- Selección del sistema de riego.
- 2.- Diseño agronómico.
 - 2.1. Calculo del requerimiento de riego.
- 3.- Diseño hidráulico
- 4.- determinación de costos

7.2.2 Beneficio neto

Para analizar la productividad marginal del agua en el módulo uno del Distrito de Riego 089, se estableció una función que relaciona el beneficio neto en función de los recursos que intervienen en el proceso de producción. Es importante señalar que se calculó el beneficio neto en dos escenarios, el primer escenario se desarrolla con datos históricos de producción otorgados por el Distrito de Riego 089, en el periodo de 2003 a 2013, para el segundo escenario se analizó el comportamiento del beneficio neto incluyendo el costo de inversión de la propuesta de modernización, presentada para el mismo periodo de estudio (2003-2013) con fines comparativos.

Para el cálculo del beneficio neto se tomó en cuenta la siguiente ecuación.

$$BN = IT - C = f(x_i) \quad (3)$$

Donde

BN = Beneficio neto.

IT = Ingreso Total o ingreso bruto.

C = Costo de producción.

$f(x_i)$ = El beneficio neto en función de los recursos utilizados que intervienen en el proceso de producción.

7.2.1 Especificación del modelo

Haciendo uso de la función de producción Cobb-Douglas para la obtención de la productividad marginal, se consideró el beneficio neto, calculado a partir de la ecuación 3 para ambos escenarios y analizar el comportamiento del beneficio neto en función de los recursos utilizados.

Para el desarrollo de este trabajo se contaron con cinco variables, mostradas en el siguiente modelo:

$$BN = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} X_4^{\beta_4} \quad (4)$$

De manera particular se definieron: a BN como el Beneficio neto, a X_1, X_2, X_3 y X_4 como los factores de producción y a $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ y β_4 como los parámetros a estimar.

7.2.2 Estimación del modelo

Una vez especificado el modelo, la siguiente tarea consistió en la estimación (valores numéricos) de los parámetros del modelo a partir de los datos disponibles.

Para la estimación del modelo fue necesario partir de una función lineal en los parámetros, dado que la función de producción de Cobb-Douglas es un modelo no lineal, no cumple con esta condición, por lo que fue necesario realizar un proceso de linealización. La transformación más usual es la de aplicar logaritmos a la función y así hacer que el modelo transformado sea lineal en los parámetros β donde cada uno de los coeficientes $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ y β_4 es la elasticidad parcial de BN con respecto a las variables X_1, X_2, X_3 y X_4 respectivamente.

Entonces, partiendo del modelo (4), y aplicando logaritmos, el modelo transformado es

$$\ln BN = \ln\beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln X_4 \quad (5)$$

Este modelo es lineal en los parámetros $\ln\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ y β_4 y lineal en los logaritmos de las variables BN, X_1, X_2, X_3 y X_4 . El modelo nos afirma que la producción final, está relacionada linealmente con los factores de producción.

7.2.3 Análisis estadístico.

Con la finalidad de simplificar los cálculos para la obtención de los estimadores se utilizó el programa estadístico SAS (versión 9.0).

7.3 Análisis de resultados

En esta etapa de la investigación se muestran los resultados obtenidos con el procedimiento descrito y se interpretan los valores obtenidos para ambos escenarios, además de emitir las conclusiones y recomendaciones.

VIII. INFORMACIÓN BÁSICA DEL DISTRITO DE RIEGO

8.1 Histórica

En 1957 por acuerdo presidencial se establece el Distrito de Riego 089, “El Carmen”, en las zonas aledañas a la población de Ricardo Flores Magón, municipio de Buenaventura, Chihuahua, específicamente el 9 de enero de 1957, mediante dicho acuerdo se conforma el documento en el cual se declara de utilidad pública la construcción de las obras y se delimita el perímetro del Distrito, con una superficie física de 24, 180.54 ha. Publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 30 de enero del mismo año, sin embargo inicia operaciones hasta 1965, en que están construidas las obras requeridas, entre ellas la presa Las Lajas, cuya capacidad de almacenamiento es, en números redondos de 90 millones de metros cúbicos.

El Distrito Riego 089, desde su creación hasta principios de diciembre de 1993, estuvo al cuidado, bajo la responsabilidad de la Comisión Nacional del Agua, a partir del 6 de diciembre de 1993, es transferido a 3 Asociaciones de Usuarios denominados: Módulo 1 “Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 089, El Carmen, A.C.”, Módulo 2 “Bombeo Ejido Benito Juárez, A.C.” y Módulo 3 “Sistema de Bombeo del Ejido Constitución, A.C.”; a partir de esta fecha son responsables las Asociaciones de Usuarios de la operación y administración de los 3 módulos del Distrito, fungiendo la Comisión Nacional del Agua como el organismo mediador y regulador entre los usuarios y las dependencias federales para los trabajos en coordinación y también de ser necesario proporcionar el apoyo técnico requerido por los usuarios para el aprovechamiento eficiente de los recursos (agua y suelo), infraestructura y mantenimiento de la misma.

El Distrito de Riego se localiza entre los paralelos 29° 50' y 30° 15' Latitud Norte, entre los meridianos 107° 05' y 106° 42' 30" Longitud Oeste y con una altitud promedio de 1,450 m.s.n.m El Distrito queda dentro del área comprendida por la región hidrológica de Cuencas Cerradas del Norte, denominada, la número 34. Ver Figura 3.

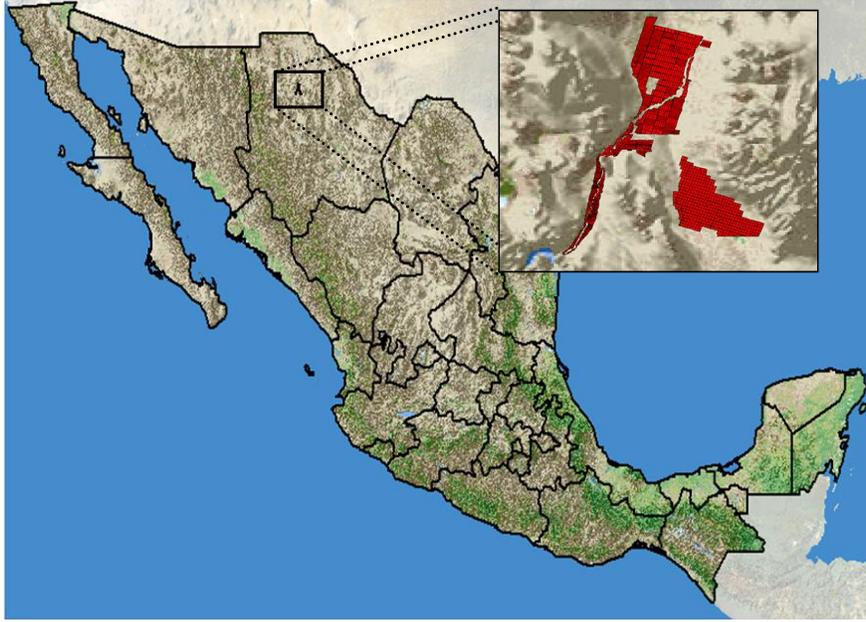


Figura 3. Ubicación del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.

8.2 Recursos naturales

8.2.1 Clima

De acuerdo al sistema de clasificación de clima Köppen, adecuado por la M.C. Enriqueta García, para la República Mexicana, así como también considerando los datos de las estaciones climatológicas del Estado, el clima que corresponde al Distrito de Riego 089, es de seco desértico a seco estepario con lluvias escasas.

De los registros de la estación climatológica Las Lajas, que se encuentra dentro del Distrito de Riego, se conoce que la precipitación media anual de la zona es de 346.51 mm, la máxima anual registrada fue de 568.2 mm y la mínima anual de 127.6 mm, siendo frecuentes las precipitaciones de tipo torrencial. En cuanto a las temperaturas, la media anual es de 16.8°C, sin embargo es zona de clima extremo, la máxima registrada es de 42 °C y la mínima de -18°C. Ver Figura 4.

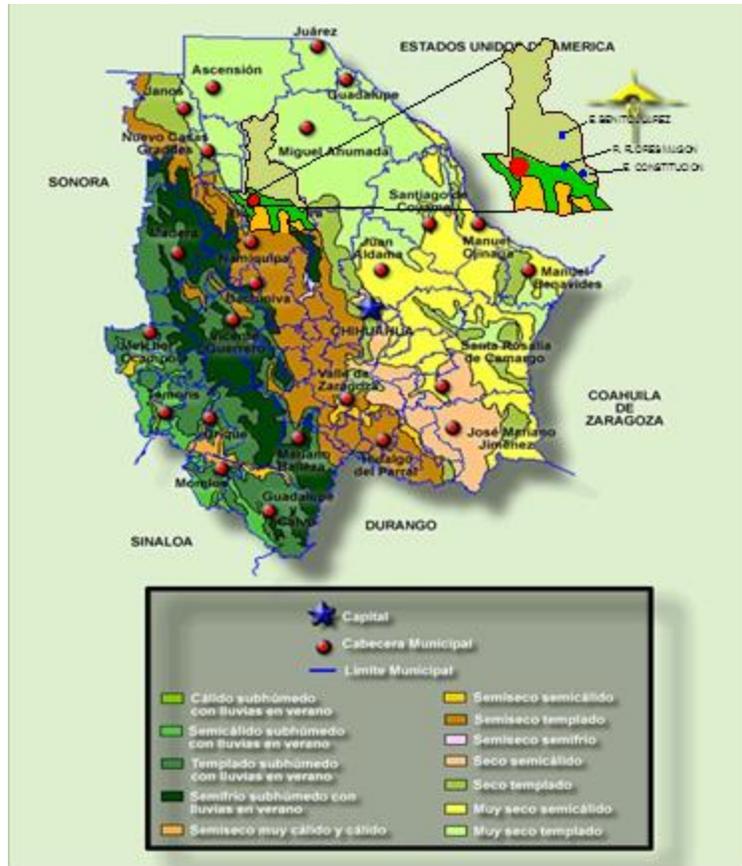


Figura 4. Clima, Precipitación-Evaporación.

Cuadro 2. Precipitación histórica en el Distrito de Riego 089, Estación presa Las Lajas.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	Promedio
1985	27.5	18.0	22.5	15.0	7.0	22.5	42.0	119.0	37.0	10.0	21.0	0.0	341.5	28.5
1986	11.5	20.0	0.0	0.0	11.5	33.0	125.0	106.0	73.0	57.0	21.5	41.5	500.0	41.7
1987	7.0	14.0	1.0	38.0	14.0	10.0	55.0	129.0	68.0	6.0	3.0	9.0	354.0	29.5
1988	0.0	5.0	4.0	7.0	0.0	22.0	42.0	38.0	51.0	16.0	0.0	4.0	189.0	15.8
1989	2.0	22.0	8.0	0.0	14.0	0.0	37.0	150.5	77.0	118.0	17.0	24.0	469.5	39.1
1990	2.0	6.5	4.0	0.0	2.0	2.0	36.0	222.0	77.0	118.0	17.0	24.0	510.5	42.5
1991	4.0	12.5	1.0	0.0	0.0	5.0	264.0	69.0	78.0	0.0	15.0	22.0	470.5	39.2
1992	25.0	58.0	1.0	45.0	105.0	8.0	78.0	62.7	28.0	32.0	28.0	16.0	486.7	40.6
1993	31.0	3.0	1.0	15.0	2.0	13.0	101.0	61.0	93.1	18.0	4.0	50.0	392.1	32.7
1994	1.0	4.0	16.0	4.0	6.0	27.0	52.0	8.0	78.0	11.0	3.0	28.0	238.0	19.8

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	Promedio
1995	3.0	8.0	7.0	1.0	2.0	2.0	37.0	44.0	78.0	2.0	16.0	7.0	207.0	17.3
1996	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	43.0	62.0	152.0	69.0	14.0	21.0	0.0	369.5	30.8
1997	21.0	5.0	20.0	33.5	36.0	6.5	119.5	98.5	36.5	0.0	12.0	36.0	424.5	35.4
1998	0.0	14.0	7.1	0.0	0.0	13.5	89.5	93.3	29.5	58.5	142.7	0.0	448.1	37.3
1999	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	32.0	135.2	88.0	35.1	9.2	0.0	10.0	317.0	26.4
2000	0.0	1.0	1.5	0.0	0.0	99.5	40.0	21.5	6.0	17.0	20.0	0.0	206.5	17.2
2001	44.5	1.0	7.8	4.5	17.0	32.0	90.3	38.7	63.0	6.5	16.5	16.5	338.3	28.2
2002	1.0	15.7	0.0	0.0	1.5	13.0	42.0	99.6	0.0	38.0	0.0	15.5	226.3	18.9
2003	0.0	11.7	6.5	0.0	0.0	11.0	16.5	39.1	12.0	0.0	0.0	0.0	96.8	8.1
2004	16.5	29.0	16.0	20.0	0.0	22.0	41.0	152.7	45.9	16.3	33.0	31.0	423.4	35.3
2005	22.5	37.5	2.0	0.0	28.4	0.0	59.5	80.3	35.4	21.2	0.0	0.0	286.8	23.9
2006	0.0	0.0	1.5	0.0	1.7	31.3	127.8	104.9	141.6	25.5	0.0	8.0	442.3	36.9
2007	93.8	0.0	0.0	0.0	26.2	18.1	75.8	94.4	59.7	3.0	9.0	5.0	385.0	32.1
2008	0.0	9.0	1.0	0.0	0.0	48.4	229.0	72.4	39.7	8.5	0.0	0.0	408.0	34.0
2009	10.0	0.0	0.0	0.0	5.0	47.0	110.0	122.5	47.0	70.0	1.0	21.5	434.0	36.2
2010	32.0	6.0	1.0	9.0	13.0	8.0	63.5	119.0	52.0	7.0	0.0	0.0	310.5	25.9
SUMA	363.8	300.9	137.4	192.0	292.3	569.8	2,170.6	2,386.1	1,410.5	682.7	400.7	369.0	9,275.8	773.0
PROMEDIO	14.0	11.6	5.3	7.4	11.2	21.9	83.5	91.8	54.3	26.3	15.4	14.2	356.8	

FUENTE: Distrito de riego 089, CONAGUA.

8.2.2 Suelos

El origen de los suelos es principalmente de roca ígnea extrusiva del Cenozoico, Cuaternario; los cuales debido al desgaste se fueron depositando en abanicos aluviales en depósitos de textura gruesa en las laderas y faldas de los cerros, y de textura fina arcillosa en las depresiones.

Los suelos presentes en el Distrito son principalmente:

- Xh. Xerosol Hálpico.- Suelo de zonas secas, de capa generalmente superficial clara y delgada con cantidades variables de materia orgánica, según su tipo de textura.
- Xk. Xerosol Lúvico.- Similar a los anteriores pero con acumulación considerable de arcilla, encontrándose posiblemente más abajo con cal o yeso.
- Re. Regosol.- Suelo sin estructura, muy parecido a la roca madre; rico o muy rico en nutrientes.
- Rc. Regosol con cierta presencia de cal a menos de 50 cm de profundidad.
- l. Litosol.- Suelos con menos de 10 cm de profundidad; su susceptibilidad a la erosión es de moderada a alta.
- E. Renzia.- Suelos de menos 50 cm de espesor, sobre roca dura de cal.
- Vc. Vertisol oscuro.- Suelos muy arcillosos en cualquier capa de menos de 50 cm de profundidad, en épocas de secas tiene grietas muy visibles.

8.2.3 Vegetación

La vegetación de la zona que constituye la superficie del Distrito de Riego 089, comprende principalmente matorral desértico micrófilo (DM) y pastizal natural.

El matorral desértico micrófilo muestra marcada preferencia por desenvolverse en terrenos aluviales, llano y con suelos desarrollados, tal como se encuentran en esta región, en general esta comunidad xerófila se halla constituida por un agrupación uniforme de *Larrea tridentata* (comúnmente conocida como gobernadora).

Los pastizales naturales incluyen varias especies de *Bouteloua*, especialmente en lugares donde el sobrepastoreo no ha alterado de manera significativa la composición del pastizal; las especies más comunes en estos lugares son: *Bouteloua gracilis* (zacate navajilla) y *Bouteloua hirsuta* (navajita velluda) y en menor proporción se encuentran gramíneas forrajeras.

En lugares más secos el pastizal natural va siendo reemplazado, de manera paulatina, por elementos xerófilos propios de los matorrales, principalmente por

Prosopis glandulosa (mezquite), Fouquieria splendens (ocotillo), Aloysia sp., Yuca sp. y Larrea tridentata.

En gran parte de las superficies que no son de uso agrícola ni zonas urbanas se cuenta con bastos pastizales, los cuales sustentan la ganadería de esta región; en el resto del territorio que comprende el Distrito, existen pequeñas áreas de matorral.

8.3 Fuentes de agua superficial y subterránea

La disponibilidad de agua superficial representa el 22.19 % del total de agua que abastece al Distrito de Riego, proveniente del aprovechamiento del río Santa Clara – El Carmen, a través de la Presa de almacenamiento, “Las Lajas”, la cual tiene una capacidad de almacenamiento de 90 millones de metros cúbicos, con un volumen útil de 84 millones de metros cúbicos y de la que se extraen en promedio 48 millones de metros cúbicos anuales, cabe mencionar que para el módulo uno es la única fuente de agua superficial.

Cuenca y subcuenca hidrográfica

La hidrografía del Estado de Chihuahua está formada por cinco cuencas principales, mismas que delimitan las regiones hidrológicas del estado. Estas regiones son: la Río Bravo Poniente (24), Bolsón de Mapimí (35), Cuencas Cerradas del Norte (34), Sonora Sur (9) y Sinaloa (10).

La región de Cuencas Cerradas del Norte, denominada, la número 34, ocupa 35.54 % del total de la superficie del estado, y es dentro de esta área en que se localiza el DR 089.

Se le llama cuencas cerradas dado a que se constituye de varias cuencas endorreicas que desembocan en lagunas. Las principales corrientes de la región son: el río Casas Grandes, río Santa María y Río del Carmen (Santa Clara).

La región 34 se subdivide, a su vez, en ocho subcuencas:

- Cuenca Cerrada de la Laguna Guzmán - Río Casas Grandes.
- Cuencas Cerradas situadas al norte de la Cuenca del Río Casas Grandes.
- Cuenca Cerrada de la Laguna Babícora.

- Cuenca Cerrada de la Laguna Santa María - Río Santa María.
- Cuenca Central del Desierto de Samalayuca.
- Cuenca Cerrada de la Laguna de Bustillos.
- Cuenca Cerrada de la Laguna de los Mexicanos.
- Pequeñas Cuencas Cerradas situadas al Oriente del Río del Carmen:
 - Cuenca Cerrada Rancho el Cuarenta.
 - Cuenca Cerrada Félix Gómez.
 - Cuenca Cerrada Rancho Tres Castillos.
 - Cuenca Cerrada de la Laguna de Tarabillas.
 - Cuenca Cerrada Rancho Hormigas.
 - Cuenca Cerrada de la Laguna de Encinillas.

El DR 089, ubicado en la región Hidrológica 34, “Cuencas Cerradas del Norte”, se encuentra específicamente en el área que comprende la cuenca del Río El Carmen, que aguas arriba su nombre es Río Santa Clara, el cual alimenta la presa Las Lajas, y posteriormente cambia su nombre a río El Carmen, para desembocar finalmente, 110 km más adelante en la Laguna de Patos.

8.3.1 Ríos y corrientes

El DR 089 aprovecha el escurrimiento del Carmen, el cual escurre a lo largo de la cuenca del mismo nombre. El nombre del río el Carmen es a partir de la presa Las Lajas, anteriormente es denominado río Santa Clara.

La cuenca inicia su desarrollo a partir de la sierra Chuchupate y el cerro Palmillas, en donde se forman los arroyos El Concheño y Los Tepehuanes, respectivamente. A partir de ahí se reciben aportaciones de arroyos menores.

La forma de la cuenca define claramente un escurrimiento con una dirección de sur a norte, su drenaje es de forma dentrítico en las sierras altas, constituidas por riolitas y tobas riolíticas; en los abanicos aluviales es de tipo subparalelo, y en las sierras constituidas por calizas es de tipo paralelo.

La precipitación que se presenta a lo largo de la cuenca oscila entre los 250 y 300 mm / año, en régimen torrencial. Sin embargo debido a la irregularidad en las

precipitaciones pluviales, así como a la permeabilidad del suelo, se considera que el flujo del río El Carmen es de tipo intermitente.

Al no existir aprovechamientos significativos aguas arriba de la presa Las Lajas, ésta puede destacarse como el destino principal de los escurrimientos del río Santa Clara.

Hasta este punto la cuenca tiene un área de 4, 607 km², el coeficiente N de escurrimiento para este tipo de terreno se puede generalizar en un valor de 77, correspondiente a suelo tipo D, arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables.

Aguas abajo de la presa Las Lajas, el río cambia de nombre por el de río El Carmen, hasta su desembocadura en la Laguna de Patos.

8.3.2 Acuíferos

Compuesto por varias unidades geohidrológicas en valles rellenos con depósitos aluviales de sedimentos areno – gravosos, alimentado por los escurrimientos de la cuenca superficial del río El Carmen, el acuífero subterráneo Flores Magón-Villa Ahumada es la principal fuente de abastecimiento con que cuenta el DR 089.

En su estructura se aprecian principalmente dos unidades en los rellenos de valles:

Un acuífero libre con profundidades menores a los 100 m de alta transmisividad, y

Un acuífero de profundidades entre los 150 y 400 m de baja transmisividad.

Debido a que su alimentación principal es en la cuenca del Río El Carmen, los niveles freáticos indican que el flujo se mueve de forma paralela al río mencionado, en la misma dirección que éste, esto es, de sur a norte, hasta llegar a la zona geohidrológica Chi 017, “Laguna de Patos” en donde existe descarga subterránea.

Su principal zona de recarga está en las sierras Pajarito y Nido, al sur del propio cauce del río El Carmen, y en las infiltraciones de las zonas de riego del Distrito 089.

Se plantea la hipótesis que al encontrarse la presa las Lajas cercana a una zona de fallas geológicas, posiblemente en rocas calizas, sea mediante dichas fallas que se proporcione volúmenes considerables de recarga al acuífero, al menos en la zona del distrito 089, y cercanas a él. Sin embargo por concentración de explotación se presentan conos de abatimiento al sur del ejido Constitución, al

centro del Distrito de Riego 089, en la zona de Benito Juárez y al norte en el área de Ahumada.

Desde el año de 1957 el acuífero se encuentra decretado en estado de veda, sin embargo éste no ha sido respetado y se ha continuado con el afloramiento de aguas del subsuelo provenientes de éste.

8.4 Calidad del agua

Dada la diferencia entre las fuentes de abastecimiento, la calidad del agua del DR 089, debe considerarse por separado en virtud de su procedencia;

Presa Las Lajas

La calidad del agua para riego proveniente de la presa se clasifica según las normas de Riverside como C2-S1, es decir, agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad; bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Según la clasificación de Wilcox que relaciona la conductividad eléctrica (CE) con el porcentaje de sodio, respecto al total de cationes, presenta una CE = 450 micromhos/cm

Según la interpretación de los resultados anteriores el agua de la Presa Las Lajas es de buena calidad para el riego, en suelos de buen drenaje, sin altos riesgos de sodicidad en suelos.

Actualmente la contaminación existente proviene de basura y del abrevadero de ganado en el vaso de la presa, sin que exista registro de mezcla con aguas residuales de ninguna otra índole.

Para la agricultura, el agua de la presa representan buena fuente según los estudios ya realizados, resulta de gran importancia efectuar de forma periódica análisis de calidad del agua ya que al encontrarse directamente expuesta a seres humanos es importante se conozcan a fondo sus características, para evitar posible contaminación por agentes químicos y/o bacteriológicos que pudieran provocar el desequilibrio del ecosistema, o inclusive desencadenar focos de infección.

Acuífero Flores Magón – Villa Ahumada

Si bien debido a la naturaleza de la fuente, puede tomarse como aceptables estudios realizados con mucha anterioridad, debe destacarse la importancia de vigilar la calidad del agua extraída. Según los análisis existentes se conocen las siguientes características en cuanto a la calidad del agua del acuífero.

Cuadro 3. Calidad del Agua en el Distrito de Riego 089.

Acuífero	Sólidos Totales Disueltos (ppm)	Sulfatos (ppm)	Cloruros (ppm)	Calcio (ppm)
Flores Magón - Villa Ahumada	200 - 5000	50 - 1000	20 - 1000	25 - 200

FUENTE: Distrito de Riego 089, CONAGUA.

Sin presentar registros significativos de magnesio, bicarbonatos de sodio o potasio; y sin presentar características de dureza.

Sin embargo, encontrándose el acuífero afectado por infiltraciones provenientes de zonas de cultivo, éstas pueden contener contaminantes debidos a los fertilizantes y químicos utilizados por los agricultores.

Si bien el material fragmentado del cual se compone el suelo, expone a su contacto el líquido infiltrado y retrasa su tránsito, limpiando y disolviendo con ello gran parte de los contaminantes que éste pueda contener, los años de operación de la zona como de producción agrícola pueden haber dejado huella hidrogeoquímica en los componentes del agua.

En relación con la temperatura de alumbramiento, ésta varía entre 19 y 26 °C; En el Ejido Constitución predominan los valores de 20 °C; en el valle Benito Juárez - Álamos de Peña, la temperatura promedio es del orden de 21 °C.

Atendiendo a criterios agronómicos se puede ver que en la porción sur del área estudiada, correspondiente a los Valles del Ejido Constitución, Benito Juárez - Álamos de Peña y Santa Cruz, el agua subterránea se clasifica en general como agua con un contenido medio de sales y bajo contenido de sodio, resultando apropiada para riego, prácticamente en cualquier tipo de suelo y para cualquier cultivo. Las únicas excepciones dentro del Distrito se encuentran en dos pozos en el Valle de Benito Juárez - Álamos de Peña, que tienen agua altamente salina, no siendo recomendable su uso en suelos con drenaje deficiente; además, los

cultivos deberán ser tolerantes a las sales, subsistiendo la posibilidad de actividades adicionales en relación con el control de la salinidad adecuada.

En lo que a sólidos disueltos se refiere, los registros en la extensión del área del Distrito son irregulares, lo cual puede obedecer, como se mencionó anteriormente a las infiltraciones provenientes de los cultivos. Aún así no representan problemática para el Distrito.

8.5 Infraestructura hidroagrícola del distrito de riego

8.5.1 Presas de almacenamiento

Los escurrimientos del río del Carmen son captados por la presa Las Lajas, esta obra de almacenamiento inicio su operación el 29 de septiembre de 1964, contando con una capacidad total para riego de 90 millones de m³.



Figura 5. Presa de almacenamiento Las Lajas

8.5.2 Red de Conducción

La red de conducción del Distrito del Módulo uno “El Carmen” tiene una longitud total de 79.3 Km, calculada en el Modelo de Sistema de Información Geográfica.



Figura 6. Red de conducción en Módulo 1

Cuadro 4. Red de conducción en los Módulos del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.

Módulo	Red de conducción (km)
Módulo 1	79.3
Módulo 2	-
Módulo 3	38.5
Total	117.8

FUENTE: Reporte del Sistema de Información Geográfica. Colegio de Postgraduados, 2010.

8.5.3 Red de distribución (red menor de canales)



Figura 7. Red de distribución en el Módulo uno El Carmen, Chihuahua.

El Módulo uno cuenta con una red de distribución cuya longitud total calculada en el Modelo de Sistema de Información Geográfica es de 65.2 km, de los cuales 54.0 km corresponden a canales laterales y 11.2 km pertenecen a canales sublaterales.

Cuadro 5. Red de distribución en los Módulos del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.

Módulo	Red de distribución (km)	Canales Laterales (km)	Canales Sublaterales (km)	Tubería (km)
Módulo 1	65.2	54.0	11.2	73.5
Módulo 2	-	-	-	108.9
Módulo 3	-	-	-	85.0
Total	65.2	54.0	11.2	267.4

FUENTE: Reporte del Sistema de Información Geográfica. Colegio de Postgraduados, 2010.

8.5.4 Estructuras de Control y medición

En los siguientes cuadros se presentan las estructuras de operación, de protección y de cruce de que se dispone en el Módulo de Riego 1 El Carmen, Chihuahua, dichas estructuras se han clasificado a partir de la información generada en el Modelo de Sistema de Información Geográfica.

Cuadro 6. Estructuras de Operación del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.

Módulo	Estructuras De Operación (Piezas)					
	Represas	Tomas	Tomas Granja	Cajas Repartidoras	Crucero de válvulas	Hidrantes
Módulo 1	255	171	197	-	-	-

FUENTE: Reporte del Sistema de Información Geográfica. Colegio de Postgraduados, 2010.



Figura 8. Estructuras de Operación en el Módulo 1 El Carmen, Chihuahua.

Cuadro 7. Estructuras de Protección del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.

Modulo	Estructuras de Protección (Piezas)	
	Caída	Desfogue
Módulo 1	171	20
Módulo 2	-	
Módulo 3	79	-
Total	250	20

FUENTE: Reporte del Sistema de Información Geográfica. Colegio de Postgraduados, 2010.



Figura 9. Estructuras de Protección en el Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.

Cuadro 8. Estructuras de cruce en los Módulos del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.

Modulo	Estructuras de Cruce (Piezas)				
	Sifones	Alcantarilla	Puente Canal	Puente Vehicular	Puente Peatonal
Módulo 1	53	307	3	102	3
Módulo 2	-	-	-	-	-
Módulo 3	-	160	7	55	-
Total	53	467	10	157	3

FUENTE: Reporte del Sistema de Información Geográfica. Colegio de Postgraduados, 2010.



Figura 10. Estructuras de Cruce en el Módulo de Riego 1 El Carmen, Chihuahua.

8.5.5 Red de caminos



Figura 11. Red de Caminos en el Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.

Dentro del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua existe una longitud total de caminos, obtenida a partir del Modelo de Sistema de Información Geográfica, de 372.5 km, de los cuales 164.4 km son de acceso e intercomunicación y 208.1 km de operación.

Cuadro 9. Longitud de caminos en el Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.

Módulo	Longitud de caminos (Km)	Tipo de Camino	
		Operación (km)	Acceso e Intercomunicación (km)
Módulo 1	131.2	131.2	-
Módulo 2	157.1	-	157.1
Módulo 3	84.2	76.9	7.3
Total	372.5	208.1	164.4

FUENTE: Reporte del Sistema de Información Geográfica. Colegio de Postgraduados, 2010.

8.5.6 Red de drenaje

A partir de un modelo de Sistema de Información Geográfica se obtuvo la longitud total de la red de drenaje en el Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua, la cual es de 62.3 Km

Cuadro 10. Red de drenaje en los Módulos del Distrito de Riego 089 El Carmen, Chihuahua.

Módulo	Longitud (km)
Módulo 1	62.3
Módulo 2	-
Módulo 3	-
Total	62.3

FUENTE: Reporte del Sistema de Información Geográfica. Colegio de Postgraduados, 2010.

8.6 Características generales de operación

8.6.1 Pérdidas y eficiencias de riego

Medición parcelaria.

La medición del agua se hace principalmente mediante estructuras aforadoras en los canales, y por el método de la escuadra en algunos pozos. Sin embargo esto resulta insuficiente e impreciso. No se cuenta con registro de la cantidad de agua entregada por usuario, de manera detallada.

Por parte de los usuarios existe poco interés, por la medición de agua, ya que la falta de control favorece a quienes hacen más riegos de los permitidos, muchos de ellos están en desacuerdo con la medición.

Pérdidas de conducción a nivel Módulo

Para valorar el aprovechamiento que se hace del volumen de agua disponible es necesario considerar la cantidad de agua que se pierde debido al sistema de conducción y medios de distribución y aplicación, así como los posibles derrames.

En lo que respecta al sistema de conducción se observa el siguiente comportamiento de los volúmenes otorgados (bruto), y los que finalmente llegan al predio (neto).

Cuadro 11. Eficiencias de conducción Módulo 1.

Ciclo Agrícola	Superficie Física (ha)	Volumen bruto Miles m ³	Volumen Neto Miles m ³	Eficiencia
2002-2003	1,506.00	22,615.03	15,830.52	70%
2003-2004	1,385.00	19,039.55	13,327.69	70%
2004-2005	2,132.00	30,541.29	21,378.90	70%
2005-2006	2,787.00	42,444.15	29,710.90	70%
2006-2007	4,662.00	65,088.00	45,561.60	70%

Ciclo Agrícola	Superficie Física (ha)	Volumen bruto Miles m ³	Volumen Neto Miles m ³	Eficiencia
2007-2008	2,718.00	41,873.37	29,311.36	70%
2008-2009	4,134.00	63,078.00	44,154.60	70%
2009-2010	3,465.00	53,085.65	37,159.95	70%
2010-2011	3,049.00	53,058.84	37,141.19	70%
2011-2012	3,408.00	55,615.69	38,930.98	70%
2012-2013	2,327.00	34,992.84	24,494.99	70%

FUENTE: Distrito de Riego 089, CONAGUA.

8.6.2 Superficies

En el siguiente cuadro se muestra el número de usuarios, la superficie física y de riego, así como la calculada con el Modelo de Sistema de Información Geográfica, del módulo uno.

Cuadro 12. Número de usuarios y superficies por Módulo del Distrito de Riego 089.

Módulo	Usuarios	Superficie (ha)		
		Física	Riego	SIG
Módulo 1	561	6,642.49	5,044.14	7,558.22

FUENTE: Reporte del Sistema de Información Geográfica. Colegio de Postgraduados, 2010.

En el Cuadro 13 se presentan las superficies y número de usuarios por sección para cada módulo que integra el Distrito de Riego 089 El Carmen. En el mismo, se han considerado como “Casos Especiales*”, aquellas parcelas que no poseen número de cuenta en el SIPAD (y en algunos casos tampoco nombre de usuario), pero que han sido incluidas por considerarse que forman parte del Distrito de Riego.

Cuadro 13. Superficies por sección de cada Módulo del Distrito de Riego 089.

Sección	Usuarios	Superficie (ha)		
		Física	Riego	SIG
Módulo 1				
Sección 1	114	685.19	621.96	767.46
Sección 2	147	899.80	806.03	932.33
Sección 3	123	1147.51	1081.15	1,323.28
Sección 4	74	1,465.00	972.00	1,681.73
Sección 5	88	2,445.00	1,563.00	2,686.87
Casos Especiales*	15	0.00	0.00	166.53
Total	561	6,642.50	5,044.14	7,558.22

FUENTE: Reporte del Sistema de Información Geográfica. Colegio de Postgraduados, 2010.

8.6.3 Padrón de Usuarios

Padrón de usuarios en el módulo uno “Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 089, El Carmen, A.C.”

El Módulo de Riego uno, tiene registrados dentro del padrón un total de 561 usuarios, de los cuales solo 404 están actualizados y 157 no se encuentran actualizados.

8.7 Factores de la producción agrícola

8.7.1 Cultivos

Con base en la superficie destinada para los cultivos, destacan el de Alfalfa, Chile (en sus variedades de chilaca y jalapeño), y el Nogal.

Se presenta a manera de tabla el comportamiento histórico en cuanto a las superficies cultivadas en el Módulo 1.

Cuadro 14. Comportamiento histórico de las superficies cultivadas en el módulo 1.

CULTIVO	Superficie de Cultivo por ciclo Agrícola (ha)										
	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Otoño - Invierno											
Trigo					19		32				
Avena G.				18	35					8	
Primavera-Verano											
Algodón		5	40	76	227	30		16	196	123	45
Hortaliza (Chile Verde)	27	20	343	446	693	356	546	517	362	370	56
Sorgo	131	163	83	238	689	39	535	156	122	241	29
Maíz	6	13	12	11	390	10	36	146	183		
Frijol	19	77	90	27	26	15	4	148			13
Cacahuete			45	35	126	38	456	251	46	275	20
Perenes											
Alfalfa	559	325	589	816	1,125	883	1,023	718	590	728	384
Nogal	764	782	930	1,120	1,332	1,347	1,502	1,513	1,550	1663	1780
Superficie Total	1,506	1,385	2,132	2,787	4,662	2,718	4,134	3,465	3,049	3,408	2,327

FUENTE: Distrito de riego 089, CONAGUA.

8.7.2 Manejo del suelo y el agua

En cuanto a este tema, se ha observado que la mayoría de los usuarios del Distrito 089 no se apoyan ni asesoran de ingenieros fruticultores y/o agrónomos, lo que se ha visto reflejado en múltiples aspectos, que podrían cambiarse para mejorar la producción.

A continuación se presentan los puntos principales que se considera deben ser observados detalladamente y a los cuales dárseles atención prioritaria.

- Falta de estructuras de medición.- no existe control efectivo en la entrega y distribución de los volúmenes de agua. El gasto que se conoce con mayor aproximación es el que se extrae de la presa. Una vez llevado a los canales principales, al realizar la derivación, los volúmenes son sólo estimados al igual que los entregados a cada sección de riego. La base que se toma es solamente en relación a las especificaciones de construcción del canal.
- Sistemas de Riego Ineficientes.- El riego rodado es el sistema de riego más comúnmente utilizado en el distrito, y consiste en dejar que el agua se conduzca a través de los surcos de tierra, desde su salida de la pileta del pozo hasta el punto más alejado del predio.
 - Esto ocasiona fuertes pérdidas por infiltración, especialmente considerando que la tierra ha sido removida recientemente, y contiene altos niveles de arena, lo que la hace altamente porosa. Se estima que en promedio se tiene un 15% de pérdidas por infiltración, a las cuales se le agregan las que se generan por percolaciones en las tomas – granja y tomas laterales, y posibles derrames; además se sabe que algunas zonas se destinan como abrevadero de ganado.
 - Facilita la evaporación del agua, ya que está directamente expuesta a la radiación solar, y ante las altas temperaturas que se presentan en la zona, el volumen de agua que se logra evaporar es de considerable proporción.
 - Pone en riesgo al suelo por erosión. Generalmente la textura del suelo consta de una capa arable de 15 a 20 cms. y con un perfil apropiado de aproximadamente 60 cms. de espesor, en la cual se presentan las condiciones óptimas para el desarrollo de la planta. Sin embargo el mismo tránsito del agua, va dejando sólo el material grueso y llevándose los finos, esto es, por arrastre, desgasta al suelo.
- Terrenos no nivelados.- Junto con el riego rodado, provocan que se presente una notable distribución desigual en toda la extensión de terreno, lo que genera encharcamientos en las zonas más cercanas a la toma de agua y por el contrario, cantidades insuficientes de líquido en los puntos más alejados de la toma.
- El encharcamiento no permite la oxigenación de la raíz, por lo que ésta sufre asfixia, lo que no permite su crecimiento; y por lo tanto poco desarrollo

de la planta. El encharcamiento en el distrito se estima de aproximadamente el 12.5% de la superficie por predio.

- Sistemas de cultivo tradicionales.- el proceso de cultivo es totalmente tradicionalista, sin uso de sistemas nuevos que puedan representar mayores y mejores resultados.

Esto provoca que el suelo se desgaste debido a la demanda continua de nutrientes o disponibilidad de agua, ya que con frecuencia, nuevos nutrientes no son aplicados, lo que no permite dar continuidad a la fertilidad propia del suelo; tampoco incorporan residuos verdes que mejoraren la cantidad de materia orgánica adecuada para la planta cultivada. El desarrollo de los mismos cultivos genera a la vez cierta fragilidad ante la sensibilidad del mercado, puesto que no se exploran nuevas oportunidades que permitan darle flexibilidad ante la variación de demanda.

- Riego y fertilización no adecuados al cultivo.- no se contemplan las diferentes necesidades en cuanto al volumen de agua y a la cantidad de fertilizantes que demanda cada cultivo, dependiendo de cuál se trate.

Buscando aprovechar cada oportunidad que se presenta para los riegos, los usuarios suelen tomar volúmenes de agua, sin considerar que en muchas ocasiones la planta ya cuenta con la cantidad de agua que requiere. Esto aprovechando la falta de estructuras de medición de los volúmenes proporcionados.

En cuanto a los fertilizantes, tampoco se contemplan adecuadamente las necesidades propias de cada cultivo, por el contrario, los volúmenes que se proporcionan suelen estar excedidos, siendo que la planta solamente tomará una cierta cantidad de ellos, independientemente de si dispone o no, de mayor cantidad, generando un desperdicio significativo de fertilizante, lo que repercute directamente en los costos y en algunas ocasiones genera problemas de tipo ambiental por el uso indiscriminado de los mismos.

- Densidad de planta y trazo de surcos ineficientes.- las especificaciones agronómicas, dictan que tanto los surcos como el espacio entre cada planta debe cumplir con ciertos requisitos, y en el Distrito 089 no se ha observado que sean consideradas por gran parte de los usuarios.

Suele caerse en el error de tener plantaciones de muy alta densidad, es decir, el espacio entre una planta y otra es insuficiente, provocando que el producto que se obtiene no sea del todo favorable, tanto en calidad como en cantidad.

Así mismo se descuidan las dimensiones y longitudes adecuadas para el trazo de los surcos. Por especificación, la longitud de éstos no debe de exceder de 200 mts. Observándose que en muchos de los predios la longitud llega a ser hasta de 400 mts. Esta es otra de las razones por la cual existe distribución desigual de la lámina de riego, en la extensión del predio.

IX. PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN

Con base en los datos recabados en la fase de campo, se desarrolló una propuesta con el apoyo de otras áreas del conocimiento y herramientas en materia hidroagrícola, el procedimiento de esta fase se describen a continuación.

Para estimar los costos de modernización del sistema de conducción y distribución en la zona de estudio, se propone:

La división del total de la superficie de riego (7,558.22 ha) en 63 secciones, una línea de tubería por la margen izquierda, conectándose a ésta las tomas que se encuentran en la margen derecha del canal principal.

De igual forma se propone el trazo de la red de conducción con tubería Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Presión Nominal 10 kg/cm² para abastecer las a toda la superficie de riego del módulo uno, entregando el agua por medio de las tomas propuestas (63) con un gasto total del sistema de 7,480 l/s (7.48 m³/s). En el trayecto de la red se colocarán dispositivos de control (válvulas reguladoras) para la seguridad del sistema

Se propuso lo anterior por las siguientes razones:

- ✓ No requiere de energía eléctrica para la presurización de la red.
- ✓ Mejora la eficiencia de conducción.
- ✓ Anula las perdidas por infiltración y evaporación.
- ✓ Resuelve la problemática existente.

9.1.1 Estudio topográfico

El estudio topográfico consistió en realizar el levantamiento detallado de la zona de riego del Módulo uno, obteniéndose información planimétrica y altimétrica del área de estudio, identificando límites divisorios de las parcelas, caminos,

construcciones, líneas de energía y fuentes de abastecimiento. Mediante esta información se obtuvieron los planos detallados de la topografía del terreno.

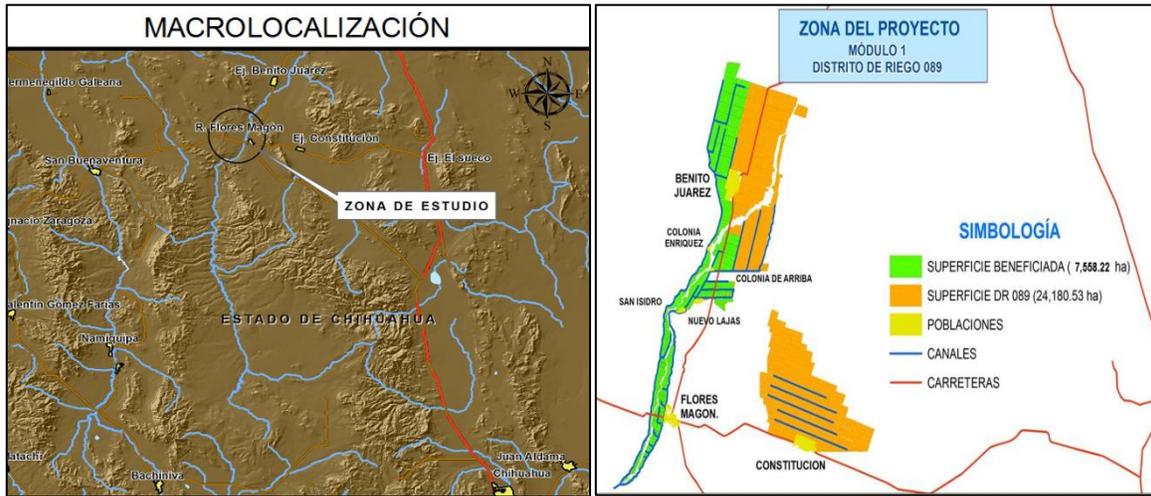


Figura 12. Localización de la zona de estudio.

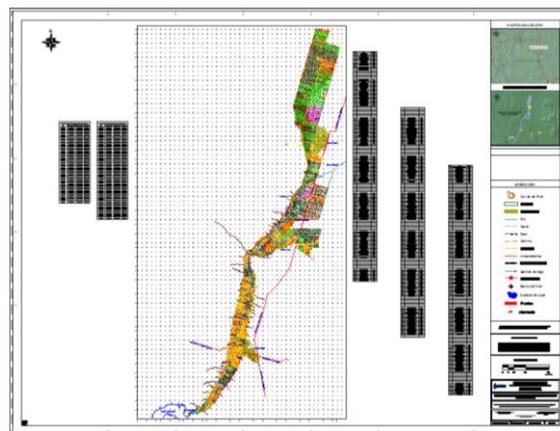


Figura 13. Plano Topográfico de la Zona del Proyecto

9.1.2 Diseño agronómico

El diseño agronómico, consiste en obtener los siguientes parámetros: la capacidad total del sistema de riego, el gasto y presión por hidrante o emisor, localización y características de los mismos dentro de la parcela o sección de riego, el gasto y tiempo de aplicación por puesta o sección de riego. De manera que el diseño agronómico sea el proceso que garantice que el sistema de riego proyectado sea

capaz de suministrar las necesidades hídricas del cultivo durante el periodo de máxima demanda.

DATOS NECESARIOS

Localización

La altura sobre el nivel del mar (msnm) de la zona para la que se determina la ETo y su latitud (grados norte o sur) deben ser especificados. Estos datos son necesarios para ajustar algunos parámetros climáticos al valor medio local de la presión atmosférica (función de la elevación del sitio sobre nivel del mar) y para calcular la radiación extraterrestre (R_a) y, en algunos casos, la duración máxima de la insolación (N). En los procedimientos del cálculo para R_a y N , la latitud se expresa en radianes (grados decimales $\pi/180$). Un valor positivo se utiliza para el hemisferio norte y un valor negativo para el hemisferio sur.

Temperatura

Para la aplicación de la fórmula FAO Penman-Monteith, se requiere información de temperatura diaria (promedio) máxima y mínima en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$).

Humedad

El valor de la presión real (promedio) diaria de vapor, (e_a), en kilopascales (kPa) se requiere como dato de entrada para la aplicación de la ecuación FAO Penman-Monteith. En caso de que los valores de presión real de vapor no estén disponibles, estos pueden ser derivados de la humedad relativa máxima y mínima (%), de los datos psicrométricos (temperaturas de bulbo seco y mojado en $^{\circ}\text{C}$) o de la temperatura del punto de rocío ($^{\circ}\text{C}$).

Radiación

La radiación neta diaria (promedio) está expresada en Mega joules por metro cuadrado por día ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$). Estos datos no están disponibles comúnmente

en forma directa pero pueden derivarse de la radiación de onda corta (promedio) medida con un piranómetro o de la duración real diaria (promedio) del sol brillante (horas por día) medida con el heliógrafo.

Viento

Para la aplicación de la ecuación FAO Penman-Monteith se requiere contar con la velocidad del viento (promedio) diaria en metros por segundo (ms-1) medida a 2m de altura sobre el nivel del suelo. Es importante verificar la altura a la cual se mide velocidad del viento, pues velocidades del viento medidas a diversas alturas sobre la superficie del suelo presentan con seguridad valores diferentes.

CALCULO DE LOS PARAMETROS

Calculo del Requerimiento de riego

El requerimiento de riego se obtuvo en base al padrón de cultivos del Módulo 1 “Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 089, El Carmen, A.C.”, utilizando el método de la FAO Penman–Monteith por ser considerado uno de los métodos más precisos para determinar la evapotranspiración de referencia; una vez obtenido este parámetro se multiplica la evapotranspiración de referencia por un coeficiente de cultivo (k_c) que depende de su ciclo de desarrollo y de la fecha en que se siembra dicho cultivo para obtener un valor de evapotranspiración del cultivo o uso consuntivo.

El cálculo por este método es diario, para lo cual se requieren valores de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y evaporación de la estación meteorológica más cercana o representativa del área de estudio.

Estos valores se obtuvieron del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III) desarrollado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Los valores obtenidos para la propuesta son los siguientes:

Cuadro 15. Gasto máximo requerido en el sistema

PARAMETROS	
K	277.8
RR _{dd} (mm/día)	5.60
A _T (ha)	7,558.22
E _g (%)	83.3
HPD (horas)	22
Q _s (l/s)	6,417.42

Lo anterior nos indica que para regar una superficie de 7,558.22 hectáreas, con tiempo de riego de 22 horas diarias requerimos de un diseño con gasto igual a 6,417.42 lps.

Asimismo cabe mencionar que para los cálculos se emplearon los siguientes valores de eficiencias:

Para la eficiencia de conducción se usó un valor del 98%.

Si bien debiera existir una nula pérdida de agua desde la entrada de agua en la obra de toma hasta la salida en la parcela debido al sistema de conducción; dado que está conformado por un conjunto de tuberías unidas entre sí por coples, válvulas, codos y demás accesorios, si existe una ligera pérdida por motivo de dichas uniones puesto que no existe un mecanismo de sellado total entre estos accesorios.

Una eficiencia de aplicación del 85%, dado que la misma depende tanto de las pérdidas por percolación en el terreno (tipo de suelo), pérdidas por escurrimiento en la parcela, así como también de las pérdidas por la evaporación durante la aplicación del mismo. Se tomó este valor puesto que si bien en el módulo existen zonas con alta tecnificación en el riego, tales como: aspersión (80%), microaspersión (90-95%) o goteo (90-95%) en las que obviamente la eficiencia de aplicación es mayor, también existen zonas en las que la aplicación del riego será menor (75-80%), lo cual nos da la pauta para tomar un valor promedio del 85% para la aplicación.

9.1.3 Diseño hidráulico

El diseño hidráulico del sistema de riego a hidrante parcelario comprende la ubicación y el número de los hidrantes, además de que estén ubicados estratégicamente en las partes más altas de terreno, y que los tendidos de riego, tengan una distancia acorde al tipo de textura del suelo.

Asimismo el trazo de la tubería de conducción, se considera conectando todos los hidrantes, tratando que la tubería no atraviese los terrenos agrícolas, y minimizando los cruces de caminos, canales, drenes, etc., y evadiendo construcciones u otros tipo de configuración natural del terreno que dificulte la instalación de la misma.

Posteriormente se calculan los diámetros y clases de tubería óptimos para el buen funcionamiento hidráulico del sistema, en función de los gastos y presiones requeridos en los hidrantes parcelarios, dichos cálculos se realizaron con el software para diseño de redes hidráulicas, WCADI.

Trazado de la red

Como ya se mencionó, el diseño hidráulico de la red requiere especificar en forma coherente y ordenada los diferentes conductos, nodos de conexión y entregas del agua a los usuarios.

Un nodo permite representar la fuente de abastecimiento de la red, la presencia de un punto de entrega (hidrante o válvula de control), la conexión de dos tramos de tubería, un cambio de dirección, un punto bajo o alto en la línea de conducción, etcétera.

En la figura siguiente se ilustra el esquema general la red de conducción y distribución obtenida del programa WCADI.

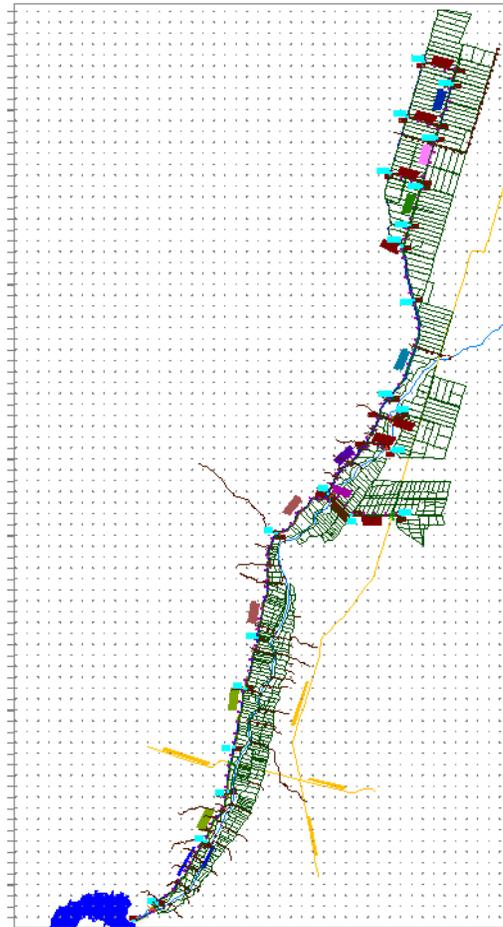


Figura 14. Diseño hidráulico de la red de conducción

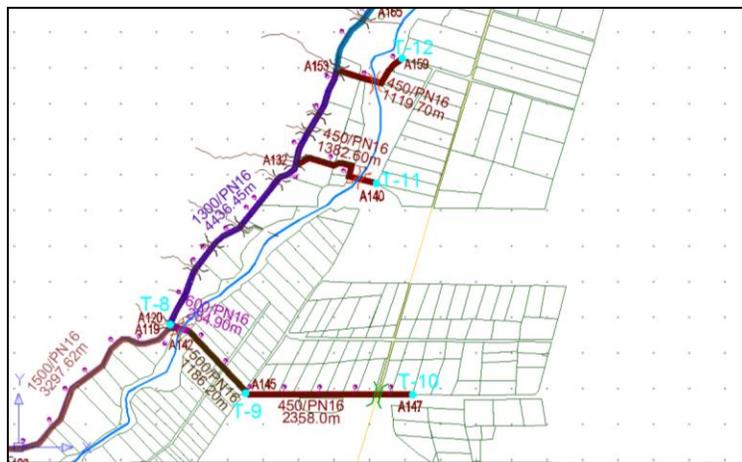


Figura 15. Diseño hidráulico de ramales

Además de la cantidad de tubería contabilizada a partir de los resultados del diseño del sistema, se tomaron en cuenta los costos de estructuras como: conexión a la obra de toma, cajas, cruces y atraques y plataforma de filtrado.

Tomando en cuenta los datos anteriores, se obtuvieron los siguientes costos para la modernización del módulo uno:

Cuadro 16. Costos de la propuesta de modernización del módulo uno.

CONCEPTOS	MONTOS
Obra de toma	\$ 9,976,221.48
Plataforma de filtrado	\$ 51,257,279.95
Línea principal	\$ 433,376,242.48
Laterales	\$ 19,980,978.38
Total	\$ 514,590,722.30

FUENTE: Elaboración propia.

Generalmente este tipo de infraestructura es financiada por las instituciones de gobierno en su mayor parte, en el cuadro siguiente se presenta una propuesta de financiamiento en la que la participación de los usuarios asciende a 51,459 miles de pesos.

Cuadro 17. Participación de los usuarios en el costo de inversión.

Concepto	Monto Total	Gobierno federal	Gobierno estatal	Usuarios
	(miles \$)	60%	30%	10%
Obra de toma	9,976	5,986	2,993	998
Plataforma de filtrado	51,257	30,754	15,377	5,126
Línea principal	433,376	260,026	130,013	43,338
Laterales	19,981	11,989	5,994	1,998
Total	514,591	308,755	154,378	51,459

FUENTE: Elaboración propia.

El dato anterior fue tomado en cuenta como factor en el análisis del comportamiento del beneficio neto para el cálculo de la productividad marginal del agua.

Considerando la propuesta de modernización, se esperaría que las condiciones de riego para el módulo uno mejoren, es decir, la eficiencia global del módulo pasaría del 70 al 81 %, lo que se traduce en una mayor disponibilidad de agua como se observa en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Condiciones del módulo bajo el esquema de modernización.

Ciclo Agrícola	Superficie Física (ha)	Volumen bruto (m ³)	Volumen neto escenario 1 (m ³)	Volumen neto escenario 2 (m ³)	Ahorro de agua (m ³)
2002-2003	1,506.00	22,615,026.62	15,830,518.63	18,092,021.30	2,261,502.66
2003-2004	1,385.00	19,039,552.64	13,327,686.85	15,231,642.11	1,903,955.26
2004-2005	2,132.00	30,541,291.16	21,378,903.81	24,433,032.93	3,054,129.12
2005-2006	2,787.00	42,444,149.66	29,710,904.76	33,955,319.73	4,244,414.97
2006-2007	4,662.00	65,088,000.00	45,561,600.00	52,070,400.00	6,508,800.00
2007-2008	2,718.00	41,873,371.29	29,311,359.90	33,498,697.03	4,187,337.13
2008-2009	4,134.00	63,078,000.00	44,154,600.00	50,462,400.00	6,307,800.00
2009-2010	3,465.00	53,085,648.52	37,159,953.96	42,468,518.82	5,308,564.85
2010-2011	3,049.00	53,058,836.38	37,141,185.47	42,447,069.10	5,305,883.64
2011-2012	3,408.00	55,615,690.00	38,930,983.00	44,492,552.00	5,561,569.00
2012-2013	2,327.00	34,992,845.93	24,494,992.15	27,994,276.74	3,499,284.59

FUENTE: Elaboración propia.

Considerando una mayor disponibilidad de agua en el módulo, se proyecta un aumento en la superficie de riego como se aprecia en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Proyección de superficie agrícola bajo el escenario de modernización.

Ciclo Agrícola	Ahorro de agua (m ³)	Volumen promedio de agua por ha (m ³)	superficie susceptible de riego ha	Superficie física escenario 2
2002-2003	2,261,502.66	10,511.63	215.14	1,721.14
2003-2004	1,903,955.26	9,622.88	197.86	1,582.86
2004-2005	3,054,129.12	10,027.63	304.57	2,436.57
2005-2006	4,244,414.97	10,660.53	398.14	3,185.14
2006-2007	6,508,800.00	9,772.97	666.00	5,328.00
2007-2008	4,187,337.13	10,784.16	388.29	3,106.29
2008-2009	6,307,800.00	10,680.84	590.57	4,724.57
2009-2010	5,308,564.85	10,724.37	495.00	3,960.00
2010-2011	5,305,883.64	12,181.43	435.57	3,484.57
2011-2012	5,561,569.00	11,423.41	486.86	3,894.86
2012-2013	3,499,284.59	10,526.43	332.43	2,659.43

Con la superficie física proyectada, se calculó el beneficio neto (Anexo 2) para la obtención de la productividad marginal.

X. PRODUCTIVIDAD MARGINAL DEL AGUA

Para el escenario uno, se calculó el ingreso bruto por cultivo, tomando en cuenta el precio y rendimientos (ciclos 2003 a 2013) de cada uno de los productos agrícolas considerados en el análisis, posteriormente al ingreso bruto se le restaron los costos de producción para obtener el beneficio neto anual (Anexo 1), este procedimiento se realizó en los dos escenarios propuestos.

Para el escenario dos, se estimó el comportamiento del beneficio neto incluyendo el impacto en las superficies cosechadas al aumentar la disponibilidad del agua derivado del aumento de la eficiencia al pasar del 70 al 81 % por la propuesta de modernización, de igual forma se calculó el ingreso bruto por cultivo, tomando en

cuenta el precio y rendimientos (ciclos 2003 a 2013) de cada uno de los productos agrícolas, posteriormente al ingreso bruto se le restaron los costos de producción para obtener el beneficio neto anual a nivel módulo (Anexo 2),

Los datos para el análisis del escenario 1 se muestran en el Cuadro 20:

Cuadro 20. Datos base para el análisis de regresión escenario 1.

Ciclo Agrícola	Beneficio Neto (\$ BN)	Superficie Física (ha) SP	Volumen bruto m ³ VA	Costos de operación y mantenimiento (\$) CI	costo de mano de obra (\$) CMO
2002-2003	53,033,810.79	1,506.00	22,615.03	1,513,687.99	20,822,407.80
2003-2004	33,422,555.63	1,385.00	19,039.55	1,068,022.08	18,530,486.57
2004-2005	65,327,382.68	2,132.00	30,541.29	2,781,276.64	45,881,950.51
2005-2006	77,097,231.41	2,787.00	42,444.15	4,066,293.41	60,033,234.15
2006-2007	129,147,672.90	4,662.00	65,088.00	7,928,870.65	105,715,278.90
2007-2008	76,812,125.30	2,718.00	41,873.37	4,622,623.43	37,336,945.62
2008-2009	120,807,071.40	4,134.00	63,078.00	8,795,705.10	89,984,556.93
2009-2010	103,047,415.80	3,465.00	53,085.65	4,338,344.31	66,225,456.33
2010-2011	81,134,455.33	3,049.00	53,058.84	4,735,567.50	53,864,388.30
2011-2012	107,815,071.60	3,408.00	55,615.69	4,972,345.88	72,857,218.77
2012-2013	60,161,184.58	2,327.00	34,992.85	3,009,751.93	35,244,079.39

FUENTE: Elaboración propia con datos del DR 089.

Para el escenario 2 se tomaron en cuenta los siguientes datos:

Cuadro 21. Datos base para el análisis de regresión escenario 2.

Ciclo Agrícola	Beneficio Neto (\$ BN)	Superficie Física (ha) SP	Volumen bruto m ³ VA	Costos de Inversión (\$) CI	Costo de Mano de obra en módulo 1 (\$) CMO
2002-2003	60,610,069.71	1,721.14	22,615,026.62	5,145,907.22	20,822,407.80
2003-2004	38,197,206.86	1,582.86	19,039,552.64	3,602,135.06	18,530,486.57
2004-2005	74,659,866.29	2,436.57	30,541,291.16	7,718,860.83	45,881,950.51
2005-2006	88,111,121.14	3,185.14	42,444,149.66	4,116,725.78	60,033,234.15
2006-2007	147,597,340.57	5,328.00	65,088,000.00	2,058,362.89	105,715,278.90

Ciclo Agrícola	Beneficio Neto (\$ BN)	Superficie Física (ha) SP	Volumen bruto m ³ VA	Costos de Inversión (\$) CI	Costo de Mano de obra en módulo 1 (\$) CMO
2007-2008	87,785,285.71	3,106.29	41,873,371.29	6,175,088.67	37,336,945.62
2008-2009	138,065,224.00	4,724.57	63,078,000.00	1,543,772.17	89,984,556.93
2009-2010	117,768,475.43	3,960.00	53,085,648.52	5,145,907.22	66,225,456.33
2010-2011	92,725,075.11	3,484.57	53,058,836.38	4,116,725.78	53,864,388.30
2011-2012	123,217,221.41	3,894.86	55,615,690.00	6,689,679.39	72,857,218.77
2012-2013	68,755,639.94	2,659.43	34,992,845.93	5,145,907.22	35,244,079.39

FUENTE: Elaboración propia con datos del DR 089.

Como se aprecia en el Cuadro 21, además de considerar los beneficios netos con la superficie proyectada, se considera el costo de inversión en los que incurrirá el productor al poner en marcha el proyecto de modernización.

10.1 Especificación del modelo

Tomado en cuenta los datos anteriores, se propone el modelo de función Cobb-Douglas:

$$BN = \beta_0 SP^{\beta_1} VA^{\beta_2} CI^{\beta_3} CMO^{\beta_4} \quad (6)$$

Se definieron cinco variables para ambos escenarios: a BN como el producto final y a SP , VA , CI y CMO como los factores de superficie, volumen de agua, costos de operación (escenario 1), costos de inversión (escenario 2) y costo de mano de obra.

10.2 Estimación del modelo

Como se mencionó en capítulos anteriores, la función de producción Cobb-Douglas es un modelo no lineal por lo que es necesario realizar el proceso de linealización aplicando logaritmos a la función anterior, quedando como sigue:

$$\ln BN = \ln\beta_0 + \beta_1 \ln SP + \beta_2 \ln VA + \beta_3 \ln CI + \beta_4 \ln CMO \quad (7)$$

Este modelo es lineal en los parámetros β_0 , β_1 , β_2 , β_3 , y β_4 y lineal en los logaritmos de las variables BN , SP , VA , CI y CMO . El modelo nos afirma que la producción final, está relacionada linealmente con los factores de producción.

10.3 Análisis estadístico.

Con el fin de simplificar los cálculos para la obtención de los estimadores y con la aplicación del programa SAS, se ejecutó una regresión lineal como se muestra en la Figura 16:

```

SAS - [COBB-DOUGLAS SIT ACTUAL * PROC GLM ejecutándose]
Archivo Edición Ver Herramientas Ejecutar Soluciones Ventana Ayuda

Resultados
  Resultados
  GLM: Sistema SAS
  Print: Sistema SAS
  GLM: Sistema SAS

DATA A:
INPUT BN SP VA CI CMO;
LBN=LOG(BN);
LSP=LOG(SP);
LVA=LOG(VA);
LCI=LOG(CI);
LCMO=LOG(CMO);
CARDS;
53033810.79 1506 22615026.62 1513687.989 20822407.8
33422555.63 1385 19039552.64 1068022.077 18530486.57
65327382.68 2132 30541291.16 2781276.642 45881950.51
77097231.41 2787 42444149.66 4066293.414 60033234.15
129147672.9 4662 65088000 7928870.654 105715278.9
76812125.3 2718 41873371.29 4622623.431 37336945.62
120807071.4 4134 63078000 7555505.1 89984556.93
103047415.8 3465 53085648.52 4338344.31 66225456.33
81134455.33 3049 53058836.38 4735567.5 53864388.3
107815071.6 3408 55615690 4972345.875 72857218.77
60161184.88 2327 34992845.93 3009751.934 35244079.39

PROC PRINT;
PROC GLM;
MODEL LBN=LSP LVA LCI LCMO;
RUN;
  
```

Figura 16. Secuencia en programa SAS para obtención de estimadores escenario 1.

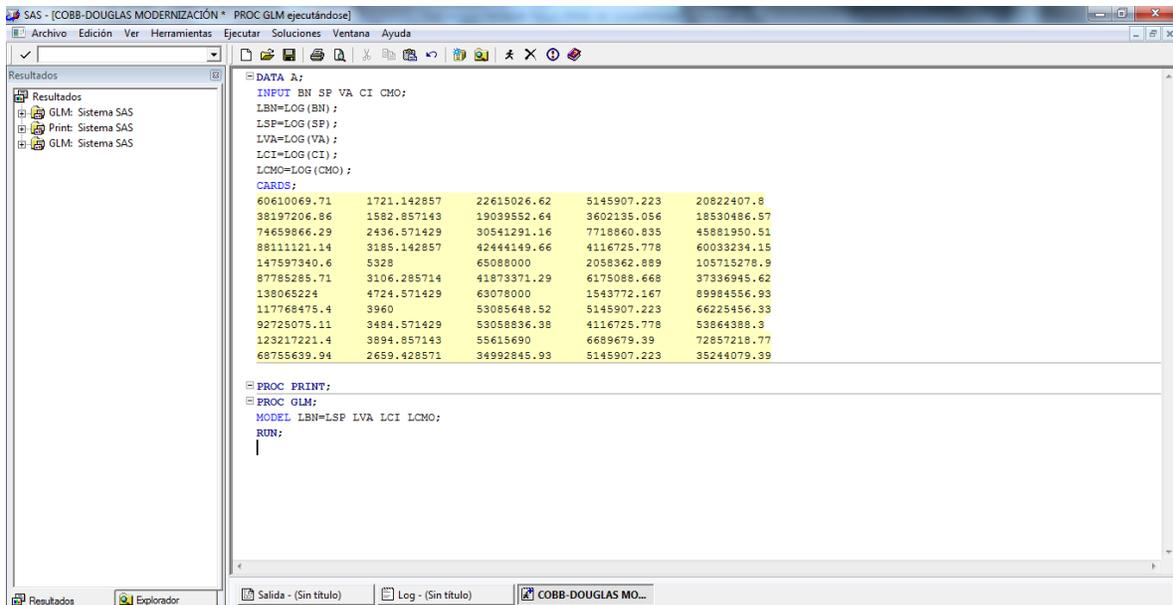


Figura 17. Secuencia en programa SAS para obtención de estimadores escenario 2.

XI. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

11.1 Resultados del análisis estadístico para el escenario 1.

Con el fin de obtener el valor económico del agua a través de su productividad marginal, se estableció una relación funcional entre el ingreso neto y los volúmenes de agua utilizados, a la cual se le aplicó un análisis de regresión, para ello se tomó en cuenta el coeficiente de determinación R^2 y la prueba de F ; se utilizó en la estimación el procedimiento GLM del paquete Statistical Analysis System (SAS).

Del análisis de regresión (anexo 3), se obtuvo la siguiente ecuación en términos logarítmicos que relaciona el beneficio neto con la superficie física, el volumen de agua utilizada, los costos de operación y los costos de mano de obra.

$$\ln BN = 5.32 + 0.15 \ln SP + 0.33 \ln VA + 0.11 \ln CI + 0.23 \ln CMO \quad (8)$$

11.1.1 Coeficiente de determinación R^2 .

Con base en los resultados obtenidos de la estimación y al llevar a cabo la regresión para la función de producción Cobb-Douglas, se observa que:

El resultado del coeficiente de determinación $R^2 = 0.94$ (Ver anexo 2) dice que tan exactamente la línea de regresión muestral se ajusta a los datos, es decir, se puede indicar que el 94 % de las variaciones que ocurren en el beneficio neto (BN) se explican por las variaciones en la superficie física (SP), volumen de agua (VA), Costos de operación (CI) y costos de mano de obra (CMO), por lo que se considera que el ajuste es aceptable.

11.1.1 La prueba de F.

Otro criterio estadístico para juzgar la pertinencia de los modelos estimados es la prueba de F, En este caso la prueba de F de Fisher dada (Anexo 2) igual a 24.59, podemos observar que la probabilidad asociada a F, en este caso es, es inferior de 0.0007, lo que significa que nos arriesgamos en menos del .07 %, concluyendo así que las variables explicativas originan una cantidad de información significativa al modelo.

11.1.2 Productividad Media del Agua escenario 1.

En el Cuadro 22 Se muestran los resultados de la productividad media en el escenario 1.

Cuadro 22. Productividad media del agua en el escenario 1.

Ciclo Agrícola	Beneficio Neto (\$)	Superficie Física (ha)	Volumen bruto m^3	Costos de Inversión (\$)	Costo de Mano de obra en módulo 1 (\$)	PMe
2002-2003	53,033,810.79	1,506.00	22,615,026.62	1,513,687.99	20,822,407.80	2.35
2003-2004	33,422,555.63	1,385.00	19,039,552.64	1,068,022.08	18,530,486.57	1.76
2004-2005	65,327,382.68	2,132.00	30,541,291.16	2,781,276.64	45,881,950.51	2.14
2005-2006	77,097,231.41	2,787.00	42,444,149.66	4,066,293.41	60,033,234.15	1.82
2006-2007	129,147,672.88	4,662.00	65,088,000.00	7,928,870.65	105,715,278.90	1.98

2007-2008	76,812,125.30	2,718.00	41,873,371.29	4,622,623.43	37,336,945.62	1.83
2008-2009	120,807,071.40	4,134.00	63,078,000.00	7,555,505.10	89,984,556.93	1.92
2009-2010	103,047,415.75	3,465.00	53,085,648.52	4,338,344.31	66,225,456.33	1.94
2010-2011	81,134,455.33	3,049.00	53,058,836.38	4,735,567.50	53,864,388.30	1.53
2011-2012	107,815,071.56	3,408.00	55,615,690.00	4,972,345.88	72,857,218.77	1.94
2012-2013	60,161,184.58	2,327.00	34,992,845.93	3,009,751.93	35,244,079.39	1.72

Del cuadro anterior se puede observar que para los ciclos agrícolas comprendidos de 2003 a 2013, se tiene una productividad media promedio de \$ 1.9/m³, es decir por cada metro cubico, se generan \$ 1.9 en el escenario actual.

11.1.3 Resultados de la Productividad Marginal del Agua en el escenario 1.

Para llegar a la función de producción Cobb-Douglas, se aplicó la función antilogaritmo al término β_0 de la ecuación 8, obteniendo el siguiente resultado:

$$BN = 206.3SP^{0.15}VA^{0.33}CI^{0.11}CMO^{0.23} \quad (9)$$

Con base en lo anterior, se puede observar que durante el periodo comprendido de 2003 a 2013, en el módulo uno del distrito de riego 089, un incremento en 1% de la superficie física cosechada condujo en promedio a un incremento cerca del 0.15 % del beneficio neto, manteniendo constante los demás factores. En forma similar, un incremento del 1% en el volumen de agua, condujo en promedio a un incremento del 0.33 % el beneficio neto, en cuanto a los costos de operación, un incremento del 1 % condujo un incremento del 0.11 % del beneficio neto y con respecto al aumento de 1 % de mano de obra, el beneficio neto incremento en un 0.23 %, manteniendo los demás factores constantes.

Sumando las elasticidades, se obtuvo un valor de 0.82 lo que significa que el periodo de estudio se caracterizó por tener rendimientos decrecientes a escala.

La función de productividad marginal del agua se obtiene derivando la ecuación 9, quedando como sigue:

$$PMg = 68.08SP^{0.15}CI^{0.11}CMO^{0.23}VA^{-0.67} \quad (10)$$

Sustituyendo la ecuación con los datos del Cuadro 20 se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 23. Productividad marginal del agua por ciclo agrícola en el escenario 1.

Ciclo Agrícola	Beneficio Neto (\$)	Superficie Física (ha)	Volumen bruto m ³	Costos de Inversión (\$)	Costo de Mano de obra en módulo 1 (\$)	PMg
2002-2003	53,033,810.79	1,506.00	22,615,026.62	1,513,687.99	20,822,407.80	0.56
2003-2004	33,422,555.63	1,385.00	19,039,552.64	1,068,022.08	18,530,486.57	0.58
2004-2005	65,327,382.68	2,132.00	30,541,291.16	2,781,276.64	45,881,950.51	0.61
2005-2006	77,097,231.41	2,787.00	42,444,149.66	4,066,293.41	60,033,234.15	0.57
2006-2007	129,147,672.88	4,662.00	65,088,000.00	7,928,870.65	105,715,278.90	0.57
2007-2008	76,812,125.30	2,718.00	41,873,371.29	4,622,623.43	37,336,945.62	0.52
2008-2009	120,807,071.40	4,134.00	63,078,000.00	7,555,505.10	89,984,556.93	0.54
2009-2010	103,047,415.75	3,465.00	53,085,648.52	4,338,344.31	66,225,456.33	0.52
2010-2011	81,134,455.33	3,049.00	53,058,836.38	4,735,567.50	53,864,388.30	0.49
2011-2012	107,815,071.56	3,408.00	55,615,690.00	4,972,345.88	72,857,218.77	0.52
2012-2013	60,161,184.58	2,327.00	34,992,845.93	3,009,751.93	35,244,079.39	0.54

FUENTE: Elaboración propia

De este modo, se tiene que para un volumen promedio utilizado de 43.76 millones de m³, la productividad del agua es de \$ 0.55/m³ con un beneficio neto promedio de 82.52 millones de pesos. El valor marginal representa el incremento en el beneficio neto al utilizar una unidad adicional del recurso (volumen de agua utilizado).

11.2 Resultados del análisis estadístico para el escenario 2.

Del análisis de regresión para el escenario 2 (Anexo 3), se obtuvo la siguiente ecuación en términos logarítmicos que relaciona el beneficio neto con la superficie física, el volumen de agua utilizada, los costos de inversión y los costos de mano de obra.

$$\ln BN = 5.84 + 0.53 \ln SP + 0.21 \ln VA + 0.05 \ln CI + 0.19 \ln CMO \quad (11)$$

11.2.1 Coeficiente de determinación R^2 .

Con base en los resultados obtenidos de la estimación y al llevar a cabo la regresión para la función de producción Cobb-Douglas, se observa que:

El 94 % de las variaciones que ocurren en el beneficio neto (BN) se explican por las variaciones en la superficie física (*SP*), volumen de agua (*VA*), Costos de inversión (*CI*) y costos de mano de obra (*CMO*), por lo que se considera que el ajuste es aceptable.

11.2.2 La prueba de F .

Otro criterio estadístico para juzgar la pertinencia de los modelos estimados es la prueba de F , En este caso la prueba de F de Fisher dada (Anexo 3) igual a 25.68, podemos observar que la probabilidad asociada a F , en este caso es, es inferior de 0.0006, lo que significa que nos arriesgamos en menos del .06 %, concluyendo así que las variables explicativas originan una cantidad de información significativa al modelo.

11.2.3 Productividad media en el escenario 2.

En el escenario 2 se obtuvo una productividad media de \$2.17/m³, lo que nos muestra un incremento del 14% con respecto a la productividad media del escenario 1. (Ver Cuadro 24).

Cuadro 24. Productividad media del agua en el escenario 2

Ciclo Agrícola	Beneficio Neto (\$) BN	Superficie Física (ha) SP	Volumen bruto m ³ VA	Costos de Inversión (\$) CI	Costo de Mano de obra en módulo 1 (\$) CMO	PMe
2002-2003	60,610,069.71	1,721.14	22,615,026.62	5,145,907.22	20,822,407.80	2.68
2003-2004	38,197,206.86	1,582.86	19,039,552.64	3,602,135.06	18,530,486.57	2.01
2004-2005	74,659,866.29	2,436.57	30,541,291.16	7,718,860.83	45,881,950.51	2.44
2005-2006	88,111,121.14	3,185.14	42,444,149.66	4,116,725.78	60,033,234.15	2.08
2006-2007	147,597,340.57	5,328.00	65,088,000.00	2,058,362.89	105,715,278.90	2.27
2007-2008	87,785,285.71	3,106.29	41,873,371.29	6,175,088.67	37,336,945.62	2.10
2008-2009	138,065,224.00	4,724.57	63,078,000.00	1,543,772.17	89,984,556.93	2.19
2009-2010	117,768,475.43	3,960.00	53,085,648.52	5,145,907.22	66,225,456.33	2.22
2010-2011	92,725,075.11	3,484.57	53,058,836.38	4,116,725.78	53,864,388.30	1.75
2011-2012	123,217,221.41	3,894.86	55,615,690.00	6,689,679.39	72,857,218.77	2.22
2012-2013	68,755,639.94	2,659.43	34,992,845.93	5,145,907.22	35,244,079.39	1.96

11.2.4 Resultados de la Productividad Marginal del Agua en el escenario 2.

Para llegar a la función de producción Cobb-Douglas, se aplicó la función antilogaritmo al término β_0 de la ecuación 11, obteniendo el siguiente resultado:

$$BN = 345.68SP^{0.53}VA^{0.21}CI^{0.05}CMO^{0.19} \quad (12)$$

Con base en lo anterior, se puede observar que durante el periodo comprendido de 2003 a 2013, en el módulo uno del distrito de riego 089, un incremento en 1% de la superficie física cosechada condujo en promedio a un incremento cerca del 0.53 % del beneficio neto, manteniendo constante los demás factores. En forma similar, un incremento del 1% en el volumen de agua, condujo en promedio a un incremento del 0.21 % el beneficio neto, en cuanto a los costos de operación, un incremento del 1 % condujo un incremento del 0.05 % del beneficio neto y con

respecto al aumento de 1 % de mano de obra, el beneficio neto incremento en un 0.19 %, manteniendo los demás factores constantes.

Sumando las elasticidades, se obtuvo un valor de 0.98 lo que significa que el periodo de estudio se caracterizó por tener rendimientos decrecientes a escala.

La función de productividad marginal del agua se obtiene derivando la ecuación 9, quedando como sigue:

$$PMg = 72.59SP^{0.53}CI^{0.05}CMO^{0.19}VA^{-0.79} \quad (13)$$

Sustituyendo la ecuación con los datos del Cuadro 25 se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 25. Productividad marginal del agua por ciclo agrícola en el escenario 2.

Ciclo Agrícola	Beneficio Neto (\$)	Superficie Física (ha)	Volumen bruto m ³	Costos de Inversión (\$)	Costo de Mano de obra en módulo 1 (\$)	PMg
2002-2003	60,610,069.71	1,721.14	22,615,026.62	5,145,907.22	20,822,407.80	0.31
2003-2004	38,197,206.86	1,582.86	19,039,552.64	3,602,135.06	18,530,486.57	0.33
2004-2005	74,659,866.29	2,436.57	30,541,291.16	7,718,860.83	45,881,950.51	0.35
2005-2006	88,111,121.14	3,185.14	42,444,149.66	4,116,725.78	60,033,234.15	0.32
2006-2007	147,597,340.57	5,328.00	65,088,000.00	2,058,362.89	105,715,278.90	0.32
2007-2008	87,785,285.71	3,106.29	41,873,371.29	6,175,088.67	37,336,945.62	0.29
2008-2009	138,065,224.00	4,724.57	63,078,000.00	1,543,772.17	89,984,556.93	0.29
2009-2010	117,768,475.43	3,960.00	53,085,648.52	5,145,907.22	66,225,456.33	0.31
2010-2011	92,725,075.11	3,484.57	53,058,836.38	4,116,725.78	53,864,388.30	0.27
2011-2012	123,217,221.41	3,894.86	55,615,690.00	6,689,679.39	72,857,218.77	0.30
2012-2013	68,755,639.94	2,659.43	34,992,845.93	5,145,907.22	35,244,079.39	0.31

FUENTE: Elaboración propia

De este modo, se tiene que para un volumen promedio utilizado de 43.76 millones de m³, la productividad del agua es de \$ 0.31/m³ con un beneficio neto promedio de 94.37 millones de pesos.

Se puede observar una razón de cambio menor en comparación con el escenario 1, esto nos indica que el beneficio neto incremento en menor proporción al agregar una unidad adicional de volumen de agua, debido a que en el escenario 1 el agua disponible se aplica a cultivos con una mayor rentabilidad y al aumentar el volumen de agua, esta se aplica a cultivos menos rentables como se aprecia en el anexo 2.

XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, las conclusiones se describen a continuación:

- a) Al incrementar en 1 % el volumen de agua, se espera que el beneficio neto incremente en aproximadamente un 33 %, permaneciendo constantes los demás insumos en el escenario 1.
- b) En el análisis de la función beneficio neto tomando en cuenta los costos de modernización, se obtuvo un valor de 21 %, lo que nos indica que al incrementar 1 % el volumen de agua el beneficio neto incrementará en un 21 % en el escenario 2.
- c) Los criterios estadísticos y datos utilizados para la especificación de la función Cobb-Douglas para ambos escenarios, muestran que las variables superficie física, volumen de agua utilizada, costos de inversión y los costos de mano de obra. explican en un 94 % el comportamiento del beneficio neto en el módulo uno, por lo que se consideran estadísticamente aceptables.
- d) Al aumentar el volumen de agua disponible, la productividad media incrementa, ya que el beneficio neto aumenta en un 14 % al mejorar las condiciones de riego a través de la modernización del módulo uno lo que comprueba la hipótesis hecha al respecto.
- e) Al contar con una mayor disposición del recurso agua el producto marginal del agua disminuye 43.6 % al pasar de \$0.55/m³ en el escenario 1 a \$0.31/m³ en el escenario 2, situación que se explica por la aplicación volumen de agua incremental a cultivos menos rentables.

- f) El valor económico del agua estimado con los datos históricos de producción otorgados por el Distrito de Riego 089, en el periodo de 2003 a 2013 ($\$0.55/m^3$), está por arriba de la cuota que actualmente pagan los productores ($\$0.2/m^3$).
- g) El valor económico del agua estimado a través de los costos de la propuesta de modernización y de la productividad marginal del módulo uno ($\$0.31/m^3$), está por arriba de la cuota que actualmente pagan los productores ($\$0.2/m^3$).
- h) En general, se puede concluir que en la zona de estudio, no se le da el verdadero valor de escasez al agua, originado en parte por la poca o nula información y conciencia de dicho valor por parte de los usuarios y a la omisión de esta por parte de las instituciones encargadas de emitir las políticas de uso y aprovechamiento del recurso.

12.2 Recomendaciones

- a) Se recomienda que se ponga a consideración el costo obtenido a través de la propuesta de modernización del módulo uno, y con ello mejorar las condiciones de riego, lo que impactaría positivamente en el beneficio neto.
- b) Se propone que el precio sombra obtenido a través de la productividad marginal del agua, se considere como referencia para establecer las cuotas, tarifas y precio del agua, ya que este precio refleja el valor de escasez.
- c) Incentivar a que los productores de la región hagan un uso más racional de recurso con la infraestructura existente y a través de técnicas de riego que aumenten la eficiencia de aplicación y permitan aprovechar mejor el agua disponible.
- d) Poner a consideración la propuesta de modernización la cual permitiría un uso racional del agua y mejoraría la eficiencia de conducción y aplicación, lo que repercutiría directamente en el rendimiento de los cultivos y por lo tanto en el beneficio neto de los productores.

XIII. BIBLIOGRAFIA

Azqueta, D. 1994. Valoración económica de la calidad ambiental. Madrid, España. Mc Graw-Hill. 295 p.

Barbier, E.B.; Acreman, M.; Duncan, K. 2002. Valoración económica de los humedales: Guía para decisores y planificadores. Disponible en http://www.ramsar.org/lib_val_s_2.htm.

Bichara, E. y Garza, M. 1990. Consideraciones sobre la función de producción Cobb-Douglas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León, 35 pp.

Burnside, C., 1996. Production function regressions, returns to scale, and externalities. *Journal of Monetary Economics* 37, 177-201.

Caballer, Guadalajara, 1998. Valoración Económica del Agua de Riego. ed. Mundi Prensa, Madrid. 193 p.

Castellanos, P. M. 2004. Región confidencial para el óptimo económico de una función de producción Cobb-Douglas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 72 pp.

Corredor Biológico Mesoamericano, 2002. Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales. ed. Radoslav Barzev. Managua, Nicaragua. 149 p.

Dávila J.A. 2002, Valoración económica del recurso agua en la comunidad Frijolares, Güinope, Honduras. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola.

Dixon, J.; Scura, L.F.; Carpenter, R.A.; Sherman, P.B. 1994. Análisis económico de impactos ambientales. Trad. Por Tomas, Saravi A. 2 ed CATIE, Turrialba. Costa Rica. Unidad de producción de medios. 249 p.

Estadísticas del Agua en México, Conagua, Edición 2011. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf>.

Ferguson, C.E. 1977. Teoría Microeconómica. Ed. Fondo de Cultura Económica. D.F.

Florencio Cruz, Valentin. 2000. Productividad del Agua en el Distrito de Riego 011 "Alto Rio Lerma". Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Flores, J.C. 1996. Caracterización del uso del agua en la comunidad de la Lima, Tatumbla, F.M. Honduras. Tesis de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola.

Gleick Peter, et al. 2002. The World's Water 2002-2003: The Biennial Report on Freshwater Resources. Washington, DC: Island Press.

Godínez Montoya, Lucila. 2005. El valor económico del agua en el sector agrícola de la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría. Programa de Economía Agrícola. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. México.

Gregersen, H. 1998. Pautas para la evaluación económica de proyectos de ordenación de cuencas. Guía FAO Conservación # 16. Roma.148 p.

Lentini y Mercadier,2009. Valor y costo del agua, y su relación con el uso sustentable. Revista Hydria # 23, Buenos Aires, Argentina, 24 pp.

Manual de Operación del Programa de Rehabilitación, Modernización y Equipamiento de Distritos de Riego 2011 Componente Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego.

Palacios V. y Exebio G.A. 1989. Introducción a la Teoría de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego, segunda reimpresión. Colegio de Postgraduados. Centro de Hidrociencias, Montecillo, Estado de México.

Pearce D. Turner, R. (1990). Economics of Natural Resources and the Environment. Great Britain.

Pulido San Román, A. 1987. Algunas reflexiones en torno a las técnicas econométricas. España.

Rey, C. 2006, Internalización de los Costes Ambientales Generados por el Uso del Agua a través de Instrumentos Fiscales. Aplicación a la Comunidad Foral de Navarra. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.

Toro, p. et al. 2010. Modelos Econométricos para el desarrollo de Funciones de Producción. Departamento de Producción Animal Universidad de Cordoba.

Velazco, G. C. 1988. Estimación jackknife de la producción de producción Cobb-Duglas. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. 85 pp.

Young. R. A.1996 Measuring Economic Benefits for Water Investments and Policies. The World Bank. Whashington, D.C.

XIV. ANEXOS

ANEXO 1
ESTIMACIÓN DEL BENEFICIO NETO

1.1 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2003.

2003							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	27.00	20.54	555	2,731	1,514,697	572,623	942,073
Sorgo	131.00	5.69	745	1,795	1,338,211	659,477	678,733
Frijol	19.00	1.25	24	6,894	163,741	91,766	71,975
Maíz	6.00	7.68	46	1,554	71,594	34,851	36,743
Nogal	764.00	1.95	1,490	37,869	56,417,147	14,119,667	42,297,480
Alfalfa	559.00	75.00	41,925	346	14,519,885	5,513,079	9,006,806
Total	1,506		44,785		74,025,274	20,991,463	53,033,811

1.2 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2004.

2004							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	20.00	18.34	367	2,374	870,695	424,165	446,530
Sorgo	163.00	5.36	874	1,106	966,142	820,571	145,570
Frijol	77.00	1.25	96	6,130	590,013	371,892	218,120
Maíz	13.00	6.35	83	1,608	132,740	75,511	57,230
Algodón	5.00	1.78	9	5,064	45,066	29,043	16,024
Nogal	782.00	1.55	1,211	37,985	45,997,430	14,452,329	31,545,101
Alfalfa	325.00	62.00	20,150	208	4,199,260	3,205,279	993,981
Total	1,385		22,789		52,801,346	19,378,790	33,422,556

1.3 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2005.

2005							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	343.00	17.86	6,126	3,049	18,677,133	8,118,060	10,559,073
Cacahuete	45.00	3.00	135	4,400	594,000	319,802	274,198
Sorgo	83.00	5.20	432	1,200	517,920	466,294	51,626
Frijol	90.00	1.16	104	7,388	771,311	485,090	286,222
Maíz	12.00	7.74	93	1,305	121,215	77,786	43,429
Algodón	40.00	3.56	142	4,238	603,460	259,286	344,174
Nogal	930.00	1.96	1,826	38,462	70,235,733	17,970,765	52,264,969
Alfalfa	589.00	63.61	37,466	213	7,986,314	6,482,622	1,503,692
Total	2,132		46,325		99,507,087	34,179,704	65,327,383

1.4 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2006.

2006							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	446.00	15.76	7,029	2,528	17,767,172	11,237,480	6,529,692
Cacahuete	35.00	3.80	133	4,700	625,100	264,345	360,755
Sorgo	238.00	5.13	1,221	1,531	1,869,015	1,423,425	445,590
Frijol	27.00	1.05	28	7,000	198,450	154,924	43,526
Maíz	11.00	9.14	101	1,860	186,985	75,908	111,077
Algodón	76.00	4.19	318	4,697	1,495,808	524,455	971,354
Nogal	1,120.00	2.01	2,250	39,143	88,070,852	22,228,319	65,842,533
Alfalfa	816.00	65.77	53,668	228	12,240,670	9,560,961	2,679,710
Avena	18.00	4.40	79	2,391	189,344	76,350	112,994
Total	2,787		64,828		122,643,397	45,546,166	77,097,231

1.5 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2007.

2007							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	693.00	12.53	8,683	5,468	47,482,922	18,966,499	28,516,423
Cacahuete	126.00	2.25	284	6,500	1,842,750	1,031,524	811,226
Sorgo	689.00	5.00	3,445	1,600	5,512,000	4,476,068	1,035,932
Frijol	26.00	1.50	39	6,500	253,500	162,050	91,450
Maíz	390.00	9.00	3,510	2,400	8,424,000	2,923,337	5,500,663
Algodón	227.00	3.66	831	6,763	5,619,110	1,701,532	3,917,578
Nogal	1,332.00	1.77	2,357	45,000	106,048,487	27,426,685	78,621,802
Alfalfa	1,125.00	75.00	84,375	294	24,806,250	14,318,046	10,488,204
Trigo	19.00	5.00	95	2,400	228,000	127,885	100,115
Avena	35	3.40	119	2,300	273,700	209,420	64,280
Total	4,662		103,737		200,490,718	71,343,045	129,147,673

1.6 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2008.

2008							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	356.00	9.68	3,447	4,873	16,798,151	10,498,836	6,299,315
Cacahuete	38.00	2.70	103	6,500	666,900	334,630	332,270
Sorgo	39.00	5.00	195	1,880	366,600	273,010	93,590
Frijol	15.00	2.00	30	7,100	213,000	100,740	112,260
Maíz	10.00	7.00	70	3,270	228,900	80,770	148,130
Algodón	30.00	2.90	87	5,154	448,385	242,311	206,074
Nogal	1,347.00	1.76	2,371	41,000	97,199,520	28,714,451	68,485,069
Alfalfa	883	60.00	52,980	250	13,245,000	12,109,582	1,135,418
Total	2,718		59,283		129,166,456	52,354,331	76,812,125

1.7 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2009.

2009							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	546.00	15.35	8,381	4,288	35,942,180	17,249,697	18,692,483
Cacahuete	456.00	2.50	1,140	6,000	6,840,000	4,295,242	2,544,758
Sorgo	535.00	6.00	3,210	2,000	6,420,000	4,012,048	2,407,952
Frijol	4.00	1.50	6	10,000	60,000	28,779	31,221
Maíz	36.00	6.95	250	2,300	575,460	311,495	263,965
Nogal	1,502.00	2.02	3,038	42,000	127,599,743	33,099,551	94,500,192
Alfalfa	1,023.00	60.00	61,380	280	17,186,400	15,029,404	2,156,996
Trigo	32	5.00	160	3,000	480,000	270,496	209,504
Total	4,134		77,565		195,103,782	74,296,711	120,807,071

1.8 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2010.

2010							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	517.00	14.67	7,584	3,142	23,828,257	17,148,367	6,679,891
Cacahuete	251.00	2.00	502	7,200	3,614,400	2,479,714	1,134,686
Sorgo	156.00	5.00	780	2,100	1,638,000	1,228,232	409,768
Frijol	148.00	1.50	222	7,000	1,554,000	1,117,932	436,068
Maíz	146.00	6.42	937	2,850	2,671,362	1,326,311	1,345,051
Algodón	16.00	3.30	53	10,600	559,680	366,732	192,948
Nogal	1,513.00	1.34	2,027	60,918	123,506,845	34,158,491	89,348,354
Alfalfa	718.00	72.50	52,055	280	14,575,400	11,074,751	3,500,649
Total	3,465		64,161		171,947,945	68,900,529	103,047,416

1.9 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2011.

2011							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	362	13	4,525	3,560	16,109,000	10,675,782	5,433,218
Cacahuete	46	3	147	5,300	780,160	405,079	375,081
Sorgo	122	4	525	3,507	1,839,573	854,033	985,540
Maíz	183	7	1,281	2,350	3,010,350	1,478,096	1,532,254
Algodón	196	3	627	8,700	5,456,640	3,994,332	1,462,308
Nogal	1,550	1	2,015	48,570	97,868,550	33,041,870	64,826,680
Alfalfa	590	70	41,300	354	14,610,714	8,091,340	6,519,374
Total	3,049		50,420		139,674,987	58,540,532	81,134,455

1.10 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2012.

2012							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	370	11.94	4,418	5,445	24,052,933	13,150,759	10,902,174
Cacahuete	275	2.13	586	9,076.93	5,316,812	2,907,300	2,409,512
Sorgo	241	5.36	1,292	2,507	3,237,951	2,033,245	1,204,707
Algodón	123	4.30	529	7,248	3,833,398	3,021,003	812,395
Nogal	1,663	1.27	2,112	60,819	128,449,917	38,896,572	89,553,344
Alfalfa	728	64.00	46,592	320	14,909,440	12,032,553	2,876,887
Avena Grano	8	3.77	30	4,096	123,546	67,494	56,053
Total	3,408		55,558		179,923,997	72,108,926	107,815,072

1.11 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2013.

2013							
Cultivos	Superficie media	Rendimiento	Producción Total	Precio Medio R.	Valor Bruto	Costos Privados	Valor Neto Privados
Chile verde	56	14.03	786	3,647	2,865,375	1,990,385	874,990
Cacahuete	20	3.00	60	9,000.00	540,000	211,440	328,560
Sorgo	29	4.36	126	3,507	443,377	244,664	198,713
Frijol	13	1.10	14	11,499	164,436	105,224	59,212
Algodón	45	3.30	149	9,248	1,373,309	1,105,245	268,064
Nogal	1,780	1.30	2,314	42,210.73	97,675,620	41,633,132	56,042,488
Alfalfa	384	65.00	24,960	350	8,736,000	6,346,841	2,389,159
Total	2,327		28,409		111,798,116	51,636,931	60,161,185

ANEXO 2

ESTIMACIÓN DEL BENEFICIO NETO INCLUYENDO INCREMENTO EN SUPERFICIE.

1.12 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2003.

2003							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	30.86	20.54	634	2,731	1,731,082	654,426	1,076,655
Sorgo	149.71	5.69	852	1,795	1,529,384	753,688	775,695
Frijol	21.71	1.25	27	6,894	187,132	104,875	82,257
Maíz	6.86	7.68	53	1,554	81,822	39,830	41,992
Nogal	873.14	1.95	1,703	37,869	64,476,739	16,136,762	48,339,977
Alfalfa	638.86	75.00	47,914	346	16,594,155	6,300,662	10,293,492
Total	1,721		51,182		84,600,314	23,990,244	60,610,070

1.13 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2004.

2004							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	22.86	18.34	419	2,374	995,080	484,760	510,320
Sorgo	186.29	5.36	998	1,106	1,104,162	937,796	166,366
Frijol	88.00	1.25	110	6,130	674,300	425,020	249,280
Maíz	14.86	6.35	94	1,608	151,703	86,298	65,405
Algodón	5.71	1.78	10	5,064	51,504	33,192	18,313
Nogal	893.71	1.55	1,384	37,985	52,568,491	16,516,947	36,051,544
Alfalfa	371.43	62.00	23,029	208	4,799,154	3,663,176	1,135,979
Total	1,583		26,045		60,344,395	22,147,188	38,197,207

1.14 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2005.

2005							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	392.00	17.86	7,001	3,049	21,345,295	9,277,783	12,067,512
Cacahuete	51.43	3.00	154	4,400	678,857	365,488	313,369
Sorgo	94.86	5.20	493	1,200	591,909	532,907	59,001
Frijol	102.86	1.16	119	7,388	881,499	554,388	327,111
Maíz	13.71	7.74	106	1,305	138,531	88,898	49,633
Algodón	45.71	3.56	163	4,238	689,668	296,326	393,342
Nogal	1,062.86	1.96	2,087	38,462	80,269,410	20,538,017	59,731,393
Alfalfa	673.14	63.61	42,819	213	9,127,216	7,408,711	1,718,505
Total	2,437		52,942		113,722,385	39,062,519	74,659,866

1.15 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2006.

2006							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	509.71	15.76	8,033	2,528	20,305,340	12,842,835	7,462,505
Cacahuete	40.00	3.80	152	4,700	714,400	302,108	412,292
Sorgo	272.00	5.13	1,395	1,531	2,136,017	1,626,771	509,246
Frijol	30.86	1.05	32	7,000	226,800	177,056	49,744
Maíz	12.57	9.14	115	1,860	213,697	86,752	126,946
Algodón	86.86	4.19	364	4,697	1,709,495	599,377	1,110,118
Nogal	1,280.00	2.01	2,571	39,143	100,652,402	25,403,793	75,248,609
Alfalfa	932.57	65.77	61,335	228	13,989,338	10,926,812	3,062,525
Avena	20.57	4.40	91	2,391	216,393	87,257	129,136
Total	3,185		74,089		140,163,882	52,052,761	88,111,121

1.16 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2007.

2007							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	792.00	12.53	9,924	5,468	54,266,196	21,675,999	32,590,197
Cacahuete	144.00	2.25	324	6,500	2,106,000	1,178,885	927,115
Sorgo	787.43	5.00	3,937	1,600	6,299,429	5,115,506	1,183,923
Frijol	29.71	1.50	45	6,500	289,714	185,200	104,514
Maíz	445.71	9.00	4,011	2,400	9,627,429	3,340,956	6,286,472
Algodón	259.43	3.66	950	6,763	6,421,840	1,944,608	4,477,232
Nogal	1,522.29	1.77	2,693	45,000	121,198,271	31,344,783	89,853,488
Alfalfa	1,285.71	75.00	96,429	294	28,350,000	16,363,481	11,986,519
Trigo	21.71	5.00	109	2,400	260,571	146,154	114,417
Avena	40	3.40	136	2,300	312,800	239,338	73,462
Total	5,328		118,557		229,132,249	81,534,909	147,597,341

1.17 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2008.

2008							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	406.86	9.68	3,940	4,873	19,197,887	11,998,669	7,199,217
Cacahuete	43.43	2.70	117	6,500	762,171	382,435	379,737
Sorgo	44.57	5.00	223	1,880	418,971	312,012	106,960
Frijol	17.14	2.00	34	7,100	243,429	115,132	128,297
Maíz	11.43	7.00	80	3,270	261,600	92,309	169,291
Algodón	34.29	2.90	99	5,154	512,440	276,927	235,513
Nogal	1,539.43	1.76	2,709	41,000	111,085,166	32,816,516	78,268,650
Alfalfa	1,009	60.00	60,549	250	15,137,143	13,839,522	1,297,621
Total	3,106		67,752		147,618,807	59,833,521	87,785,286

1.18 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2009.

2009							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	624.00	15.35	9,578	4,288	41,076,777	19,713,939	21,362,838
Cacahuete	521.14	2.50	1,303	6,000	7,817,143	4,908,848	2,908,295
Sorgo	611.43	6.00	3,669	2,000	7,337,143	4,585,198	2,751,945
Frijol	4.57	1.50	7	10,000	68,571	32,890	35,682
Maíz	41.14	6.95	286	2,300	657,669	355,995	301,674
Nogal	1,716.57	2.02	3,472	42,000	145,828,277	37,828,058	108,000,219
Alfalfa	1,169.14	60.00	70,149	280	19,641,600	17,176,461	2,465,139
Trigo	37	5.00	183	3,000	548,571	309,138	239,433
Total	4,725		88,646		222,975,751	84,910,527	138,065,224

1.19 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2010.

2010							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	590.86	14.67	8,668	3,142	27,232,294	19,598,133	7,634,161
Cacahuete	286.86	2.00	574	7,200	4,130,743	2,833,958	1,296,784
Sorgo	178.29	5.00	891	2,100	1,872,000	1,403,693	468,307
Frijol	169.14	1.50	254	7,000	1,776,000	1,277,636	498,364
Maíz	166.86	6.42	1,071	2,850	3,052,985	1,515,784	1,537,201
Algodón	18.29	3.30	60	10,600	639,634	419,123	220,512
Nogal	1,729.14	1.34	2,317	60,918	141,150,680	39,038,276	102,112,405
Alfalfa	820.57	72.50	59,491	280	16,657,600	12,656,858	4,000,742
Total	3,960		73,327		196,511,937	78,743,461	117,768,475

1.20 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2011.

2011							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	414	13	5,171	3,560	18,410,282	12,200,892	6,209,391
Cacahuete	53	3	168	5,300	891,611	462,947	428,664
Sorgo	139	4	600	3,507	2,102,369	976,037	1,126,331
Maíz	209	7	1,464	2,350	3,440,399	1,689,252	1,751,148
Algodón	224	3	717	8,700	6,236,159	4,564,950	1,671,209
Nogal	1,771	1	2,303	48,570	111,849,752	37,762,131	74,087,621
Alfalfa	674	70	47,200	354	16,697,956	9,247,244	7,450,712
Total	3,485		50,420		139,674,987	58,540,532	92,725,075

1.21 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2012.

2012							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	423	11.94	5,049	5,445	27,489,066	15,029,439	12,459,627
Cacahuete	314	2.13	669	9,076.93	6,076,356	3,322,628	2,753,728
Sorgo	275	5.36	1,476	2,507	3,700,516	2,323,708	1,376,808
Algodón	141	4.30	604	7,248	4,381,027	3,452,575	928,452
Nogal	1,901	1.27	2,414	60,819	146,799,901	44,453,224	102,346,677
Alfalfa	832	64.00	53,248	320	17,039,360	13,751,489	3,287,871
Avena Grano	9	3.77	34	4,096	141,196	77,136	64,060
Total	3,895		63,495		205,627,420	72,108,926	123,217,221

1.22 Estimación de Beneficio Neto para el ciclo agrícola 2013.

2013							
Cultivos	Superficie media (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción Total (Ton)	Precio Medio R. (\$/Ton)	Valor Bruto (\$)	Costos de producción (\$)	Beneficio Neto (\$)
Chile verde	64	14.03	898	3,647	3,274,714	2,274,726	999,988
Cacahuete	23	3.00	69	9,000.00	617,143	241,646	375,497
Sorgo	33	4.36	145	3,507	506,717	279,616	227,100
Frijol	15	1.10	16	11,499	187,927	120,256	67,671
Algodón	51	3.30	170	9,248	1,569,496	1,263,137	306,359
Nogal	2,034	1.30	2,645	42,210.73	111,629,280	47,580,723	64,048,558
Alfalfa	439	65.00	28,526	350	9,984,000	7,253,533	2,730,467
Total	2,659		32,467		127,769,276	59,013,636	68,755,640

ANEXO 3
RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADISTICO

2.1. Resultados de análisis estadístico para el modelo de función Cobb-Douglas para el escenario 1.

SAS - [Salida - (Sin título)]

Variable dependiente: LBN

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	1.50296048	0.37574012	24.59	0.0007
Error	6	0.09169486	0.01528248		
Total correcto	10	1.59465534			

	R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	LBN Media
	0.942499	0.680670	0.123622	18.16186

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LSP	1	1.48797598	1.48797598	97.36	<.0001
LVA	1	0.0032523	0.0032523	0.22	0.6573
LCI	1	0.00122400	0.00122400	0.08	0.7867
LCMO	1	0.01043526	0.01043526	0.68	0.4402

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LSP	1	0.00042981	0.00042981	0.03	0.8723
LVA	1	0.00388629	0.00388629	0.25	0.6209
LCI	1	0.00179431	0.00179431	0.12	0.7435
LCMO	1	0.01043526	0.01043526	0.68	0.4402

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	5.329377129	6.57888173	0.81	0.4488
LSP	0.153064354	0.31271347	0.17	0.8723
LVA	0.333570480	0.56167870	0.50	0.6320
LCI	0.110011584	0.32106058	0.34	0.7435
LCMO	0.232445921	0.28129829	0.83	0.4402

2.1. Resultados de análisis estadístico para el modelo de función Cobb-Douglas para el escenario 2.

SAS - [Salida - (Sin título)]

Variable dependiente: LBN

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	1.50663614	0.37665904	25.68	0.0006
Error	6	0.08801913	0.01466986		
Total correcto	10	1.59465528			

	R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	LBN Media
	0.944804	0.662020	0.121119	18.29540

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LSP	1	1.48797590	1.48797590	101.43	<.0001
LVA	1	0.0032522	0.0032522	0.23	0.6508
LCI	1	0.00815171	0.00815171	0.56	0.4942
LCMO	1	0.00718331	0.00718331	0.49	0.5103

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LSP	1	0.00471599	0.00471599	0.32	0.5913
LVA	1	0.00142178	0.00142178	0.10	0.7661
LCI	1	0.00547007	0.00547007	0.37	0.5638
LCMO	1	0.00718331	0.00718331	0.49	0.5103

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	5.845538783	6.39311096	0.91	0.3958
LSP	0.537882072	0.34725545	0.57	0.5913
LVA	0.214827038	0.89005741	0.31	0.7661
LCI	0.059823595	0.09796907	0.61	0.5638
LCMO	0.195390061	0.27922422	0.70	0.5103