

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY
ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACION
PUBLICA Y POLITICA PUBLICA**



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY**

**OPTIMIZACION DE LOS NIVELES DE AGUA A UTILIZAR Y ESPECIES A
CULTIVAR EN EL SECTOR AGRICOLA DE LA COMARCA LAGUNERA**

TESINA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN ECONOMIA Y POLITICA PUBLICA**

P O R

MANUEL SOSA RIVAS

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE 2009

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY
ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACION
PÚBLICA Y POLÍTICA PÚBLICA



TECNOLÓGICO
DE MONTERREY

OPTIMIZACIÓN DE LOS NIVELES DE AGUA A UTILIZAR Y ESPECIES A
CULTIVAR EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE LA COMARCA LAGUNERA

TESINA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN ECONOMÍA Y POLÍTICA PÚBLICA

P O R

MANUEL SOSA RIVAS

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE 2009

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

**ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACION
PUBLICA Y POLITICA PUBLICA**



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®**

**Optimización de los Niveles de Agua a Utilizar y Especies a Cultivar en el Sector
Agrícola de la Comarca Lagunera**

TESINA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
ACADEMICO DE:**

MAESTRO EN ECONOMÍA Y POLÍTICA PÚBLICA

POR:

MANUEL SOSA RIVAS

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE DE 2009

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY**CAMPUS MONTERREY****ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACION
PUBLICA Y POLITICA PUBLICA**

Los miembros del comité de tesina recomendamos que el presente proyecto de tesina presentado por el Ing. Manuel Sosa Rivas sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

Maestro en Economía y Política Pública

Comité de Tesina:



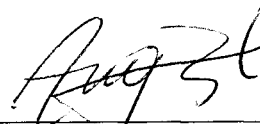
Dr. Viacheslav Kalashnikov

Asesor



Dr. Neale R. Smith Cornejo

Sinodal



Dr. Francisco R. Angel Bello
Acosta

Sinodal

Resumen

La Comarca Lagunera es una zona en la que debido al crecimiento demográfico, al establecimiento de nuevas industrias, a la presencia de una intensa actividad agrícola, a una precipitación pluvial escasa y a una cantidad variable de almacenamiento de agua en la presa Lázaro Cárdenas se están sobreexplotando los recursos hídricos del subsuelo, los cuales en las últimas cinco décadas han disminuido considerablemente (el abatimiento del acuífero principal ha sido de hasta 120 m). Lo anterior ha dado lugar a un aumento en los costos de extracción, a una disminución en la actividad agrícola y a tener cultivos no rentables, además de una disminución en la calidad del agua extraída.

En este trabajo se plantea el problema para optimizar la decisión de qué cultivos deberían de sembrarse, que área asignarles y cuánta agua destinarles como un modelo de investigación de operaciones que se resuelve por medio de Programación Dinámica Estocástica tanto para un horizonte de planeación Infinito como Finito.

Los resultados obtenidos indican cuál sería la política adecuada de uso de área y agua para cada nivel de agua que se tenga en el sistema.

Índice

1. Introducción	7
1.1. Situación Actual del Agua en La Laguna.....	7
1.2 Planteamiento del Problema como un Modelo de Investigación de Operaciones	8
1.3 Criterio de Decisión.....	10
2. El Modelo	12
2.1 Notación	12
2.1.1 Subíndices y Conjuntos.....	12
2.1.2 Parámetros.....	13
2.1.3 Variables de Decisión.....	16
2.1.4 Funciones	16
2.2 Planteamiento	17
2.2.1 Períodos	17
2.2.2 Estados	17
2.2.3 Acciones	18
2.2.4 Probabilidades de Transición	18
2.2.5 Recompensas	19
2.2.6 Ecuación Funcional	19
3. La Función de Ganancias	20

3.1 Programación Matemática Positiva (PMP)	21
3.2 Estimación de Precios y Costos	24
3.3 Replanteamiento del Modelo	27
4. Algoritmos de Solución	29
4.1 Algoritmo de Iteración de Valor (AIV)	29
4.2 Algoritmo de Recursión hacia Atrás (ARA)	30
5. Aplicación del Modelo	31
5.1 Cantidad de Agua Disponible y Estados del Sistema	31
5.2 Recarga de la Presa Lázaro Cárdena y Probabilidades de Transición	32
5.3 Aplicación de la PMP	34
5.4 Estimación de Precios y Costos	36
6.- Presentación de Resultados	36
6.1 Horizonte de Planeación Infinito	37
6.1.1 Utilización de Agua para Riego	37
6.1.2 Asignación de Áreas por Cultivo	38
6.1.3 Valor de f_{kn} obtenido del AIV	40
6.2 Horizonte de Planeación Finito	40
6.2.1 Utilización de Agua para Riego	42
6.2.2 Asignación de Áreas por Cultivo	43
7.- Conclusiones y Futuras Líneas de Investigación	45
8.- Bibliografía	48

Anexo 1: Programa en GAMS de la PMP	50
Anexo 2: Programa en Fortran para el AIV	59
Anexo 3: Programa en Fortran para el ARA	69
Anexo 4: Recarga de la Presa Lázaro Cárdenas	84
Anexo 5: Resultados de la Regresiones de Precios y Costos	87
Anexo 6: Resultados de Horizonte Infinito	90
Anexo 7: Resultados de Horizonte Finito	96

1. Introducción

En esta sección se da una breve descripción de la situación del recurso hídrico en La Laguna, el planteamiento del problema como un modelo de investigación de operaciones y el criterio de decisión para el modelo.

Para que el lector tenga un conocimiento más profundo de la región se recomienda consultar a Fortis (Fortis, García y Guzmán, 2006a; Fortis et al., 2006b) así como el acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos del acuífero “Principal-Región Lagunera” en los Estados de Coahuila y Durango.

1.1 Situación actual del agua en La Laguna

La comarca lagunera es una zona en la que debido al crecimiento demográfico, al establecimiento de nuevas industrias, a la presencia de una intensa actividad agrícola, a una precipitación pluvial escasa y a una cantidad variable de almacenamiento de agua en la presa Lázaro Cárdenas se están sobreexplotando los recursos hídricos del subsuelo, los cuales en las últimas cinco décadas han disminuido considerablemente (el abatimiento del acuífero principal ha sido de hasta 120 m). Lo anterior ha dado lugar a un aumento en los costos de extracción, a una disminución en la actividad agrícola y a tener cultivos no rentables, además de una disminución en la calidad del agua extraída.

La sobreexplotación se ha acentuado por una falta de coordinación entre los productores agrícolas y la ausencia de un precio para el agua que represente el “verdadero” valor de ésta, pues al maximizar sus beneficios bajo estas condiciones, no se internaliza el costo social y consecuentemente no se logra aprovechar el agua en el óptimo social.

Dado que el sector agrícola representa en la región el 93% del consumo de este recurso, el objeto de esta tesina es establecer los niveles óptimos de utilización del agua y cultivos más rentables de forma que los beneficios de los productores agrícolas, vistos en conjunto, sean maximizados a través del tiempo en un horizonte infinito y finito de planeación, llegando así a un aprovechamiento sustentable del agua.

1.2 Planteamiento del problema como un modelo de investigación de operaciones

De acuerdo a la literatura revisada, empíricamente es difícil determinar la función que nos permite internalizar el costo marginal social, pues el agua de pozo y de las presas tiene atributos de stock y flujo, además, la posibilidad de utilizar el cálculo de variaciones para la solución matemática de las ecuaciones presenta una tarea de suma dificultad, por lo que se recomienda la Programación Dinámica como método de solución fácilmente adaptable para resolverse en una computadora (Burt, 1966).

Se considera que la Programación Dinámica constituye una herramienta adecuada para nuestro estudio pues:

- El problema puede dividirse en varias etapas en cada una de las cuales se requiere tomar una decisión de acuerdo con cierto criterio.
- Cada etapa consta de un cierto número de estados posibles a los cuales se llega por la decisión tomada en la etapa anterior.
- El conocimiento del costo o beneficio asociado a un estado permite determinar la mejor decisión a partir de ese estado.

Para utilizar la Programación Dinámica se construirá un modelo recursivo para la ecuación de maximización de beneficios de acuerdo al principio de optimalidad de

Bellman el cual nos dice que “una política óptima tiene la propiedad de que cuales quiera que sean el estado y la decisión iniciales, las decisiones restantes deben constituir una política óptima con respecto al estado que resulte de la primer decisión”.

La ecuación de maximización de beneficios se compone básicamente de:

- Funciones de producción de los diferentes cultivos.
- Precio de los insumos y productos
- La recarga esperada del acuífero y de las presas

Las variables de decisión serán:

- El área a cultivar de cada especie en cada período con lo que obtenemos también el agua que deberíamos destinar a cada cultivo

Y se tendrán como restricciones:

- La demanda de agua de la población, de la industria y del sector pecuario.
- El área total cultivable debe ser menor o igual al área total disponible para el cultivo.
- El agua disponible no puede exceder la capacidad de recarga media del acuífero ni la existencia de agua almacenada en la presa.

A pesar de que se han hecho varios estudios en este tema para la región, no tenemos información de la realización de una optimización intertemporal que maximice los beneficios de los productores, por lo que los resultados y el modelo obtenidos podrán ser

utilizados por los responsables de autorizar las cantidades de agua a extraer del acuífero y presas para tomar las mejores decisiones de acuerdo a los niveles de recarga reales que se den período a período.

1.3 Criterio de Decisión

Antes de exponer los componentes del modelo es conveniente establecer el criterio de decisión que se propone para discernir entre las posibles alternativas o combinaciones de riego y cultivo, el cual es el valor presente esperado de las ganancias netas (VPEGN) obtenidas por los agricultores en el horizonte de interés como resultado de la actividad agrícola.

La utilización del valor de las ganancias netas como criterio obedece a la asunción de que “el valor de la función del producto marginal de los productores es la función de beneficios sociales marginales, lo cual no es objetable si la producción se da en condiciones competitivas” (Burt, 1966), como prácticamente ocurre en la región de la Laguna donde la producción se da en pequeña propiedad y ejidos.

Otra forma en que podemos argumentar a favor de este criterio es pensar que actualmente el resto de la sociedad que consume agua (industria, población, etc.) maximiza su utilidad con respecto a la cantidad de agua que recibe, por lo que si dicha dotación no se ve disminuida al mismo tiempo que aumenta el bienestar de los agricultores, asumiendo que un crecimiento de sus ganancias es un incremento en su bienestar, el bienestar social también aumenta.

Se considera también, que los agricultores efectivamente dan una cierta importancia al futuro pero ésta es menor al peso que el presente tiene para ellos, lo que

implica la existencia de un factor de descuento, γ , positivo pero menor a la unidad que permite jerarquizar el valor que dan estos agentes a los ingresos obtenidos en cada período.

Finalmente, a pesar de que tanto intuitivamente se espera, así como empíricamente se ha demostrado (Chavas, 2004), que el comportamiento económico de los agentes de estudio evidencie un cierto grado de aversión al riesgo implícito en la toma de decisiones en un contexto dinámico e incierto, como lo es la falta de certeza de precios, costos, recarga del acuífero y presas a través del tiempo, la especificación del modelo de este trabajo supone que las preferencias de los agricultores son neutrales al riesgo y que su utilidad es aditiva y lineal por las siguientes razones:

1.- Tradicionalmente la maximización del VPEGN ha sido el criterio de decisión en la solución de modelos agrícolas de PD (Burt, 1966; Burt y Allison, 1963; Krautkraemer, van Kooten y Young, 1992; McFarland, 1975; Yaron y Olian, 1973).

2.- La literatura consultada que presenta los algoritmos de solución de programación dinámica estocástica se enfoca a este tipo de función de utilidad y preferencias (Kennedy, 1986; Miranda y Fackler, 2002; Puterman, 1994).

3.- Se han propuesto diferentes formas de incorporar la aversión al riesgo en modelos de PD, sin embargo, no se tiene un consenso sobre la mejor manera de hacerlo; algunas alternativas que toman en cuenta la aversión al riesgo dentro de un año en específico pueden generar violaciones al axioma de independencia de la teoría de la utilidad y otras consideran que al agente únicamente le interesa la media y varianza del VPEGN en el largo plazo (Krautkraemer, et al. 1992)

4.- No se tiene información sobre la magnitud de la aversión al riesgo ni de las condiciones financieras particulares del grupo que se está analizando lo que impide determinar si existe una mayor preocupación por el riesgo intra-año o por el de largo plazo y por lo tanto la conveniencia de aplicar alguno de los procedimientos del punto anterior.

2. El Modelo

El modelo que se propone resolver para la toma de decisiones óptimas en cuanto a los cultivos que deberían sembrarse en la región, así como la cantidad de agua total que ha de asignarse para esta actividad en cada período, está basado en el planteamiento propuesto por Burt (1966) para el manejo de aguas subterráneas, por supuesto, se agregan las adaptaciones necesarias para que éste se adecue a la situación particular que se tiene en La Laguna.

2.1 Notación

La notación que se utilizará en este documento es la siguiente:

2.1.1 Subíndices y Conjuntos

i cultivos en la región; $i \in I$; $I = \{1, 2, \dots, V\}$;

h cultivos no perennes de la región; $h \in H$; $H = \{1, 2, \dots, P\}$; $P \leq V$; $H \subset I$;

j número de un estado posible del sistema; $j \in J$; $J = \{1, 2, \dots, U\}$;

k número de un estado posible del sistema; $k \in J$;

n períodos de planeación; $n \in N$; $N = \{1, 2, \dots, T\}$; $T < \infty$; Horizonte Finito;

4.- No se tiene información sobre la magnitud de la aversión al riesgo ni de las condiciones financieras particulares del grupo que se está analizando lo que impide determinar si existe una mayor preocupación por el riesgo intra-año o por el de largo plazo y por lo tanto la conveniencia de aplicar alguno de los procedimientos del punto anterior.

2. El Modelo

El modelo que se propone resolver para la toma de decisiones óptimas en cuanto a los cultivos que deberían sembrarse en la región, así como la cantidad de agua total que ha de asignarse para esta actividad en cada período, está basado en el planteamiento propuesto por Burt (1966) para el manejo de aguas subterráneas, por supuesto, se agregan las adaptaciones necesarias para que éste se adecue a la situación particular que se tiene en La Laguna.

2.1 Notación

La notación que se utilizará en este documento es la siguiente:

2.1.1 Subíndices y Conjuntos

i cultivos en la región; $i \in I$; $I = \{1, 2, \dots, V\}$;

h cultivos no perennes de la región; $h \in H$; $H = \{1, 2, \dots, P\}$; $P \leq V$; $H \subset I$;

j número de un estado posible del sistema; $j \in J$; $J = \{1, 2, \dots, U\}$;

k número de un estado posible del sistema; $k \in J$;

n períodos de planeación; $n \in N$; $N = \{1, 2, \dots, T\}$; $T < \infty$; Horizonte Finito;

$N = \{1, 2, \dots\}$; Horizonte Infinito

t tiempo histórico; $t \in P$; $P = \{-8, -7, \dots, 0\}$.

2.1.2 Parámetros

a_f cantidad mínima de agua reservada para el sector industrial;

a^{pec} cantidad mínima de agua reservada para el sector pecuario;

a^{pob} cantidad mínima de agua reservada para consumo humano;

b_i cantidad anual de agua requerida por cada hectárea sembrada del cultivo i ; $i \in I$;

c_i^- costo de producción (excluyendo el agua) del cultivo i en un período base; $i \in I$;

c_{in} costo de producción (excluyendo el agua) del cultivo i en el período n ; $i \in I$;
 $n \in N$;

c_{it} costo de producción histórico (excluyendo el agua) del cultivo i en el tiempo t ;
 $i \in I$; $t \in P$;

d^l valor crítico inferior para la prueba estadística Durbin-Watson;

d^u valor crítico superior para la prueba estadística Durbin-Watson;

L cantidad total de tierra cultivable;

L_i^{\max} cantidad máxima de tierra que puede asignarse al cultivo i a precios y costos constantes; $i \in I$;

- L_{in}^{\max} cantidad máxima de tierra que puede asignarse al cultivo i en el período n ; $i \in I$;
 $n \in N$;
- L_i cantidad de tierra asignada al cultivo i en un período base; $i \in I$;
- p_i precio del cultivo i en un período base; $i \in I$;
- p_{in} precio del cultivo i en el período n ; $i \in I$; $n \in N$;
- p_{it} precio histórico del cultivo i en el tiempo t ; $i \in I$; $t \in P$;
- ra_n recarga del acuífero en el período n ; $n \in N$;
- rm recarga media del acuífero;
- rp_n recarga de agua a la presa en el período n ; $n \in N$;
- s_{kn} cantidad total de agua, correspondiente al estado k , que se tiene disponible en el período n ; $k \in K$; $n \in N$; $s_{kn} \in S$; $S = \{0,1,2,\dots,M\}$;
- \hat{u}_{it}^c Residuales de la regresión de c_{it} . $i \in I$; $t \in P$;
- \hat{u}_{it}^p Residuales de la regresión de p_{it} . $i \in I$; $t \in P$;
- $w_n = (w_{kn})_{k \in K}$ recarga total de agua al sistema en el período n ; $n \in N$;
- W cantidad total de agua disponible en un período base;
- x_{in}^{\max} cantidad máxima de agua que puede asignarse al cultivo i en el período n ; $i \in I$;
 $n \in N$;

- y_i rendimiento anual del cultivo i por unidad de área; $i \in I$;
- α_i^1 pendiente de la regresión lineal de p_{in} para el cultivo i teniendo como variable independiente el tiempo; $i \in I$;
- α_i^2 intercepto de la regresión lineal de p_{in} para el cultivo i teniendo como variable independiente el tiempo; $i \in I$;
- α_i^3 pendiente de la regresión lineal de c_{in} para el cultivo i teniendo como variable independiente el tiempo; $i \in I$;
- α_i^4 intercepto de la regresión lineal de c_{in} para el cultivo i teniendo como variable independiente el tiempo; $i \in I$;
- α_i^5 intercepto de la regresión lineal de los residuales de p_{it} para el cultivo i ; $i \in I$;
- α_i^6 intercepto de la regresión lineal de los residuales de c_{it} para el cultivo i ; $i \in I$;
- β_i componente del coeficiente del término lineal de la función de ganancias para el cultivo i ; $i \in I$;
- δ_i coeficiente del término cuadrático de la función de ganancias para el cultivo i ; $i \in I$;
- ε^{PMP} pequeña perturbación positiva para la PMP;
- ε^{AIV} una pequeña cantidad positiva para el algoritmo AIV;
- γ factor de descuento; $0 \leq \gamma < 1$;

λ_h precio sombra para el cultivo h ; $h \in H$.

ρ_i^c pendiente de la regresión lineal de los residuales de c_{it} para el cultivo i ; $i \in I$;

ρ_i^p pendiente de la regresión lineal de los residuales de p_{it} para el cultivo i ; $i \in I$;

2.1.3 Variables de decisión

L_{ikn} cantidad de tierra asignada al cultivo i en el estado k y período n ; $i \in I$; $k \in K$;
 $n \in N$; $L_{ikn} \geq 0$

$L_{kn} = (L_{ikn})_{i \in I}$; $k \in K$; $n \in N$;

$L_{in} = (L_{ikn})_{k \in K}$; $i \in I$; $n \in N$;

2.1.4 Funciones

$x_{ikn} : R_+ \rightarrow R_+$; cantidad de agua asignada al cultivo i en el estado k y período n en

función del área cultivada $i \in I$; $k \in K$; $n \in N$;

$x_{kn}^{tot} : R_+^I \rightarrow R_+$; cantidad total de agua utilizada en el estado k y período n ; $k \in K$; $n \in N$

;

$f_{kn} : S \rightarrow R$ VPEGN para el estado k y período n ; $k \in K$; $n \in N$;

$G_{ikn} : R_+^3 \rightarrow R$ Ganancias netas de la siembra del cultivo i en el estado k y período n ;

$i \in I$; $k \in K$; $n \in N$.

2.2 Planteamiento

En esta sección se describen uno a uno los componentes de la estructura básica del modelo de programación dinámica discreta y estocástica para la Laguna finalizando con la enunciación de la relación recursiva que permite la identificación de una política óptima a seguir para determinar las asignaciones óptimas de agua y área para cada uno de los cultivos en la región.

2.2.1 Períodos

El horizonte de planeación se divide en etapas o períodos equivalentes a un año calendario pues la decisión que realizan los agricultores sobre qué cultivos sembrarán la llevan a cabo estacionalmente; es importante mencionar que de acuerdo a información proporcionada por la SAGARPA (Ing. Pedro Félix) suponemos que debido a la escasez de agua cada hectárea disponible para siembra se puede utilizar o para cultivos del ciclo primavera-verano o del ciclo otoño-invierno pero no ambos.

2.2.2 Estados

Al inicio de cada uno de los períodos el sistema se encuentra en alguno de U -estados posibles, s_{k^n} , que corresponde a una cierta cantidad total de agua, equivalente a la suma del líquido disponible en las presas y en los acuíferos de la región. Implícitamente, esta agregación asume que la calidad del agua es la misma en ambas fuentes.

2.2.3 Acciones

Los agricultores de la región pueden decidir la cantidad total de tierra que cultivarán, L_{ikn} , y por lo tanto el agua que utilizarán para riego, $\sum_{i \in I} x_{ikn}(L_{ikn})$, ésta última determinada por los cultivos que se sembrarán, y será a lo sumo igual a la que se tiene como stock menos las necesidades del resto de los sectores.

El conjunto de estas posibles decisiones constituye las acciones que los agricultores pueden llevar a cabo en cada una de las etapas y estados en que se encuentre el sistema.

2.2.4 Probabilidades de Transición

La transición a un cierto estado en el futuro, $s_{j,n+1}$, está dada por $s_{j,n+1} = s_{kn} - x_{kn}^{tot}(L_{kn}) + w_n$ donde $x_{kn}^{tot}(L_{kn})$ es la utilización de agua no sólo de los agricultores sino también de la población, industria y sector pecuario, y w_n es una variable estocástica igual a la suma de la recarga de la presa y del acuífero en el período n , $w_n = rp_n + ra_n$.

La ecuación de transición implica que $s_{j,n+1}$ es también una variable estocástica y la forma de su distribución de probabilidad es idéntica a la de w_n pues ésta es la única variable aleatoria en el lado derecho de la expresión.

La función de probabilidad de transición, $\Pr\langle s_{j,n+1} | s_{kn}, x_{kn}^{tot} \rangle$, se define como la probabilidad de pasar del estado s_{kn} al estado $s_{j,n+1}$ cuando se utiliza la cantidad de agua x_{kn}^{tot} resultado de la acción L_{kn} ; se asume que $\sum_{j \in J} \Pr\langle s_{j,n+1} | s_{kn}, x_{kn}^{tot} \rangle = 1$.

2.2.5 Recompensas

Como resultado de la realización de las acciones descritas en la sección 2.2.3 y de acuerdo al criterio del VPEGN los agricultores reciben una recompensa igual a la suma de las ganancias derivadas de la siembra de cada uno de los cultivos cuando se encuentran en un cierto estado k en el período n , $\sum_{i \in I} G_{ikn}(L_{ikn}, c_{in}, p_{in})$, más el valor esperado descontado (de acuerdo a las probabilidades de transición del sistema y al factor de descuento) de las ganancias en el futuro (próximo período).

2.2.6 Ecuación Funcional

Las ideas expuestas anteriormente y la incorporación del principio de optimalidad de Bellman pueden resumirse en la siguiente relación recursiva la cual constituye la base para el desarrollo más detallado del modelo:

$$f_{kn}(s_{kn}) = \max_{L_{kn}} \left\{ \sum_{i \in I} G_{ikn}(L_{ikn}, c_{in}, p_{in}) + \gamma \sum_{j \in J} \Pr\langle s_{j,n+1} | s_{kn}, x_{kn}^{tot}(L_{kn}) \rangle f_{j,n+1}(s_{j,n+1}) \right\};$$

$$k \in K; n \in N; \tag{1a}$$

s.a.

$$x_{kn}^{tot} = \sum_{i \in I} x_{ikn}(L_{ikn}) + a^{pob} + a^f + a^{pec} \leq s_{kn}; k \in K; n \in N; \tag{1b}$$

$$\sum_{i \in I} L_{ikn} \leq L; k \in K; n \in N; \quad (1c)$$

$$0 \leq L_{in} \leq L_{in}^{\max}; i \in I; n \in N \quad (1d)$$

La interpretación de la ecuación (1a) es la siguiente: El máximo VPEGN para un cierto estado k en el período n en un proceso de T -etapas bajo una política óptima de utilización del agua, es igual a la máxima suma de ganancias netas derivadas de la siembra de los cultivos i en el período n y al valor esperado descontado de las ganancias netas de los restantes $T - n$ períodos, en los que se sigue una política óptima para cualquier estado j que resulte de la decisión del período n .

Las restricciones (1b) y (1c), respectivamente, establecen que no podemos utilizar más agua o más tierra de la que se tiene disponible.

La ecuación (1d) establece que la cantidad de tierra asignada a un cierto cultivo i no puede ser mayor al parámetro L_{in}^{\max} , lo cual garantiza que la función de ganancias G_{ikn} sea positiva, esto quedará claro en la siguiente sección donde se establece la forma, estructura y obtención de dicha función.

3. La Función de Ganancias

La función de ganancias $G_{ikn}(L_{ikn}, c_{in}, p_{in})$ representa la utilidad neta obtenida por la venta del cultivo i al precio p_{in} y con un costo de producción c_{in} cuando se asignó la cantidad de tierra L_{ikn} para producirlo en el estado k y período n .

En este trabajo se asume que los parámetros que determinan el rendimiento de una cierta cantidad de agua asignada a un cultivo permanecen constantes a lo largo del

$$\sum_{i \in I} L_{ikn} \leq L; k \in K; n \in N; \quad (1c)$$

$$0 \leq L_{in} \leq L_{in}^{\max}; i \in I; n \in N \quad (1d)$$

La interpretación de la ecuación (1a) es la siguiente: El máximo VPEGN para un cierto estado k en el período n en un proceso de T -etapas bajo una política óptima de utilización del agua, es igual a la máxima suma de ganancias netas derivadas de la siembra de los cultivos i en el período n y al valor esperado descontado de las ganancias netas de los restantes $T - n$ períodos, en los que se sigue una política óptima para cualquier estado j que resulte de la decisión del período n .

Las restricciones (1b) y (1c), respectivamente, establecen que no podemos utilizar más agua o más tierra de la que se tiene disponible.

La ecuación (1d) establece que la cantidad de tierra asignada a un cierto cultivo i no puede ser mayor al parámetro L_{in}^{\max} , lo cual garantiza que la función de ganancias G_{ikn} sea positiva, esto quedará claro en la siguiente sección donde se establece la forma, estructura y obtención de dicha función.

3. La Función de Ganancias

La función de ganancias $G_{ikn}(L_{ikn}, c_{in}, p_{in})$ representa la utilidad neta obtenida por la venta del cultivo i al precio p_{in} y con un costo de producción c_{in} cuando se asignó la cantidad de tierra L_{ikn} para producirlo en el estado k y período n .

En este trabajo se asume que los parámetros que determinan el rendimiento de una cierta cantidad de agua asignada a un cultivo permanecen constantes a lo largo del

tiempo y pueden ser estimados por medio del método de Programación Matemática Positiva (PMP) que se presenta en la sección 3.1.

En cuanto a los precios y costos se considera que éstos pueden cambiar en los diferentes periodos del horizonte de planeación; la forma en que se estimarán estas variaciones se explica en la sección 3.2.

Es importante mencionar que G_{ikn} es variable si y sólo si p_{in} y c_{in} cambian en el tiempo (de lo contrario G_{ikn} es constante); la cuestión entonces, es decidir que especificación de G_{ikn} es más conveniente para los propósitos de este trabajo lo cual se discute en la sección 3.3 donde se replantea el modelo descrito en la sección anterior.

3.1 Programación Matemática Positiva

Para la determinación de G_{ikn} se utiliza el método de Programación Matemática Positiva (PMP) planteado en Howitt (Howitt, 1995), el cual se recomienda para estudios regionales donde, como ocurre en La Laguna, la información referente a producción, costos y áreas cultivadas, están agregados y sin detalle (Tsur, Y., Roe, T., Doukkaly, R. y Dinar, A., 2003).

Para aplicar el PMP bastan los datos de un período base para calibrar de forma exacta una función objetivo no lineal, en este caso una función cuadrática decreciente, la cual asumimos que captura en sus parámetros: el comportamiento económico de los agricultores, las variaciones en la producción atribuidas a la heterogeneidad en la calidad del suelo de la región y los rendimientos decrecientes al aumentar la proporción del área total destinada a un cultivo (Howitt, 1995).

Se debe tener en cuenta que con el PMP no es posible hacer una inferencia estadística de los resultados de la calibración, lo que constituye una desventaja frente a un enfoque econométrico (de Frahan, et al., 2007).

Los pasos propuestos en (Tsur, et al. 2003) para obtener G_{ikn} , en función del área cultivada, de acuerdo a la metodología de PMP son los siguientes (se suprimen los subíndices k y n pues la PMP utiliza únicamente los datos de un período base y aplica para todos los estados y etapas):

1.- Resolver el siguiente problema de programación lineal:

$$\max_{L_i} \left\{ \sum_{i \in I} (p_i^- y_i - c_i^-) L_i \right\}$$

s.a.

$$\sum_{i \in I} b_i L_i \leq W \text{ (Restricción de cantidad de agua)}$$

$$\sum_{i \in I} L_i \leq L \text{ (Restricción de área cultivable)}$$

$$L_i \leq L_i + \varepsilon^{PMP}; i \in H \text{ (para todo cultivo no perenne)}$$

$$L_i \leq L_i^-; i \notin H \text{ (para todo cultivo perenne)}$$

$$L_i \geq 0$$

2.- Sea λ_i el precio sombra de los cultivos obtenido en el Paso 1. Definimos:

$$\delta_i = \lambda_i / (p_i^- L_i); i \in H \text{ (para todo cultivo no perenne)}$$

$\delta_i = 0; i \notin H$ (para todo cultivo perenne)

$$\beta_i = y_i + \delta_i L_i^-$$

3.- Resolver el siguiente problema de programación cuadrática:

$$\max_{L_i} \left\{ \sum_{i \in I} [p_i (\beta_i - \delta_i L_i) - c_i] L_i \right\}$$

s.a.

$$\sum_{i \in I} b_i L_i \leq W$$

$$\sum_{i \in I} L_i \leq L$$

$L_i \leq L_i^-; i \notin H$ (para todo cultivo perenne)

$L_i \geq 0; i \in I;$

La implementación de la PMP se realiza en GAMS (Anexo 1) omitiendo la resolución del tercer paso que es, precisamente, la maximización de G_{ikn} pues, como se verá más adelante, ésta se realiza en los algoritmos de solución de PD.

Como se puede observar la estimación de G_{ikn} resultante de la PMP está en función del área cultivada, L_{ikn} , que se relaciona con $x_{ikn}(L_{ikn})$ a través de $x_{ikn} = b_i L_{ikn}$

Así, tenemos que, x_{in}^{\max} es la cantidad de agua correspondiente a $L_{in}^{\max} = \left[\beta_i - \frac{c_{in}}{p_{in}} \right] / \delta_i$, el área máxima que es posible asignar a un cultivo a los precios y costos del período n sin tener ganancias negativas.

3.2 Estimación de Precios y Costos

Los precios y costos de producción de los cultivos en las diferentes etapas del horizonte de planeación se estiman linealmente con el software estadístico Stata por medio de los parámetros obtenidos de una regresión de los datos históricos donde tenemos como variable independiente el tiempo:

$$p_{it} = \alpha_i^1 t + \alpha_i^2; \quad i \in I; \quad t \in P$$

$$c_{it} = \alpha_i^3 t + \alpha_i^4; \quad i \in I; \quad t \in P$$

Al ser estas regresiones unas series de tiempo, es muy probable que se presente correlación serial lo que implica que los errores estándar de los estimadores sean subestimados si ésta es positiva o incluso sobreestimados en algunos casos de correlación serial negativa; esto puede ocasionar que se falle al rechazar la hipótesis nula de que $\alpha = 0$ (para toda α) cuando ésta es verdadera (Pindyck y Rubinfeld, 1997; Wooldridge 2006).

El estadístico Durbin-Watson (DW) que es “por mucho la prueba más popular para correlación serial” (Pindyck y Rubinfeld, 1997) será el que se utilice en esta investigación.

Pindyck (Pindyck y Rubinfeld, 1997) menciona que el valor de DW se encontrará en el rango de 0 a 4, sin embargo, esto es cierto únicamente para muestras grandes (un mínimo de alrededor de 500 datos), ya que conforme el número de observaciones disminuye el rango se torna más estrecho (Savin y White, 1977).

En esta investigación, por las razones expuestas con anterioridad, las regresiones para los precios y costos se llevan a cabo con la información de tan sólo 9 años (1999-2007) por lo que el diagnóstico proporcionado por este estadístico se basa en el rango reportado por Savin y White (1977) para 10 observaciones (no hay información para nueve). Las posibles conclusiones se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Conclusiones del estadístico Durbin-Watson

Valor de DW	Resultado
$3.9021 - d^l < DW < 3.9021$	Correlación serial negativa presente
$3.9021 - d^u < DW < 3.9021 - d^l$	Resultado Indeterminado
$2 < DW < 3.9021 - d^u$	No hay correlación serial
$d^u < DW < 2$	No hay correlación serial
$d^l < DW < d^u$	Resultado Indeterminado
$0.0979 < DW < d^l$	Correlación serial positiva presente

Donde d^l y d^u representan el límite inferior y superior respectivamente para el acotamiento de la región de “resultado indeterminado”; esta condición de indeterminación obedece a que una correlación de la variable independiente, usualmente presente en series de tiempo, influye en el valor de DW (Pyndick y Rubinfeld, 1997).

Nuevamente, de acuerdo a los valores reportados en Savin y White (1977) para 9 observaciones y un regresor (sin considerar al intercepto) $d^l = 0.554$ y $d^u = 0.998$.

Cuando el resultado del estadístico DW sea “indeterminado” se realiza el siguiente procedimiento (Woolridge, 2006):

1.- Se obtienen los residuales, \hat{u}_i^c y \hat{u}_i^p , de las regresiones originales; $i \in I$; $t \in P$

2.- Se estiman los coeficientes ρ_i^p , ρ_i^c , α_i^5 y α_i^6 por medio de las siguientes regresiones:

$$\hat{u}_i^p = \rho_i^p \hat{u}_{i,t-1}^p + \alpha_i^5 ; i \in I ; t \in P ;$$

$$\hat{u}_i^c = \rho_i^c \hat{u}_{i,t-1}^c + \alpha_i^6 ; i \in I ; t \in P$$

y se obtiene el estadístico t para cada uno de ellos.

3.- Se utiliza el estadístico t de ρ_i^p (ρ_i^c) del paso 2 para evaluar la hipótesis nula de $\rho_i^p = 0$ ($\rho_i^c = 0$) contra la alternativa $\rho_i^p \neq 0$ ($\rho_i^c \neq 0$). Si la hipótesis nula se rechaza tenemos correlación serial.

En el caso de que efectivamente se determine que existe correlación serial las estimaciones se realizan otra vez por medio de Mínimos Cuadrados Generales Factibles (FGLS, por sus siglas en inglés) con el procedimiento de Prais- Winsten para corrección de correlación serial de primer orden que está incluido en Stata.

Si las estimaciones que resultan de FGLS y las obtenidas por Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS, por sus siglas en inglés) son similares, las primeras se prefieren porque

los estimadores son más eficientes y los estadísticos son válidos al menos asintóticamente (Wooldridge, 2006).

Es importante mencionar que debido a la gran volatilidad que prevalece especialmente en los precios de algunos de los cultivos (por ejemplo: Maíz y Sandía) existe la posibilidad de que la regresión lineal no explique adecuadamente el comportamiento de dichas variables lo que se manifiesta por: R^2 muy bajas, y estadísticos t-student y F menores al valor crítico.

Ante esta situación, el procedimiento que se seguirá es determinar la magnitud máxima de los residuales obtenidos de la regresión, tanto hacia arriba como hacia abajo, para tener un rango de “comportamiento aleatorio”, es decir, se seguirán haciendo pronósticos con la regresión original pero se agregará un valor aleatorio (en el rango establecido) a la variable dependiente.

3.3 Replanteamiento del Modelo

Para la determinación de una política óptima y sustentable de la cantidad de agua proveniente de una presa y un acuífero que se destinará para riego es conveniente realizar una planeación del aprovechamiento del recurso en un horizonte infinito.

Como se verá más adelante, para asegurar la convergencia del algoritmo de solución en horizonte infinito se requiere que las recompensas sean estacionarias y por lo tanto se necesita que la función de ganancias no cambie en el tiempo, por lo que es conveniente reescribir la ecuación (1a) de la siguiente forma:

$$f_{kn}(s_{kn}) = \max_{L_{kn}} \left\{ \sum_{i \in I} [p_i^-(\beta_i - \delta_i L_{ikn}) - c_i^-] + \gamma \sum_{j \in J} \Pr \langle s_{j,n+1} | s_{kn}, x_{kn}^{tot}(L_{kn}) \rangle f_{j,n+1}(s_{j,n+1}) \right\}; \quad k \in K;$$

$$n \in N = \{1, 2, \dots\}; \quad (2a)$$

s.a.

$$x_{kn}^{tot} = \sum_{i \in I} x_{ikn}(L_{ikn}) + a^{pob} + a^f + a^{pec} \leq s_{kn}; \quad k \in K; \quad n \in N = \{1, 2, \dots\}; \quad (2b)$$

$$\sum_{i \in I} L_{ikn} \leq L; \quad k \in K; \quad n \in N = \{1, 2, \dots\}; \quad (2c)$$

$$0 \leq L_{ikn} \leq L_i^{\max}; \quad i \in I; \quad k \in K; \quad n \in N = \{1, 2, \dots\} \quad (2d)$$

A pesar de lo comentado anteriormente, si es posible tener una estimación de los precios y los costos al menos en el corto o mediano plazo, es deseable hacer proyecciones de G_{ikn} para algunos períodos, de forma que las decisiones sugeridas por el modelo se adecuen de mejor manera a la realidad que enfrentan los agricultores.

Si tenemos proyecciones de la función de ganancias para T períodos entonces la siguiente ecuación funcional es la que se utilizará:

$$f_{kn}(s_{kn}) = \max_{L_{kn}} \left\{ \sum_{i \in I} [p_{in}(\beta_i - \delta_i L_{ikn}) - c_{in}] + \gamma \sum_{j \in J} \Pr \langle s_{j,n+1} | s_{kn}, x_{kn}^{tot}(L_{kn}) \rangle f_{j,n+1}(s_{j,n+1}) \right\}; \quad k \in K;$$

$$n \in N = \{1, 2, \dots, T\}; \quad (3a)$$

s.a.

$$x_{kn}^{tot} = \sum_{i \in I} x_{ikn}(L_{ikn}) + a^{pob} + a^f + a^{pec} \leq s_{kn}; \quad k \in K; \quad n \in N = \{1, 2, \dots, T\}; \quad (3b)$$

$$\sum_{i \in I} L_{ikn} \leq L; k \in K; n \in N = \{1, 2, \dots, T\}; \quad (3c)$$

$$0 \leq L_{ikn} \leq L_{in}^{\max}; i \in I; k \in K; n \in N = \{1, 2, \dots, T\}. \quad (3d)$$

En esta ecuación se tiene que el valor de la función f_{kn} en el período $T + 1$ es un valor de salvamento.

4. Algoritmos de Solución

La ecuación (2a) se resolverá por medio del Algoritmo de Iteración de Valor (AIV) y posteriormente con el Algoritmo de Recursión hacia Atrás (ARA) (Puterman, 1994) se resolverá la ecuación (3a) teniendo como valores de salvamento de f_{kn} en la etapa $T + 1$ aquellos que resulten de la maximización de (2a).

4.1 Algoritmo de Iteración de Valor (AVA)

1.- Seleccionar un estimado inicial para $f_{k,n+1}$ para una n suficientemente grande (Ej. 1000,000), para todo $k \in K$. Especificar $\varepsilon^{AIV} > 0$.

2.- Calcular f_{kn} resolviendo:

$$f_{kn}(s_{kn}) = \max_{L_{kn}} \left\{ \sum_{i \in I} [p_i^-(\beta_i - \delta_i L_{ikn}) - c_i^-] + \gamma \sum_{j \in K} \Pr\langle s_{j,n+1} | s_{kn}, x_{kn}^{tot}(L_{kn}) \rangle f_{j,n+1}(s_{j,n+1}) \right\}; k \in K;$$

Sujeto a las restricciones (2b), (2c) y (2d).

$$\sum_{i \in I} L_{ikn} \leq L; k \in K; n \in N = \{1, 2, \dots, T\}; \quad (3c)$$

$$0 \leq L_{ikn} \leq L_{in}^{\max}; i \in I; k \in K; n \in N = \{1, 2, \dots, T\}. \quad (3d)$$

En esta ecuación se tiene que el valor de la función f_{kn} en el período $T + 1$ es un valor de salvamento.

4. Algoritmos de Solución

La ecuación (2a) se resolverá por medio del Algoritmo de Iteración de Valor (AIV) y posteriormente con el Algoritmo de Recursión hacia Atrás (ARA) (Puterman, 1994) se resolverá la ecuación (3a) teniendo como valores de salvamento de f_{kn} en la etapa $T + 1$ aquellos que resulten de la maximización de (2a).

4.1 Algoritmo de Iteración de Valor (AVA)

1.- Seleccionar un estimado inicial para $f_{k,n+1}$ para una n suficientemente grande (Ej. 1000,000), para todo $k \in K$. Especificar $\varepsilon^{AIV} > 0$.

2.- Calcular f_{kn} resolviendo:

$$f_{kn}(s_{kn}) = \max_{L_{kn}} \left\{ \sum_{i \in I} [p_i^-(\beta_i - \delta_i L_{ikn}) - c_i^-] + \gamma \sum_{j \in K} \Pr\langle s_{j,n+1} | s_{kn}, x_{kn}^{tot}(L_{kn}) \rangle f_{j,n+1}(s_{j,n+1}) \right\}; k \in K;$$

Sujeto a las restricciones (2b), (2c) y (2d).

3.- Si $\|f_{k,n+1} - f_{kn}\| < \varepsilon^{AV} \frac{(1-\gamma)}{2\gamma}$ para todo $k \in K$; pasar al paso 4. En caso

contrario $f_{k,n+1} = f_{kn}$ para todo $k \in K$; disminuir n en una unidad y regresar al paso 2.

4.- Seleccionar:

$$L_{kn} \in \underset{L_{ikn}}{\text{Arg max}} \left\{ \sum_{i \in I} [p_i^-(\beta_i - \delta_i L_{ikn}) - c_i^-] + \gamma \sum_{j \in K} \Pr \langle s_{j,n+1} | s_{kn}, x_{kn}^{tot}(L_{kn}) \rangle f_{j,n+1}(s_{j,n+1}) \right\};$$

$k \in K$ y terminar.

4.2 Algoritmo de Recursión hacia Atrás (ARA)

1.- Establecer el número de etapas de planeación T y el valor final del proceso

$f_{k,n+1}$ para $j \in K$ y $n = T$.

2.- Inicialización: $n = T$

3.- Realizar la siguiente recursión:

$$f_{kn}(s_{kn}) = \max_{L_{kn}} \left\{ \sum_{i \in I} [p_{in}(\beta_i - \delta_i L_{ikn}) - c_{in}] + \gamma \sum_{j \in K} \Pr \langle s_{j,n+1} | s_{kn}, x_{kn}^{tot}(L_{kn}) \rangle f_{j,n+1}(s_{j,n+1}) \right\}; k \in K;$$

Sujeto a las restricciones (3b), (3c) y (3d) para el valor de n actual.

Encontrar:

$$L_{kn} \in \underset{L_{kn}}{\text{Arg max}} \left\{ \sum_{i \in I} [p_{in}(\beta_i - \delta_i L_{ikn}) - c_{in}] + \gamma \sum_{j \in J} \Pr \langle s_{j,n+1} | s_{kn}, x_{kn}^{tot}(L_{kn}) \rangle f_{j,n+1}(s_{j,n+1}) \right\}; k \in K;$$

4.- Si $n = 1$ terminar, de lo contrario realizar un decremento de una unidad a n y regresar al paso 3.

Para esta investigación estos algoritmos se programaron en Fortran (Anexo 2 y Anexo 3).

5. Aplicación del Modelo

En esta sección se muestran los datos, suposiciones, resultados de la PMP, regresiones y demás cuestiones particulares de la Región Lagunera necesarias para aplicar los modelos y metodologías expuestos en los apartados anteriores.

Para facilitar la lectura algunas de las tablas más extensas se presentan en los anexos al final de este trabajo, a los cuales se hace referencia a lo largo del texto.

5.1 Cantidad de Agua Disponible y Estados del Sistema

La principal presa de la comarca Lagunera es la presa Lázaro Cárdenas, la cual cuenta con una capacidad de almacenamiento de 3,336 millones de metros cúbicos (Mm^3), sin embargo, el almacenamiento útil para riego es de 2936 Mm^3 ; considerando que el área de embalse máximo es de 11,110 hectáreas podemos modelarla como un cubo con área 111,100,000 m^2 y altura de 27 m.

Respecto al agua disponible en el acuífero principal, de acuerdo al balance de aguas subterráneas del período 1991-2002 tenemos lo siguiente:

Recarga Media = Bombeo +/- Cambio de Almacenamiento

$$= 1088.5 \text{ Mm}^3/\text{año} - 569.6 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

4.- Si $n = 1$ terminar, de lo contrario realizar un decremento de una unidad a n y regresar al paso 3.

Para esta investigación estos algoritmos se programaron en Fortran (Anexo 2 y Anexo 3).

5. Aplicación del Modelo

En esta sección se muestran los datos, suposiciones, resultados de la PMP, regresiones y demás cuestiones particulares de la Región Lagunera necesarias para aplicar los modelos y metodologías expuestos en los apartados anteriores.

Para facilitar la lectura algunas de las tablas más extensas se presentan en los anexos al final de este trabajo, a los cuales se hace referencia a lo largo del texto.

5.1 Cantidad de Agua Disponible y Estados del Sistema

La principal presa de la comarca Lagunera es la presa Lázaro Cárdenas, la cual cuenta con una capacidad de almacenamiento de 3,336 millones de metros cúbicos (Mm^3), sin embargo, el almacenamiento útil para riego es de 2936 Mm^3 ; considerando que el área de embalse máximo es de 11,110 hectáreas podemos modelarla como un cubo con área 111,100,000 m^2 y altura de 27 m.

Respecto al agua disponible en el acuífero principal, de acuerdo al balance de aguas subterráneas del período 1991-2002 tenemos lo siguiente:

Recarga Media = Bombeo +/- Cambio de Almacenamiento

$$= 1088.5 \text{ Mm}^3/\text{año} - 569.6 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

= 518.9 Mm³/año

Dividiendo este volumen de recarga entre el área propuesta para el cubo de agua se tiene que la recarga media del acuífero equivale a 4 m de altura que sumados a los 27 m de agua de la presa da un total de 31 m potencialmente disponibles para riego.

Cada uno de estos niveles de agua representa un estado del sistema, es decir, se tienen 32 estados posibles, uno por cada metro de agua más el estado de 0 metros de agua disponibles.

5.2 Recarga de la Presa Lázaro Cárdenas y Probabilidades de Transición

En el caso de La Laguna se tienen datos anuales de las entradas totales de agua a la presa de mayor tamaño, Lázaro Cárdenas, por lo que, como se sugiere en (Burt y Stauber, 1971) para el caso de la precipitación anual, es posible, a través de las frecuencias relativas, estimar la probabilidad de que ocurra un determinado evento.

Sin embargo, como se mencionó en el punto anterior, en el caso de la recarga del acuífero, únicamente se tiene un balance de aguas subterráneas que comprende el período 1991-2002 con el que solamente se puede obtener la recarga media, rm .

Así que, en lugar de tener una distribución de probabilidad conjunta para w_n , es posible calcular el valor esperado de la recarga del sistema por medio de: $Ew_n = Erp_n + rm$ donde rp_n es la recarga de la presa en el período n .

En el anexo 4 se presenta la recarga histórica de la presa Lázaro Cárdenas para el período 1977-2007. Dado que la información de este lapso de tiempo únicamente se compone de 31 datos, es importante identificar la existencia de puntos inusuales, por lo

que, para este fin, se sigue la metodología para la construcción de un diagrama de caja expuesta en Devore (1998) para clasificar los datos:

Tabla 5.1: Identificación de puntos inusuales en los datos de recarga de la presa Lázaro

Cárdenas

Rango de recarga [=] m	Clasificación	Años
(0 , 7)	A menos de 1.5 veces fs del cuarto inferior	1994, 1995, 1998, 2000, 2001, 2002
[7 , 14.5]	Dentro de la 4ta Dispersión (fs)	1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1985, 1987, 1989, 1996, 1997, 1999, 2003, 2004, 2005, 2007
(14.5, 26)	A menos de 1.5 veces fs del cuarto superior	1984, 1986, 1988, 1990, 1992, 1993, 2006
[26, 37)	Punto inusual suave	1991
[37 , ∞)	Punto inusual extremo	Ninguno

Así, las probabilidades de recarga del sistema son las frecuencias relativas de cada uno de los datos excluyendo el año 1991 y agregando los 4 metros que se pueden tomar del acuífero principal para mantener un nivel estable del manto freático (Ver Anexo 4), por lo que se tiene que el valor esperado de recarga es de 14.2 m.

5.3 Aplicación de la PMP

Para la aplicación de la PMP se toma como período base el año 2007 y los datos pertinentes se obtienen del Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria 2007 publicado por la SAGARPA para la Región Lagunera, así como de los Paquetes Tecnológicos, ambos proporcionados por la oficina de Planeación regional de dicha secretaría.

En la tabla 5.2 se presenta la información sobre el área cultivada, L_i , la necesidad anual de agua, b_i , los precios de los productos, p_i^- , así como el rendimiento y costos, y_i y c_i^- respectivamente, para cada uno de los cultivos.

Es importante mencionar que el rendimiento y los costos han sido ponderados en base al porcentaje de cada uno de los cultivos que ha sido sembrado por bombeo y por gravedad.

Implícitamente se supone que además de la necesidad de agua, el resto de los factores se combinan de forma óptima.

Tabla 5.2: Área, Rendimiento, Necesidad de Agua, Precios y Costos 2007

Cultivo	L_i [=] ha	y_i [=] $\frac{ton}{ha \cdot año}$	b_i [=] $\frac{m^3}{ha \cdot año}$	p_i^- [=] $\frac{\$}{ton}$	c_i^- [=] $\frac{\$}{ha}$
Algodón	19509	4.56	5600	4,854.02	21,237.82
Melón	5059	25.76	8000	2088.33	21,152.44
Sandía	1180	34.11	11000	1271.51	18,402.49
Tomate	1196	47.22	14000	3703.11	22,211.24
Chile	1074	15.57	13800	3317.56	21,000.17

Alfalfa	40700	85.04	12900	295.30	8,240.55
Avena Forr.	12705	36.65	5800	264.08	5,960.89
Zacate Ball.	715	41.97	7700	223.78	7,704.65
Maíz Forr.	34032	43.77	7700	392.01	8,720.93
Sorgo Forr.	16302	49.30	7700	351.89	7,747.31
Nogal	3909	1.43	10000	30734.65	10,635.62

En base a los datos anteriores los resultados que se obtienen de la Programación Matemática Positiva son los siguientes:

Tabla 5.3: Resultados de la PMP

Cultivo	λ_i	δ_i	β_i
Algodón	0	0	4.56
Melón	31362.21	0.0030	40.78
Sandía	23207.71	0.0155	52.37
Tomate	150410.00	0.0340	87.83
Chile	28444.97	0.0080	24.14
Alfalfa	14806.58	0.0012	135.18
Avena Forrajera	2789.11	0.0008	47.22
Zacate Ballico	454.69	0.0028	44.00
Maíz Forrajero	7204.64	0.0005	62.15
Sorgo Forrajero	8368.16	0.0015	73.08
Nogal	0	0	1.43

5.4 Estimación de Precios y Costos

Los precios y costos ponderados se estiman en base a los datos históricos para el período 1999-2007 de acuerdo a la metodología presentada en la sección 3.2.

Los valores críticos de los estadísticos con una significancia del 5% son los siguientes (Pindyck y Rubinfeld, 1997):

- $t = 2.365$
- Distribución $F = 5.59$

En ningún caso se encuentra evidencia suficiente que demuestre correlación serial de primer orden, sin embargo, para los precios del algodón, sandía, chile, sorgo forrajero y nogal, los estadísticos arrojados por las regresiones son menores a sus valores críticos, por lo que para efecto de pronósticos se tomarán en cuenta los coeficientes obtenidos para cada una de las variables independientes pero se agregará un término aleatorio en base a los residuales obtenidos como se explicó en la sección 3.2.

En el Anexo 5 se muestran a detalle los resultados obtenidos para las regresiones.

6. Presentación de Resultados

En esta sección se muestran las políticas obtenidas a partir de la aplicación del modelo desarrollado en las secciones 2 y 3 para un horizonte de planeación infinito y finito.

5.4 Estimación de Precios y Costos

Los precios y costos ponderados se estiman en base a los datos históricos para el período 1999-2007 de acuerdo a la metodología presentada en la sección 3.2.

Los valores críticos de los estadísticos con una significancia del 5% son los siguientes (Pindyck y Rubinfeld, 1997):

- $t = 2.365$
- Distribución $F = 5.59$

En ningún caso se encuentra evidencia suficiente que demuestre correlación serial de primer orden, sin embargo, para los precios del algodón, sandía, chile, sorgo forrajero y nogal, los estadísticos arrojados por las regresiones son menores a sus valores críticos, por lo que para efecto de pronósticos se tomarán en cuenta los coeficientes obtenidos para cada una de las variables independientes pero se agregará un término aleatorio en base a los residuales obtenidos como se explicó en la sección 3.2.

En el Anexo 5 se muestran a detalle los resultados obtenidos para las regresiones.

6. Presentación de Resultados

En esta sección se muestran las políticas obtenidas a partir de la aplicación del modelo desarrollado en las secciones 2 y 3 para un horizonte de planeación infinito y finito.

6.1 Horizonte de Planeación Infinito

Al igual que para la aplicación de la PMP en la sección 5.3, se ha tomado como período base el año 2007 para la resolución de la ecuación (2a) en un horizonte infinito de planeación.

Dicha optimización se realiza por medio del programa que se presenta en el Anexo 2 a través de la implementación del Algoritmo de Iteración de Valor para 3 factores de descuento ($\gamma = 0.85, \gamma = 0.90$ y $\gamma = 0.95$) teniendo como posibles acciones 6 áreas para cada uno de los cultivos y considerando que el resto de los sectores requieren de 3 m de agua.

6.1.1 Utilización de Agua para Riego

En este apartado se presentan las políticas de uso del agua para cada uno de los factores de descuento. Es importante advertir que se entiende como “agua disponible para riego” la cantidad total que existe en el sistema menos las necesidades del resto de los sectores.

- Para $\gamma = 0.85$
 - **No utilizar agua para riego** si se tienen entre 0 y 3 m de agua.
 - **Utilizar toda el agua disponible para riego** si se tienen entre 4 y 12 m de agua.
 - **Utilizar 9 m para riego** si se tienen entre 13 y 16 m de agua.
 - **Utilizar 10 m para riego** si se tienen entre 17 y 18 m de agua.
 - **Utilizar 12 m para riego** si se tienen entre 19 y 31 m de agua.

- Para $\gamma = 0.90$
 - **No utilizar agua para riego** si se tienen entre 0 y 3 m de agua.
 - **Utilizar toda el agua disponible para riego** si se tienen entre 4 y 12 m de agua.
 - **Utilizar 9 m para riego** si se tienen entre 13 y 17 m de agua.
 - **Utilizar 10 m para riego** si se tienen entre 18 y 19 m de agua.
 - **Utilizar 12 m para riego** si se tienen entre 20 y 31 m de agua.
- Para $\gamma = 0.95$
 - **No utilizar agua para riego** si se tienen entre 0 y 3 m de agua.
 - **Utilizar toda el agua disponible para riego** si se tienen entre 4 y 12 m de agua.
 - **Utilizar 9 m para riego** si se tienen entre 13 y 18 m de agua.
 - **Utilizar 10 m para riego** si se tienen entre 19 y 21 m de agua.
 - **Utilizar 12 m para riego** si se tienen entre 22 y 31 m de agua.

6.1.2 Asignación de Áreas por Cultivo

Para cada una de las políticas de utilización de agua para riego que fueron expuestas en la sección anterior corresponde una cierta asignación de áreas destinadas a la siembra de cada uno de los cultivos, la cual es independiente del factor de descuento que se esté utilizando siempre que nos refiramos a una misma política.

En el caso en que es óptimo **Utilizar toda el agua disponible para riego** los patrones de áreas asignadas cambian para cada nivel de agua existente en el sistema y sólo se mencionarán los aspectos más relevantes de esta política.

- **No utilizar agua para riego**
 - No se siembra ningún cultivo.
- **Utilizar toda el agua disponible para riego**
 - No sembrar Algodón.
 - Sembrar 4130 has. de Melón y 962 has. de Tomate.
 - Sembrar Alfalfa para todo nivel mayor o igual a 6 m.
- **Utilizar 9 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765

- **Utilizar 10 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
22466	4130	978	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	125885

- **Utilizar 12 m para riego**

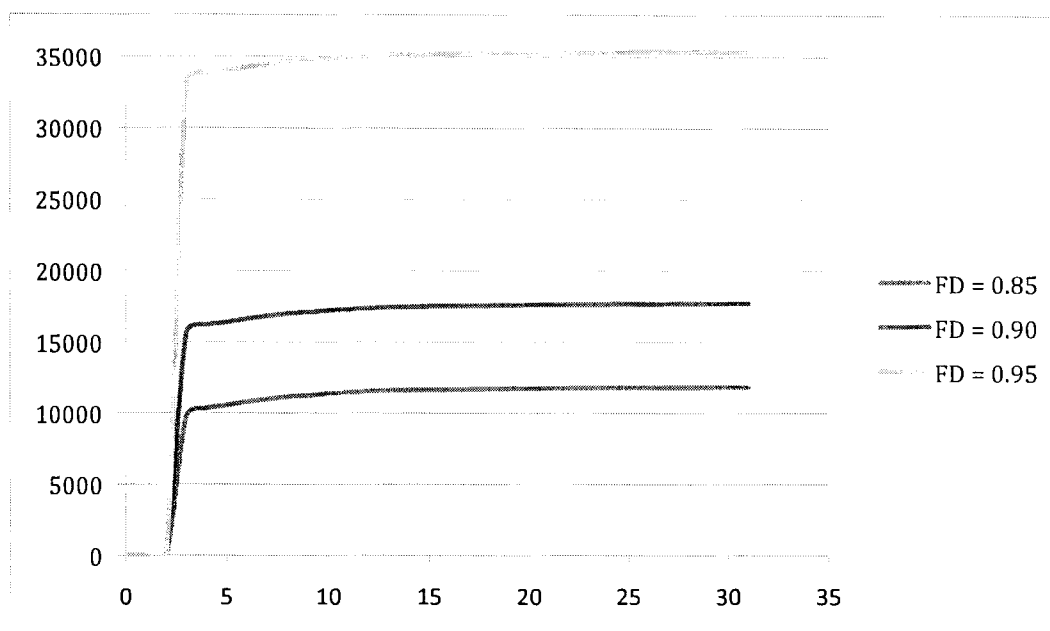
Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346

6.1.3 Valor de f_{kn} obtenido del Algoritmo de Iteración de Valor

En la gráfica XXX se muestra cómo varía el valor de f_{kn} en un horizonte de planeación infinito con respecto a la cantidad de agua existente en el sistema para los diferentes factores de descuento que se aplicaron.

Gráfica 6.1: f_{kn} con respecto a s_{kn} en horizonte infinito



Es claro que conforme γ se acerca a la unidad el valor de la función es mayor pues se da más importancia al futuro, por esta misma razón conforme el factor de descuento aumenta la utilización de agua para riego es más conservadora, es decir, se trata de guardar más agua para usarla en un período futuro.

6.2 Horizonte de Planeación Finito

La resolución de la ecuación (3a) se realiza para 3 años que son: 2008, 2009 y 2010 pues las estimaciones como se ha comentado se han hecho con datos hasta el año

2007. Para este período de planeación se utilizaron únicamente 2 factores de descuento ($\gamma = 0.85$ y $\gamma = 0.90$), los precios y costos estimados de los cultivos se presentan en las siguientes 2 tablas.

Tabla 6.1: Precios estimados de los cultivos

Cultivo	Año 1	Año 2	Año 3
Algodón	3,681.36	4,094.37	3,740.80
Melón	2,215.14	2,357.02	2,498.90
Sandía	1,151.50	1,103.04	706.34
Tomate	3,854.73	4,086.03	4,317.33
Chile	3,181.99	2,700.06	3,259.49
Alfalfa	297.59	310.09	322.59
Avena Forr.	264.48	277.68	290.88
Zacate Ballico	239.05	248.44	257.83
Maíz Forr.	421.98	449.38	476.78
Sorgo Forr.	429.50	334.20	482.87
Nogal	38,988.10	43,365.41	48,994.27

Tabla 6.2: Costos estimados de los cultivos

Cultivo	Año 1	Año 2	Año 3
Algodón	21,038.97	21,720.52	22,402.07
Melón	21,431.17	22,520.84	23,610.51
Sandía	19,419.18	20,628.36	21,837.54
Tomate	22,170.93	22,909.70	23,648.47
Chile	21,685.67	22,595.40	23,505.13
Alfalfa	8,794.02	9,341.99	9,889.96
Avena Forr.	6,466.74	6,828.11	7,189.48
Zacate Ballico	8,130.51	8,574.93	9,019.35
Maíz Forr.	8,918.71	9,452.62	9,986.53
Sorgo Forr.	7,992.07	8,440.38	8,888.69
Nogal	11,128.64	11,448.76	11,768.88

6.2.1 Utilización de Agua para Riego

Las políticas de utilización de agua para el caso de un horizonte de planeación finito son las mismas para ambos factores de descuento y se enumeran a continuación:

- Año 1
 - **No utilizar agua para riego** si se tienen entre 0 y 3 m de agua.
 - **Utilizar toda el agua disponible para riego** si se tienen entre 4 y 12 m de agua.
 - **Utilizar 9 m para riego** si se tienen entre 13 y 20 m de agua.

- **Utilizar 9.7 m para riego** si se tienen entre 21 y 25 m de agua.
- **Utilizar 10.7 m para riego** si se tienen entre 26 y 31 m de agua.
- **Año 2**
 - **No utilizar agua para riego** si se tienen entre 0 y 3 m de agua.
 - **Utilizar toda el agua disponible para riego** si se tienen entre 4 y 12 m de agua.
 - **Utilizar 9 m para riego** si se tienen entre 13 y 25 m de agua.
 - **Utilizar 10 m para riego** si se tienen entre 26 y 31 m de agua.
- **Año 3**
 - **No utilizar agua para riego** si se tienen entre 0 y 3 m de agua.
 - **Utilizar toda el agua disponible para riego** si se tienen entre 4 y 12 m de agua.
 - **Utilizar 9 m para riego** si se tienen entre 13 y 22 m de agua.
 - **Utilizar 9.6 m para riego** si se tienen entre 23 y 27 m de agua.
 - **Utilizar 10.6 m para riego** si se tienen entre 28 y 31 m de agua.

6.2.2 Asignación de Áreas por Cultivo

La asignación de áreas para cada uno de los cultivos se presenta a continuación.

- **No utilizar agua para riego**
 - No se siembra ningún cultivo.
- **Utilizar toda el agua disponible para riego**
 - No sembrar Algodón.
- **Utilizar 9 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos en los años 1 y 2:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573

Y en el año 3:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995

- **Utilizar 9.6 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822

- **Utilizar 9.7 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984

- **Utilizar 10 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350

- **Utilizar 10.6 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	44331	21000	6215	128599

- **Utilizar 10.7 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761

7. Conclusiones y Futuras Líneas de Investigación

A continuación se enumeran las principales conclusiones que pueden derivarse a partir del estudio realizado en este trabajo así como las líneas de investigación que a juicio del autor serían convenientes para mejorar los resultados.

- **Utilizar 10 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350

- **Utilizar 10.6 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	44331	21000	6215	128599

- **Utilizar 10.7 m para riego**

Sembrar el siguiente número de hectáreas para cada uno de los cultivos:

Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761

7. Conclusiones y Futuras Líneas de Investigación

A continuación se enumeran las principales conclusiones que pueden derivarse a partir del estudio realizado en este trabajo así como las líneas de investigación que a juicio del autor serían convenientes para mejorar los resultados.

- Es posible realizar a través de la programación dinámica una planeación tanto en horizonte finito como infinito para decidir las políticas de uso de agua y suelo dedicadas al sector agrícola.
- Con la relación de precios prevaleciente en el año 2007 la siembra de algodón únicamente es recomendable cuando se tienen grandes cantidades de agua en el sistema (al menos 17 m); es importante hacer notar que esto es cierto aún y cuando en este trabajo (por la naturaleza de la metodología de la PMP) el parámetro δ para este cultivo es igual a cero.
- Para la relación de precios estimados que se presentó en la sección 6.2 no es recomendable sembrar algodón en ninguno de los años de planeación.
- Es recomendable el cultivo de forrajes en la región lo cual da viabilidad para que La Laguna continúe siendo una de las cuencas lecheras más importantes del país.

Las líneas de investigación que podrían mejorar este trabajo son las siguientes:

- Para reducir el tiempo de cálculo en horizonte infinito puede resolverse la ecuación (2a) por medio de los algoritmos de “Iteración de Política” o “Iteración de Política Modificada” (Puterman, 1994).
- Utilización de programación dinámica aproximada: En este trabajo la planeación por razones de tiempo computacional se realizó únicamente para 31 estados del sistema y 6 posibles áreas (acciones) para cada uno de los cultivos, se ha sugerido que por medio de la programación dinámica aproximada es posible hacer cálculos para muchos más estados y acciones en menores tiempos que la programación dinámica (Powell, 2007).

- Incorporar métodos econométricos en la PMP como se sugiere en de Frahan (de Frahan et al. 2007) para poder realizar inferencias estadísticas sobre los resultados de dicha programación y no depender únicamente de los datos de un año base.
- En el caso del algodón sería conveniente hacer una estimación a través de datos históricos del parámetro δ para tener un modelo más realista.
- Es necesario mejorar la estimación de precios futuros pues esto es un factor clave para poder llevar a cabo una buena planeación.

8. Bibliografía

- Caballer, V., & Guadalajara, N. (1998). *Valoración Económica del Agua de Riego*. Madrid, España: Grafo, S.A.
- Chavas, J.-P. (2004). *Risk analysis in theory and practice*. San Diego, California, USA: Elsevier Academic Press.
- Burt, O. R. (1966). Economic Control of Groundwater Reserves. *Journal of Farm Economics*, 48 (3), 632-647.
- Burt, O. R., & Allison, J. R. (1963). Farm Management Decisions with Dynamic Programming. *Journal of Farm Economics*, 45 (1), 121-136.
- Burt, O. R., & Stauber, M. S. (1971). Economic Analysis of Irrigation in Subhumid Climate. *American Journal of Agricultural Economics*, 53 (1), 33-46.
- de Frahan, B., Buysse, J., Polomé, P., Fernagut, B., Harmignie, O., Lauwers, L., et al. (2007). Positive Mathematical Programming for Agricultural and Environmental Policy Analysis: Review and Practice. In A. Weintraub, C. Romero, T. Bjronal, & R. Epstein, *Handbook of Operations Research in Natural Resources* (pp. 129-154). Springer Science+ Business Media, LLC.
- Devore, J. (1998). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. México: International Thomson Editores.
- Fortis, M., García, J. A., & Guzmán, E. (2006a). Demanda y Distribución del Agua en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia*, 40, 269-276.
- Fortis, M., García, J. A., Guzmán, E., Portillo, M., Mora, J. S., & Valdivia, R. (2006b). La Demanda de Agua en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia*, 40, 793-804.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2005). *Introduction to Operations Research*. Singapore: Mc Graw Hill.
- Howitt, R. E. (1995). Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77 (2), 329-342.
- Kennedy, J. O. (1986). *Dynamic Programming. Applications to Agriculture and Natural Resources*. Essex: Elsevier Applied Science Publishers LTD.
- Krautkraemer, J. A., van Kooten, G. C., & Young, D. L. (1992). Incorporating Risk Aversion into Dynamic Programming Models. *American Journal of Agricultural Economics*, 74 (4), 870-878.

McFarland, J. W. (1975). Groundwater Management and Salinity Control: A Case Study in Northwest Mexico. *American Journal of Agricultural Economics* , 57 (3), 456-462.

Miranda, M. J., & Fackler, P. L. (2002). *Applied Computational Economics and Finance*. USA: MIT Press.

Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (1997). *Econometric Models and Economic Forecasts* . USA: Irwin/ Mc Graw Hill.

Powell, W. B. (2007). *Approximate Dynamic Programming: Solving the Curses of Dimensionality*. USA: John Wiley & Sons.

Puterman, M. L. (1994). *Markov Decision Processes. Discrete Stochastic Dynamic Programming*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Savin, N. E., & White, K. J. (1977). The Durbin-Watson Test for Serial Correlation with Extreme Sample Sizes or Many Regressors. *Econometrica* , 45 (8), 1989-1996.

Tsur, Y., Roe, T., Doukkaly, R., & Dinar, A. (2003). *Pricing Irrigation Water. Principles and Cases from Developing Countries*. Washington, USA: Resources for the Future.

Woolridge, J. (2006). *Introductory Econometrics. A Modern Approach* . USA: Thomson South-Western.

Yaron, D., & Olian, A. (1973). Application of Dynamic Programming in Markov Chains to the Evaluation of Water Quality in Irrigation. *American Journal of Agricultural Economics* , 55 (3), 467-471.

Zirkel, G., & Berlinger, E. (1994). *Understanding Fortran -77 & 90-*. USA: PWS Publishing Company.

Anexo 1

Programa en GAMS de la PMP

GAMS Rev 232 WIN-VIS 23.2.1 x86/MS Windows 12/01/09 20:47:28

LAGUNA1

Compilation

2

3 Sets

4 i Cultivos

5 /

6 Algodon

7 Melon

8 Sandia

9 Tomate

10 Chile

11 Alfalfa

12 AvForr

13 Zacate

14 MaizForr

15 SorgoForr/

16

17

18 j CultivosPerennes

19 /Nogal/

20

21 Parameter Yield(i)

22 /

23 Algodon 4.56

24 Melon 25.76

25 Sandia 34.11

26 Tomate 47.22

27 Chile 15.57

28 Alfalfa 85.04

29 AvForr 36.65

30 Zacate 41.97

31 MaizForr 43.77

32 SorgoForr 49.30/

33

34

35 Parameter YieldPerenne(j)

36 /Nogal 1.43/

37

38

39 Parameter Price(i)

40 /

41 Algodon 4854.02

42 Melon 2088.33

43 Sandia 1271.51

44 Tomate 3703.11

45 Chile 3317.56

46 Alfalfa 295.30

47 AvForr 264.08

48 Zacate 223.78

49 MaizForr 392.01

50 SorgoForr 351.89/

51

52

53 Parameter PricePerenne(j)

54 /Nogal 30734.65/

55

56 Parameter Water(i)

57 /

58 Algodon 5600

59 Melon 8000

60 Sandia 11000

61 Tomate 14000

62 Chile 13800

63 Alfalfa 12900

64 AvForr 5800

65 Zacate 7700

66 MaizForr 7700

67 SorgoForr 7700/

68

69

70 Parameter WaterPerenne(j)

71 /Nogal 10000/

72

73 Parameter Inicial(i)

74 /

75 Algodon 19509

76 Melon 5059

77 Sandia 1180

78 Tomate 1196

79 Chile 1074

80 Alfalfa 40700

81 AvForr 12705

82 Zacate 715

- 83 MaizForr 34032
- 84 SorgoForr 16302/
- 85
- 86
- 87 Parameter InicialPerenne(j)
- 88 /Nogal 6216/
- 89
- 90
- 91 Parameter Cost(i)
- 92 /
- 93 Algodon 21237.82
- 94 Melon 21152.44
- 95 Sandia 18402.49
- 96 Tomate 22211.24
- 97 Chile 21000.17
- 98 Alfalfa 8240.55
- 99 AvForr 5960.89

- 100 Zacate 7704.65
- 101 MaizForr 8720.93
- 102 SorgoForr 7747.31/
- 103
- 104
- 105 Parameter CostPerenne(j)
- 106 /Nogal 10635.62/;
- 107
- 108 Variables
- 109 $L(i)$ Land for Crop i
- 110 $LP(j)$ Land for Crop j
- 111 Profit Total Profit
- 112
- 113 Positive Variable L, LP;
- 114
- 115 Equations
- 116

117 GananciaTot Ganancia Total

118

119 WatConstTot Restriccion de Agua Total

120

121 LandConstTot Restriccion de Tierra Total

122

123 LandInic(i) Tierra inicial por cultivo

124 LandInicPerenne(j) Tierra inicial por cultivo Perenne;

125

126 GananciaTot.. Profit =e= $\sum(i, (\text{Price}(i) * \text{Yield}(i) - \text{Cost}(i)) * L(i)) + \sum(j, (\text{P}$
 $\text{ricePerenne}(j) * \text{YieldPerenne}(j) - \text{CostPerenne}(j)) * LP(j));$

127

128 WatConstTot.. $\sum(i, L(i) * \text{Water}(i)) + \sum(j, LP(j) * \text{WaterPerenne}(j)) = l = 12783$

23200;

129

130 LandConstTot.. $\sum(i, L(i)) + \sum(j, LP(j)) = l = 142597;$

131

132 LandInic(i).. L(i) =l= Inicial(i)+0.01;

133

134 LandInicPerenne(j).. LP(j) =l= InicialPerenne(j);

135

136 Model Probando /all/;

137

138 Solve Probando using lp maximizing Profit;

139

140 Display L.l, L.m, LP.l, LP.m;

141

142

Anexo 2

Programa en Fortran para Algoritmo de Iteración de Valor

```

! 2007ValueiterationMarkov.f90

! Tesis Fortran

! Created by Manuel Sosa on 07/10/09.

! Copyright 2009 __MyCompanyName__. All rights reserved.

real X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11, Xtot2

real A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, lambda, ValActual, Tolerancia,
diferencia

real Precio1, Precio2, Precio3, Precio4, Precio5, Precio6, Precio7, Precio8, Precio9,
Precio10, Precio11

real Costo1, Costo2, Costo3, Costo4, Costo5, Costo6, Costo7, Costo8, Costo9, Costo10,
Costo11

integer N, S, Auxiliar, Auxiliar2, Row, Col, Xtot, Atot, J, M

! Variables utilizadas como contadores para guardar datos en el array

integer Years, States

! datos Filas= Estados Posibles Columnas= Variables de interés S, Ai, Xi y ValActual

Planos= Años de planeación

! arreglo Filas= Estados Posibles Columnas= Valor nuevo y Valor anterior

! ValorCult Filas= Estados Posibles Columnas= Valor para cada uno de los Cultivos

real datos(32,24), arreglo(32,2), ValorCult(32,11)

ValActual=0.0

datos = 0.0

```

arreglo = 0.0

! Sigüientes valores son la aproximación inicial al vector de valores

! Lambda = Factor de descuento.

lambda = 0.85

Tolerancia = $10 * (1 - \text{lambda})/2/\text{lambda}$

!Sigüiente Do es para las iteraciones

diferencia = 0.9

Do while (diferencia \geq Tolerancia)

diferencia = .87

datos = 0.0

datos(2,1) = 1.0

datos(3,1) = 2.0

States=4

! Los precios son constantes por requerimiento del algoritmo de Value Iteration para

horizonte infinito

! Funciones de Producción: De acuerdo a los resultados del PMP.

! Primero se enumeran los 11 Cultivos anuales

! Para Cultivo 1. Algodón

Precio1 = 4854.02

Costo1= 21237.82

! Para Cultivo 2. Melón

Precio2 = 2088.33

Costo2= 21152.44

! Para cultivo 3. Sandía

Precio3 = 1271.51

Costo3= 18402.49

! Para cultivo 4. Tomate

Precio4 = 3703.11

Costo4= 22211.24

! Para cultivo 5. Chile

Precio5 = 3317.56

Costo5= 21000.17

! Para cultivo 6. Alfalfa

Precio6 = 295.30

Costo6 = 8240.55

! Para cultivo 7. Avena Forrajera

Precio7 = 264.08

Costo7= 5960.89

! Para cultivo 8. Zacate Ballico

Precio8 = 223.78

Costo8 = 7704.65

! Para cultivo 9. Maíz Forrajero

Precio9 = 392.01

Costo9= 8720.93

! Para cultivo 10. Sorgo Forrajero

Precio10 = 351.89

Costo10= 7747.31

! Para cultivo 11. Nogal

Precio11 = 30734.65

Costo11= 10635.62

!Siguiete Do es para cada estado

Do S=3, 31, 1

datos(States,1) = S

! Siguietes Do's hacen la variación de áreas

Do A11=0, 6215, 1243

Do A10=0, 35000, 7000

Do A9=0, 73885, 14777

Do A8=0, 3365, 673

Do A7=0, 29645, 5929

Do A6=0, 87075, 17415

Do A5=0, 2230, 446

Do A4=0, 2405, 481

Do A3=0, 2445, 489

Do A2=0, 10325, 2065

Do A1=0, 56165, 11233

X1= A1* 5600/111100000

X2= A2* 8000/111100000

X3= A3* 11000/111100000

X4= A4* 14000/111100000

$$X5 = A5 * 13800 / 111100000$$

$$X6 = A6 * 12900 / 111100000$$

$$X7 = A7 * 5800 / 111100000$$

$$X8 = A8 * 7700 / 111100000$$

$$X9 = A9 * 7700 / 111100000$$

$$X10 = A10 * 7700 / 111100000$$

$$X11 = A11 * 10000 / 111100000$$

$$X_{tot} = NInt(X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11) + 3$$

$$X_{tot2} = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + 3.0$$

$$A_{tot} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7 + A8 + A9 + A10 + A11$$

If (S - X_{tot} >= 0.0 .AND. 187479 - A_{tot} >= 0.0 .AND. X_{tot2} <= X_{tot}) then

Call Maximizacion(X_{tot}, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, N, lambda, S,

Precio1, Precio2, Precio3, Precio4, Precio5, Precio6, Precio7, Precio8, Precio9, Precio10,

Precio11, Costo1, Costo2, Costo3, Costo4, Costo5, Costo6, Costo7, Costo8, Costo9,

Costo10, Costo11, arreglo, ValActual)

End If

! If para comparar el valor ya guardado con el nuevo.

If (ValActual > datos(States,24)) then

datos(States,1) = S

datos(States,2) = X1

datos(States,3) = X2

datos(States,4) = X3

datos(States,5) = X4

```
datos(States,6) = X5
datos(States,7) = X6
datos(States,8) = X7
datos(States,9) = X8
datos(States,10) = X9
datos(States,11) = X10
datos(States,12) = X11
datos(States,13) = A1
datos(States,14) = A2
datos(States,15) = A3
datos(States,16) = A4
datos(States,17) = A5
datos(States,18) = A6
datos(States,19) = A7
datos(States,20) = A8
datos(States,21) = A9
datos(States,22) = A10
datos(States,23) = A11
datos(States,24) = ValActual
End If
End Do
End Do
End Do
```

```
End Do
End Do
End Do
End Do
End Do
End Do
End Do
End Do
End Do
States=States+1
! Do de los estados
End Do
!Do para sacar diferencias entre Valores
Do J=1, 32, 1
arreglo(J,2) = Abs(datos(J,24)-arreglo(J,1))
End Do
! Do para pasar los valores al arreglo adicional
Do N=1, 32, 1
arreglo(N,1) = datos(N,24)
End Do
Do M=1, 32, 1
diferencia=Max(arreglo(M,2), diferencia)
End Do
write (*,*) 'Ya pasé una iteración'
```

```

write (*,*) 'Diferencia = ', diferencia

! Do de las iteraciones

End Do

write(*,*) ((datos(Row,Col),Col=1,24),Row=1,32)

End

! Declaración de la subrutina "Maximización" que resolvera la ecuación funcional
Subroutine Maximizacion(Xtot, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, N,
lambda, S, Precio1, Precio2, Precio3, Precio4, Precio5, Precio6, Precio7, Precio8,
Precio9, Precio10, Precio11, Costo1, Costo2, Costo3, Costo4, Costo5, Costo6, Costo7,
Costo8, Costo9, Costo10, Costo11, arreglo, ValActual)

! Poner todos los cálculos

real A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, lambda, arreglo(32,2), ValActual

Integer N, S

real Precio1, Precio2, Precio3, Precio4, Precio5, Precio6, Precio7, Precio8, Precio9,
Precio10, Precio11

real Costo1, Costo2, Costo3, Costo4, Costo5, Costo6, Costo7, Costo8, Costo9, Costo10,
Costo11

real Dinero1, Dinero2, Dinero3, Dinero4, Dinero5, Dinero6, Dinero7, Dinero8, Dinero9,
Dinero10, Dinero11, Dineros, SupTot, Prob

integer Xtot, Estado, Year, W, K(13), L

Dinero1= (Precio1 * (4.56 - 0.0 *A1) - Costo1) * A1

Dinero2= (Precio2 * (40.78 - 0.00296854 *A2) - Costo2) * A2

Dinero3= (Precio3 * (52.37 - 0.015467871 *A3) - Costo3) * A3

```

$$\text{Dinero4} = (\text{Precio4} * (87.83 - 0.033960879 * A4) - \text{Costo4}) * A4$$

$$\text{Dinero5} = (\text{Precio5} * (24.14 - 0.007983302 * A5) - \text{Costo5}) * A5$$

$$\text{Dinero6} = (\text{Precio6} * (135.18 - 0.001231961 * A6) - \text{Costo6}) * A6$$

$$\text{Dinero7} = (\text{Precio7} * (47.21 - 0.000831296 * A7) - \text{Costo7}) * A7$$

$$\text{Dinero8} = (\text{Precio8} * (44.0 - 0.00284179 * A8) - \text{Costo8}) * A8$$

$$\text{Dinero9} = (\text{Precio9} * (62.15 - 0.000540043 * A9) - \text{Costo9}) * A9$$

$$\text{Dinero10} = (\text{Precio10} * (73.08 - 0.001458755 * A10) - \text{Costo10}) * A10$$

$$\text{Dinero11} = (\text{Precio11} * (1.43 - 0.0 * A11) - \text{Costo11}) * A11$$

$$\text{Dineros} = (\text{Dinero1} + \text{Dinero2} + \text{Dinero3} + \text{Dinero4} + \text{Dinero5} + \text{Dinero6} + \text{Dinero7} +$$

$$\text{Dinero8} + \text{Dinero9} + \text{Dinero10} + \text{Dinero11}) / 1000000.0$$

$$\text{Prob} = 1.0 / 30.0$$

$$K(1) = S - X_{\text{tot}} + 8$$

$$K(2) = S - X_{\text{tot}} + 9$$

$$K(3) = S - X_{\text{tot}} + 10$$

$$K(4) = S - X_{\text{tot}} + 12$$

$$K(5) = S - X_{\text{tot}} + 13$$

$$K(6) = S - X_{\text{tot}} + 14$$

$$K(7) = S - X_{\text{tot}} + 15$$

$$K(8) = S - X_{\text{tot}} + 16$$

$$K(9) = S - X_{\text{tot}} + 19$$

$$K(10) = S - X_{\text{tot}} + 20$$

$$K(11) = S - X_{\text{tot}} + 22$$

$$K(12) = S - X_{\text{tot}} + 24$$

$K(13) = S - X_{tot} + 25$

Do L=1, 13, 1

If ($K(L) > 32.0$) then

$K(L) = 32$

End If

End Do

$SupTot = 1.0 * Prob * arreglo(K(1),1) + 2.0 * Prob * arreglo(K(2),1) + 3.0 * Prob * arreglo(K(3),1) + 3.0 * Prob * arreglo(K(4),1) + 4.0 * Prob * arreglo(K(5),1) + 4.0 * Prob * arreglo(K(6),1) + 2.0 * Prob * arreglo(K(7),1) + 1.0 * Prob * arreglo(K(8),1) + 3.0 * Prob * arreglo(K(9),1) + 3.0 * Prob * arreglo(K(10),1) + 2.0 * Prob * arreglo(K(11),1) + 1.0 * Prob * arreglo(K(12),1) + 1.0 * Prob * arreglo(K(13),1)$

$ValActual = (Dineros + lambda * SupTot)$

End

Anexo 3

Programa en Fortran para Algoritmo de Recursión hacia Atrás

```

! 2007MarkovFinito.f90
! Tesis Fortran
! Created by Manuel Sosa on 09/10/09.
! Copyright 2009 __MyCompanyName__. All rights reserved.
real X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11, Xtot2
real A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, lambda, ValActual
real Precio1, Precio2, Precio3, Precio4, Precio5, Precio6, Precio7, Precio8, Precio9,
Precio10, Precio11
real Pen_Pre1, Pen_Pre2, Pen_Pre3, Pen_Pre4, Pen_Pre5, Pen_Pre6, Pen_Pre7,
Pen_Pre8, Pen_Pre9, Pen_Pre10, Pen_Pre11
real Inter_Pre1, Inter_Pre2, Inter_Pre3, Inter_Pre4, Inter_Pre5, Inter_Pre6, Inter_Pre7,
Inter_Pre8, Inter_Pre9, Inter_Pre10, Inter_Pre11
real Costo1, Costo2, Costo3, Costo4, Costo5, Costo6, Costo7, Costo8, Costo9, Costo10,
Costo11
real Pen_Cost1, Pen_Cost2, Pen_Cost3, Pen_Cost4, Pen_Cost5, Pen_Cost6, Pen_Cost7,
Pen_Cost8, Pen_Cost9, Pen_Cost10, Pen_Cost11
real Inter_Cost1, Inter_Cost2, Inter_Cost3, Inter_Cost4, Inter_Cost5, Inter_Cost6,
Inter_Cost7, Inter_Cost8, Inter_Cost9, Inter_Cost10, Inter_Cost11
real Rand, Low1, High1, Low3, High3, Low5, High5, Low10, High10, Low11, High11
integer N, S, Auxiliar, Auxiliar2, Row, Col, Xtot, Atot, J, M, seed
! Variables utilizadas como contadores para guardar datos en el array

```

integer Years, States

! datos Filas= Estados Posibles Columnas= Variables de interés S, Ai, Xi y ValActual

Planos= Años de planeación

! arreglo Filas= Estados Posibles Columnas= Valor nuevo y Valor anterior

! ValorCult Filas= Estados Posibles Columnas= Valor para cada uno de los Cultivos

real datos(32,24,4)

ValActual=0.0

datos = 0.0

seed = 101723

! Siguietes valores son el vector de valores finales, son los que pertenecen a la solución estable.

datos(1,24,4) = 0.0

datos(2,24,4) = 0.0

datos(3,24,4) = 0.0

datos(4,24,4) = 18819.70

datos(5,24,4) = 19856.08

datos(6,24,4) = 20223.90

datos(7,24,4) = 20699.00

datos(8,24,4) = 21051.47

datos(9,24,4) = 21404.00

datos(10,24,4) = 21580.20

datos(11,24,4) = 21825.41

datos(12,24,4) = 21984.41

$$\text{datos}(13,24,4) = 22152.99$$

$$\text{datos}(14,24,4) = 22235.37$$

$$\text{datos}(15,24,4) = 22300.50$$

$$\text{datos}(16,24,4) = 22356.05$$

$$\text{datos}(17,24,4) = 22400.11$$

$$\text{datos}(18,24,4) = 22434.60$$

$$\text{datos}(19,24,4) = 22469.07$$

$$\text{datos}(20,24,4) = 22495.90$$

$$\text{datos}(21,24,4) = 22530.38$$

$$\text{datos}(22,24,4) = 22559.12$$

$$\text{datos}(23,24,4) = 22582.11$$

$$\text{datos}(24,24,4) = 22605.09$$

$$\text{datos}(25,24,4) = 22624.25$$

$$\text{datos}(26,24,4) = 22639.58$$

$$\text{datos}(27,24,4) = 22654.90$$

$$\text{datos}(28,24,4) = 22668.31$$

$$\text{datos}(29,24,4) = 22681.72$$

$$\text{datos}(30,24,4) = 22691.30$$

$$\text{datos}(31,24,4) = 22698.96$$

$$\text{datos}(32,24,4) = 22706.62$$

! Lambda = Factor de descuento.

$$\text{lambd}a = 0.85$$

$$\text{datos}(2,1,4) = 1.0$$

datos(2,1,3) = 1.0

datos(2,1,2) = 1.0

datos(2,1,1) = 1.0

datos(3,1,4) = 2.0

datos(3,1,3) = 2.0

datos(3,1,2) = 2.0

datos(3,1,1) = 2.0

!Siguiente Do es para los años

Do N=3, 1, -1

States=4

! Los precios son constantes por requerimiento del algoritmo de Value Iteration para horizonte infinito

! Funciones de Producción: De acuerdo a los resultados del PMP.

! Primero se enumeran los 11 Cultivos anuales

! Para Cultivo 1. Algodón

Pen_Pre1= 148.12

Inter_Pre1= 4765.2

High1= Pen_Pre1 * N + Inter_Pre1 + 1176.28

Low1= Pen_Pre1 * N + Inter_Pre1 - 1468.82

Rand= Random(seed)

Precio1= (High1-Low1)* Rand + Low1

Pen_Cost1= 681.55

Inter_Cost1= 20357.42

$$\text{Costo1} = \text{Pen_Cost1} * N + \text{Inter_Cost1}$$

! Para Cultivo 2. Melón

$$\text{Pen_Pre2} = 141.88$$

$$\text{Inter_Pre2} = 2073.26$$

$$\text{Precio2} = \text{Pen_Pre2} * N + \text{Inter_Pre2}$$

$$\text{Pen_Cost2} = 1089.67$$

$$\text{Inter_Cost2} = 20341.5$$

$$\text{Costo2} = \text{Pen_Cost2} * N + \text{Inter_Cost2}$$

! Para cultivo 3. Sandía

$$\text{Pen_Pre3} = -7.33$$

$$\text{Inter_Pre3} = 1041.01$$

$$\text{High3} = \text{Pen_Pre3} * N + \text{Inter_Pre3} + 515.95$$

$$\text{Low3} = \text{Pen_Pre3} * N + \text{Inter_Pre3} - 389.69$$

$$\text{Rand} = \text{Random}(\text{seed})$$

$$\text{Precio3} = (\text{High3} - \text{Low3}) * \text{Rand} + \text{Low3}$$

$$\text{Pen_Cost3} = 1209.18$$

$$\text{Inter_Cost3} = 18210$$

$$\text{Costo3} = \text{Pen_Cost3} * N + \text{Inter_Cost3}$$

! Para cultivo 4. Tomate

$$\text{Pen_Pre4} = 231.3$$

$$\text{Inter_Pre4} = 3623.43$$

$$\text{Precio4} = \text{Pen_Pre4} * N + \text{Inter_Pre4}$$

$$\text{Pen_Cost4} = 738.77$$

$$\text{Inter_Cost4} = 21432.16$$

$$\text{Costo4} = \text{Pen_Cost4} * N + \text{Inter_Cost4}$$

! Para cultivo 5. Chile

$$\text{Pen_Pre5} = 13.06$$

$$\text{Inter_Pre5} = 3099.49$$

$$\text{High5} = \text{Pen_Pre5} * N + \text{Inter_Pre5} + 1191.96$$

$$\text{Low5} = \text{Pen_Pre5} * N + \text{Inter_Pre5} - 1494.97$$

$$\text{Rand} = \text{Random}(\text{seed})$$

$$\text{Precio5} = (\text{High5} - \text{Low5}) * \text{Rand} + \text{Low5}$$

$$\text{Pen_Cost5} = 909.73$$

$$\text{Inter_Cost5} = 20775.94$$

$$\text{Costo5} = \text{Pen_Cost5} * N + \text{Inter_Cost5}$$

! Para cultivo 6. Alfalfa

$$\text{Pen_Pre6} = 12.5$$

$$\text{Inter_Pre6} = 285.09$$

$$\text{Precio6} = \text{Pen_Pre6} * N + \text{Inter_Pre6}$$

$$\text{Pen_Cost6} = 547.97$$

$$\text{Inter_Cost6} = 8246.05$$

$$\text{Costo6} = \text{Pen_Cost6} * N + \text{Inter_Cost6}$$

! Para cultivo 7. Avena Forrajera

$$\text{Pen_Pre7} = 13.2$$

$$\text{Inter_Pre7} = 251.28$$

$$\text{Precio7} = \text{Pen_Pre7} * N + \text{Inter_Pre7}$$

$$\text{Pen_Cost7} = 361.37$$

$$\text{Inter_Cost7} = 6105.37$$

$$\text{Costo7} = \text{Pen_Cost7} * N + \text{Inter_Cost7}$$

! Para cultivo 8. Zacate Ballico

$$\text{Pen_Pre8} = 9.39$$

$$\text{Inter_Pre8} = 229.66$$

$$\text{Precio8} = \text{Pen_Pre8} * N + \text{Inter_Pre8}$$

$$\text{Pen_Cost8} = 444.42$$

$$\text{Inter_Cost8} = 7686.09$$

$$\text{Costo8} = \text{Pen_Cost8} * N + \text{Inter_Cost8}$$

! Para cultivo 9. Maíz Forrajero

$$\text{Pen_Pre9} = 27.4$$

$$\text{Inter_Pre9} = 394.58$$

$$\text{Precio9} = \text{Pen_Pre9} * N + \text{Inter_Pre9}$$

$$\text{Pen_Cost9} = 533.91$$

$$\text{Inter_Cost9} = 8384.8$$

$$\text{Costo9} = \text{Pen_Cost9} * N + \text{Inter_Cost9}$$

! Para cultivo 10. Sorgo Forrajero

$$\text{Pen_Pre10} = 18.17$$

$$\text{Inter_Pre10} = 324.05$$

$$\text{High10} = \text{Pen_Pre10} * N + \text{Inter_Pre10} + 126.81$$

$$\text{Low10} = \text{Pen_Pre10} * N + \text{Inter_Pre10} - 80.76$$

$$\text{Rand} = \text{Random}(\text{seed})$$

Precio10= (High10-Low10)* Rand + Low10

Pen_Cost10= 448.31

Inter_Cost10= 7543.76

Costo10= Pen_Cost10 * N + Inter_Cost10

! Para cultivo 11. Nogal

Pen_Pre11= 1742.14

Inter_Pre11= 34071.91

High11= Pen_Pre11 * N + Inter_Pre11 + 10250.86

Low11= Pen_Pre11 * N + Inter_Pre11 - 7066.31

Rand= Random(seed)

Precio11= (High11-Low11)* Rand + Low11

Pen_Cost11= 320.12

Inter_Cost11= 10808.52

Costo11= Pen_Cost11 * N + Inter_Cost11

!Siguiente Do es para cada estado

Do S=3, 31, 1

datos(States,1, N) = S

! Sigüientes Do's hacen la variación de áreas

Do A11=0, 6215, 1243

Do A10=0, 35000, 7000

Do A9=0, 73885, 14777

Do A8=0, 3365, 673

Do A7=0, 29645, 5929

Do A6=0, 87075, 17415

Do A5=0, 2230, 446

Do A4=0, 2405, 481

Do A3=0, 2445, 489

Do A2=0, 10325, 2065

Do A1=0, 56165, 11233

X1= A1* 5600/111100000

X2= A2* 8000/111100000

X3= A3* 11000/111100000

X4= A4* 14000/111100000

X5= A5* 13800/111100000

X6= A6* 12900/111100000

X7= A7* 5800/111100000

X8= A8* 7700/111100000

X9= A9* 7700/111100000

X10= A10* 7700/111100000

X11= A11* 10000/111100000

Xtot= NInt(X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11) + 3

Xtot2= X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11 + 3.0

Atot= A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9+A10+A11

If (S-Xtot >= 0.0 .AND. 187479-Atot >=0.0 .AND. Xtot2<=Xtot) then

Call Maximizacion(Xtot, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, N, lambda, S,

Precio1, Precio2, Precio3, Precio4, Precio5, Precio6, Precio7, Precio8, Precio9, Precio10,

Precio11, Costo1, Costo2, Costo3, Costo4, Costo5, Costo6, Costo7, Costo8, Costo9,
Costo10, Costo11, ValActual, datos)

End If

! If para comparar el valor ya guardado con el nuevo.

If (ValActual > datos(States,24, N)) then

datos(States,1,N) = S

datos(States,2,N) = X1

datos(States,3,N) = X2

datos(States,4,N) = X3

datos(States,5,N) = X4

datos(States,6,N) = X5

datos(States,7,N) = X6

datos(States,8,N) = X7

datos(States,9,N) = X8

datos(States,10,N) = X9

datos(States,11,N) = X10

datos(States,12,N) = X11

datos(States,13,N) = A1

datos(States,14,N) = A2

datos(States,15,N) = A3

datos(States,16,N) = A4

datos(States,17,N) = A5

datos(States,18,N) = A6

datos(States,19,N) = A7

datos(States,20,N) = A8

datos(States,21,N) = A9

datos(States,22,N) = A10

datos(States,23,N) = A11

datos(States,24,N) = ValActual

End If

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

States=States+1

! Do de los estados

End Do

write (*,*) 'Ya pasé un año'

! Do de los años

```
datos(States,19,N) = A7
datos(States,20,N) = A8
datos(States,21,N) = A9
datos(States,22,N) = A10
datos(States,23,N) = A11
datos(States,24,N) = ValActual

End If

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

End Do

States=States+1

! Do de los estados

End Do

write (*,*) 'Ya pasé un año'

! Do de los años
```

Precio10, Precio11

real Costo1, Costo2, Costo3, Costo4, Costo5, Costo6, Costo7, Costo8, Costo9, Costo10,
Costo11

real Dinero1, Dinero2, Dinero3, Dinero4, Dinero5, Dinero6, Dinero7, Dinero8, Dinero9,
Dinero10, Dinero11, Dineros, SupTot, Prob

integer Xtot, Estado, Year, W, K(13), L

$$\text{Dinero1} = (\text{Precio1} * (4.56 - 0.0 * A1) - \text{Costo1}) * A1$$

$$\text{Dinero2} = (\text{Precio2} * (40.78 - 0.00296854 * A2) - \text{Costo2}) * A2$$

$$\text{Dinero3} = (\text{Precio3} * (52.37 - 0.015467871 * A3) - \text{Costo3}) * A3$$

$$\text{Dinero4} = (\text{Precio4} * (87.83 - 0.033960879 * A4) - \text{Costo4}) * A4$$

$$\text{Dinero5} = (\text{Precio5} * (24.14 - 0.007983302 * A5) - \text{Costo5}) * A5$$

$$\text{Dinero6} = (\text{Precio6} * (135.18 - 0.001231961 * A6) - \text{Costo6}) * A6$$

$$\text{Dinero7} = (\text{Precio7} * (47.21 - 0.000831296 * A7) - \text{Costo7}) * A7$$

$$\text{Dinero8} = (\text{Precio8} * (44.0 - 0.00284179 * A8) - \text{Costo8}) * A8$$

$$\text{Dinero9} = (\text{Precio9} * (62.15 - 0.000540043 * A9) - \text{Costo9}) * A9$$

$$\text{Dinero10} = (\text{Precio10} * (73.08 - 0.001458755 * A10) - \text{Costo10}) * A10$$

$$\text{Dinero11} = (\text{Precio11} * (1.43 - 0.0 * A11) - \text{Costo11}) * A11$$

$$\text{Dineros} = (\text{Dinero1} + \text{Dinero2} + \text{Dinero3} + \text{Dinero4} + \text{Dinero5} + \text{Dinero6} + \text{Dinero7} +$$

$$\text{Dinero8} + \text{Dinero9} + \text{Dinero10} + \text{Dinero11}) / 1000000.0$$

$$\text{Prob} = 1.0 / 30.0$$

$$K(1) = S - Xtot + 8$$

$$K(2) = S - Xtot + 9$$

$$K(3) = S - Xtot + 10$$

$$K(4) = S - X_{tot} + 12$$

$$K(5) = S - X_{tot} + 13$$

$$K(6) = S - X_{tot} + 14$$

$$K(7) = S - X_{tot} + 15$$

$$K(8) = S - X_{tot} + 16$$

$$K(9) = S - X_{tot} + 19$$

$$K(10) = S - X_{tot} + 20$$

$$K(11) = S - X_{tot} + 22$$

$$K(12) = S - X_{tot} + 24$$

$$K(13) = S - X_{tot} + 25$$

Do L=1, 13, 1

If (K(L) > 32.0) then

$$K(L) = 32$$

End If

End Do

$$\text{Year} = N + 1$$

$$\text{SupTot} = 1.0 * \text{Prob} * \text{datos}(K(1),24,\text{Year}) + 2.0 * \text{Prob} * \text{datos}(K(2),24,\text{Year}) + 3.0 *$$

$$\text{Prob} * \text{datos}(K(3),24,\text{Year}) + 3.0 * \text{Prob} * \text{datos}(K(4),24,\text{Year}) + 4.0 * \text{Prob} *$$

$$\text{datos}(K(5),24,\text{Year}) + 4.0 * \text{Prob} * \text{datos}(K(6),24,\text{Year}) + 2.0 * \text{Prob} *$$

$$\text{datos}(K(7),24,\text{Year}) + 1.0 * \text{Prob} * \text{datos}(K(8),24,\text{Year}) + 3.0 * \text{Prob} *$$

$$\text{datos}(K(9),24,\text{Year}) + 3.0 * \text{Prob} * \text{datos}(K(10),24,\text{Year}) + 2.0 * \text{Prob} *$$

$$\text{datos}(K(11),24,\text{Year}) + 1.0 * \text{Prob} * \text{datos}(K(12),24,\text{Year}) + 1.0 * \text{Prob} *$$

$$\text{datos}(K(13),24,\text{Year})$$

ValActual = (Dineros + lambda * SupTot)

End

Anexo 4

Recarga de la Presa Lázaro Cárdenas

Tabla A4.1: Recarga de la presa Lázaro Cárdenas

Año	Recarga [=] Mm ³	Año	Recarga [=] Mm ³
1977	842.52	1993	1629.27
1978	1066.20	1994	338.37
1979	980.35	1995	435.88
1980	1006.77	1996	1578.20
1981	1604.54	1997	811.41
1982	925.85	1998	417.68
1983	730.72	1999	931.96
1984	1929.95	2000	514.57
1985	778.94	2001	593.96
1986	1914.98	2002	553.90
1987	1523.92	2003	1164.52
1988	1643.92	2004	1246.84
1989	958.35	2005	1000.587
1990	2110.09	2006	2256.95
1991	3880.18	2007	904.56
1992	1698.41		

Tabla A4.2: Recarga de la presa Lázaro Cárdenas

Año	Recarga [=] m	Año	Recarga [=] m
1977	8.00	1993	15.00
1978	10.00	1994	3.00
1979	9.00	1995	4.00
1980	9.00	1996	14.00
1981	14.00	1997	7.00
1982	8.00	1998	4.00
1983	7.00	1999	8.00
1984	17.00	2000	5.00
1985	7.00	2001	5.00
1986	17.00	2002	5.00
1987	14.00	2003	10.00
1988	15.00	2004	11.00
1989	9.00	2005	9.00
1990	19.00	2006	20.00
1991	35.00	2007	8.00
1992	15.00		

Tabla A4.3: Probabilidad de recarga del sistema

Recarga del sistema [=] m	Probabilidad
7.00	0.033
8.00	0.067
9.00	0.100
11.00	0.100
12.00	0.133
13.00	0.133
14.00	0.067
15.00	0.033
18.00	0.100
19.00	0.100
21.00	0.067
23.00	0.033
24.00	0.033

Anexo 5

Resultados de las Regresiones de Precios y Costos

Tabla A5.1: Regresiones de Precios por OLS

Cultivo	Año (t)	Intercepto (t)	R ² Ajustada	Estadístico F	DW
Algodón	148.12 (1.27)	4765.20 (8.59)	0.0716	1.62	2.8018
Melón	141.88 (4.18)	2073.26 (12.83)	0.6732	17.48	2.7940
Sandía	-7.33 (-0.19)	1041.01 (5.56)	-0.1372	0.03	2.0425
Tomate	231.30 (4.39)	3623.43 (14.43)	0.6951	19.24	2.6411
Chile	13.06 (0.10)	3099.49 (4.83)	-0.1413	0.01	2.0747
Alfalfa	12.51 (5.21)	285.09 (24.95)	0.7657	27.15	1.0360
Avena Forrajera	13.20 (4.54)	251.28 (18.14)	0.7099	20.57	1.5654
Zacate Ballico	9.39 (3.67)	229.66 (18.84)	0.6088	13.45	1.1523
Maíz	27.40	394.58	0.5142	9.47	2.1253

Forrajero	(3.08)	(9.31)			
Sorgo	18.17	324.05	0.3170	4.71	1.8959
Forrajero	(2.17)	(8.13)			
Nogal	1742.14	34071.91	0.3580	5.46	1.9443
	(2.34)	(9.60)			

Tabla A5.2: Regresiones de Costos ponderados por OLS

Cultivo	Año (t)	Intercepto (t)	R ² Ajustada	Estadístico F	DW
Algodón	681.55 (5.59)	20357.42 (35.09)	0.7910	31.28	0.8653
Melón	1089.67 (8.13)	20341.50 (31.87)	0.8905	66.07	1.1189
Sandía	1209.18 (17.08)	18210.00 (54.03)	0.9732	291.78	1.4055
Tomate	738.77 (5.73)	21432.16 (34.92)	0.7992	32.84	0.9327
Chile	909.73 (7.40)	20775.94 (35.49)	0.8704	54.74	1.3927
Alfalfa	547.96 (14.07)	8246.05 (44.47)	0.9610	197.90	2.0386
Avena	361.37	6105.37	0.8983	71.66	1.9615

Forrajera	(8.47)	(30.04)			
Zacate	444.42	7686.09	0.9025	75.03	1.5756
Ballico	(8.66)	(31.47)			
Maíz	533.91	8384.80	0.9226	96.35	1.4408
Forrajero	(9.82)	(32.38)			
Sorgo	448.31	7543.76	0.9701	260.32	2.0316
Forrajero	(16.13)	(57.03)			
Nogal	320.12	10808.52	0.6075	13.38	0.6075
	(3.66)	(25.94)			

Anexo 6: Resultados en Horizonte Infinito

Tabla A6.1: Cantidad de agua por cultivo

Horizonte de Planeación: Infinito

Factor de Descuento: 0.85

Error: 10M

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Cantidad de Agua por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0.56	1.0
5	0	0.30	0.10	0.12	0.11	0	0.31	0	0	0.49	0.56	2.0
6	0	0.30	0.05	0.12	0.06	2.02	0	0	0	0	0.45	3.0
7	0	0.30	0.10	0.12	0.06	2.02	0.31	0.05	0	0.49	0.56	4.0
8	0	0.30	0.05	0.12	0.11	2.02	0.31	0	1.02	0.49	0.56	5.0
9	0	0.30	0.10	0.12	0.06	2.02	0.31	0	2.05	0.49	0.56	6.0
10	0	0.30	0.10	0.12	0.06	4.04	0.31	0	1.02	0.49	0.56	7.0
11	0	0.30	0.05	0.12	0.06	4.04	0.31	0	2.05	0.49	0.56	8.0
12	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
13	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
14	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
15	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
16	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
17	1.13	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	10.0
18	1.13	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	10.0
19	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
20	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
21	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
22	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
23	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
24	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
25	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
26	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
27	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
28	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
29	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
30	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
31	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0

Tabla A6.2: Área por cultivo

Horizonte de Planeación: Infinito

Factor de Descuento: 0.85

Error: 10M

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Área por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4130	0	962	0	0	0	0	0	0	6215	11307
5	0	4130	978	962	892	0	5929	0	0	7000	6215	26106
6	0	4130	489	962	446	17415	0	0	0	0	4972	28414
7	0	4130	978	962	446	17415	5929	673	0	7000	6215	43748
8	0	4130	489	962	892	17415	5929	0	14777	7000	6215	57809
9	0	4130	978	962	446	17415	5929	0	29554	7000	6215	72629
10	0	4130	978	962	446	34830	5929	0	14777	7000	6215	75267
11	0	4130	489	962	446	34830	5929	0	29554	7000	6215	89555
12	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
13	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
14	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
15	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
16	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
17	22466	4130	978	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	125885
18	22466	4130	978	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	125885
19	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
20	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
21	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
22	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
23	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
24	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
25	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
26	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
27	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
28	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
29	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
30	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
31	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346

Tabla A6.3: Cantidad de agua por cultivo

Horizonte de Planeación: Infinito

Factor de Descuento: 0.90

Error: 10M

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Cantidad de Agua por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0.56	1.0
5	0	0.30	0.10	0.12	0.11	0	0.31	0	0	0.49	0.56	2.0
6	0	0.30	0.05	0.12	0.06	2.02	0	0	0	0	0.45	3.0
7	0	0.30	0.10	0.12	0.06	2.02	0.31	0.05	0	0.49	0.56	4.0
8	0	0.30	0.05	0.12	0.11	2.02	0.31	0	1.02	0.49	0.56	5.0
9	0	0.30	0.10	0.12	0.06	2.02	0.31	0	2.05	0.49	0.56	6.0
10	0	0.30	0.10	0.12	0.06	4.04	0.31	0	1.02	0.49	0.56	7.0
11	0	0.30	0.05	0.12	0.06	4.04	0.31	0	2.05	0.49	0.56	8.0
12	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
13	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
14	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
15	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
16	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
17	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
18	1.13	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	10.0
19	1.13	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	10.0
20	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
21	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
22	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
23	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
24	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
25	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
26	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
27	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
28	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
29	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
30	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
31	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0

Tabla A6.4: Área por cultivo

Horizonte de Planeación: Infinito

Factor de Descuento: 0.90

Error: 10M

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Área por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4130	0	962	0	0	0	0	0	0	6215	11307
5	0	4130	978	962	892	0	5929	0	0	7000	6215	26106
6	0	4130	489	962	446	17415	0	0	0	0	4972	28414
7	0	4130	978	962	446	17415	5929	673	0	7000	6215	43748
8	0	4130	489	962	892	17415	5929	0	14777	7000	6215	57809
9	0	4130	978	962	446	17415	5929	0	29554	7000	6215	72629
10	0	4130	978	962	446	34830	5929	0	14777	7000	6215	75267
11	0	4130	489	962	446	34830	5929	0	29554	7000	6215	89555
12	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
13	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
14	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
15	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
16	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
17	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
18	22466	4130	978	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	125885
19	22466	4130	978	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	125885
20	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
21	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
22	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
23	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
24	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
25	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
26	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
27	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
28	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
29	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
30	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
31	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346

Tabla A6.5: Cantidad de agua por cultivo

Horizonte de Planeación: Infinito

Factor de Descuento: 0.95

Error: 10M

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Cantidad de Agua por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0.56	1.0
5	0	0.30	0.10	0.12	0.11	0	0.31	0	0	0.49	0.56	2.0
6	0	0.30	0.05	0.12	0.06	2.02	0	0	0	0	0.45	3.0
7	0	0.30	0.10	0.12	0.06	2.02	0.31	0.05	0	0.49	0.56	4.0
8	0	0.30	0.05	0.12	0.11	2.02	0.31	0	1.02	0.49	0.56	5.0
9	0	0.30	0.10	0.12	0.06	2.02	0.31	0	2.05	0.49	0.56	6.0
10	0	0.30	0.10	0.12	0.06	4.04	0.31	0	1.02	0.49	0.56	7.0
11	0	0.30	0.05	0.12	0.06	4.04	0.31	0	2.05	0.49	0.56	8.0
12	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
13	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
14	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
15	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
16	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
17	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
18	0	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	9.0
19	1.13	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	10.0
20	1.13	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	10.0
21	1.13	0.30	0.10	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	10.0
22	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
23	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
24	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
25	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
26	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
27	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
28	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
29	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
30	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0
31	2.83	0.30	0.15	0.18	0.17	4.04	0.62	0.09	2.05	0.97	0.56	12.0

Tabla A6.6: Área por cultivo

Horizonte de Planeación: Infinito

Factor de Descuento: 0.95

Error: 10M

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Área por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4130	0	962	0	0	0	0	0	0	6215	11307
5	0	4130	978	962	892	0	5929	0	0	7000	6215	26106
6	0	4130	489	962	446	17415	0	0	0	0	4972	28414
7	0	4130	978	962	446	17415	5929	673	0	7000	6215	43748
8	0	4130	489	962	892	17415	5929	0	14777	7000	6215	57809
9	0	4130	978	962	446	17415	5929	0	29554	7000	6215	72629
10	0	4130	978	962	446	34830	5929	0	14777	7000	6215	75267
11	0	4130	489	962	446	34830	5929	0	29554	7000	6215	89555
12	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
13	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
14	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
15	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
16	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
17	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
18	0	4130	978	962	892	34830	11858	1346	29554	14000	6215	104765
19	22466	4130	978	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	125885
20	22466	4130	978	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	125885
21	22466	4130	978	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	125885
22	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
23	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
24	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
25	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
26	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
27	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
28	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
29	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
30	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346
31	56165	4130	1467	1443	1338	34830	11858	1346	29554	14000	6215	162346

Anexo 7

Resultados de Horizonte Finito

Tabla A7.1: Cantidad de agua por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 1 de 3

Factor de Descuento: 0.85

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Cantidad de Agua por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0.56	1.0
5	0	0.30	0.05	0.12	0	0	0	0	0	0.97	0.56	2.0
6	0	0.30	0.05	0.12	0.06	2.02	0	0	0	0	0.45	3.0
7	0	0.30	0.05	0.12	0.11	2.02	0.31	0	0	0.49	0.56	4.0
8	0	0.30	0.05	0.12	0.11	2.02	0.31	0	1.02	0.49	0.56	5.0
9	0	0.30	0.10	0.12	0.06	2.02	0.31	0	2.05	0.49	0.56	6.0
10	0	0.30	0.10	0.12	0.06	4.04	0.31	0	1.02	0.49	0.56	7.0
11	0	0.30	0.05	0.12	0.06	4.04	0.31	0	2.05	0.49	0.56	8.0
12	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
13	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
14	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
15	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
16	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
17	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
18	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
19	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
20	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
21	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	2.05	1.46	0.56	9.7
22	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	2.05	1.46	0.56	9.7
23	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	2.05	1.46	0.56	9.7
24	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	2.05	1.46	0.56	9.7
25	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	2.05	1.46	0.56	9.7
26	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7
27	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7
28	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7
29	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7
30	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7
31	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7

Tabla A7.2: Área por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 1 de 3

Factor de Descuento: 0.85

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Área por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4130	0	962	0	0	0	0	0	0	6215	11307
5	0	4130	489	962	0	0	0	0	0	14000	6215	25796
6	0	4130	489	962	446	17415	0	0	0	0	4972	28414
7	0	4130	489	962	892	17415	5929	0	0	7000	6215	43032
8	0	4130	489	962	892	17415	5929	0	14777	7000	6215	57809
9	0	4130	978	962	446	17415	5929	0	29554	7000	6215	72629
10	0	4130	978	962	446	34830	5929	0	14777	7000	6215	75267
11	0	4130	489	962	446	34830	5929	0	29554	7000	6215	89555
12	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
13	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
14	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
15	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
16	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
17	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
18	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
19	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
20	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
21	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984
22	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984
23	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984
24	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984
25	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984
26	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761
27	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761
28	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761
29	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761
30	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761
31	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761

Tabla A7.3: Cantidad de agua por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 2 de 3

Factor de Descuento: 0.85

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Cantidad de Agua por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0.56	1.0
5	0	0.15	0.05	0.12	0.06	0	0	0	1.02	0	0.56	2.0
6	0	0.15	0.05	0.12	0.06	2.02	0	0	0	0	0.56	3.0
7	0	0.15	0.05	0.12	0.06	2.02	0	0	1.02	0	0.56	4.0
8	0	0.30	0.05	0.12	0.11	2.02	0.31	0	1.02	0.49	0.56	5.0
9	0	0.30	0.10	0.12	0.06	2.02	0.31	0	2.05	0.49	0.56	6.0
10	0	0.30	0.10	0.12	0.06	4.04	0.31	0	1.02	0.49	0.56	7.0
11	0	0.30	0.05	0.12	0.06	4.04	0.31	0	2.05	0.49	0.56	8.0
12	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
13	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
14	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
15	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
16	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
17	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
18	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
19	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
20	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
21	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
22	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
23	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
24	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
25	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
26	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0
27	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0
28	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0
29	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0
30	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0
31	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0

Tabla A7.4: Área por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 2 de 3

Factor de Descuento: 0.85

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Área por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4130	0	962	0	0	0	0	0	0	6215	11307
5	0	2065	489	962	446	0	0	0	14777	0	6215	24954
6	0	2065	489	962	446	17415	0	0	0	0	6215	27592
7	0	2065	489	962	446	17415	0	0	14777	0	6215	42369
8	0	4130	489	962	892	17415	5929	0	14777	7000	6215	57809
9	0	4130	978	962	446	17415	5929	0	29554	7000	6215	72629
10	0	4130	978	962	446	34830	5929	0	14777	7000	6215	75267
11	0	4130	489	962	446	34830	5929	0	29554	7000	6215	89555
12	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
13	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
14	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
15	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
16	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
17	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
18	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
19	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
20	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
21	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
22	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
23	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
24	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
25	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
26	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350
27	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350
28	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350
29	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350
30	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350
31	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350

Tabla A7.5: Cantidad de agua por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 3 de 3

Factor de Descuento: 0.85

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Cantidad de Agua por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0.56	1.0
5	0	0.30	0.05	0.12	0	0	0	0	0	0.97	0.56	2.0
6	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	1.02	0.97	0.56	3.0
7	0	0.30	0	0.12	0	2.02	0	0	0	0.97	0.56	4.0
8	0	0.30	0	0.12	0	2.02	0	0	1.02	0.97	0.56	5.0
9	0	0.30	0	0.12	0.11	2.02	0.31	0	2.05	0.49	0.56	6.0
10	0	0.30	0	0.12	0.11	4.04	0.31	0.05	1.02	0.49	0.56	7.0
11	0	0.30	0	0.12	0.11	4.04	0.31	0	2.05	0.49	0.56	8.0
12	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
13	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
14	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
15	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
16	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
17	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
18	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
19	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
20	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
21	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
22	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
23	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	1.46	0.56	9.6
24	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	1.46	0.56	9.6
25	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	1.46	0.56	9.6
26	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	1.46	0.56	9.6
27	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	1.46	0.56	9.6
28	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	3.07	1.46	0.56	10.6
29	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	3.07	1.46	0.56	10.6
30	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	3.07	1.46	0.56	10.6
31	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	3.07	1.46	0.56	10.6

Tabla A7.6: Área por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 3 de 3

Factor de Descuento: 0.85

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Área por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4130	0	962	0	0	0	0	0	0	6215	11307
5	0	4130	489	962	0	0	0	0	0	14000	6215	25796
6	0	4130	0	962	0	0	0	0	14777	14000	6215	40084
7	0	4130	0	962	0	17415	0	0	0	14000	6215	42722
8	0	4130	0	962	0	17415	0	0	14777	14000	6215	57499
9	0	4130	0	962	892	17415	5929	0	29554	7000	6215	72097
10	0	4130	0	962	892	34830	5929	673	14777	7000	6215	75408
11	0	4130	0	962	892	34830	5929	0	29554	7000	6215	89512
12	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
13	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
14	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
15	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
16	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
17	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
18	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
19	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
20	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
21	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
22	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
23	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822
24	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822
25	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822
26	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822
27	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822
28	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	44331	21000	6215	128599
29	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	44331	21000	6215	128599
30	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	44331	21000	6215	128599
31	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	44331	21000	6215	128599

Tabla A7.7: Cantidad de agua por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 1 de 3

Factor de Descuento: 0.90

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Cantidad de Agua por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0.56	1.0
5	0	0.30	0.05	0.12	0	0	0	0	0	0.97	0.56	2.0
6	0	0.30	0.05	0.12	0.06	2.02	0	0	0	0	0.45	3.0
7	0	0.30	0.05	0.12	0.11	2.02	0.31	0	0	0.49	0.56	4.0
8	0	0.30	0.05	0.12	0.11	2.02	0.31	0	1.02	0.49	0.56	5.0
9	0	0.30	0.10	0.12	0.06	2.02	0.31	0	2.05	0.49	0.56	6.0
10	0	0.30	0.10	0.12	0.06	4.04	0.31	0	1.02	0.49	0.56	7.0
11	0	0.30	0.05	0.12	0.06	4.04	0.31	0	2.05	0.49	0.56	8.0
12	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
13	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
14	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
15	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
16	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
17	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
18	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
19	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
20	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
21	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	2.05	1.46	0.56	9.7
22	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	2.05	1.46	0.56	9.7
23	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	2.05	1.46	0.56	9.7
24	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	2.05	1.46	0.56	9.7
25	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	2.05	1.46	0.56	9.7
26	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7
27	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7
28	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7
29	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7
30	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7
31	0	0.45	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.14	3.07	1.46	0.56	10.7

Tabla A7.8: Área por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 1 de 3

Factor de Descuento: 0.90

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Área por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4130	0	962	0	0	0	0	0	0	6215	11307
5	0	4130	489	962	0	0	0	0	0	14000	6215	25796
6	0	4130	489	962	446	17415	0	0	0	0	4972	28414
7	0	4130	489	962	892	17415	5929	0	0	7000	6215	43032
8	0	4130	489	962	892	17415	5929	0	14777	7000	6215	57809
9	0	4130	978	962	446	17415	5929	0	29554	7000	6215	72629
10	0	4130	978	962	446	34830	5929	0	14777	7000	6215	75267
11	0	4130	489	962	446	34830	5929	0	29554	7000	6215	89555
12	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
13	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
14	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
15	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
16	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
17	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
18	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
19	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
20	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
21	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984
22	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984
23	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984
24	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984
25	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	29554	21000	6215	114984
26	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761
27	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761
28	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761
29	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761
30	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761
31	0	6195	978	1443	892	34830	11858	2019	44331	21000	6215	129761

Tabla A7.9: Cantidad de agua por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 2 de 3

Factor de Descuento: 0.90

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Cantidad de Agua por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0.56	1.0
5	0	0.15	0.05	0.12	0.06	0	0	0	1.02	0	0.56	2.0
6	0	0.15	0.05	0.12	0.06	2.02	0	0	0	0	0.56	3.0
7	0	0.15	0.05	0.12	0.06	2.02	0	0	1.02	0	0.56	4.0
8	0	0.30	0.05	0.12	0.11	2.02	0.31	0	1.02	0.49	0.56	5.0
9	0	0.30	0.10	0.12	0.06	2.02	0.31	0	2.05	0.49	0.56	6.0
10	0	0.30	0.10	0.12	0.06	4.04	0.31	0	1.02	0.49	0.56	7.0
11	0	0.30	0.05	0.12	0.06	4.04	0.31	0	2.05	0.49	0.56	8.0
12	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
13	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
14	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
15	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
16	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
17	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
18	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
19	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
20	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
21	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
22	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
23	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
24	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
25	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	2.05	0.97	0.56	9.0
26	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0
27	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0
28	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0
29	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0
30	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0
31	0	0.30	0.10	0.18	0.11	4.04	0.62	0.05	3.07	0.97	0.56	10.0

Tabla A7.10: Área por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 2 de 3

Factor de Descuento: 0.90

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Área por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4130	0	962	0	0	0	0	0	0	6215	11307
5	0	2065	489	962	446	0	0	0	14777	0	6215	24954
6	0	2065	489	962	446	17415	0	0	0	0	6215	27592
7	0	2065	489	962	446	17415	0	0	14777	0	6215	42369
8	0	4130	489	962	892	17415	5929	0	14777	7000	6215	57809
9	0	4130	978	962	446	17415	5929	0	29554	7000	6215	72629
10	0	4130	978	962	446	34830	5929	0	14777	7000	6215	75267
11	0	4130	489	962	446	34830	5929	0	29554	7000	6215	89555
12	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
13	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
14	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
15	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
16	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
17	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
18	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
19	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
20	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
21	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
22	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
23	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
24	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
25	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	29554	14000	6215	104573
26	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350
27	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350
28	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350
29	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350
30	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350
31	0	4130	978	1443	892	34830	11858	673	44331	14000	6215	119350

Tabla A7.11: Cantidad de agua por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 3 de 3

Factor de Descuento: 0.90

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Cantidad de Agua por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0.56	1.0
5	0	0.30	0.05	0.12	0	0	0	0	0	0.97	0.56	2.0
6	0	0.30	0	0.12	0	0	0	0	1.02	0.97	0.56	3.0
7	0	0.30	0	0.12	0	2.02	0	0	0	0.97	0.56	4.0
8	0	0.30	0	0.12	0	2.02	0	0	1.02	0.97	0.56	5.0
9	0	0.30	0	0.12	0.11	2.02	0.31	0	2.05	0.49	0.56	6.0
10	0	0.30	0	0.12	0.11	4.04	0.31	0.05	1.02	0.49	0.56	7.0
11	0	0.30	0	0.12	0.11	4.04	0.31	0	2.05	0.49	0.56	8.0
12	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
13	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
14	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
15	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
16	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
17	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
18	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
19	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
20	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
21	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
22	0	0.45	0.05	0.12	0.11	4.04	0.62	0	2.05	0.97	0.56	9.0
23	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	1.46	0.56	9.6
24	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	1.46	0.56	9.6
25	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	1.46	0.56	9.6
26	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	1.46	0.56	9.6
27	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	2.05	1.46	0.56	9.6
28	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	3.07	1.46	0.56	10.6
29	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	3.07	1.46	0.56	10.6
30	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	3.07	1.46	0.56	10.6
31	0	0.45	0.05	0.18	0.11	4.04	0.62	0.09	3.07	1.46	0.56	10.6

Tabla A7.12: Área por cultivo

Horizonte de Planeación: Finito

Año: 3 de 3

Factor de Descuento: 0.90

Cantidad de agua garantizada a resto de sectores: 3 m

Área por Cultivo												
Estado	Algodón	Melón	Sandía	Tomate	Chile	Alfalfa	Avena Forra.	Zacate Ballico	Maíz Forra.	Sorgo Forra.	Nogal	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4130	0	962	0	0	0	0	0	0	6215	11307
5	0	4130	489	962	0	0	0	0	0	14000	6215	25796
6	0	4130	0	962	0	0	0	0	14777	14000	6215	40084
7	0	4130	0	962	0	17415	0	0	0	14000	6215	42722
8	0	4130	0	962	0	17415	0	0	14777	14000	6215	57499
9	0	4130	0	962	892	17415	5929	0	29554	7000	6215	72097
10	0	4130	0	962	892	34830	5929	673	14777	7000	6215	75408
11	0	4130	0	962	892	34830	5929	0	29554	7000	6215	89512
12	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
13	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
14	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
15	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
16	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
17	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
18	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
19	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
20	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
21	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
22	0	6195	489	962	892	34830	11858	0	29554	14000	6215	104995
23	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822
24	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822
25	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822
26	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822
27	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	29554	21000	6215	113822
28	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	44331	21000	6215	128599
29	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	44331	21000	6215	128599
30	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	44331	21000	6215	128599
31	0	6195	489	1443	892	34830	11858	1346	44331	21000	6215	128599

Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey



30002007258924

<http://biblioteca.mty.itesm.mx>