

01167

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



**EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMATICO EN
LA PRODUCCION DE HORTALIZAS
(EL CASO DEL TOMATE ROJO)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA
(ESPECIALIDAD EN PLANEACION)

P R E S E N T A :
NOE ARROYO MORALES

ASESOR: DR. FELIPE TORRES TORRES



MEXICO, D.F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PRESENTACIÓN

La ocurrencia de fenómenos naturales y la influencia que la actividad humana tiene sobre el cambio global del clima afectan en gran escala la producción de alimentos, ya sea modificando la disponibilidad de recursos o influyendo sobre la actitud asumida por los productores, quienes prefieren invertir donde exista menor riesgo, lo cual contribuye a disminuir la disponibilidad de los mismos.

A la fecha, los trabajos realizados acerca de los fenómenos climatológicos se concentran en su mayoría, en la predicción de los cambios en el clima o en señalar la influencia negativa del hombre sobre el mismo, sin que se aprovechen aún en la planeación de largo plazo de las actividades agrícolas. De igual forma, las estimaciones efectuadas para medir el impacto económico de este tipo de fenómenos en su conjunto, han sido realizadas y presentadas por agencias externas, lo cual evidencia el escaso interés por parte de las instituciones nacionales a este respecto.

Resulta importante, por tanto, la elaboración de una propuesta para realizar algún tipo de estimaciones de los costos económicos que sobre la producción de alimentos representa el cambio climático observado en los últimos años, al igual que sus repercusiones sobre el comportamiento de la inversión, la producción, los precios y otras variables de tipo económico en México. Su elaboración ayudará a aprovechar los estudios sobre variaciones en el clima y su influencia en factores directamente relacionados con los rendimientos en la producción agrícola; por ejemplo, los niveles de precipitación pluvial, de almacenamiento de agua y la evapotranspiración de los cultivos. Al mismo tiempo, permitirá la estimación de las posibles pérdidas o beneficios que implicaría, en determinado momento, decidir los cierres de producción, una vez conocidas las expectativas que genera este fenómeno.

En resumen, lo que se pretende es medir la influencia del cambio climático sobre un cultivo hortícola en una región en particular, partiendo del análisis de la influencia tanto de fenómenos naturales como de la actividad humana para poder cuantificar así los efectos que éstos tienen sobre la producción de alimentos y los costos para la economía nacional en su conjunto

Para explicitar los resultados obtenidos es necesario hacer una delimitación espacial. Para ello, se toma en consideración solamente una especie hortícola en una región determinada del país, con lo cual se facilita además el análisis de tipo cuantitativo. Se considera, en primera instancia, la utilización de herramientas de tipo econométrico debido a que permiten el análisis y cuantificación de variables económicas a partir del análisis de series de tiempo, las cuales permiten establecer la relación existente entre dos o más variables a través de la extensión de métodos estadísticos y matemáticos.

Posteriormente se realizan algunas predicciones acerca del comportamiento de las variables de interés y se plantea posibles escenarios, de acuerdo con las expectativas generadas por la posible evolución futura del clima en un futuro no muy lejano, de acuerdo con ello, se plantea el posible comportamiento de las variables económicas relacionadas y posibles resultados.

Cabe destacar que la presente investigación se realizó dentro del marco del proyecto de investigación denominado "Dimensiones regionales de la seguridad alimentaria en México", coordinado por los Doctores Felipe Torres Torres y José Gasca Zamora, investigadores del Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM y auspiciado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Misma Universidad.

Adicionalmente, deseo externar un profundo agradecimiento al Instituto de Investigaciones económicas (IIEc) por las facilidades brindadas para alcanzar esta meta y al Doctor Felipe Torres Torres, quien además de fungir como director de tesis me ha brindado la oportunidad de participar en la reconfortante tarea de la investigación

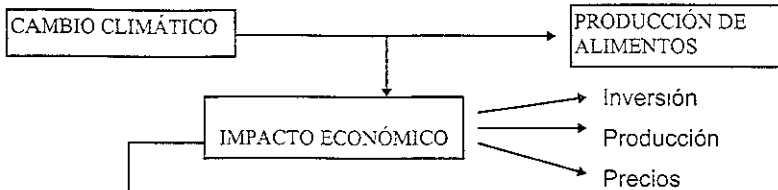
Asimismo, agradezco los acertados comentarios y sugerencias vertidos para el mejoramiento de este trabajo por parte del cuerpo de sinodales: Doctora Judith Zubieta García, Maestro Rubén Téllez Sánchez, Maestro Arturo Fuentes Zenón y Maestro Javier Suárez Rocha.

RESUMEN

La presencia del cambio global en el clima es cada vez más evidente, este fenómeno afecta los niveles de productividad en la agricultura, sector que resulta más vulnerable debido a que su productividad depende en gran medida de las condiciones climáticas y, esta dependencia se hace más notable en países como el nuestro en donde gran parte de la producción es obtenida aún bajo régimen de temporal.

La influencia negativa del cambio climático en la agricultura se expresa a través de los efectos directos del incremento de la temperatura que eleva la transpiración de los cultivos, aumenta los requerimientos de agua y disminuye las reservas de la misma, factores que se traducen necesariamente en una disminución de la producción.

En este trabajo se estudia la relación existente entre el cambio climático y la disminución de la producción, así como las pérdidas por este concepto. El estudio se concentra en la producción de jitomate en la región norte del estado de Morelos y se basa en la utilización de series de tiempo para establecer las relaciones entre las principales variables y el manejo de posibles escenarios que ofrecen como resultado la afirmación de que el pleno empleo de los factores productivos en la región ofrece la posibilidad de obtener mayores volúmenes de producción a los que se obtienen en la actualidad, lo cual es resultado de las modificaciones en el clima y el consecuente abandono de la actividad por un sector de los productores de la entidad.



HIPÓTESIS: La tendencia del cambio climático influye de manera determinante en la productividad de la superficie agrícola, provocando fenómenos como el abandono de la actividad, desempleo, incremento de precios, etc.

OBJETIVO. Verificar la existencia de una tendencia al incremento global de la temperatura en la zona de interés y analizar de qué forma afecta el desarrollo económico en general y de la región en particular

MARCO ANALÍTICO

- Municipios al norte del estado de Morelos
- Un sólo cultivo hortícola: jitomate
- Herramientas: Econometría (Series de tiempo y Vectores autorregresivos), Análisis gráfico, Desarrollo de Escenarios

⇒ Variables explicativas: Temperatura, evaporación, precipitación, almacenamiento de agua

⇒ Variable dependiente: Productividad

⇒ Escenarios: con tendencia actual de las variables clave, sin registrarse cambios en la estructura productiva, con acciones para contrarrestar los efectos del cambio climático

RESULTADOS.

- Poca evidencia numérica acerca de la influencia del cambio climático sobre la productividad
- Existencia de factores adicionales en la disminución de los rendimientos
- Abandono de la actividad como consecuencia de la pérdidas de rentabilidad
- La presencia del cambio climático genera expectativas negativas a través de la baja precipitación, almacenamiento y mayor evaporación

RESULTADOS EN ENSAYOS NUMÉRICOS:

A Manteniendo la superficie y los rendimientos constantes pérdida de 36.500 toneladas y 100 millones de pesos en 1997

B Manteniendo constantes los rendimientos al nivel más alto: pérdida de 110.000 toneladas y 146 millones de pesos en 1997

ESCENARIOS

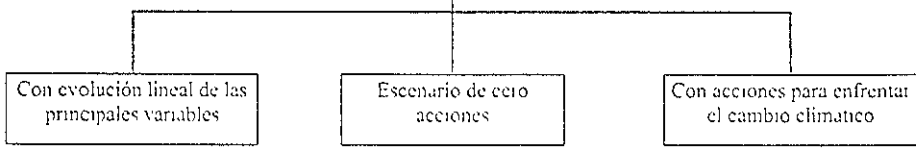


TABLA DE CONTENIDO

<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
<u>CAPÍTULO 1. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS</u>	<u>3</u>
1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	3
2. INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS SISTEMAS NATURALES	9
3. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ECONOMÍA AGRÍCOLA	16
<u>CAPITULO II. MARCO DE REFERENCIA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS</u>	<u>22</u>
1. CONTEXTO GEOGRÁFICO	22
2. MARCO TEÓRICO PARA EVALUAR EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO	30
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	38
<u>CAPITULO III. ESTUDIO DE CASO: LAS PÉRDIDAS ORIGINADAS POR EL CAMBIO EN EL CLIMA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE ROJO EN EL ESTADO DE MORELOS</u>	<u>42</u>
1. EL COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LAS VARIABLES	42
2. LAS RELACIONES ENTRE VARIABLES	58
3. PÉRDIDAS EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS Y FORMILLACIÓN DE ESCENARIOS	66
<u>CONCLUSIONES: PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO</u>	<u>78</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>83</u>

ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS

CUADROS

Cuadro 1 Composición de la oferta y la demanda de agua en México	19
Cuadro 2 Morelos. Superficie y producción de jitomate 1997	23
Cuadro 3 Composición de la oferta y la demanda de agua en el estado de Morelos	25
Cuadro 4 Capacidad total de almacenamiento de agua y área de captación en el estado de Morelos	26
Cuadro 5 Variación de la temperatura global	28
Cuadro 6 Localización de las estaciones climatológicas consideradas	29
Cuadro 7 Morelos. Producción de jitomate	43
Cuadro 8 Variables que influyen sobre la productividad	47
Cuadro 9 Morelos. Rendimientos, superficie sembrada, precio medio rural y valor de la producción de jitomate	54
Cuadro 10 Correlograma de rendimiento	61
Cuadro 11 Correlograma de rendimiento, primera diferencia	62
Cuadro 12 Regresión de rendimientos ajustada	65

GRÁFICOS

Gráfico 1 Morelos. Producción de jitomate	44
Gráfico 2 Morelos. Rendimientos en la producción de jitomate	46
Gráfico 3 Morelos. Temperatura promedio anual	48
Gráfico 4 Precipitación pluvial promedio en estaciones seleccionadas	50
Gráfico 5 Morelos. Almacenamiento de agua	51
Gráfico 6 Morelos. Evaporación promedio	53
Gráfico 7 Morelos. Evolución del precio medio rural de jitomate	55
Gráfico 8 Morelos. Rendimientos en la producción de jitomate	59

INTRODUCCIÓN

La presencia de un cambio en el clima global es cada vez más evidente, a pesar de que una parte de la comunidad científica y empresarial no reconozca su responsabilidad en la emisión de gases contaminantes que intensifican el efecto invernadero, causa principal del incremento de la temperatura a escala planetaria.

Ese incremento en la temperatura se está reflejando en la aparición o intensificación de algunos fenómenos a escala mundial que afectan los niveles de productividad de diversos sectores de la economía, siendo el impacto más evidente en algunos de ellos. Una de las actividades que pueden presentar una mayor susceptibilidad es la agricultura, cuya productividad depende en gran escala de fenómenos relacionados con el clima, sobre todo en economías subdesarrolladas en donde gran parte de la productividad este sector se basa en muy baja escala en la implementación de factores tecnológicos, enfatizando con ello la dependencia de factores climáticos, especialmente por parte de la llamada agricultura de subsistencia.

La influencia del cambio climático puede pues convertirse en un factor negativo para la producción agrícola de diversas maneras: de manera directa a través de los efectos de un incremento en la temperatura que aumente los requerimientos de agua por parte de los cultivos; de manera indirecta, mediante la disponibilidad del líquido, obedeciendo a una modificación en la demanda por parte de otros sectores como el consumo doméstico, la actividad industrial, la recreación, etcétera.

Este tipo de factores puede influir para que ocurra una disminución en la productividad, provocando una reducción de la oferta de bienes de origen agrícola como los alimentos, tanto de consumo humano como animal. Con esta probable crisis de producción puede darse una elevación de precios, traduciéndose en una disminución del poder adquisitivo de los consumidores con respecto de los cultivos afectados y en una pérdida para la economía en su conjunto.

Ante esta problemática, se plantea el desarrollo del presente trabajo de tesis, dentro de cuyos OBJETIVOS se encuentra constatar la existencia de una tendencia hacia un incremento del clima global y del de nuestro país, en segundo lugar, se pretende verificar la HIPÓTESIS de

que dicha tendencia provoca realmente una disminución paulatina en la productividad de las tierras agrícolas, provocando pérdida de rentabilidad del cultivo de las mismas.

Para verificar la hipótesis planteada se realiza un análisis de la productividad de la superficie agrícola sembrada con jitomate en una región específica, el norte del estado de Morelos; ello tiene su explicación. Primeramente, el jitomate, al igual que el resto de las hortalizas, requiere de grandes cantidades de agua para su producción, cuyos volúmenes disponibles son afectados por los cambios registrados en la temperatura; en segundo lugar, el estado de Morelos se ha caracterizado por ser una región con altos volúmenes de producción de jitomate, además, de tratarse de un estado en el que aún no se refleja un alto grado de mecanización en labores agrícolas y, por tanto, depende en mayor magnitud de factores climáticos.

El trabajo se encuentra dividido en cuatro grandes partes. En la primera de ellas se aborda la definición de cambio climático, caracterizando la influencia que éste tiene sobre los sistemas naturales y sobre la agricultura en general. En la segunda parte se ofrece un marco geográfico y metodológico para el análisis así como las limitaciones a que se enfrenta la valoración de las pérdidas ocasionadas por el cambio en el clima. En la tercera se presenta un estudio de caso en el que se utiliza un modelo de tipo autorregresivo para definir cuantitativamente la influencia de algunas variables relacionadas con el clima como son la temperatura, la evaporación, la precipitación y el almacenamiento de agua sobre la productividad de la superficie cultivada. Finalmente, se presenta un espacio con los principales resultados y conclusiones derivadas de la investigación, así como el análisis de la posible evolución de los rendimientos bajo la influencia del cambio climático.

CAPÍTULO 1

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS

1. Definición y características

En décadas recientes se ha incrementado el interés por parte de la comunidad científica sobre un fenómeno al que se prestaba escasa importancia: el cambio registrado en el clima en el largo plazo. Este fenómeno, denominado en términos generales como cambio climático, parte de una modificación del clima registrada a nivel global e influida por la actividad humana.

El creciente interés radica en torno a las expectativas generadas en cuanto a que este cambio en el ambiente global, que en términos científicos significa la alteración de las capas de fluidos del sistema de la tierra a escala planetaria pero originado por entidades localizadas, como las plantas termoeléctricas, fábricas y sistemas de calefacción modernos, puede tener graves consecuencias no sólo para la humanidad, sino también para el ecosistema terrestre.

Al modificarse las condiciones naturales por la acción del cambio climático, se podrían registrar grandes transformaciones en las características físicas de las regiones productoras de alimentos de origen agrícola. Los cambios en el clima, la humedad, la temperatura y el nivel de precipitación, por ejemplo, modifican las condiciones vigentes y dificultan la actividad productiva, a la vez que se incrementa la vulnerabilidad en la misma, llevando a la disminución de la producción a nivel mundial.

En esta instancia, resulta interesante la elaboración de una propuesta para estimar el costo económico que las modificaciones del clima podrían representar para la producción de alimentos. Para identificar las posibles consecuencias sobre el desarrollo humano, en general, y sobre la producción agrícola en particular, definimos primeramente en qué consiste el cambio climático.

El cambio global en el clima significa transformaciones en diversos aspectos del sistema físico natural, el cual se encuentra, sometido a diversos procesos de cambio y transformación natural desde la conformación misma de la Tierra. Sin embargo, a estos factores se ha

sumado la intervención humana, la cual es causa de una aceleración de los mismos, en los últimos 200 años.¹

Los factores donde registra mayor intensidad la modificación de algunas de las tendencias seguidas por dichos procesos, debido a la intervención de la actividad humana, pueden ser englobados, de acuerdo a su forma de expresión en cuatro grandes rubros:

- a) Cambios en el sistema climático
- b) Reducción del ozono estratosférico
- c) Generación de lluvia ácida
- d) Pérdida de biodiversidad

a) Los cambios en el sistema climático:

En este caso se observan algunos cambios como resultado de las interacciones entre la radiación solar y los componentes de la geósfera y la biosfera que se expresan en cambios externos del clima, como pueden ser las modificaciones registradas en los niveles de irradiación solar y en la órbita terrestre con respecto al sol, en los procesos humanos de radiación solar, en la detención de radiaciones de onda larga por parte de la atmósfera, en el incremento de los gases de invernadero como el vapor de agua y los llamados gases traza: clorofluorocarbonos (CFC), dióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno y ozono estratosférico.

Este tipo de gases tienen un periodo de vida entre un mes y 380 años, y pueden ser eliminados de manera natural, sin embargo, al incrementarse su presencia en la atmósfera, como consecuencia de la actividad humana, se dificulta el proceso de disolución de los mismos, permaneciendo vivos por un lapso de tiempo mayor. Los efectos nocivos de la actividad humana sobre este aspecto son bastante notables, por ejemplo, las emisiones de dióxido de carbono en el mundo se han incrementado en gran escala pasando de 315 partículas por millón en 1950 a 343 en 1964 y a 350 en 1992,² como consecuencia de la producción y consumo de combustibles fósiles, entre los que destacan el petróleo, el carbón y el gas natural, y de factores como el cambio en el uso del suelo y la excesiva deforestación.

¹ United Nations (1990)

² Ludivid (1997)

Las pruebas de esta acción nociva se expresan también a través de diversas evidencias. Por ejemplo, los análisis de muestras de aire atrapado en el hielo de los glaciares ha permitido establecer que el incremento de las concentraciones de dióxido de carbono corresponde con los inicios de la Revolución Industrial, y que se trata de un fenómeno de carácter global, no local. Además, los CFC, que colaboran en 25% con la intensificación del efecto invernadero, se emplean con gran intensidad en las industrias frigorífica y del aire acondicionado, así como en la fabricación de aerosoles. Ello sin contar los efectos que producen las emisiones de gas metano de las plantaciones de arroz y los animales rumiantes, los cuales resulta difícil excluir de la actividad humana, debido a la gran importancia que tiene en la alimentación de la población.

Finalmente, el incremento en las concentraciones de óxido de nitrógeno también se encuentra estrechamente ligado al consumo de combustibles fósiles y de biomasa (leña), de los cuales, el primero es el que tiene mayor impacto debido a que su utilización ocurre con más intensidad para la generación de energía, mientras que el segundo ha ido desapareciendo de manera paulatina con el proceso de urbanización, al menos en los países altamente industrializados.

b) La reducción del ozono estratosférico.

En este factor, es importante la influencia de la emisión de CFC, los cuales incrementan la concentración de átomos de cloro y bromuro en la atmósfera, con lo que se rompe el equilibrio natural existente en los niveles de oxígeno, ozono y la acción de los rayos ultravioleta, encargados de regular la cantidad de cada uno de estos gases en la atmósfera. También dañan la capa de ozono otras actividades humanas como las emisiones de gases derivados de las explosiones nucleares, la actividad aérea y el lanzamiento de cohetes.

Las mediciones de la reducción de la capa de ozono realizadas en la Antártida han certificado la existencia de un agujero de la misma en aquella latitud, el cual crece de manera continua. En el Polo Norte se prevé que puede abrirse un nuevo agujero y se han comprobado

reducciones significativas de las cantidades de ozono en el hemisferio norte, entre las latitudes 30° y 64°, en las cuales se ubican los países más industrializados.³

En términos generales, las mediciones realizadas indican una reducción en las concentraciones medias de ozono en los últimos 20 años, con un descenso del 4% entre 1980 y 1985, a una velocidad dos veces más rápida de la explicable por la suma de todos los procesos conocidos con anterioridad.

c) *La generación de lluvia ácida.*

Por lluvia ácida se entiende la deposición de elementos químicos sobre la vegetación, la hidrosfera terrestre y en general, sobre la infraestructura de las sociedades humanas que, al disolverse en agua, aumentan su acidez. Los elementos químicos que de manera más común producen este efecto son los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre, provenientes de la quema de combustibles fósiles y de biomasa. A su vez, los principales emisores de este tipo de contaminantes son plenamente identificables y se trata de centrales eléctricas, calderas industriales y vehículos automotores.

La lluvia ácida se encuentra compuesta por ingredientes como los ácidos hidroclorehídrico, sulfúrico y nítrico, que pueden viajar decenas o cientos de kilómetros y precipitarse después en forma de lluvia, niebla, rocío, nieve o pedrisco, pudiendo durar desde unas horas hasta semanas enteras. Este tipo de lluvia se encarga de transportar sus componentes que, al precipitarse sobre la superficie terrestre, incrementan la acidez de lagos, ríos y torrentes de agua y de los suelos.

En la formación de lluvia ácida intervienen también, además de la acción humana, sucesos de orden natural como las erupciones volcánicas; sin embargo, las aportaciones de éstas resultan menores en comparación con las de la contaminación proveniente de la actividad industrial.

La lluvia ácida puede tener diversos efectos nocivos para los ecosistemas, lo cual resulta perjudicial en varios aspectos de la vida humana, siendo los más importantes:

³ Ludvíd Op. Cit.

- En la infraestructura: Dañando los edificios, las redes de transporte, los suministros de agua, el patrimonio histórico y artístico, etcétera.
- En los sistemas acuáticos: Contaminando los lagos, los ríos y torrentes, en los cuales se ha incrementado notablemente la mortandad de peces adultos.
- En la vegetación terrestre: En donde se han registrado incrementos en la muerte de todo tipo de plantas, en el abatimiento de los bosques, en el empobrecimiento de los nutrientes del suelo, en el desarrollo anormal de vegetales, en la muerte de bacterias que intervienen en el reciclaje de nutrientes, en el crecimiento lento de los vegetales, en la caída de hojas y en la aparición de manchas en hojas y tallos.

d) *La pérdida de biodiversidad*

Consiste en la disminución de la diversidad en los ecosistemas, especies o genes, tanto en número como en variedad. Éste es un proceso que ocurre de manera natural, en donde las especies con mayor capacidad de adaptación son las que sobreviven a los cambios registrados en los ecosistemas. Sin embargo, aquí también se ha incrementado cada vez más la influencia negativa de la actividad humana, la cual se da a través de la propagación de actividades devastadoras de la naturaleza como la contaminación ambiental, la caza indiscriminada, la pesca excesiva, el comercio ilegal de la fauna silvestre y, sobre todo, de la destrucción de los hábitats naturales para ser utilizados como áreas de cultivo y zonas de agostadero, así como para obtener combustibles y para la instalación de nuevas industrias.

Esta pérdida de diversidad es consecuencia de una reacción en cadena que puede originarse a través de distintas actividades. Tomemos, por ejemplo, la deforestación de las selvas y bosques, cuyas superficies son destinadas al pastoreo o a la producción de nuevos cultivos. Ésta produce necesariamente la eliminación de algunos organismos del ecosistema y la introducción de algunos nuevos; con ello se registran de manera obligada, algunos cambios de tipo irreversible en el mismo, al eliminarse organismos que servirían de sustento a otros seres; por ende, éstas tenderán a desaparecer o a disminuir su población en volumen. Algunas estimaciones han establecido que el ritmo de extinción de las especies es, por esta razón, entre 1,000 y 10,000 veces superior al que se produciría sin la intervención humana. ⁴

La actividad humana puede resultar de gran influencia en todos y cada uno de los casos analizados, aunque hasta ahora en la mayor parte ha sido perjudicial. Por ejemplo, la deforestación o los incendios forestales, causan diversos estragos en la atmósfera, reduciendo la cantidad de oxígeno y contribuyendo a la emisión de óxido de carbono. También contribuye a ello la generación de metano procedente del suelo y de las actividades agrícolas, el cual se origina cuando los residuos vegetales, el estiércol o la basura son transformados por la acción de microorganismos.

Las pérdidas sufridas por la tala inmoderada de bosques boreales y tropicales han aportado entre 10 y 20% del problema de sobrecalentamiento global del planeta, ya que los residuos de los bosques talados, transformados por la acción de bacterias, originan gas metano durante el proceso de descomposición. Un hecho similar ocurre con los residuos que genera la ganadería extensiva, sobre todo en el caso del ganado vacuno, pues de acuerdo con estimaciones realizadas, se considera que un hato de 500 vacas puede llegar a producir hasta 500 m³ de gas metano al día.⁵

Por otra parte, las hojas de las plantas y el fitoplancton de los océanos absorben el bióxido de carbono del aire, pero en lugar de promover su incremento, millones de hectáreas de tierra son despejadas cada año, mientras que se cree que las radiaciones ultravioleta que pasan a través de la deteriorada capa de ozono, están destruyendo gradualmente el fitoplancton, disminuyendo con ello la posibilidad de contrarrestar los efectos nocivos de los gases de invernadero.

En general, estos son los rasgos y características que corresponden al cambio climático, en los cuales como ha podido apreciarse, cobra cada vez más importancia la influencia de la actividad humana. Todos estos efectos resultan nocivos para el desarrollo económico, pues tanto la desaparición de especies como consecuencia de la destrucción de su hábitat natural o de su venta irracional para obtener ingresos en el corto plazo, así como también la propia destrucción de bosques y selvas o la disminución de fertilidad en las tierras pueden ser catalogados como una disminución de los activos naturales, lo cual reduce las posibilidades de la realización de proyectos de desarrollo sustentable y, en el largo o mediano plazos podría frenar el desarrollo económico general.

⁴ CUSPEDES (1997)

⁵ Mundo (1993)

2. Influencia del cambio climático sobre los sistemas naturales

El cambio climático tiene diversos efectos sobre los sistemas naturales, los cuales se expresan de distintas maneras y en distintos grados de afectación sobre la geografía del planeta. Igualmente, son distintos los rubros implicados, pero en general la influencia se deja sentir en gran parte de la actividad humana.

Los efectos negativos sobre el medio ambiente, ligados a la actividad del hombre, se han incrementado notablemente de manera reciente, de hecho, en los últimos 25 años la Tierra ha perdido 30% de su riqueza natural gracias a que la especie humana destruye cada segundo media hectárea de bosques. Las emisiones globales de dióxido de carbono sumaron a fines de los noventa alrededor de 25 mil millones de toneladas (el doble de las de 1950); las temperaturas del siglo XX hayan sido las más cálidas de los últimos 150 mil años, determinando globalmente cambios y fenómenos climáticos, mientras que los deshielos árticos consecuentes están en el origen de las diversas catástrofes meteorológicas padecidas recientemente. ⁶

Una de las principales expresiones de la influencia negativa de la actividad humana se da en la intensificación del efecto de invernadero y en la destrucción de la capa de ozono estratosférico. A este respecto, como vimos anteriormente, el incremento de la radiación de los rayos ultravioleta, al adelgazarse la capa de ozono que debería absorber parte de ellos, podría provocar serias modificaciones en la composición química de varias especies de plantas e influir en la extinción paulatina de los bosques, así como en la reducción del fitoplancton marino.

La reducción del ozono estratosférico puede también registrar graves efectos sobre los sistemas como pueden ser las disminuciones en la cantidad y calidad de las cosechas, además de los citados cambios en los ecosistemas marinos y, aún más importante, pudiera provocar efectos nocivos de gravedad sobre la salud humana como la destrucción de ácidos nucleicos y proteínas, que se traducen en problemas como el cáncer de piel, melanomas malignos, inhibición del sistema inmunológico, incremento en el riesgo de contraer enfermedades como hepatitis, herpes, infecciones en la piel, cataratas, debilidad visual e, incluso, ceguera.

Esto puede ser ilustrado mediante algunas pruebas realizadas en laboratorios, y en las cuales dos terceras partes de las plantas de cultivo y algunas otras sometidas a pruebas de tolerancia de luz ultravioleta demostraron ser muy sensibles a ella. Entre las más vulnerables se encontraron los chícharos, habichuelas, melones, mostaza y diversas variedades de coles en lo que se refiere a productividad; mientras que en cuanto a disminución de la calidad del producto, es más notable en algunas variedades de jitomate, papas, remolacha azucarera y soya.⁷

En lo que respecta a la intensificación del efecto invernadero, éste se traduce en un mayor calentamiento global del planeta, teniendo como resultado un aumento en la temperatura media del mismo. De hecho, desde 1900 la temperatura media de la superficie de la Tierra ha subido entre 0.3 y 0.6 grados centígrados y, de 1980 a la fecha, se han registrado los años más calurosos ocurridos, incrementándose la temperatura a una velocidad superior a la experimentada nunca antes, siendo éste mayor en los casquetes polares que en las regiones cercanas al ecuador.

Los efectos potenciales que este fenómeno pudiera tener sobre los sistemas físicos son múltiples. Primeramente, se estima que un incremento en los niveles medios de temperatura, podría originar el deshielo de los casquetes polares, lo que se traduciría en una expansión termal del agua de los océanos que podría provocar serios problemas de inundaciones en las zonas costeras del planeta. Igualmente, podrían originarse cambios en la circulación de las masas de aire y, por tanto, en los climas regionales y locales, lo que tendría graves consecuencias sobre la productividad agrícola, ya que se modificarían los climas al interior de los continentes. El calentamiento global también se expresaría en la disminución de la superficie de los bosques, en la modificación de las condiciones del suelo, en el incremento de los ritmos de desertificación, etcétera.

Como consecuencia de lo anteriormente descrito, se produce una reacción en cadena, cuya última expresión es una gran pérdida de biodiversidad, esto es, la eliminación de poblaciones, tanto animales como vegetales, que daña severamente a los ecosistemas, ya sea mediante su eliminación total o bien porque algunas especies tienen que emigrar hacia otras latitudes para evitar así su total extinción.

⁶ Ferrer (2000)

⁷ Dowdeswell, (1997)

Todos estos efectos nocivos del cambio climático sobre los sistemas naturales pueden influir de manera directa sobre la producción de alimentos, en particular sobre la producción de granos básicos. Puede también tener influencia sobre aspectos que modifican en el largo plazo las características de las regiones productoras provocando, entre otras consecuencias, un incremento en la velocidad con que las tierras se erosionan y desertifican. Cabe señalar aquí la influencia negativa adicional de la acción humana con las prácticas de monocultivo, de la tala inmoderada de árboles, el uso masivo de fertilizantes, etcétera, que ayudan a incrementar la intensidad en la desertificación de los suelos e incrementa, en consecuencia, el riesgo de sequías, limitando así los prospectos de agricultura sustentable.

El calentamiento global puede influir también para que ocurra un desplazamiento de los bosques hacia las partes altas así como en la propia conformación de los mismos. Algunas estimaciones indican que su extensión podría verse drásticamente reducida. Por ejemplo, Sedjo y Solomon estiman que los bosques podrían disminuir en un 40%, mientras que las áreas tropicales se incrementarían en un 12% durante el siglo XXI, lo cual significaría una pérdida de 23.5% de la biomasa existente en la actualidad en el planeta.⁸

De manera indirecta, el cambio climático podría afectar también a actividades humanas tales como la producción y distribución de energía, el transporte, el desarrollo urbano, la construcción y los cuidados sanitarios. Un claro ejemplo de ello se puede observar a través del incremento de la demanda de electricidad, tanto de uso residencial como comercial, para incorporar sistemas de aire acondicionado en áreas en donde se deja sentir con mayor intensidad el incremento en la temperatura.

Por otra parte, el posible deshielo de los casquetes polares, podría originar un incremento del nivel de las aguas en los océanos, lo que provocaría serias inundaciones, sobre todo en las zonas cercanas a las costas, afectando de esta manera la producción agrícola, en particular las plantaciones de frutales, típicas de esas regiones. Con ello los productores se verían obligados a modificar no sólo las superficies, (en extensión y calidad), sino también el patrón seguido en cuanto a las especies cultivadas

Además el posible incremento del nivel del mar puede causar la contaminación de las lagunas, ríos y demás corrientes de agua al interior de los continentes, debido a su cercanía

con los océanos y su baja posición sobre el nivel del mar, deteriorando también a estos ecosistemas, disminuyendo la cantidad de las especies e, imposibilitándolos para ser empleados en la agricultura o el consumo familiar.

Al interior de los continentes, el incremento de la temperatura media del planeta se vería amenazado por otro tipo de desastre: la sequía. En efecto, como consecuencia del calor excesivo, puede darse una aceleración en la velocidad de evaporación de las aguas de lagos, presas, ríos y canales, con lo cual se limitan las posibilidades de crecimiento de la actividad agrícola, pues esta depende en gran parte de la disponibilidad de este recurso.

Para estimar los efectos que las modificaciones del clima podrían tener sobre la actividad productiva se han realizado ya algunas estimaciones a través de diversos modelos de circulación general, que pronostican que de continuar el calentamiento del planeta al ritmo observado actualmente, podría darse una gran reducción en las cosechas de todas las especies en general y, de las de trigo y maíz en particular, se registraría también una grave reducción en las extensiones de los bosques boreales en las altas latitudes y una notable variación en las características y volumen de las lluvias y tormentas, así como una modificación en las condiciones actuales de los suelos, se sufrirían algunos cambios en la composición de la vegetación, y una redistribución de las plagas y patógenos.⁹

Otro aspecto importante, en el cual se vería reflejado el aumento de la temperatura media del planeta, es la disponibilidad de recursos acuíferos, sobre los cuales pesa no sólo la influencia "natural" del cambio climático, sino también la presión que sobre ellos ejercen las actividades productivas, tanto de carácter agrícola como industrial, así como el consumo humano directo. En efecto, la demanda mundial de agua ha registrado una tendencia creciente en el presente siglo, disminuyendo considerablemente el volumen de las reservas existentes.

En este aspecto, la creciente presión sobre los recursos hidráulicos, debida principalmente al crecimiento de la población, a la dinámica de la actividad industrial, a la generalización de la agricultura de riego y a los cambios en los niveles y hábitos de vida, combinada con la disminución de la oferta de agua por el agotamiento de algunas fuentes y por la

⁹ Citado por Cline (1992)

⁹ Mundo Op. Cit

contaminación de otras, han conformado lo que puede ya caracterizarse como una auténtica crisis de disponibilidad de agua.

A través de esta vía, principalmente, los cambios registrados en el clima podrían tener diversas consecuencias sobre la agricultura; sin embargo, en algunas regiones el impacto resultaría trascendental debido a la alta productividad que se obtiene en ellas. El incremento de la temperatura media global afectaría de manera decisiva la producción de cereales en las latitudes medias del hemisferio norte, esto abarcaría los territorios de países cuya producción de cereales resulta muy importante hoy en día como los EE.UU. y el territorio de la ex Unión Soviética, esto obedeciendo a los altos niveles de evaporación que podrían registrarse en las fuentes de suministro de agua de estas regiones, con lo que se limitaría el desarrollo de la producción.

La aceleración en los ritmos de evaporación, provocada por el incremento de la temperatura media global, podría originar también cambios en el nivel actual de la humedad de los suelos, fenómeno que se espera registre efectos más drásticos en las latitudes medias del hemisferio norte, en donde habría la necesidad de modificar las variedades cultivadas, ya que algunas de ellas demandan mayor cantidad de recursos hídricos que el resto. Además de estas modificaciones necesarias en el patrón de cultivos, tendría que registrarse también una variación en los calendarios de siembra y cosecha para aprovechar mejor las temporadas benéficas en la producción agrícola, que podrían verse reducidas a lo largo del año.

La carencia de agua se manifestaría con mayor intensidad en las áreas de cultivo de régimen de temporal, en donde regularmente se sigue un patrón de producción basado en calendarios claramente establecidos con base en el comportamiento cíclico del clima, ello debido a que no se cuenta con los recursos hídricos necesarios, ni la tecnología adecuada o los recursos económicos suficientes para disponer de ellos en caso de encontrarse en el subsuelo o a grandes distancias, por lo que el cambio climático obligaría en muchas ocasiones a los productores a abandonar esta actividad y buscar mejores opciones de desarrollo en alguna otra esfera de la producción, como está ocurriendo ya en algunas regiones de nuestro país en donde la agricultura ha dejado de ser la respuesta a las necesidades económicas de sus habitantes.

Por otro lado, es de esperarse que los depósitos y torrentes de agua sufran una evaporación más intensa en las latitudes medias del hemisferio norte, la cual incluye los territorios del norte de México, y la extensa zona agrícola de California en EE.UU.¹⁰ Por tanto se correría el riesgo de una gran escasez de agua en zonas en donde de por sí ésta es crítica ya en algunas temporadas del año, lo que agravaría aún más los conflictos existentes por la disputa de este recurso, los cuales tienen su expresión en la extensa legislación elaborada, por ejemplo, para regular el acceso al agua de las cuencas fronterizas entre México y los EE.UU. como son Tijuana, Río Colorado, Río Grande, San Pedro y Santa Cruz.

Aunque las principales consecuencias del cambio climático se expresarían sobre la agricultura de temporal, no pueden ignorarse los múltiples efectos negativos que podrían también generarse en las superficies cultivadas bajo régimen de riego, pues el incremento de temperatura aumentará inevitablemente el grado de evaporación de los suelos, causaría una modificación en la cantidad y la calidad de las precipitaciones, eliminaría los escurrimientos superficiales, con lo cual las reservas subterráneas existentes podrían agotarse, o al menos disminuir de manera drástica, poniendo así en riesgo a la actividad agrícola en todas sus modalidades. La baja en los niveles de las presas en años recientes, debidas al intenso calor y a la falta de lluvias, constituye un claro ejemplo de las graves consecuencias que este fenómeno podría tener.

El cambio climático no es negativo exclusivamente para el género humano, ya que puede afectar también de manera directa a la vida animal y vegetal, pues al modificar los ecosistemas naturales, influye sobre actividades como la silvicultura, la ganadería y la industria, debido, sobre todo a la influencia que tiene sobre los recursos hidrológicos, produciéndose con ello un círculo vicioso, cuya última consecuencia sería la detención de la producción agrícola, en general y, de alimentos para consumo humano de ese origen, en particular.

Todas estas posibles pérdidas ocasionadas por una modificación en la evolución del clima se tendrán necesariamente que reflejar en la pérdida de bienestar económico de la sociedad. Aunque resulta difícil de estimar la cuantía de estas pérdidas se han hecho estudios que fijan las pérdidas anuales en una escala de entre dos y 12% del Producto Nacional Bruto (PNB), para el caso de los Estados Unidos como consecuencia del cambio climático.

¹⁰ Idem

Al nivel actual, en el caso de la economía estadounidense se ha estimado que las pérdidas económicas inducidas por la fuerza del calor y las sequías extremas asociadas a un incremento de la temperatura de 2.5 grados centígrados podrían alcanzar un valor de 18 billones de dólares anuales. Asimismo, las pérdidas anuales como consecuencia del incremento del nivel del mar podrían alcanzar siete billones y la cantidad necesaria para cubrir los requerimientos de electricidad para aire acondicionado sería de alrededor de 11 billones de dólares anuales. Las disminuciones del nivel de agua en las cuencas podrían causar costos de más de siete billones anuales debido a la reducción de la oferta de agua, mientras que las pérdidas de bosques podrían representar un costo anual superior a tres billones de dólares.¹¹

De manera global, los daños económicos que sufriría EE.UU. como consecuencia de un incremento de 2.5 grados centígrados en la temperatura pueden ser cercanos a los 60 billones de dólares anuales, esto es, poco más del uno por ciento del PNB. Sin embargo, en esta estimación no se toman en consideración las pérdidas intangibles como son la disminución de especies y del bienestar humano por citar algunos, lo que ocasiona que la cifra estimada difiera de la que podría alcanzarse realmente.

¹¹ Cline (1990)

3. Efectos del cambio climático en la Economía Agrícola

Las estimaciones de los efectos del cambio global en el clima sobre el sector agrícola resultan importantes, ya que éste ha sido identificado como el más vulnerable debido a que existe una estrecha relación entre la productividad y el comportamiento del clima, tanto por la sensibilidad de los cultivos a la temperatura, como por los efectos que ésta tiene sobre la vida de los mismos y la disponibilidad de agua. Debemos señalar que el cambio climático tiene diversos efectos negativos no sólo en la agricultura sino en el conjunto de la economía, pese a ello, no se le ha dado la importancia necesaria como consecuencia de que los daños asociados con él no han sido incluidos dentro del cálculo de los costos de las empresas y los hogares.

Aún no ha sido generado un tipo de contabilidad nacional que incluya los daños causados al medio ambiente mediante la intensificación del efecto invernadero, aunque se han realizado intentos por integrarlos a la misma como parte de los costos que la humanidad debiera pagar por hacer un uso desmedido de los recursos naturales y la consecuente destrucción del medio en el largo plazo. En efecto, existen algunos estudios basados en modelos energía - economía que comienzan a proveer lo que parece ser un rango de estimación de los precios que las economías nacionales debieran pagar para limitar las emisiones de gases de invernadero, en un intento por resarcir a la naturaleza parte de lo que se destruye año tras año, y que se fija generalmente entre dos y tres por ciento del PNB.¹²

Desafortunadamente, estos cálculos se encuentran basados en el análisis del peso económico que tienen los sectores más vulnerables al cambio climático sobre la economía en general, por lo que la cifra pudiera estar subestimada, sobre todo cuando se habla de los países industrializados en donde la agricultura, la silvicultura y la pesca tienen un peso reducido en la generación de riqueza sobre el conjunto de la economía.

De esta manera se pretende también minimizar el problema, al aducir que el peso de los sectores afectados por el cambio climático es relativamente pequeño para el conjunto de la economía. En los países altamente industrializados, aunque la producción agrícola es abundante, el valor de la producción resulta relativamente bajo. Aún para el caso de México, bajo la consideración de este tipo de argumentos, el problema sería menor, pues el sector

primario de la economía participa apenas con poco más de seis por ciento del producto interno bruto (PIB).

Sin embargo, el problema no puede ser reducido a los sectores más vulnerables al cambio climático, pues además del sector primario pueden registrarse cambios nocivos de manera indirecta en el resto de la actividad económica, en donde los efectos serían menores pero igualmente importantes debido a las modificaciones que podrían representar dentro del ecosistema. Además, si bien es cierto que el calentamiento global daña al sector agrícola en muchas áreas, estos daños pueden repercutir en otros sectores de la economía, por ejemplo, a través de la migración de la población del campo a las ciudades, que ya se da en todo el mundo.

Las pérdidas que provienen de los cambios registrados en el clima se registran primeramente al interior de los diversos sectores de la economía, y ello se refleja en la gran diversidad de actividades en las que se estima que podrían expresarse y que ocasionarían pérdidas económicas para la economía mundial. Por citar sólo un ejemplo, en el caso de México la deforestación realizada para ampliar la frontera agrícola y ganadera y por la búsqueda de combustible en zonas rurales ha ocasionado la pérdida de alrededor de 670 mil hectáreas de bosques, ello sin considerar la tala inmoderada de árboles realizada por personas que se dedican a traficar con la madera.¹³

Por ello, el problema no debe ser minimizado bajo el tipo de argumentos que aducen que no hay suficientes evidencias acerca de la existencia de un cambio en el clima que afecte a la producción o que un país, entre menos dependa de la agricultura, es menos vulnerable, o pensando en la posibilidad de que los efectos se dejarán sentir sólo en el largo plazo. La producción de alimentos deberá ser prioritaria ante la amenaza que el cambio climático global puede constituir, ya que el calentamiento por el efecto invernadero puede reducir los rendimientos en muchas de las cosechas, limitando así la seguridad alimentaria en el ámbito mundial.

Por si fuera poco, de acuerdo con algunos pronósticos, de continuar el cambio climático con la tendencia registrada actualmente, una de las regiones que con mayor intensidad sufriría las

¹² Nordhaus (1991) e IPCC (1990)

¹³ Gay (2000)

consecuencias es el hemisferio norte del planeta, dentro del cual se localiza nuestro país. Concretamente, como consecuencia del gradual aumento de la temperatura en esta región, se espera que se registre una disminución en los niveles de precipitación pluvial tanto en verano como en invierno, lo cual afectaría a gran parte de la República Mexicana. Estos efectos serían mayores en verano, cuando se afectaría la zona norte, el sureste y centro del país, mientras que durante el invierno habría mayores consecuencias en el norte, el centro y el occidente del territorio nacional.¹⁴

Esta situación podría ocasionar graves daños para la agricultura nacional, sobre todo en la de régimen de temporal, lo cual se traduciría en enormes pérdidas económicas para el país, ya que gran parte de la producción agrícola se realiza aún bajo esta modalidad.

El principal daño podría surgir por el incremento de la presión del calor y el decremento de la humedad del suelo, pues las temperaturas más cálidas propician que se acelere el ciclo de las plantas, disminuyendo su tiempo de desarrollo antes de que el fruto alcance su madurez. Asimismo, se requiere de una mayor humedad para que las plantas puedan alcanzar su desarrollo pleno de la que se requeriría en condiciones normales, esto resulta preocupante debido a que se espera que con la modificación del clima se incremente el número de sequías severas al interior de los continentes, lo cual sería catastrófico para aquellas regiones que resultan más vulnerables debido a que tienen menos posibilidades de adaptarse tecnológicamente a tales efectos.

De hecho, en la actualidad existen ya serios cuestionamientos acerca de la rentabilidad de la actividad agrícola, pues es el sector que menor valor aporta a la conformación del PIB nacional y es, a la vez, el que hace un mayor uso del recurso agua, cuya importancia se hace relativamente más grande a medida que se incrementa su demanda como consecuencia del aumento de la temperatura y del crecimiento poblacional.

En efecto, del total de agua disponible en el país, es el sector agrícola el que mayores cantidades absorbe, pues según datos de la Comisión Nacional del Agua, para 1995 utilizó el 83.3% del agua empleada en uso consuntivo, mientras que aportó únicamente 6% del PIB, mientras que la industria, consumió únicamente 3.4% del agua y aportó 24.3%. Como puede observarse, en el Cuadro 1 en nuestro país la oferta de agua resulta aún superior a la

¹⁴ Mundo Op Cit

demanda; sin embargo, una problemática adicional se encuentra dada por las características geográficas del territorio nacional, las cuales no permiten un fácil acceso al recurso e implican la realización de grandes desembolsos de dinero para poderla llevar a una gran parte de la población.

Cuadro 1

Composición de la oferta y la demanda de agua en México			
Oferta			
Sector de procedencia	Cantidad Km ³		%
Precipitación	1522		100.0
- Evapotranspiración	1096		72.0
Oferta nacional	426		28.0
Acuerdos internacionales	48.9		3.2
Oferta total	474.9		
Demanda			
Uso no consuntivo (generación de energía eléctrica)	113.2		
Uso consuntivo			
Agricultura	61.2		83.3
Uso doméstico	8.5		11.6
Industria	2.5		3.4
Acuicultura intensiva y otros	1.3		1.8
Demanda total	186.7		

Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional del Agua

Además, hay que tomar en consideración que los cambios registrados en los niveles de almacenamiento de agua afectarían también a la agricultura de riego. Cabe señalar a este respecto que aunque en nuestro país se registra un volumen relativamente alto de precipitaciones, la mayor parte del agua disponible por este concepto (72%) regresa a la atmósfera mediante la evapotranspiración (la cual se espera que sea más intensa con los cambios en el clima), con lo que la oferta nacional se reduce, en promedio, a un rango situado entre 473 y 475 Km³. De estos, 410 Km³, 86.7%, se obtienen a través de las cuencas y vasos superficiales, es decir en la superficie y, 63 Km³, 13.3%, mediante la recarga de acuíferos y el agua de riego que se filtra hacia el subsuelo.

Además, aunque las estadísticas señalen que en la actualidad no existen grandes problemas respecto a la disponibilidad de agua, las tendencias en el consumo indican que se requerirá incrementar en gran escala la oferta real en un futuro no muy lejano, poniendo en evidencia lo sensibles que resultan las cuencas hidrológicas a los cambios, relativamente pequeños, en las condiciones del clima, pues las existencias son sólo un residual entre la precipitación y la

evaporación y, por pequeños que sean los cambios en la demanda, pueden causar un fuerte impacto sobre dicho residual.

Pero no resulta necesario esperar el futuro para entender las graves consecuencias que el cambio climático tendría sobre la agricultura mexicana, ya hoy en día se han comenzado a observar diversos problemas derivados del mismo, que aquejan a los productores nacionales. Por ejemplo, podemos hablar del alto número de incendios forestales que han ocasionado pérdidas millonarias a la nación en recursos naturales y, aunque su cuantificación no pueda ser exacta, podemos inferir que resulta de magnitudes enormes. También se han sufrido graves pérdidas económicas por factores como el retraso de las lluvias, lo cual se puede constatar en la diferencia que existe entre la superficie sembrada y aquella que resulta factible de ser cosechada, con lo que en muchas ocasiones los agricultores no recuperan la inversión realizada a este respecto.

Mención aparte merece la ganadería, la cual también ha sufrido diversos estragos como consecuencia de la insuficiente disponibilidad de agua, incurriendo en pérdidas millonarias debido a la muerte de miles de cabezas de ganado, lo cual tiene a su vez repercusiones graves sobre los precios de la carne, que se traducen en un alto costo para la sociedad en su conjunto, y sobre todo, para las clases populares, quienes deben modificar su dieta hacia productos que resulten más accesibles para ellos, conduciéndolos hacia una alimentación deficiente.

Los aspectos agrícolas en que pueden registrarse mayores efectos negativos como consecuencia del cambio climático, están dados por la disponibilidad de recursos hídricos y la erosión de los suelos. La tendencia al incremento de la temperatura media global representa una mayor evaporación de las fuentes de aprovisionamiento del recurso. De hecho, existen cifras relacionadas a este aspecto que señalan una baja en los volúmenes de las presas, disminución de los torrentes, sequías cada vez más drásticas y una creciente demanda por el vital líquido entre la producción agrícola, industrial y para consumo humano.¹⁵

Los cultivos son afectados por las variaciones de la temperatura, por lo que si los productores no cuentan con los recursos tecnológicos necesarios para contrarrestarla, como la propiedad de invernaderos para evitar la excesiva exposición al calor, o bien la amenaza que

representan algunos otros factores relacionados con el clima como las heladas, aguaceros torrenciales, huracanes, etcétera, los cuales pueden terminar con los cultivos, o al menos dañarlos seriamente, pueden representar pérdidas millonarias para ellos, ello sin considerar la existencia de plagas y animales nocivos para los cultivos.

CAPITULO II

MARCO DE REFERENCIA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS

1. Contexto geográfico

La actividad agrícola se encuentra estrechamente ligada con el cambio del clima debido a que afecta de manera directa la disponibilidad de agua mediante la magnitud de las precipitaciones pluviales, así como modificando los niveles de evaporación y transpiración de los cultivos. Por ello es necesario analizar el comportamiento que han tenido en la época reciente este tipo de variables para determinar cómo han influido sobre la producción agrícola en general y la de hortalizas en particular.

Se debe reconocer que los niveles de producción pueden también variar en grandes proporciones como consecuencia de factores que no tienen relación directa con el clima, por ejemplo en el caso de los productores que cuentan con la implementación de tecnología de punta para sus cultivos o la misma calidad del suelo, lo cual ayuda a incrementar la productividad en gran medida. En este caso se encuentran algunos agricultores del norte de la República, los cuales cuentan con invernaderos, riego por aspersión y goteo, nivelación de terrenos con rayo láser, utilización de micro túneles de plástico, el uso de semillas híbridas y variedades mejoradas, empleo extendido de pesticidas, fertilizantes líquidos, acolchado, trasplante mecanizado, cosecha semimecanizada, etcétera. Otro factor está dado por la variación de los precios internacionales, los cuales influyen tanto de manera positiva como negativa para incentivar a los inversionistas agrícolas, haciendo variar de manera drástica, la producción año tras año.

Debido a los factores señalados, se considera que no resulta apropiado realizar un análisis de la producción hortícola en el ámbito nacional ya que a pesar de los cambios registrados en el clima, resulta factible la obtención de incrementos en la producción, gracias a factores ligados a la adopción de tecnología de punta, lo que evidentemente, se convierte en un factor de distorsión de los resultados. Para contrarrestar esta situación se realiza un trabajo enfocado en un análisis de tipo regional, considerando una zona en donde la tecnología no se haya constituido aún en un factor determinante para lograr grandes variaciones en los niveles de rentabilidad de la superficie agrícola.

constituido aún en un factor determinante para lograr grandes variaciones en los niveles de rentabilidad de la superficie agrícola.

Consideramos que el estado de Morelos cubre las características requeridas ya que el volumen obtenido en la producción de algunos cultivos hortícolas es de magnitudes considerables y el grado de mecanización adoptado por los productores no es aún muy alto.

Otra dificultad radica en evaluar el impacto del cambio climático sobre la totalidad de los cultivos hortícolas, por lo que nuestra atención se centra en una de las especies más representativas de ese estado tanto por los niveles de producción alcanzados históricamente como por la milenaria tradición existente en su cultivo, se considera así de manera prioritaria efectuar un análisis sobre la producción de tomate rojo o jitomate.

La producción de jitomate en el estado de Morelos, se ha caracterizado por alcanzar volúmenes históricamente altos, pero se ha basado de manera tradicional en las bonanzas del clima, pues la mayor parte de la cosecha es obtenida mediante régimen de temporal, por ejemplo, de acuerdo con las cifras oficiales, para 1997 el 93.6% de la superficie sembrada en el estado fue de este tipo.

Cuadro 2
Morelos. Superficie y producción de jitomate 1997

Municipio	Superficie sembrada (Ha)	%	Superficie Cosechada (Ha)	%	Volumen de la producción (Ton)	%
Total Morelos	4,643	100	4,643	100	85,313	100
Total Región Norte	2,587	55.7*	2,587	55.7*	47,120	55.2*
Atlaticahuacán	1,088	42	1,088	42	19,614	42
Huitzilac						
Tepoztlán						
Tlalnepantla	250	10	250	10	4,500	10
Tlayacapan	904	35	904	35	16,589	35
Totolapan	345	13	345	13	6,417	14

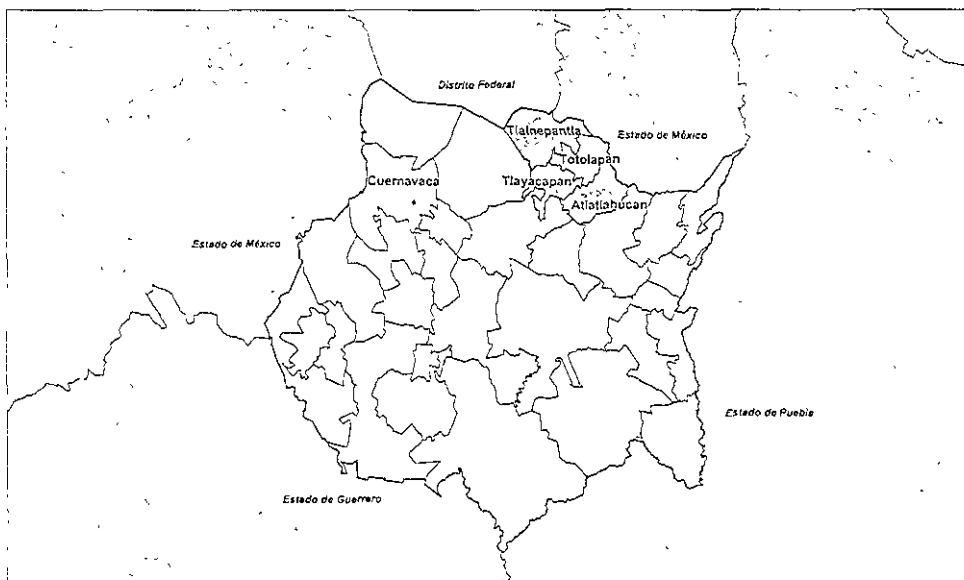
Fuente: INEGI. Anuario estadístico del Estado de Morelos, 1997. México, 1997.

* Proporción regional con relación al total del estado.

En particular, la región norte del estado de Morelos fue considerada como la ideal para realizar el análisis requerido, ello con base en factores como son el bajo grado de tecnificación de la mayor parte de los productores, una larga tradición en el cultivo de jitomate y la existencia de temperaturas regularmente altas a lo largo del año.

La zona considerada incluye a municipios de Atlatlahuacán, Tlalnepantla, Tlayacapan y Totolapán, en los cuales habitan más de 43 mil habitantes, de los cuales un alto porcentaje se ocupa en la actividad agrícola.

Figura 1
Principales municipios productores de jitomate en el estado de Morelos



La actividad hortícola resulta de gran importancia en el estado tanto por la generación de empleos como de ingreso. En primera instancia se considera que se trata de un área favorecida por el mercado, ya que se sitúa relativamente cerca de grandes mercados de consumo como el Distrito Federal y los grandes centros de población de los estados de México, Puebla y el propio Morelos

Debido a la importancia del agua en el cultivo de estas especies resulta necesario establecer la capacidad de almacenamiento con que cuenta la entidad, así como las posibles fuentes de abastecimiento del recurso, tanto a nivel superficial como subterráneos.

Con respecto a la disponibilidad de agua podemos observar en el cuadro 3 que en el estado de Morelos, la precipitación anual asciende a 5,000 millones de metros cúbicos de agua; de este total, la mayor parte se escurre al exterior del territorio estatal o se infiltra hacia el subsuelo, por lo que se calcula que únicamente el 9% se aprovecha a través de distintos usos en la entidad, siendo el sector agrícola el que se ocupa de consumir la mayor parte.

Cuadro 3

Composición de la oferta y la demanda de agua en el estado de Morelos		
Oferta	Cantidad	%
Sector de procedencia	millones de m ³	
Precipitación	5000	100.0
Infiltración al subsuelo	1050	21.0
Escurrimiento al exterior del estado	3555	71.1
Aprovechamiento en diferentes usos	444	8.9
Demanda	444	100.0
Sector demandante		
Uso Agrícola	373.0	84.0
Uso Industrial	17.8	4.0
Uso Urbano	53.2	12.0

Fuente: SEDAM y estimaciones propias

De acuerdo con fuentes oficiales, Morelos se encuentra situado dentro de la región hidrológica No. 18, denominada "Río Balsas". Por el estado corren tres ríos: el Atoyac, con 653.17 Km.; el Río Grande de Amacuzac, con 4305.39 Km., y el Balsas - Mezcala con 1.6 Km. Existen también algunas subcuencas con aportaciones locales como los ríos Nexapa, Tepecuacuilco, Bajo Amacuzac, Cuautla, Yautepec, Apatlaco, Puatlán y el Alto Amacuzac. También, se puede contabilizar la existencia de algunos depósitos de aguas subterráneas como son los manantiales de las Estacas, Fundiciones, Chapultepec y el Salto, además de los pozos profundos de San Gabriel de las Palmas, Cuachichimala, Puente de Ixtla, Zacatepec, Atlacohualoya y la Noria de Cuernavaca.¹⁶

Con respecto a los principales almacenamientos de agua con que cuenta la entidad, son realmente pocos y, aunque se encuentran registrados un total de 125, la capacidad de

¹⁶ SPP (1981)

almacenaje de la mayor parte de ellos no resulta significativa. El depósito más importante es la laguna El Rodeo que tiene capacidad para almacenar hasta 28 millones de metros cúbicos, como puede observarse en el cuadro 4. Otros depósitos destacados son: las presas La Poza, en el municipio de Tepalcíngo, con capacidad para almacenar un millón 451.790 m³ (aunque para evitar riesgos de sobre almacenamiento o inundación se utiliza hasta un millón 200 mil metros cúbicos); Emiliano Zapata y Plan de Ayala en Puente de Ixtla, con capacidad conjunta para seis millones de metros cúbicos (aunque también se utilizan a niveles menores); Ingeniero Miguel Pastor y Tierra y Libertad en Axochiapan, con capacidad para más de 12 millones de metros cúbicos.

Cuadro 4

Capacidad total de almacenamiento de agua y área de captación en el estado de Morelos		
Nombre del depósito	Capacidad de almacenamiento (millones de m ³)	Área de captación (Hectáreas)
Felipe Ruiz de Velasco	2.2	88.5
Ing. Manuel Pastor	10.0	2.8
Tierra y Libertad	13.0	33.8
Francisco Leyva	2.0	35.4
El Rodeo	20.0	6.1
Plan de Ayala	1.3	0.5
Emiliano Zapata	3.3	0.7
La Poza	1.2	2.1
Mariano Matamoros	0.9	4.5
Total Estatal	53.9	88.5

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Gerencia General, Subgerencia de operaciones, 2000.

Con respecto a la distribución y consumo de agua en la entidad, estos son realizados a través de la explotación de pozos, manantiales, galerías y norias, además de la utilización de una red de canales al aire libre de 1,079 kilómetros, de los cuales 374 son del tipo revestido y 705 sin revestir, lo que origina pérdidas cuantiosas en la transportación del vital líquido estimadas en alrededor de 45 por ciento.¹⁷

Por otro lado, si bien es cierto que al registrarse un incremento en la temperatura se podría esperar un aumento de las sequías y una disminución en la cantidad de agua disponible para la actividad humana en todas sus modalidades, el mismo fenómeno se encarga de revertir el efecto, relacionando los periodos de incremento de la temperatura con una mayor evaporación, que da lugar a una mayor nubosidad que redonda en más precipitaciones, y por

¹⁷ SEDAM agua, Pagma Web del estado de Morelos

tanto en una mayor disponibilidad de agua. Es decir, al aumentar la temperatura global, se provoca una mayor evaporación de los depósitos naturales de agua, como son los océanos, lagos y ríos, trayendo como consecuencia un aumento del agua de las lluvias, por ello, los periodos fríos se encuentran relacionados con épocas en las que la precipitación pluvial disminuye con respecto a los periodos en que se registran incrementos en la temperatura, dando lugar a la posibilidad de aumentar los niveles de almacenamiento.

En el caso del estado de Morelos, deberá hacerse una consideración al respecto, pues debido a la distancia existente con los océanos, difícilmente se podría pensar en que el agua obtenida mediante la vía referida pudiera modificar de manera considerable los volúmenes de que se dispone en los almacenamientos. A pesar de ello, no podemos desechar por completo esa posibilidad, ya que se han realizado estudios en los que, considerando la acción de los vientos, se ha mantenido la hipótesis de que la formación de nubes por la evaporación de las aguas marítimas constituye parte de las fuentes de lluvia al interior de los continentes.¹⁸

Además de considerar la posibilidad de la existencia de vientos que pudieran impulsar la nubosidad proveniente tanto del Océano Pacífico como del Atlántico, e incrementar, por tanto, la precipitación pluvial, para el estado de Morelos debe destacarse que se trata de una región que se caracteriza por registrar altas temperaturas en la mayor parte del año, lo cual favorece la evaporación natural de los escasos depósitos de agua existentes en la entidad, y por tanto, al incremento de la nubosidad y la cantidad de lluvia.

Cabe hacer mención acerca de la dificultad que representa la falta de estadísticas confiables con respecto a las diversas variables, lo que se convierte en un serio obstáculo para realizar un adecuado análisis, ya que impide contrastar de manera adecuada las características de un fenómeno, claramente de largo plazo, como es el cambio climático, con las series de registros, limitados a periodos de tiempo generalmente cortos, con que se cuenta para temperatura, humedad, precipitación pluvial, almacenamiento de agua, etcétera. Además, el rendimiento en los cultivos depende también de otros factores como la cultura de los agricultores, las características físicas, químicas y biológicas del suelo, la disponibilidad de recursos económicos por parte de los agricultores, la existencia de mano de obra para laboreo, etcétera.

¹⁸ Mundo (1996)

En lo que respecta al cambio en el clima, el consenso de los diversos estudios realizados indican una tendencia hacia el incremento en la temperatura, lo que de acuerdo con el planteamiento señalado, nos indicaría una mayor disponibilidad de agua de lluvia, sin embargo, es parte de nuestra tarea constatar, tanto que la temperatura en el estado de Morelos ha seguido el mismo comportamiento de la tendencia global, como verificar que ello se haya traducido en un incremento de las lluvias durante los periodos cálidos. Aunque existen registros que muestran la tendencia en el clima desde el siglo pasado, para poder contrastar con la disponibilidad de información a nivel nacional, distinguimos únicamente las grandes variaciones de régimen en la temperatura global de las últimas décadas.

Cuadro 5
Variación de la temperatura global

Periodo	Régimen
1940 -1950	Enfriamiento
1950 - 1960	Calentamiento
1960 - 1970	Enfriamiento
1980 a la fecha	Calentamiento

Fuente: Mundo Molina (1996)

El clima en la entidad resulta muy variable, pues los registros obtenidos en las más de 150 estaciones meteorológicas, situadas en distintas latitudes así lo demuestran. Aunque Morelos registra un número elevado de estaciones meteorológicas, existen diversos obstáculos que impiden su utilización como fuentes confiables para analizar el comportamiento del clima. Una primera dificultad estriba en los escasos datos que en cada una de ellas existe, ya que se cubren algunos lapsos de tiempo y posteriormente desaparecen cualquier tipo de registro durante años.

Por ello, se realizó una selección de las estaciones que pueden ser útiles como fuentes que permitan tener una mayor certeza en el manejo de datos, desechando todas aquéllas que no se encuentran dentro, o cerca de los municipios que se destacan como grandes productores de jitomate y; aún en este caso, existen estaciones que son eliminadas por diversas razones como son el contar con escasa información acerca del comportamiento de las variables de interés en el periodo considerado entre 1980 y 1997.

Para evitar la confusión que pudieran generar las discordantes cifras registradas entre las diversas estaciones climatológicas, se recurre únicamente a los promedios de temperatura observada en aquellas estaciones que se encuentran situadas en los principales municipios productores de jitomate; estos se localizan en la provincia del eje neovolcánico y son: Tlalnepantla, Atlatlahuacan, Yecapixtla, Totolapan y Tlayacapan.

Cuadro 6

Localización de las Estaciones Climatológicas consideradas

Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Elevación
17001	Atlatlahuacan	18° 56'	98° 56'	1600 m SNM
17002	Cuernavaca	18° 55'	99° 15'	1560 m SNM
17006	El Rodeo, Miacatlán	18° 46'	99° 19'	1100 m SNM
17043	Yecapixtla E.T.A. 118	18° 53'	98° 53'	1690 m SNM
17050	Tlayacapan E-11	18° 57'	98° 59'	1650 m SNM
17051	Totolapan E-10	18° 59'	98° 55'	1850 m SNM
17052	Yecapixtla	18° 51'	98° 52'	1500 m SNM
17063	Tecajec, Yecapixtla	18° 47'	98° 49'	955 m SNM
17066	El Vigía Tlalnepantla	19° 00'	98° 57'	1100 m SNM

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

En todos ellos el cultivo de jitomate, tanto de temporal como de riego, resulta viable debido a la existencia de lomeríos suaves de laderas muy tendidas, lomeríos de colinas redondeadas y con cañadas. Debido a la cercanía geográfica con estos municipios y a la existencia de información sobre disponibilidad de agua se consideran también las estaciones climatológicas de Cuernavaca y El Rodeo.

2. Marco teórico para evaluar el impacto del cambio climático

La evaluación del impacto que el cambio climático podría tener sobre los diversos aspectos de la vida del planeta implica la inclusión de múltiples factores, por lo que ni siquiera los más avanzados modelos de circulación general generados hasta el momento pueden ser considerados con un grado de confiabilidad aceptable para predecir con certeza las variaciones futuras del clima, por lo que se manejan generalmente diversos escenarios y con grandes márgenes de error. Por ello, resulta igualmente difícil realizar estimaciones adecuadas acerca de las pérdidas económicas que el cambio en el clima podría originar en el futuro.

Se han realizado ya algunos intentos para estimar las posibles pérdidas que el cambio climático podría originar, pero la mayor parte de ellos se basa en la cuantificación de los recursos que la humanidad podría ahorrar si combatiera, desde ahora y de manera adecuada, los factores que aumentan la velocidad del cambio climático; concretamente, la emisión de gases de invernadero.

Para evaluar el impacto que en materia económica podría tener el cambio climático es necesario considerar las dificultades que ello implica, debido a que las estimaciones en el largo plazo no pueden ser totalmente precisas, asimismo, las series históricas sobre el comportamiento del clima pueden no tener la confiabilidad deseada y, se debe aceptar que si existe un fenómeno difícil de predecir para la ciencia en el largo plazo es el clima, y más difícil resulta aún establecer una relación estrecha con las variables de tipo económico, por lo que cualquier tipo de propuesta al respecto tendrá limitaciones que deben ser tomadas en consideración.

Una propuesta de evaluación con las características requeridas debe partir de un adecuado planteamiento, certeza en su construcción, y brindar confiabilidad en los pronósticos y predicciones que con él se puedan efectuar. Para ello es necesario explicitar de qué forma el cambio climático afecta en la pérdida de rentabilidad de la superficie agrícola, y cómo esta se traduce en pérdidas económicas tanto para los productores como para los consumidores.

El efecto del calentamiento global puede resumirse, para el caso de la agricultura, como pérdida de productividad, es decir, en la disminución de los rendimientos por unidad de

superficie cultivada, ya sea como consecuencia de la pérdida de humedad de los suelos, de la disminución de las cantidades de lluvia, por la erosión paulatina de las superficies de cultivo, o por el abandono definitivo de la actividad por parte de los productores. Todos estos factores se conjugan entre sí para que se registre una disminución de la producción agrícola, cuya última expresión sería el alza de sus precios como consecuencia no sólo del incremento de costos para los productores, sino también por la presión de la demanda sobre la menor cantidad de productos existentes en el mercado.

Por tanto, la pérdida de bienestar originada por el cambio climático no se observa únicamente en el caso de los productores, sino que se traslada también a los consumidores, los cuales se verán obligados a emplear un mayor monto de recursos monetarios para lograr la satisfacción de sus necesidades alimenticias, al menos a un nivel equivalente al inicial, o bien prescindir de una parte de las mismas debido a la presión sobre los precios al disminuir la oferta. Es decir, la tarea de estimar el monto de las pérdidas como consecuencia del cambio climático debe considerar no sólo las pérdidas que se originan para el productor, sino para la sociedad en su conjunto.

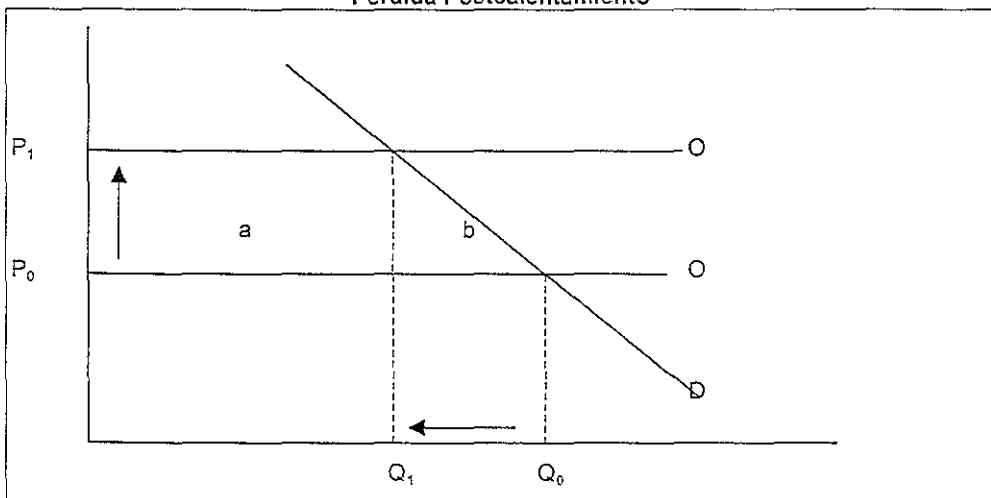
Para ilustrar las pérdidas económicas debidas al calentamiento global se utiliza una adaptación del modelo clásico de oferta y demanda de David Ricardo para la producción agrícola propuesta anteriormente por algunos autores, a través del cual se muestra gráficamente cómo las pérdidas originadas por el cambio climático resultan mayores a una simple multiplicación de la disminución en los rendimientos por el valor original de la producción.¹⁹

El análisis parte con una curva de oferta horizontal, donde se considera que la tierra es totalmente homogénea y que se requiere incorporar cierta cantidad de trabajo, también homogéneo, para producir determinada cantidad de producto. Tanto en este caso como en la posterior ampliación del modelo, el cambio en los beneficios equivale a la variación registrada en el excedente del consumidor y del productor, pero, con una curva de oferta horizontal y suponiendo que la producción no se encuentra en el pleno empleo, es decir, se acepta que una parte de los factores de la producción se encuentra subutilizada y, por tanto, se puede responder a posibles cambios que se registren en la demanda, por lo que no existe algún tipo

¹⁹ Véase por ejemplo Cline (1990), Dinari (1998) y Norabuena (1991)

de excedente para el productor ni antes ni después de registrarse una baja en los rendimientos como consecuencia de los cambios registrados en el clima. (Véase Figura 2)

Figura 2
Pérdida Postcalentamiento



Para explicar la pérdida de beneficio al productor y al consumidor como consecuencia de una disminución de la productividad de las tierras de cultivo al cambiar el clima, se aduce que necesariamente la producción tendrá que ser menor si el resto de las condiciones de producción no se modifican, es decir, si se mantiene constante la superficie cultivada y el nivel de adopción de tecnología, por ejemplo, lo que inevitablemente llevaría a un alza en los precios de la producción por la presión de la demanda. Estos fenómenos se expresan a través de un desplazamiento de las curvas de producción, hacia la izquierda y, como respuesta, un movimiento de la curva de los precios hacia arriba.

Como puede observarse, con una curva de oferta horizontal no hay excedente para el productor, ni antes ni después de que se produzca algún cambio en los rendimientos como consecuencia de una modificación del clima, esto obedece a que solamente está produciendo la cantidad que el mercado demanda a un nivel de precios establecido.

Por su parte, el beneficio del consumidor sufre una disminución equivalente al área $a + b$, lo cual representa el porcentaje en que disminuyen los rendimientos multiplicados por el valor original de la producción.

Sin embargo, este es un caso ficticio ya que con expectativas racionales, el productor busca conseguir un excedente y el consumidor obtener el mayor beneficio posible por la cantidad de dinero que paga en el mercado, por lo que de manera objetiva, la curva de oferta tiene más bien una pendiente de tipo ascendente. Al mismo tiempo, se debe aceptar que la tierra no tiene un carácter homogéneo, y por tanto, requiere de distintas cantidades de trabajo para producir una cantidad determinada de producto. Bajo estas condiciones, la pérdida de bienestar debida a la reducción registrada en los rendimientos resulta mayor que el porcentaje disminuido multiplicado por el valor inicial de la producción.

Aún aceptando que la pérdida de bienestar posterior al calentamiento global no puede ser representada únicamente mediante la multiplicación de las pérdidas ocasionadas en los rendimientos por el precio esperado de la producción, ya que ello no incluye las pérdidas sufridas por el consumidor y por la sociedad en su conjunto, este método representa un acercamiento adecuado para estimar la magnitud de las pérdidas que para el productor puede representar en términos de ingresos monetarios el cambio climático.

Este acercamiento resulta importante por que nos expresa la manera cómo los factores ligados al cambio climático influyen para que los productores individuales tomen decisiones en cuanto a permanecer dentro de la actividad agrícola, o bien decidir si modifican sus patrones de cultivo y emplean sus tierras para la siembra de otras especies más rentables, no sólo obedeciendo a las modificaciones en el clima sino también a las variaciones de aspectos referentes al mercado, como son los precios de los insumos agrícolas como fertilizantes, semillas y otros, así como a la modificación de los precios de los bienes que pudieran funcionar como sustitutos, y de los precios de la misma hortaliza en el mercado.

Considerando todos estos elementos, para evaluar las pérdidas económicas en que se incurre como consecuencia de las modificaciones sufridas en el clima, se separan las pérdidas para su cuantificación, ya sea que se trate de pérdidas para el productor o para el consumidor. En primera instancia se aborda el caso que corresponde al inicio del ciclo comercial, es decir en la producción. Ahora se toma en consideración que la tierra sobre la que se produce no es de

calidad y características homogéneas, sino que varía dependiendo de la región de que se trate; también se considera que la curva de oferta no es constante, y por lo tanto, no se puede expresar gráficamente como una recta horizontal, sino que tiene más bien una pendiente ascendente, lo cual refleja el hecho de que cuando existe un mejor precio, los productores responden con un incremento de su nivel de producción.

Además en el análisis gráfico, la forma de las curvas de oferta se hacen verticales al llegar a su parte final, lo cual refleja el hecho de que aún la incorporación de nuevas tierras a la superficie de cultivo tiene un límite, es decir, representa la dificultad de incorporar tierras marginales a la frontera agrícola, así como también la imposibilidad de aumentar de manera ilimitada la producción mediante la incorporación sucesiva de tecnología de punta, por tanto, aunque el precio resulte atractivo, no será posible registrar mayores incrementos de la producción una vez alcanzado determinado punto.

Si consideramos, además la ley de los rendimientos físicos decrecientes en la producción agrícola, encontraremos que la superficie que se adhiere a la que se utiliza inicialmente para la producción de hortalizas, o cualquier otro producto agrícola, alcanzarán en algún momento una productividad menor a la esperada, debido a que no cuentan con las características requeridas para obtener una calidad óptima de los cultivos, por lo que esa parte de la producción no estará en posibilidad de ser comercializada. El hecho de cultivar en lomeríos o cañadas en las que la disponibilidad de agua resulta escasa, o el difícil acceso a ellas por lo accidentado del terreno, ocasionará que el proceso de producción sea más complicado, por lo que en la superficie adicional puede resultar aún más complicado para los productores recuperar la inversión realizada al tratar de incorporar nuevas superficies a la producción.

Esta circunstancia produce una modificación en las expectativas del conjunto de los productores, pues al incorporar una hectárea marginal, en un intento por incrementar la producción, se provoca necesariamente un incremento de los costos para el productor, sobre todo tomando en cuenta que los rendimientos pueden ser menores obedeciendo a que la calidad de las tierras incorporadas será, muy probablemente menor al promedio. Este mismo efecto puede ser ocasionado por el cambio climático a través de la reducción de los rendimientos en la producción, ya que en la misma superficie cultivada se estaría obteniendo un menor volumen producido y, en un intento por recuperar la inversión realizada, necesariamente los productores deberán incrementar el precio del producto en el mercado

Otro mecanismo adicional que podría influir en la determinación final de los precios de mercado sería el comportamiento de la oferta y la demanda, pues la disminución de los rendimientos llevaría a una baja en la producción, si no se amplía substancialmente la superficie cultivada o se modifican las condiciones de producción y esto, al encarecimiento del producto. De esta manera, la pérdida del beneficio se traslada también al consumidor debido a que a un mayor precio tendrá necesariamente que adquirir una cantidad menor del producto, y por tanto, disminuirá su ingesta, o bien, deberá desplazar su demanda hacia otros productos, antes que pagar el diferencial de precios a que halla dado lugar la disminución de los rendimientos.

Para estimar a cuanto equivale la pérdida del beneficio en el caso del productor, establecemos que éste es igual al valor total del producto menos los costos de producción y, la producción total equivale a su vez al promedio producido en el total de hectáreas multiplicado por el número de hectáreas utilizadas en la producción, sin importar la calidad de las mismas. Es decir, para efectos prácticos se considera que las tierras tienen una calidad homogénea y que pueden producir un volumen promedio en un ciclo de producción normal. Como los rendimientos en la hectárea marginal tienden a ser negativos, se deduce que la producción solamente se extenderá hasta donde los productores piensen que pueden obtener algún beneficio al destinar alguna superficie adicional al cultivo.

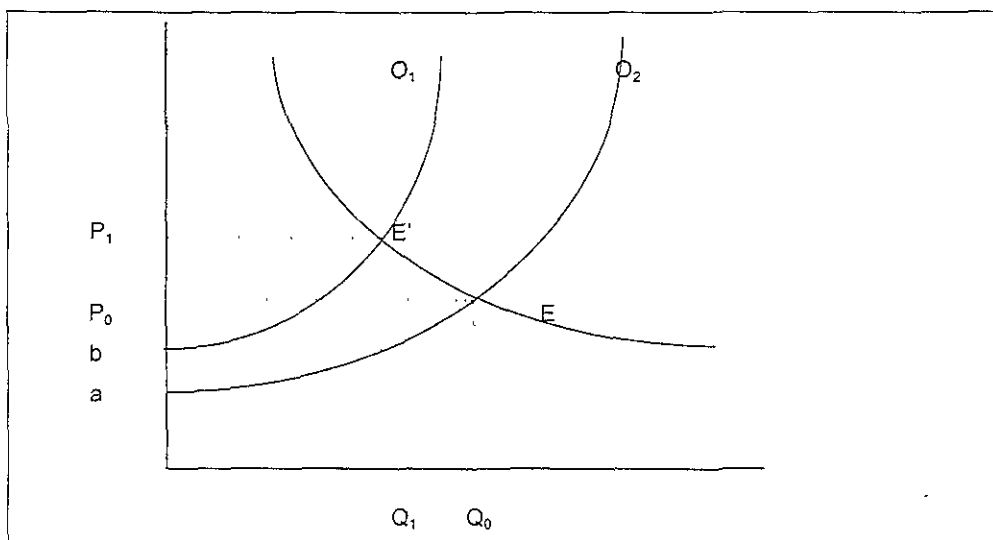
Consideremos ahora la evolución de los precios como un determinante de la curva de oferta, es decir, si los precios de mercado no resultan suficientemente atractivos para los productores, al grado de no permitirles siquiera recuperar sus costos de producción, estos dejarán de producir hortalizas para dedicarse a alguna otra actividad. Además, como los niveles de producción también obedecen a la incorporación de nuevas áreas a la superficie de cultivo, y ello lleva a que se alcance un punto en que los rendimientos se vuelven decrecientes, los beneficios se volverán negativos, haciendo que los productores individuales opten por abandonar la actividad.

Sin embargo, aceptando que ante el incremento de la temperatura los rendimientos en la producción de hortalizas deberán disminuir, resulta factible esperar que la producción total sufra una caída, ya sea por una baja de los precios del producto en el mercado, porque no resulte factible incorporar nuevas áreas a la producción, por un incremento del costo de los insumos, etcétera. Al final, la disminución de la producción se verá reflejada en un incremento

de los precios de las hortalizas, obedeciendo a la presión que la demanda tendería a ejercer sobre la escasa oferta de la producción presentada y al intento que los productores deberán realizar para recuperar el monto de su inversión a través de su incorporación a los precios de venta del producto.

El análisis de la figura 3 puede ayudarnos a determinar las características del escenario que podría observarse tanto para el consumidor como para el productor. Partimos de una situación inicial de equilibrio de la producción en el punto E, con un precio igual a P_0 y con una producción de Q_0 toneladas,²⁰ en donde no se aprecia aun la influencia del cambio climático.

Figura 3
Pérdida postcalentamiento con restricciones a la producción



Supongamos ahora que debido al efecto de las modificaciones en la temperatura aumenta el grado de evapotranspiración de los cultivos y que se incrementa también la demanda por agua lo cual influye en el largo plazo para que disminuyan los rendimientos obtenidos por

²⁰ Para efectos del análisis gráfico se omite a propósito la influencia de los aspectos meteorológicos de corto plazo que pudieran tener algún efecto sobre la determinación de precios, así como otros que tienen un carácter puramente económico como son la competencia que representan los productos provenientes del exterior, los incrementos de productividad como consecuencia de la utilización de adelantos tecnológicos, etcétera

hectárea y, aún aceptando la existencia de superficies factibles de ser incorporadas como áreas de cultivo, el volumen de producción tiende a disminuir.

Este hecho origina que la oferta en el mercado sea menor y, como consecuencia que la curva de oferta se desplace hacia la izquierda, provocando que se registre un incremento de los precios, lo cual generará necesariamente una pérdida de bienestar para el consumidor. Como podemos observar en el gráfico, a este nuevo nivel de equilibrio del mercado, E' , la producción total es de menor volumen y se fija en el nivel Q_1 , a su vez, el nivel de precios sufre una elevación hasta el punto P_1 por lo que la disminución de los rendimientos como consecuencia del cambio climático se traduciría en pérdidas económicas tanto para los productores como para los consumidores.

En la figura 3, la pérdida de beneficio para los consumidores estaría representada por el área comprendida entre los puntos P_0 , P_1 , E y E' , mientras que para el productor estarían dados por la diferencia entre el beneficio original, el área P_0 , E y a , y el beneficio que se obtiene de manera posterior al calentamiento global, el área P_1 , E' y b .

Cabe mencionar que a este acercamiento escapa la cuantificación de los efectos indirectos que podría acarrear la pérdida de productividad, como es la migración de campesinos a las grandes ciudades, la pérdida de soberanía alimentaria, la subutilización de recursos en el campo ante el abandono de la producción, etcétera, los cuales resultan difíciles de estimar, sin embargo, este acercamiento permite visualizar algunas de las pérdidas económicas que se registran como consecuencia de los cambios en el clima, aunque sea sólo una pequeña parte del total que comprendería el sistema económico, pues también escapan los efectos secundarios que la pérdida de bienestar originada por el cambio climático podría causar sobre el conjunto de la humanidad.

3. Aspectos metodológicos

El siguiente paso consistió en establecer una propuesta de evaluación considerando cada uno de los factores señalados con anterioridad. Para cumplir con esta tarea se realizó una elección de las variables a tomar en consideración. Se delimita a un grupo de variables independientes, considerando como tales a aquellas que se encuentren estrechamente ligadas a los fenómenos naturales y cuyos efectos se dejan sentir sobre la producción, y se considera como variable dependiente a la productividad, que es receptiva de tales efectos. De esta forma, se tienen comprendidas dentro del grupo de variables independientes a factores naturales como la temperatura, la evaporación y la precipitación pluvial, y se considera como variable independiente a los rendimientos por hectárea obtenidos en la producción de jitomate en el estado de Morelos. Asimismo, se analiza la relación existente entre las variables que tienen que ver con el clima y aquellas ligadas a la producción, como son los rendimientos, la superficie cosechada, los costos de producción y los precios.

Se analiza la manera como el cambio climático influye, o pudiera influir, sobre los volúmenes de producción alcanzados y el costo económico que ello representa. Sabemos que las características bajo las cuales se desempeña cada productor individual varían dependiendo de diversos factores entre los que podemos citar las características geofísicas de la región en que se encuentre y las condiciones económicas de cada uno de ellos. Sin embargo, para efectos prácticos y partiendo del supuesto que toda la superficie utilizada en el cultivo es de calidad homogénea, se utilizan en el análisis las cifras correspondientes a los rendimientos promedio por hectárea obtenidos en la entidad, así como también se considera un mismo precio para todos los productores, expresado a través del precio medio rural por tonelada pagado en cada año.

Con respecto a la influencia que el cambio climático pudiera tener sobre la disponibilidad de agua, cabe recordar que el efecto de algunos de los factores considerados puede ser medido y determinado en una serie de tiempo más corta que aquella que precisa la medición de los cambios que se registran en el clima. Además, el análisis de algunas variables en un periodo de tiempo relativamente corto puede permitir la obtención de tendencias más cercanas a la realidad, mientras que las variaciones numéricas de la temperatura resultan relativamente pequeñas en el tiempo pero su influencia puede ser muy grande.

La productividad en el cultivo de hortalizas depende tanto de factores ligados al cambio climático como de algunos que no lo están. Para contrarrestar este tipo de problemas, se parte del supuesto de que los productores del Estado de Morelos no cuentan, en general, con un alto grado de mecanización de la producción, lo cual es avalado por el hecho de que sólo una pequeña parte de la producción es obtenida bajo régimen de riego, o que al menos, los niveles de tecnología utilizados no resultan equiparables con los que se observan en algunos estados del norte de la República como Sonora y Sinaloa, en donde la productividad es bastante elevada.

Al ser la disponibilidad de agua una de las variables determinantes para la producción, se incluye en el análisis una serie que muestra cual ha sido la disponibilidad de este recurso en la entidad a través de los años y se pretende establecer su relación con las variaciones que ha registrado el clima a lo largo del tiempo en el ámbito global y regional.

Partimos de un cuidadoso seguimiento de la tendencia observada por los fenómenos que influyen de manera directa en la disponibilidad y almacenamiento de agua como son los niveles de precipitación pluvial, la evaporación y la temperatura, así como la capacidad de almacenamiento de las diversas presas en el estado, así como el nivel que efectivamente se ha almacenado en ellas a lo largo del tiempo.

El supuesto principal es que las existencias de agua se encuentran ligadas a fenómenos relacionados de manera directa al cambio climático, tales como los incrementos registrados en la temperatura, que influyen a su vez sobre los ritmos de evaporación que disminuyen los niveles de las presas y mantos freáticos.

Por ello, resulta también de gran importancia considerar cómo han variado los niveles de precipitación natural, entendiéndose como tal a aquella que se registra durante los periodos utilizados para la siembra de temporal, es decir no considerando aquella ocurrida debido a huracanes, tormentas tropicales o de eventos como "El Niño" o "La Niña". Es decir, el análisis de precipitación se realiza, omitiendo la diferenciación de las distintas épocas del año, eliminando así el posible efecto de fenómenos meteorológicos de corto plazo, aunque ciertamente, existe algún tipo de influencia por parte de estos y otros fenómenos naturales sobre la disponibilidad de recursos hídricos, esto es, en los niveles de almacenamiento

registrado en presas y canales, el flujo que se tiene en los ríos, así como en las reservas de los mantos acuíferos conocidos.

Respecto de la variable precios, no se considera en un primer momento su inclusión por tratarse de un factor que recibe gran influencia externa; en su determinación influyen aspectos como los costos de producción, cuya estimación requiere de información referente a los requerimientos de agua, los costos reales de obtención de la misma, (como son su tratamiento, entubamiento y bombeo, por citar algunos); información referente a la ocurrencia de fenómenos climatológicos como sequías, deshielos, niveles de precipitación, irradiación solar, etcétera; costos de transporte, por el uso de semillas y fertilizantes y; por supuesto, de la oferta y la demanda, las cuales varían en cada ciclo de producción de acuerdo con los niveles producidos, de la calidad del producto, del segmento del mercado atendido y algunos otros factores, por lo cual se realiza una revisión histórica de sus comportamiento pero no se incluye dentro de las variables que determinan el comportamiento de la producción.

Para incorporar los efectos que el cambio climático pudiera tener para la producción de hortalizas, se establece una relación entre los niveles de productividad y aquellos aspectos ligados a las modificaciones del clima que podrían tener algún tipo de influencia sobre los niveles de productividad alcanzados, es decir :

$$\text{Rendimientos} = f(\text{Almacenamiento, Temperatura, Evaporación, Precipitación,})$$

donde:

Rendimientos = Productividad en el cultivo de hortalizas (tomate rojo)

Almacenamiento = Agua almacenada en presas en el estado de Morelos

Temperatura = Temperatura promedio en las estaciones seleccionadas

Evaporación = Nivel de evaporación promedio en estaciones seleccionadas

Precipitación = Precipitación promedio en estaciones seleccionadas

De acuerdo con esta expresión los niveles de productividad obtenidos en el cultivo de las hortalizas están en función de la cantidad de agua almacenada en la entidad, de los niveles de temperatura, de la evaporación del suelo y de la evolución de la cantidad de agua de lluvia precipitada.

Para establecer el grado de relación existente entre estas variables se recurre a la utilización de herramientas de análisis estadístico como las series de tiempo que permiten explicar el

comportamiento de una serie en función de sí misma, además de la relación existente con el resto de las variables. De acuerdo con este enfoque, es necesario establecer en un principio la naturaleza de la serie de tiempo bajo consideración; para ello, se puede recurrir al apoyo de elementos adicionales como la construcción de gráficos y medidas de tipo descriptivo de primer y segundo orden como el promedio de las observaciones, la desviación estándar, los valores máximo y mínimo y las tasas de variación por citar algunos.

El siguiente paso consiste en determinar la manera como todos los factores anteriores tienen un efecto conjunto sobre la economía de los productores individuales y para la sociedad. Se parte del hecho de que la disponibilidad de agua, o mejor dicho, la escasa disponibilidad de agua, como resultado de los efectos del cambio climático, provoca un incremento en los costos de producción, puesto que implica la realización de desembolsos adicionales necesarios para su traslado desde las fuentes de suministro; es decir, genera gastos en la creación de grandes obras de infraestructura hidroagrícola como presas, canales de riego, entubamiento, etcétera.

El análisis a través de las variables mencionadas puede parecer un tanto complicado, y lo es; sin embargo, se debe reconocer que pese a su complejidad podría resultar insuficiente para explicar un fenómeno que lo es aún más.

CAPITULO III

ESTUDIO DE CASO: LAS PÉRDIDAS ORIGINADAS POR EL CAMBIO EN EL CLIMA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE ROJO EN EL ESTADO DE MORELOS

1. El comportamiento histórico de las variables

Para determinar la relación existente entre los volúmenes de producción de hortalizas alcanzados en la entidad y los fenómenos derivados del cambio climático, resulta necesario evaluar la manera en como ha evolucionado en la época reciente cada una de las variables consideradas por separado y establecer el tipo de relación que se da entre ellas y al interior del grupo.

a) La producción y los rendimientos de jitomate

La producción de jitomate en México data desde la época prehispánica, cuando la dieta de nuestros antepasados estaba básicamente sustentada en el consumo de maíz y frijol y, era complementada con algunas especies hortícolas como la calabaza, el jitomate, el chile y la cebolla. El cultivo de estas hortalizas se vio favorecido por las condiciones climáticas favorables que existían en Mesoamérica, permitiendo que se cultivara una gran variedad de ellas a lo largo y ancho del territorio nacional

Aunque existen registros de la producción nacional de jitomate desde el siglo pasado, no se especifica la producción individual de cada una de las entidades federativas, por lo que un análisis estatal tiene que realizarse necesariamente a partir de 1969, año en que se inicia el registro de la producción a esta escala. Desde ese año y hasta 1976, la producción de jitomate en el estado de Morelos muestra una tendencia inestable y con grandes altibajos. No obstante, los volúmenes alcanzados resultaban muy significativos, pues con excepción del primer año, se rebasó la cifra de 100 mil toneladas anuales durante este periodo.

Sin embargo, a partir de 1976 se inicia una tendencia descendente en los volúmenes producidos, siendo ésta de tal magnitud que en solamente ocho años se redujo la producción en más de 50% (véase gráfico 1). Esta disminución puede ser explicada por la baja en la productividad de los terrenos cultivados, tanto en la modalidad de riego como de temporal

aunque, en general, en el primer caso se obtuvieron rendimientos ligeramente mayores, estos también se dejaron arrastrar por la tendencia a la baja en la productividad.

Cuadro 7

Morelos. Producción de jitomate						
AÑOS	PRODUCCIÓN (Toneladas)			RENDIMIENTO (T/ha.)		
	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL	RIEGO	TEMPORAL	GLOBAL
1969			64732.36			7.93
1970			151679.22			13.24
1971			149908.52			17.41
1972			172293.66			19.12
1973			126251.19			17.94
1974			159847.00			20.53
1975			191082.00			23.72
1976			126996.00			19.97
1977	56871.00	63960.00	120831.00	17.26	20.00	18.63
1978	65718.00	53344.00	119062.00	18.00	16.10	17.05
1979	49938.00	58761.00	108699.00	16.58	14.93	15.75
1980	36665.00	51899.00	88564.00	15.61	15.26	15.43
1981	27613.00	42825.00	70438.00	16.44	15.33	15.88
1982	43551.00	19586.00	63137.00	16.15	12.57	14.36
1983	41987.00	51179.00	93166.00	18.11	19.78	18.94
1984	40331.00	53189.00	93520.00	17.26	19.50	18.38
1985	40509.00	65367.00	105876.00	17.36	19.20	18.28
1986	47771.00	50853.00	98624.00	16.21	15.47	15.84
1987	22017.00	49704.00	71721.00	14.98	14.44	14.71
1988	12534.00	64831.00	77365.00	14.15	17.42	15.79
1989	8714.00	57900.00	66614.00	16.69	16.83	16.76
1990	5062.00	66130.00	71192.00	14.46	17.25	15.86
1991	4704.00	64152.00	68856.00	13.88	15.59	14.73
1992	2767.00	61361.00	64128.00	15.46	18.21	16.83
1993	4842.00	46109.00	50951.00	17.36	15.97	16.66
1994	1971.00	43406.00	45377.00	15.90	13.84	14.87
1995	2794.00	44827.00	47621.00	17.46	12.49	14.98
1996	5286.93	80068.00	85354.93	16.78	18.50	17.64
1997	4153.00	53432.00	57585.00	16.42	14.11	15.27

Fuente: SAGAR, Anuario estadístico de la producción agrícola de los E.U.M. Varios años
 Sría. de Recursos Hidráulicos. Boletín Mensual. Varios años

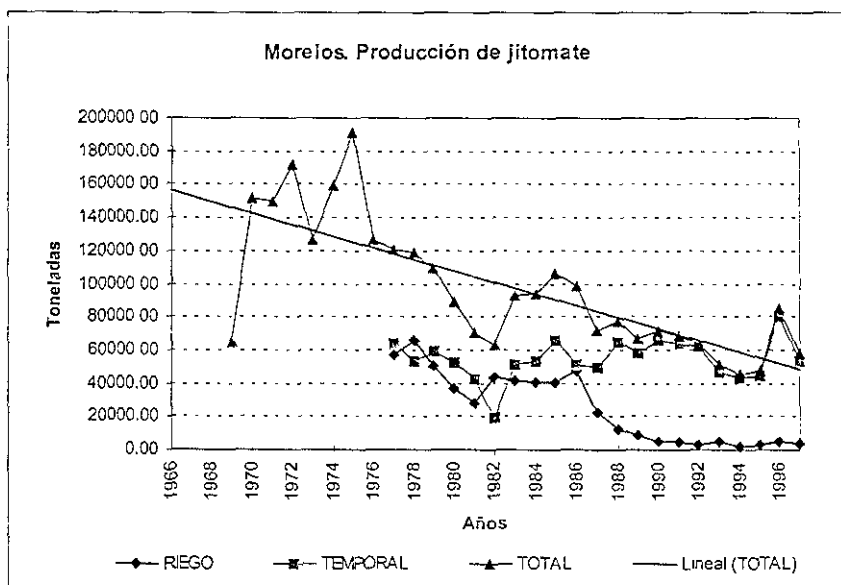
Por alguna razón, el monto de la superficie destinada a la siembra de jitomate en el estado de Morelos también disminuyó durante esos años. Esta circunstancia no parece obedecer al comportamiento de los precios a nivel local, ya que la tendencia fue al alza año tras año.²¹ Por tanto, se debe buscar la explicación a este fenómeno en algún otro factor como el

²¹ Se hace referencia a los precios a nivel local, ya que la producción del estado de Morelos se comercializa principalmente al mercado nacional, a diferencia de la de estados como Sinaloa, donde la mayor parte se destina al mercado de exportación

incremento en el precio de otras especies o en la influencia negativa por parte del clima que disminuyera las expectativas de rentabilidad entre los productores de la región.

De 1986 a la fecha el comportamiento de la producción nuevamente se ha tornado inestable, y aunque en algunos años se han registrado ciertos incrementos de la misma, en general la tendencia observada sigue siendo hacia la disminución de los volúmenes producidos, dando lugar a que el estado de Morelos pierda posiciones entre los principales estados productores de jitomate de la república.

Gráfico 1



Fuente: Elaborado con datos del cuadro 7

A este respecto, cabe señalar que al inicio de la década de los setenta, el estado de Morelos ocupaba la segunda posición a nivel nacional como productor de jitomate, situándose únicamente por detrás del estado de Sinaloa que desde entonces lideraba la producción de la hortaliza. Sin embargo, al disminuir paulatinamente sus niveles de producción, fue también siendo desplazado por estados en donde se cuenta con una mejor infraestructura de producción, con agricultores que tienen mayores posibilidades de capitalización y con el

mercado externo como destino final para buena parte de su producción como Sinaloa, Baja California, Nayarit, Michoacán, Sonora, San Luis Potosí o Jalisco, por citar algunos.

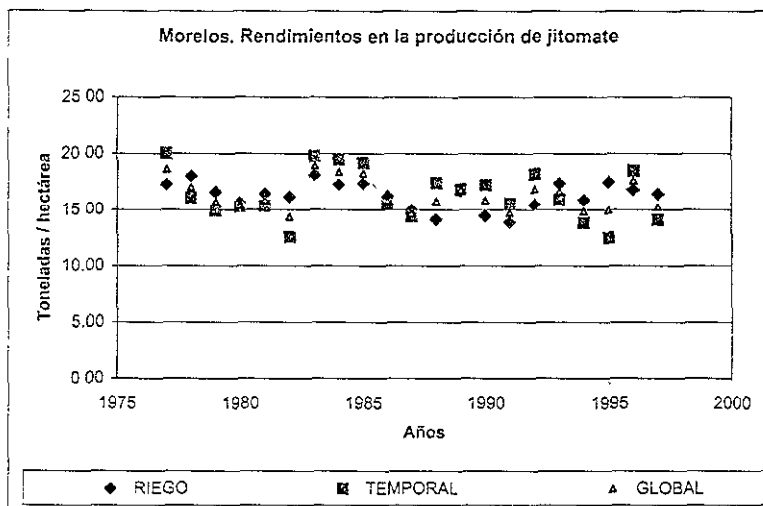
La disminución de la producción puede obedecer en parte a que las áreas de cultivo existentes se han destinado a la producción de otras especies, concretamente hacia la de flores y ornamentales, fenómeno que puede ser constatado a través de la extensión destinada a su cultivo y en el incremento de la variedad de especies florales que son cultivadas en el estado. Por ejemplo, en 1980 únicamente se cultivaban 229 hectáreas con tres especies: gladiola, nardo y zempoalxochitl y, para 1997 la superficie cultivada se había duplicado, lo mismo que la variedad, en ese año se sembraron 447 hectáreas con especies como crisantemo, cundeamor, girasol, gladiola, nardo, terciopelo y zempoalxochitl. Adicionalmente, se sembraron 206 hectáreas de plantas de vivero y 641 hectáreas con rosales, los cuales representaron 46.5 % del valor de la producción de flores y ornamentales en el estado de Morelos durante ese año.

Aunque se han registrado también disminuciones en los rendimientos obtenidos de 1969 a la fecha, tanto en superficies de riego como de temporal, en el caso de las primeras estos no han sido de magnitudes muy grandes pues equivalen apenas a 4.8%, siendo en las superficies de temporal donde se observa con mayor claridad la influencia negativa de no contar en el momento requerido con un recurso indispensable para la producción como lo es el agua (véase Gráfico 2).

La tendencia global indica que los rendimientos obtenidos por hectárea cosechada en el estado había sido hacia el incremento hasta el año de 1975, sin embargo, a partir de entonces ha sido hacia una disminución paulatina de los mismos, hasta alcanzar sus niveles más bajos en la década de los noventa.

Esta característica obedece también a que gran parte de la producción de temporal es efectuada por pequeños productores los cuales carecen de los recursos económicos necesarios para la creación de la infraestructura agrícola y de riego necesaria para garantizar el abasto oportuno de este recurso. El número de productores que labora bajo estas condiciones es aún muy grande, y la dependencia es tal que durante el ciclo primavera - verano, durante el cual se espera la llegada abundante de las lluvias, se incrementa en gran proporción la superficie cultivada con respecto de la de otoño - invierno.

Gráfico 2



Fuente: Elaborado con datos del cuadro 7

En el año agrícola de 1997 sólo 7.2% de la producción se obtuvo bajo sistema de riego y el 92.8% restante bajo régimen de temporal, cuando en años pasados, la proporción era casi equivalente, en 1977 por ejemplo, 47.1% era aportado por la producción de riego y 52.9% por la de temporal. La diferencia entre la proporción aportada al total de la producción por los agricultores de ambas modalidades se ha ido ensanchando a lo largo del tiempo, hasta permanecer en la producción de jitomate básicamente productores de temporal, mientras que las áreas de riego han sido destinadas al cultivo de especies más rentables.

Éste ha sido el comportamiento observado por las variables que podríamos considerar como dependientes, por lo que pasamos ahora a realizar un análisis del comportamiento que tuvieron las variables que podrían considerarse como independientes, y cuyo efecto debe dejarse sentir sobre la productividad de la superficie sembrada con jitomate y, en consecuencia, sobre los volúmenes de producción obtenidos a lo largo de las últimas décadas.

Como ha sido señalado, es obvio que existe otro tipo de variables que pueden influir sobre la productividad, como la degradación de la calidad de las tierras que se utilizan en el cultivo, los

incentivos de los precios, la utilización de tecnología por parte de algunos productores, etcétera, sin embargo, de acuerdo con la hipótesis planteada inicialmente, nos limitaremos a señalar la relación existente entre los niveles de productividad de las tierras y los factores que tienen gran relación con el clima.

Cuadro 8
Variables que influyen sobre la productividad

AÑOS	Evaporación mm	Precipitación Promedio	Temperatura Promedio	Almacenamiento ° mm
1965	1075.20	1617.00	18.63	58.00
1966	1024.00	1959.00	18.12	54.60
1967	1347.20	2026.50	18.45	68.60
1968	1164.80	1859.50	18.23	92.10
1969	787.50	1493.00	18.62	75.80
1970	998.10	2147.00	18.18	102.90
1971	1100.10	1387.50	17.95	111.20
1972	976.70	1700.00	18.30	105.50
1973	993.87	1426.50	17.59	109.00
1974	789.40	1546.00	16.81	109.10
1975	940.27	1558.00	16.96	81.50
1976	1051.60	1735.67	17.29	62.10
1977	809.84	1831.67	17.43	90.90
1978	971.68	1762.67	17.47	90.10
1979	761.20	1950.67	18.21	69.80
1980	1079.30	1801.67	18.87	104.20
1981	1275.10	1186.25	17.44	165.90
1982	588.86	1361.00	17.96	97.80
1983	965.20	2002.91	20.88	82.80
1984	1006.08	1806.16	18.46	90.40
1985	1024.95	1869.95	18.08	120.50
1986	709.42	1712.71	18.12	76.30
1987	839.70	1931.89	18.53	72.90
1988	798.20	1569.61	18.62	94.90
1989	901.09	1524.31	20.47	74.80
1990	1137.51	2560.72	21.11	81.40
1991	1171.30	1785.50	20.85	92.90
1992	1322.00	1696.51	20.05	83.10
1993	986.95	2042.06	20.75	82.30
1994	986.80	2075.15	21.05	70.90
1995	1454.30	2051.17	21.00	137.30
1996	1039.80	2035.85	20.80	117.80
1997	935.50	1431.58	19.80	127.55

Fuente: Estimaciones propias a partir de datos de la Comisión Nacional del Agua

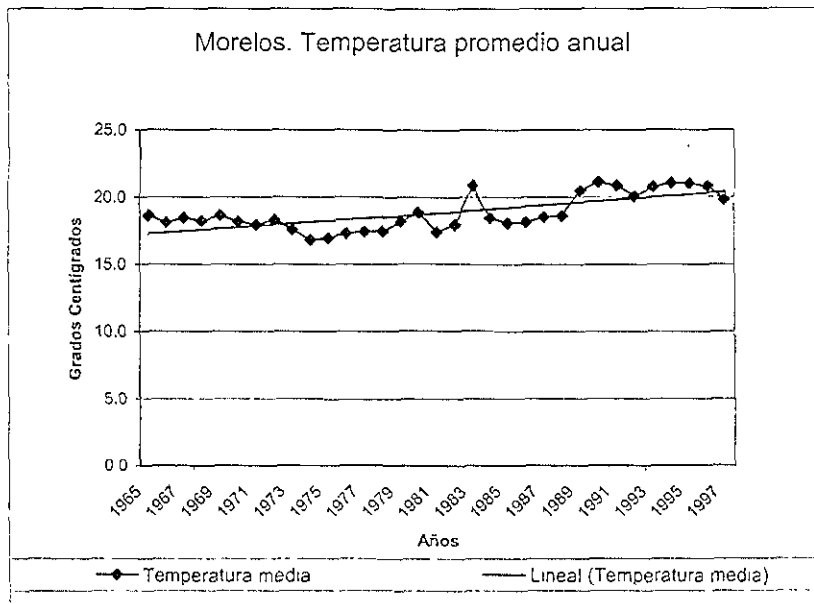
En el cuadro ocho se observa el comportamiento de las variables que se consideran fundamentales en los cambios registrados por la productividad de las tierras sembradas con la

hortaliza en el estado de Morelos. A continuación se realiza el análisis correspondiente al comportamiento de cada una de las variables para lo cual nos auxiliáramos de la construcción de gráficos, en algunos de los cuales se muestra también la tendencia lineal seguida por ellas a lo largo del tiempo para tratar de establecer si siguen algún patrón en relación con el comportamiento del clima en la entidad morelense.

b) La temperatura en el estado de Morelos

Como puede observarse en el Gráfico 3, la temperatura promedio registrada en las estaciones seleccionadas del estado de Morelos ha tenido un comportamiento inestable durante el periodo comprendido entre 1965 y 1997, sin embargo, atendiendo a la tendencia lineal expresada, ésta es hacia un incremento lento pero sostenido, sobre todo en la década de los ochenta.

Gráfico 3



Fuente: Elaborado con datos del cuadro 8

Coincidiendo con las estimaciones de Molina,²² en la década de los sesenta se observa una ligera tendencia al enfriamiento, seguida por un posterior incremento ligero en los setenta y, finalmente, una clara tendencia a incrementarse durante la década de los ochenta. De esta forma existe una confirmación del primer supuesto: la tendencia en el comportamiento de la temperatura en la entidad es hacia un incremento, correspondiendo con la evolución de la registrada a nivel global.

c) La precipitación pluvial

La relación existente entre el aumento de la temperatura media en el estado de Morelos, medida a través del promedio aritmético de los registros observados en las estaciones seleccionadas, y los niveles de precipitación no puede ser plenamente confirmada, pero durante el periodo analizado se observa también una ligera tendencia al incremento en los niveles de lluvia observados. Esta tendencia tiene cierta correspondencia con la afirmación de que a mayores niveles de temperatura corresponde una mayor evaporación y, por tanto, una mayor cantidad de agua de lluvia.

Sin embargo, en los respectivos cuadros se puede observar que solamente en unos cuantos años en los que se registró un incremento en la temperatura correspondió con aquellos en que se elevaron también los registros de la precipitación pluvial, superando apenas el 10% de los años considerados en el periodo analizado. Por tanto, existe incertidumbre al afirmar que la evolución de la temperatura produce necesariamente un aumento de la evaporación y por tanto de la cantidad de agua de lluvia. Al menos en el caso particular del estado de Morelos no es así.

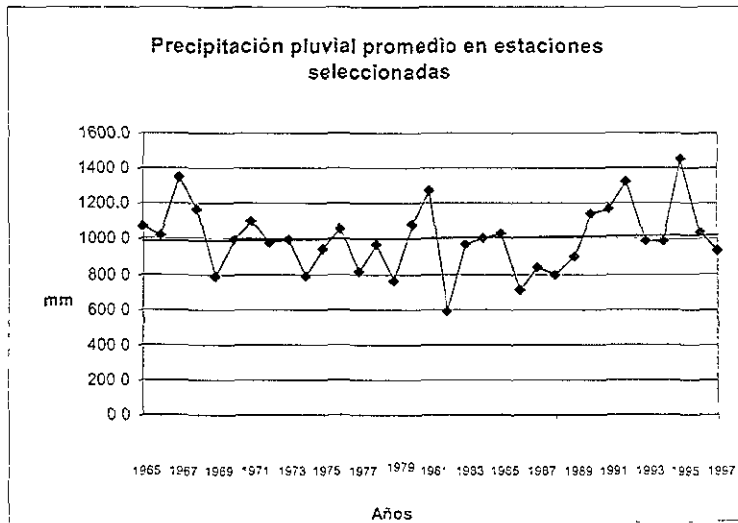
Como puede observarse en el Gráfico 4, la precipitación pluvial observa grandes altibajos, sin poderse establecer un patrón claro en su comportamiento, si bien es cierto que se observa una ligera tendencia al incremento desde finales de los años setenta, esta se acompaña de grandes picos a la baja en 1982 y 1986, así como en los años recientes.

La explicación puede encontrarse en el escaso número de mantos acuíferos susceptibles de evaporación en el estado, por lo que las altas temperaturas pueden traducirse en una mayor

²² Supra, pág. 28

evapotranspiración de las plantas y cultivos, así como en pérdida de humedad en el suelo pero no necesariamente en una mayor cantidad del agua de lluvia, como se podría esperar en las regiones cercanas a los océanos.

Gráfico 4



Fuente: elaborado con datos del cuadro 8

d) El almacenamiento de agua en el estado de Morelos

Aunque en el estado de Morelos se encuentran ubicadas una gran cantidad de presas, en los registros oficiales se hace referencia constante únicamente al almacenamiento de agua contenida en el depósito más importante de la entidad, la laguna El Rodeo, cuyos niveles de almacenamiento son utilizados para cubrir este aspecto.

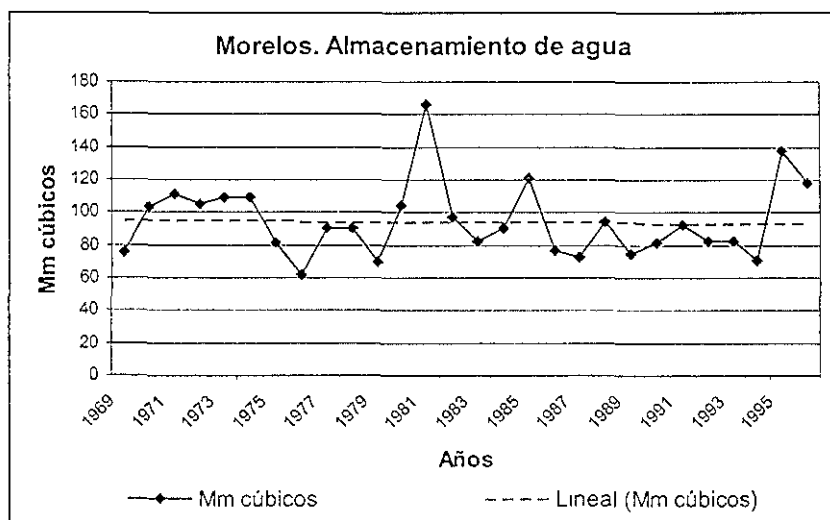
Debemos señalar que la región en la que se encuentra ubicada la laguna El Rodeo, no se caracteriza por ser una de las mayores productoras de jitomate en el estado, pues en ninguno de los municipios aledaños se cultivan grandes cantidades de la hortaliza. Ello resulta congruente con el hecho de que la mayor parte de la producción es obtenida mediante régimen de temporal, por lo que no se requiere sustraer grandes cantidades de agua para el cultivo del jitomate, exceptuando los pocos terrenos en donde se cultiva bajo régimen de

riego. Sin embargo, no puede descartarse la posibilidad de que esta área pueda servir también para el cultivo de hortalizas, ya que la superficie resulta propicia para ello.

Además, se optó por utilizar ésta como la variable referente al almacenamiento de agua considerando la existencia de escurrimientos superficiales y la contribución a la humedad relativa en la región como efecto de la existencia de agua almacenada en depósitos cercanos a las principales zonas de cultivo de jitomate.

De acuerdo con las tendencias registradas por los cambios en el clima y la hipótesis de que a un incremento en la temperatura corresponde un aumento en la evaporación de las aguas superficiales, y por tanto una mayor cantidad de agua de lluvia almacenada durante los periodos cálidos, podría esperarse un comportamiento de este tipo, sin embargo, es algo que debe ser constatado tomando en consideración que la cantidad almacenada depende también de la demanda por agua de las esferas agrícola, ganadera, industrial, de uso doméstico y para diversión, así como también de la capacidad de almacenamiento y sistemas de recolección y riego de que se disponga.

Gráfico 5



Fuente: Elaborado con datos del cuadro 8

Si se toma en consideración únicamente la tendencia lineal observada, se puede anticipar que ésta es hacia un incremento, aunque de manera muy ligera, a lo largo del tiempo, lo cual correspondería con la evolución de la temperatura, sin embargo, ello no puede ser considerado como una verdad absoluta, pues, como puede observarse en el gráfico 5, los volúmenes almacenados varían en gran proporción año tras año, por lo que no se puede establecer la existencia de una relación estrecha entre los volúmenes de agua almacenados y el incremento de la temperatura en el estado.

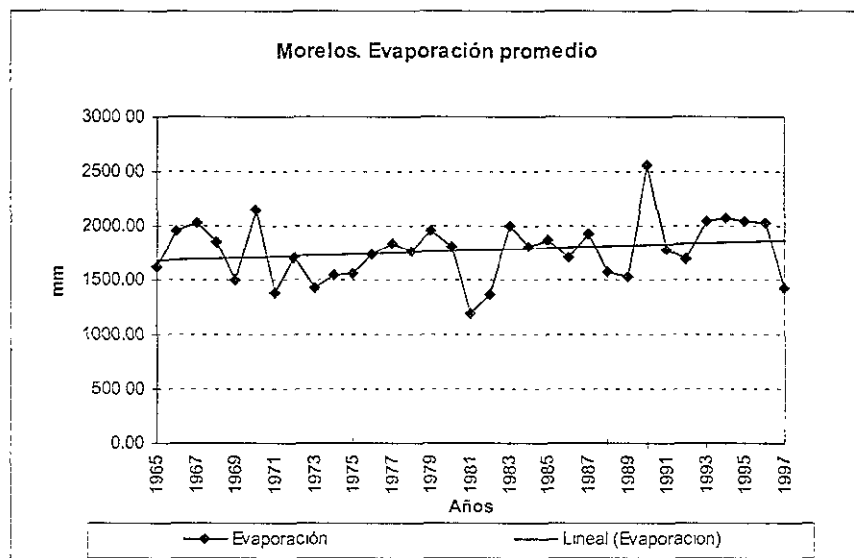
Sin embargo, no se debe dejar de hacer una observación en el sentido de que ambos aspectos pueden convertirse en factores determinantes para la producción de hortalizas, tanto cuando el cultivo se efectúa bajo régimen de temporal, como bajo régimen de riego, pues la temperatura afecta de manera directa a los cultivos, mientras que la disponibilidad de agua resulta vital para los mismos.

e) La evaporación como consecuencia del cambio climático

Al registrarse un incremento de la temperatura a nivel global y regional, se puede esperar que la intensidad de evaporación aumente en todos los niveles, tanto en el agua en su forma líquida como en la humedad de los suelos. Al mismo tiempo se incrementan los requerimientos de agua por parte de los cultivos para lograr su pleno desarrollo antes de alcanzar la madurez en planta, ya que el incremento de la temperatura aumenta la intensidad de la evapotranspiración de todo tipo de plantas.

Es difícil contar con datos acerca de la evapotranspiración de las plantas, por lo que este aspecto será únicamente analizado con respecto al nivel de evaporación de agua en la entidad. El comportamiento de esta variable se expresa en el gráfico 6, en donde podemos apreciar que la evaporación promedio a lo largo del tiempo tiene una tendencia al incremento, lo mismo que la temperatura, sin embargo, no en todos los años corresponden las variaciones de una y otra variable, por lo que no es posible establecer una clara correlación entre ambas.

Gráfico 6



Fuente: Elaborado con datos del cuadro 8

De igual forma puede observarse que los niveles de evaporación varían a través del tiempo, pero sin que la dispersión alcance grandes proporciones, excepto los picos registrados: al alza en 1991 y a la baja diez años atrás.

f) El comportamiento de los precios

Para revisar la tendencia de los precios de jitomate en el estado de Morelos, fue necesario realizar una conversión de los mismos a precios constantes de 1998, utilizando el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), ello con la finalidad de evitar que los efectos de la inflación distorsionen los resultados, las cifras se muestran en el cuadro nueve, junto con los de otras variables relacionadas con la productividad y el comportamiento de los precios en el mercado.

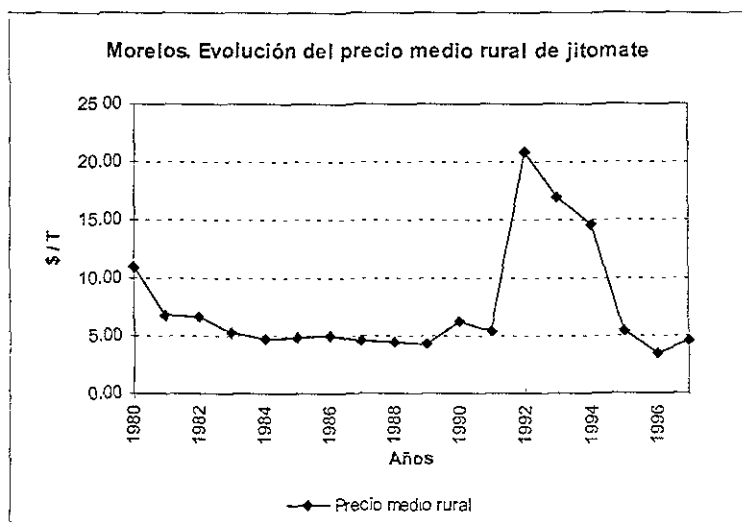
Cuadro 9
Morelos. Rendimientos, superficie sembrada, precio medio rural y valor de la producción de jitomate

AÑOS	Rendimiento riego t/ha	Rendimiento Temporal t/ha	Superficie. Sembrada. Hectáreas	Precio medio rural por ton Pesos de 1980	Valor de la producción
1977	17.26	20.00			
1978	18.00	16.10			
1979	16.58	14.93			
1980	15.61	15.26	5767.00	10.92	967118.88
1981	16.44	15.33	4581.00	6.79	478414.90
1982	16.15	12.57	5636.00	6.65	419545.37
1983	18.11	19.78	4907.00	5.19	483889.87
1984	17.26	19.50	5084.00	4.69	438967.15
1985	17.36	19.20	6319.00	4.85	513717.87
1986	16.21	15.47	6244.00	4.92	485707.50
1987	14.98	14.44	5089.00	4.50	322476.53
1988	14.15	17.42	4629.00	4.47	345610.64
1989	16.69	16.83	4004.00	4.32	288011.73
1990	14.46	17.25	4185.00	6.15	437836.21
1991	13.88	15.59	4468.00	5.40	371601.64
1992	15.46	18.21	3549.00	20.92	1341660.12
1993	17.36	15.97	3167.00	17.00	866217.33
1994	15.90	13.84	3286.00	14.66	665166.50
1995	17.46	12.49	3748.00	5.43	258542.74
1996	16.78	18.50	4643.00	3.39	289689.69
1997	16.42	14.11	4046.00	4.57	263399.37

Fuente: SAGAR, Anuario estadístico de la producción agrícola de los E.U.M. Varios años
 Sría. de Recursos Hidráulicos. Boletín Mensual. Varios años

Como puede apreciarse en el Gráfico 7, la tendencia en el comportamiento de los precios es muy inestable, pues si se observa con detenimiento la serie obtenida mediante esta base, se tiene que la cantidad monetaria que un productor individual del estado de Morelos recibía en promedio por cada tonelada de la hortaliza producida disminuyó en términos reales más de 60% entre 1980 y 1989. En el año siguiente se dio una recuperación de los precios pero de manera muy ligera, volviendo a caer en 1991. En 1992 se registró un fuerte incremento en términos reales en el precio de la hortaliza para comenzar después un lento proceso de disminución en los años posteriores que se acelera a partir de 1995.

Gráfico 7



Fuente: elaborado con datos del cuadro 9

Este comportamiento evidencia la inexistencia de una adecuada política de precios que combinada con la dependencia de los factores climáticos hace más vulnerable a los pequeños productores. Aunque los precios pueden convertirse en un factor que dinamice la producción, resulta prácticamente imposible regir los precios de las hortalizas tanto a nivel nacional como internacional, ya que al existir una mayor productividad en otros estados o países los costos de producción resultan menores y, por tanto, también lo son los precios a los que el producto llega al consumidor.

Por otro lado, aunque los precios pueden ser influidos por las existencias de los cultivos en determinado momento, en el caso de nuestro país difícilmente se podría presentar una escasez grave de hortalizas, ya que la producción nacional ha demostrado tener la capacidad para dar cabal cobertura a los requerimientos de la demanda local, presentándose un factor de riesgo solamente durante cotas temporadas como consecuencia de la aparición de desastres naturales de corto plazo como son granizadas, heladas o inundaciones.

g) La superficie sembrada

La superficie sembrada con jitomate en el estado de Morelos pudiera servir como punto de referencia para estimar las expectativas generadas dentro del grupo de productores ante las variaciones que se registran en el clima. Si bien es cierto que la decisión final de éstos sobre sembrar o no hacerlo depende también de factores como la variación de precios, la situación económica por la que atraviese cada productor individual, la cultura productiva existente en la región, etcétera, se debe aceptar que depende también de la intensidad con que hallan afectado los cambios en el clima en los años anteriores, pues ello es lo que determina la rentabilidad de sus tierras y, por tanto, de la actividad en general.

De la misma manera, puede resultar engañoso realizar un análisis sobre el comportamiento que se tiene de la superficie cultivada, pues no resultan semejantes las expectativas de un productor que se dedica a cultivar bajo régimen de riego que aquellos que lo hacen bajo temporal y que, por tanto, dependen casi en su totalidad de las condiciones climáticas, mientras que los primeros tienen la posibilidad de contar con riego oportuno para sus cultivos. Es por ello que se deberá hacer una diferenciación y no dar demasiada importancia a la tendencia observada por la superficie cosechada en general, (mostrada en el gráfico ocho), la cual es hacia la disminución del número de hectáreas, en un equivalente a una tercera parte de la superficie en las dos décadas recientes.

Contrariamente a lo que podría esperarse, la mayor disminución en hectáreas totales sembradas se registra en el caso de los productores de riego, en donde se llegaron a sembrar casi tres mil hectáreas con jitomate en 1986, pero desde entonces la cifra ha sido menor año tras año, hasta ser de apenas 124 en 1994. Es decir, en sólo ocho años se dejaron de sembrar más de 2,800 hectáreas con esta hortaliza por parte de los productores de riego. Aquí la incógnita estriba en saber hacia qué cultivos fueron destinadas estas tierras, o si la disminución citada obedece solamente a factores climáticos o a la pérdida de rentabilidad en la siembra de la hortaliza por cuestiones relacionadas con el comportamiento en los precios de los insumos o del mismo producto en el mercado. De cualquier manera, estas cifras representan una disminución de más de 30% anual, lo que nos indica claramente que la actitud de los productores de riego ha sido la búsqueda de mejores alternativas y evitar pérdidas mayores al seguirse desempeñando en esta actividad.

Por su parte, en la producción de temporal, la superficie cultivada con jitomate ha oscilado alrededor de 3,400 hectáreas anuales, registrándose movimientos tanto a la baja como al alza, alcanzando su nivel más alto en 1985, cuando se cultivaron 6,300 hectáreas de la hortaliza. Pero no es necesario comparar la superficie cosechada con esta cifra para darse cuenta de la magnitud de la disminución del interés por parte de los productores de jitomate, basta observar que las cifras de los últimos años resultan inferiores a las que se registraban a principios de la década anterior. De hecho, la disminución de la superficie cultivada entre 1980 y 1997 es del orden de 40%, aún considerando que en la época reciente ha habido una ligera recuperación en la extensión cultivada con jitomate por parte de los productores de temporal en el estado de Morelos.

Todo parece indicar que existe una escasa relación entre la evolución de la temperatura en el estado y la superficie cultivada, ya que si bien, a la tendencia general del aumento en la temperatura ha correspondido una disminución en la extensión cultivada con la hortaliza, no existe una correlación muy marcada entre los datos observados año tras año. Por esta misma razón, se deduce que la disminución de la producción de jitomate en el estado de Morelos a través del tiempo obedece en mayor escala a factores de otro tipo, distintos a las expectativas que genera el cambio en el clima sobre los productores individuales.

La disminución de la producción puede estar más bien influida por factores como la relación existente entre la cantidad de lluvia observada en los últimos años en la entidad que por las variaciones en el clima propiamente dichas, las cuales son menos perceptibles que las primeras por el individuo común. Quizás por ello la disminución de la superficie cultivada ha sido mayor en el caso de los productores de riego que en el caso de los de temporal. Esto obedeciendo a que estos últimos no tienen mayores opciones que sembrar la hortaliza, o bien, emplearse como jornaleros agrícolas, mientras que los productores que tienen acceso a la infraestructura de riego pueden cambiar hacia el cultivo de especies que ofrezcan una mayor rentabilidad, y por tanto, obtener mejores ingresos en el corto plazo.

2. Las relaciones entre variables

Se ha descrito hasta aquí la tendencia seguida de manera individual por cada una de las variables que pueden influir sobre el comportamiento de la producción de jitomate en el estado de Morelos, sin embargo, de acuerdo con la hipótesis de trabajo enunciada, las relaciones existentes, influyen sobre la determinación de la productividad de la superficie cultivada. En términos prácticos, se supone que la variable independiente, la productividad representada por los rendimientos promedio obtenidos por hectárea en el estado de Morelos, refleja los efectos conjuntos de los factores ligados al clima.

Como un paso previo a la búsqueda de la relación existente entre las diversas variables, es imprescindible la realización de un análisis más detallado de la variable dependiente. En el análisis descriptivo que se realizó previamente, se mostró que la tendencia de los rendimientos por unidad de superficie cultivada con jitomate es hacia una reducción, tanto en modalidad de riego como de temporal. Para efectos del análisis, se considera la utilización de la serie de rendimientos globales, para la cual se dispone de cifras correspondientes a un número más grande de años, lo que da una mayor solvencia en términos estadísticos.

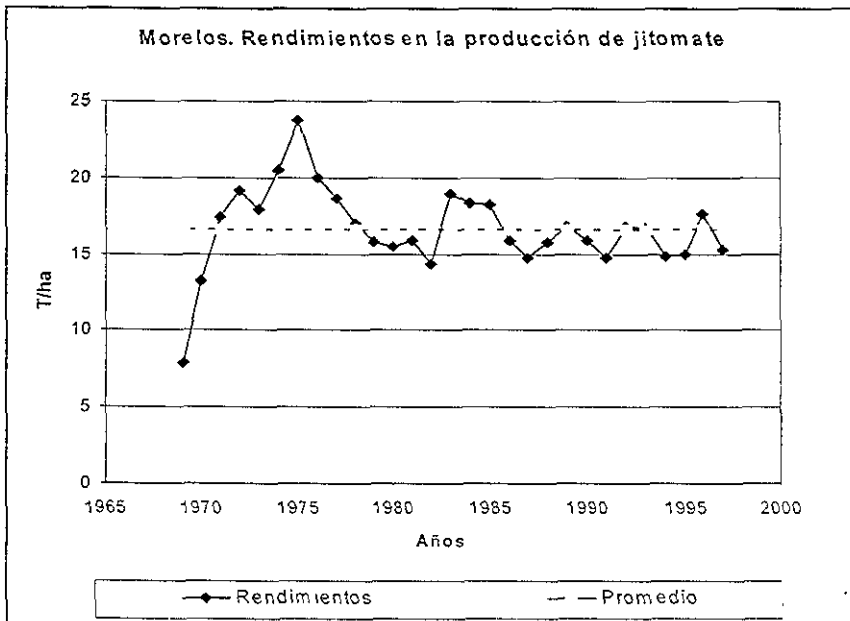
A pesar de la tendencia observada, se puede apreciar que se trata de una serie que registra oscilaciones marcadas en su comportamiento, mostrando lo mismo periodos de bajo rendimiento combinados con grandes incrementos que se sitúan bastante lejos del promedio como se muestra en el siguiente gráfico. De la misma serie, se desprende que no resulta fácil efectuar un pronóstico acerca del comportamiento futuro de la variable, por más que éste sea apoyado en gran cantidad de variables explicativas, por lo que se tiene que admitir que su comportamiento tiene que ser explicado en buena parte mediante el análisis de la propia serie, razón por la cual se recurre a la utilización de argumentos propios de la Econometría de series de tiempo.

Para establecer la naturaleza de la serie de tiempo bajo consideración se recurre a la construcción de gráficos y medidas de tipo descriptivo de primer y segundo orden como el promedio de las observaciones y la desviación estándar.

En el gráfico 8 se muestran los rendimientos promedio por hectárea obtenidos y, se observa que además de no tener un patrón de comportamiento definido, muestra características que

podrían caracterizarlo más bien como resultado de un proceso estocástico.²³ Dentro de esta definición, se hace énfasis en la aleatoriedad de las variables que integran el conjunto, lo cual armoniza en este caso con los argumentos que se han enunciado con relación a que, si bien es cierto que las modificaciones sufridas como resultado de los cambios observados en el clima pueden mostrar alguna tendencia, su evolución futura no puede ser establecida en absoluto con antelación, pues factores como la temperatura, la evaporación o la precipitación mostrarán siempre un alto grado de aleatoriedad.

Gráfico 8



Fuente: Elaborada con base en el cuadro 9

El conjunto índice de este proceso estocástico debe ser considerado con relación al tiempo, con lo cual se acepta la posibilidad de que en el futuro se dé un comportamiento distinto al obtenido en los datos recopilados, con lo que se pretende subrayar el elemento probabilístico presente en la serie de tiempo.

²³ Un proceso estocástico es una familia de variables aleatorias asociadas a un conjunto índice de números reales, de forma tal que a cada elemento del conjunto le corresponde una y sólo una variable aleatoria. (Véase Guerrero, 1991). En el caso específico bajo análisis, la familia de variables estaría integrada por la temperatura, la precipitación, el almacenamiento y la evaporación.

Para caracterizar la serie de rendimientos como un proceso estocástico es necesario conocer la densidad conjunta de todas las variables aleatorias que influyen sobre su comportamiento: Sin embargo, en la realidad es muy difícil conseguirlo cuando se analiza una serie de tiempo, por lo que resulta preferible estudiar sus momentos de primer y segundo orden (media, varianza y covarianza), las cuales resumen en buena medida su distribución.

El análisis realizado parte de la caracterización de la serie de tiempo, en el cual juega un importante papel el concepto de estacionariedad. Una serie es estacionaria si su valor medio no depende del tiempo y regresa siempre a una vecindad con su media aritmética. En el caso de los rendimientos por hectárea obtenidos se puede considerar que la serie cumple con esta condición al observar el comportamiento mostrado en el gráfico 8, por lo que se puede concluir que la media muestral es igual a la media poblacional.

Una segunda propiedad es que la distribución asociada con las series de tiempo se comporta normalmente, por lo que su varianza es igual a δ^2 , lo cual ocurre siempre y cuando la serie converja, lo cual efectivamente sucede como puede observarse en el gráfico.

Finalmente, al considerar una serie de tiempo como un proceso estocástico se debe tomar en cuenta la relación existente entre todas las variables aleatorias, por lo que resulta necesario analizar su covarianza, ya que aunque ni el nivel de la serie ni su variabilidad dependen del tiempo si puede existir cierta dependencia entre la separación que hay al interior de cada una de las variables.

Es común suponer que la distribución asociada con las series de tiempo es la normal, por lo que es suficiente conocer la media y la función de autocovarianza para caracterizar a una serie como estacionaria, ya que esta última expresa la relación de dependencia entre observaciones de la misma serie en periodos rezagados. Sin embargo, con la finalidad de evitar la influencia de discrepancias en las funciones de medida utilizadas, es preferible trabajar con autocorrelaciones, las cuales generan la función de autocorrelación. En el caso de los rendimientos obtenidos por hectárea en la producción de jitomate, la función de autocorrelación muestra que ésta es muy marcada en algunos rezagos, con un nivel de confianza de 95%, además tiende hacia cero de manera inequívoca y muy lenta, lo que permite caracterizarla como una serie no estacionaria.

Cuadro 10
Correlograma de rendimiento

Muestra: 1965 1997 Observaciones incluidas: 28						
Autocorrelation	Correlación parcial		AC	ACP	Q-Stat	Prob
. ****	. ****	1	0.493	0.493	7.5663	0.006
. *	. *	2	0.121	-0.161	8.0423	0.018
. .	. .	3	-0.015	-0.007	8.0498	0.045
. *	. *	4	-0.097	-0.089	8.3763	0.079
*** .	*** .	5	-0.330	-0.327	12.355	0.030
*** .	. *	6	-0.404	-0.139	18.573	0.005
** .	. .	7	-0.204	0.075	20.236	0.005
. .	. .	8	-0.015	0.032	20.245	0.009
. .	. .	9	0.097	0.081	20.664	0.014
. .	. *	10	0.073	-0.119	20.913	0.022
. .	. *	11	0.044	-0.131	21.010	0.033
. .	. .	12	0.029	-0.045	21.055	0.050
. .	. .	13	0.039	0.066	21.139	0.070
. *	. **	14	-0.174	-0.239	22.961	0.061
. *	. .	15	-0.168	0.080	24.778	0.053
. *	. **	16	-0.148	-0.191	26.313	0.050
. .	. .	17	0.005	0.109	26.315	0.069
. .	. .	18	0.035	-0.024	26.418	0.091
. *	. **	19	-0.067	-0.258	26.839	0.108
. *	. *	20	-0.070	-0.105	27.349	0.126
. .	. .	21	0.056	0.080	27.728	0.148
. .	. *	22	0.065	-0.105	28.317	0.165
. .	. .	23	-0.026	0.063	28.428	0.200
. .	. .	24	0.036	0.021	28.698	0.232
. .	. *	25	0.106	-0.133	31.858	0.162
. .	. *	26	0.055	-0.094	33.134	0.158

No obstante, la estacionariedad no constituye un problema de fondo para el análisis de la serie, pues solamente obedece a la existencia de una tendencia de tipo polinomial adaptiva, que puede ser eliminada mediante la aplicación del operador de rezago en un número apropiado de ocasiones, hasta que la serie muestre las características propias de una serie de tipo estacionaria.

En el caso analizado, bastó la aplicación en una sola ocasión del operador de rezago para mejorar la manifestación de la ecuación. Como puede observarse en la tabla a continuación, la función de autocorrelación se restringe y todos los estimadores se sitúan dentro de los límites de confianza establecidos al 95% de confianza; al mismo tiempo, los coeficientes de probabilidad resultan significativamente distintos de cero, mientras que el estadístico de Q de Box-Pierce se hace mayor a medida que el número de rezagos se amplía, pero ningún valor

crítico de la distribución Ji-cuadrada es superado por los valores obtenidos en la tabla, por lo que se puede afirmar que los coeficientes de correlación son significativamente distintos de cero.

Cuadro 11
Correlograma de rendimiento, primera diferencia

Muestra: 1965 1997 Observaciones incluidas: 26		AC	ACP	Q-Stat	Prob	
***]	***]	1	-0.357	-0.357	3.7042	0.054
.*]	***]	2	-0.156	-0.324	4.4420	0.109
.].	**]	3	0.030	-0.203	4.4714	0.215
.].	.].	4	0.125	0.004	4.9868	0.289
.].	.].	5	-0.021	0.039	5.0019	0.416
.].	.].	6	0.077	0.188	5.2195	0.516
**]	**]	7	-0.280	-0.197	8.2259	0.313
.].	*.]	8	0.141	-0.061	9.0287	0.340
.]**]	.].	9	0.215	0.184	11.007	0.275
.*.]	.].	10	-0.168	0.018	12.297	0.266
.*.]	.].	11	-0.070	0.013	12.533	0.325
.*.]	**]	12	-0.080	-0.236	12.867	0.379
.].	*.]	13	0.117	-0.092	13.640	0.400
.].	.].	14	0.078	0.007	14.006	0.449
.].	.].	15	0.024	0.196	14.044	0.522
**]	.].	16	-0.194	0.091	16.774	0.400
.].	*.]	17	0.082	-0.063	17.315	0.433
.].	.].	18	0.157	0.079	19.554	0.358
.].	*.]	19	-0.120	-0.082	21.046	0.334
*.]	*.]	20	-0.123	-0.088	22.884	0.295
.].	.].	21	0.079	0.008	23.782	0.304
.].	.].	22	0.053	-0.011	24.299	0.332
.].	*.]	23	-0.053	-0.147	24.991	0.351
.].	**]	24	-0.042	-0.200	25.639	0.372

En conclusión, una vez aplicado el primer rezago, la serie se vuelve estacionaria y se puede proceder a su análisis: Su media, su varianza y autocovarianza, en los diferentes rezagos, permanecen iguales sin importar el momento en el cual se midan.

Con base en el análisis gráfico, y estableciendo que se trata de una serie estacionaria, una vez aplicado el primer rezago, se optó por utilizar un vector de tipo auto regresivo (VAR), para estimar los parámetros necesarios para describir las relaciones existentes entre la variable de interés y las relacionadas al cambio climático.

Un VAR tiene la característica específica de que la variable dependiente está en función de sus propios valores rezagados, además de los valores rezagados de las otras variables. Ello significa que su comportamiento se explica no sólo en función del comportamiento de las otras variables, sino también del suyo propio. La forma matemática de un modelo de este tipo es:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + B X_t + \varepsilon_t$$

donde:

Y_t es un vector k de variables endógenas

X_t es un vector de variables exógenas

A_1, \dots, A_p y B son matrices de coeficientes a estimar y,

ε_t es un vector estocástico de innovaciones

La finalidad del ejercicio consiste en demostrar la existencia de algún tipo de relación entre la evolución de la temperatura y los rendimientos, para lo cual es necesario efectuar una prueba de cointegración a través de los resultados obtenidos en una regresión cointegrada considerando como variable dependiente a los rendimientos promedio por hectárea. La cointegración significa que dos o más series de tiempo mantienen una relación de largo plazo o de equilibrio entre ellos.

El término auto regresivo se refiere a la aparición del valor rezagado de la variable dependiente también en el lado derecho de la ecuación y el término vector se atribuye al hecho de que se está tratando con un grupo de dos o más variables. Para que pueda darse la aplicación del modelo VAR es necesario comprobar que existe una causalidad de las variables con respecto a las demás o de la variable de interés. Esta causalidad se puede verificar mediante el coeficiente Durbin Watson de cointegración.

La relación de causalidad se puede establecer una vez que cada variable ha sido rezagada en el número de periodos adecuado para que muestre un comportamiento de tipo estacionario, lo mismo que la variable dependiente. En el caso particular que nos ocupa fueron definidos de la siguiente manera: para la temperatura un rezago; mientras que variables como precipitación, evaporación y almacenamiento mostraron comportamientos estacionarios desde el principio, por lo que el modelo quedaría construido de la siguiente manera:

$$\text{rendimiento} = \text{rendimiento}(-1) + \text{rendimiento}(-2) + \text{temperatura}(-1) + \text{precipitación} + \text{evaporación} + \text{almacenamiento}(-1) + \varepsilon$$

Sin embargo, para poder construir una matriz singular se requiere que los respectivos vectores cuenten con el mismo número de elementos, por lo que deberá aplicarse el mismo número de rezagos a cada una de las variables, resultando por tanto un nuevo modelo cuyos coeficientes estimados, en cifras redondeadas, son:

$$\begin{aligned} \text{RENDIMIENTO} = & 0.683 \cdot \text{RENDIMIENTO}(-1) - 0.263 \cdot \text{RENDIMIENTO}(-2) + 0.001 \cdot \text{ALMACENAMIENTO}(-1) \\ & + 0.017 \cdot \text{ALMACENAMIENTO}(-2) - 0.001 \cdot \text{EVAPORACION}(-1) - 0.001 \cdot \text{EVAPORACION}(-2) - \\ & 0.002 \cdot \text{PRECIPITACION}(-1) - 0.001 \cdot \text{PRECIPITACION}(-2) - 0.525 \cdot \text{TEMPERATURA}(-1) + \\ & 0.606 \cdot \text{TEMPERATURA}(-2) + 11.340 \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 12, en donde podemos observar que el coeficiente de correlación R – cuadrada resulta muy inferior a lo esperado, pues es da apenas poco más de 50%, lo cual no indica la existencia de otro tipo de causas en la determinación de los rendimientos obtenidos, distintas a las variables relacionadas de manera directa con el clima, sin embargo, nos indica también que en una buena parte si obedecen al comportamiento de éstas.

Si observamos los signos de los coeficientes obtenidos, veremos que en su mayoría estos coinciden con los signos esperados de acuerdo con la hipótesis planteada, es decir, los rendimientos se relacionan de manera positiva con el almacenamiento de agua y de manera negativa con la evaporación y la temperatura, aunque únicamente en el caso del primer rezago. En el caso de los rendimientos, estos resultan positivos en el caso del primer rezago y negativos en el caso del segundo lo cual obedece a que las expectativas de los productores se establecen en mayor medida con base en la producción alcanzada en el año inmediato anterior. El caso opuesto a lo esperado se da en la precipitación en donde se registran coeficientes negativos, estos aunque resultan muy pequeños.

De cualquier forma, deberán buscarse explicaciones adicionales al comportamiento de la productividad en otro tipo de factores, ya que, de acuerdo a lo observado, los factores climáticos no determinan en su totalidad a la misma. Algunos factores que pueden influir de manera directa son el comportamiento de los precios de los insumos, la utilización de paquetes tecnológicos, el comportamiento de la oferta y la demanda, etcétera, pero su

análisis rebasa el marco planteado por el presente trabajo, por lo cual nos limitamos a señalar los efectos que las modificaciones en el clima pueden tener sobre la producción de hortalizas.

Cuadro 12
Regresión de rendimientos ajustada

Muestra (ajustada): 1971 1996 Observaciones incluidas: 26 Errores Standard & t - estadística en paréntesis	
	RENDIMIENTO
RENDIMIENTO(-1)	0.682537 (0.27317) (2.49861)
RENDIMIENTO(-2)	-0.263095 (0.21276) (-1.23657)
ALMACENAMIENTO(-1)	0.000977 (0.02715) (0.03600)
ALMACENAMIENTO(-2)	0.016740 (0.03191) (0.52462)
EVAPORACION(-1)	-0.000614 (0.00235) (-0.26145)
EVAPORACION(-2)	-0.000510 (0.00213) (-0.24006)
PRECIPITACION(-1)	-0.001663 (0.00360) (-0.46220)
PRECIPITACION(-2)	-0.000906 (0.00320) (-0.28359)
TEMPERATURA(-1)	-0.524628 (0.53474) (-0.98109)
TEMPERATURA(-2)	0.605976 (0.66615) (0.90966)
C	11.33969 (12.1633) (0.93229)
R - cuadrada	0.512113
R - cuadrada ajustada	0.186855
Error estándar de la ecuación	1.953313
F estadística	1.574482

3. Pérdidas en la producción de hortalizas y formulación de escenarios

Aún aceptando que el cambio climático no es la única variable que influye de manera determinante en la evolución de los rendimientos obtenidos en la producción de hortalizas, como lo demuestran los coeficientes de correlación, se puede efectuar un ensayo numérico que permita conocer la magnitud de las pérdidas económicas para los productores de hortalizas en el estado de Morelos a lo largo de las recientes décadas como consecuencia de la disminución de la producción.

Se eligió al estado de Morelos porque tradicionalmente se había mostrado como uno de los grandes productores de jitomate a nivel nacional, produciendo básicamente bajo régimen de temporal, característica que se ha acentuado aún en la actualidad y el grado de mecanización utilizado es muy bajo, pues sólo 42.41% de la superficie de uso agrícola del estado está catalogada como mecanizada continua; 10.55% es de tracción animal continua; 0.86% de tracción animal estacional; 12.36% como manual continua y; 6.60% como manual estacional. El 27.22% restante se cataloga como no apta para la agricultura, según la propia Secretaría de Desarrollo Ambiental del gobierno del estado.

A través de la proyección de los precios esperados, así como de la producción histórica, se obtiene un par de indicadores cuya combinación arroja un resultado que indica una estimación de las pérdidas de carácter económico que ha significado para los productores la disminución en la rentabilidad de las tierras utilizadas en el cultivo. Sin embargo, esto ofrece únicamente un resultado parcial, pues indica solamente las pérdidas que se originan al inicio del ciclo comercial, es decir, en la producción, dejando pendiente las que se originan en la parte final del mismo, es decir en la comercialización y, por tanto, en la pérdida de bienestar por parte de los consumidores.

Las pérdidas del productor estarían dadas por el equivalente a multiplicar los precios esperados del producto a nivel del productor, es decir, el precio medio rural pagado por los compradores mayoristas, multiplicado por la cantidad que se esperaba producir teniendo una evolución positiva de los rendimientos y considerando constante el número de hectáreas cultivadas. Esta cifra puede compararse con la que se obtuvo en la realidad por la venta del producto; es decir, con el valor bruto de la producción en el año indicado, para estimar a cuanto ascendieron las pérdidas sobre el monto monetario esperado.

Para estimar las pérdidas económicas de los productores de jitomate en el estado de Morelos en décadas recientes es necesario considerar la evolución de los precios, los volúmenes de producción y los rendimientos observados.

La producción global en el estado de Morelos ha disminuido en más del 62% entre 1970 y 1997, como consecuencia de una baja en la producción de riego en poco más del 90% entre 1977 y 1997 y de más de 16% en el caso de la de temporal, lo cual indica un abandono paulatino por parte de los productores, que se evidencia aún más al observar la disminución de la superficie sembrada en el estado. Entre 1980 y 1997 la superficie sembrada pasó de 5,767 a 4,046 hectáreas, es decir, registró un descenso de alrededor de 30%. El abandono se registra de manera más notable en el caso de la producción de riego. Durante esos años la superficie sembrada disminuyó en casi 90% en este caso, mientras que en la producción de temporal fue de poco más de 11%. Esto obedece a que los productores de régimen de riego han decidido ocupar estas áreas para el cultivo de otras especies o bien destinar sus inversiones a actividades en donde encuentran mayor rentabilidad.

Adicionalmente, la disminución en los volúmenes de producción obedece también a la pérdida de rentabilidad de la superficie cultivada, pues aunque de manera global los rendimientos han oscilado a lo largo del tiempo entre 13 y 20 toneladas por hectárea, la tendencia general es hacia una disminución. Si se realiza una separación entre los rendimientos obtenidos en superficies de riego y temporal, observamos que han descendido en cinco y 30% respectivamente, lo cual muestra diferencias entre ambos, sin embargo, la disminución de la superficie sembrada ha sido mayor en las áreas de riego, esto se explica porque la variación en los rendimientos es mayor año con año, por lo que un año malo puede haber sido seguido de un año bueno, lo que influye para que los productores de temporal decidan mantenerse dentro de la actividad.

Los precios pueden convertirse en un factor adicional que influya positiva o negativamente sobre los niveles de producción obtenidos por las unidades agrícolas, pero como no depende de manera única del clima local se parte del supuesto de que los precios encontrados en el medio rural y en el mercado final, fijados en función de la oferta y la demanda, además de otros factores como control de precios, apertura comercial, etcétera, son los correctos y, por tanto, no se realizan modificaciones substanciales para efectos del ejercicio de estimación.

Para evitar los efectos, generalmente negativos, de la inflación sobre los niveles de precios de la producción, estos han sido deflactados y traídos a pesos constantes de 1980 mediante la utilización del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). De esta manera, si se toman como base los precios medios rurales registrados en el año de 1970 y como precios finales los observados en 1997, encontramos que los precios pagados a los productores de jitomate en el estado de Morelos han descendido en casi 30% de forma real durante el periodo comprendido entre esos años.

Si consideramos que parte de las modificaciones en los precios obedecen de cierta manera a las variaciones registradas en el clima, al influir sobre los niveles de la producción, y que de no haber sufrido cambios la estructura productiva, es decir, si se hubiera al menos mantenido la extensión de la superficie sembrada en los años ochenta y que, los rendimientos hubieran mantenido el promedio observado durante el periodo comprendido entre 1969 y 1997, la producción final debió haber sido mayor a la que realmente se registró y, por tanto, los ingresos para los productores de jitomate debieron haber sido también mayores.

De forma práctica, la superficie sembrada en 1980 fue de 5,767 hectáreas, repartidas de la siguiente manera: 2,358 en superficie de riego y 3,409 en temporal; por su parte, los rendimientos obtenidos fueron de 16 309 y 16.322 toneladas por hectárea en riego y temporal, respectivamente, por lo que de haberse mantenido constantes el resto de los factores, la producción debió ser en 1997 de alrededor de 94,100 toneladas en lugar de las 57,585 que se produjeron realmente, es decir la producción real resultó inferior en 36,515 toneladas, (39%), a la potencial, lo que representa una pérdida económica de más de 100 millones de pesos para los productores del estado, para el año agrícola de 1997.

La cifra de producción estimada no resulta ficticia, ya que existen evidencias de que en el pasado en la misma entidad se han obtenido volúmenes de producción superiores a ésta.

El ejercicio puede ser modificado, por ejemplo a través de suponer que en un ciclo se pueden alcanzar los rendimientos promedio históricos más altos en la entidad y que equivaldrían a las 18.11 toneladas por hectárea obtenidas en superficie de riego en 1983, y a las 20 toneladas por hectárea logradas en superficie de temporal en 1977, con lo que el volumen producido debió rebasar las 110 mil toneladas, lo cual pudo haber representado mayores ingresos para

los productores debido al mayor volumen producido, aunque a su vez, la sobre oferta podría haber ocasionado una baja en los precios.

Para estimar la pérdida de beneficio por parte del consumidor es necesario contar con la evolución de los precios del jitomate a nivel del mercado de consumo final, cuyo dato resulta muy difícil de conseguir, sobre todo tomando en consideración que la evolución de los precios a nivel del mercado de consumo final puede variar en gran escala día con día, por lo que registros de esta naturaleza no se encuentran disponibles desde que el Banco de México suspendió la elaboración de este tipo de índices. Se requiere también de datos específicos sobre el consumo per cápita de jitomate a través del tiempo, de los cuales se carece, así como también de la evolución y distribución del ingreso, el cual es un factor muy importante en la determinación de los volúmenes consumidos, así como de los precios específicos de la hortaliza en la entidad.

Por otra parte, existen factores adicionales que impiden realizar estimaciones correctas acerca de la magnitud de la pérdida económica en el caso del consumidor, como son la existencia de productos sustitutos (el tomate verde, o los purés enlatados, por ejemplo) que pueden suplir la falta de oferta de jitomate fresco en determinado momento. Puede también considerarse la existencia de producción en otras latitudes del país que sirva para hacer frente a la demanda en la región sin que se registren aumentos substanciales en el nivel de precios. Un factor adicional puede ser el cambio en los hábitos de consumo de la gente, o la temporalidad del mismo, por lo que la pérdida de beneficio en el consumidor ante una modificación en los precios resulta difícil de estimar.

De tal forma, el análisis se encuentra seriamente limitado por las cuestiones arriba enumeradas y deberá entenderse únicamente como la proporción que las personas dejan de comprar como consecuencia de que los precios sufran una variación a la alza, pero difícilmente se puede establecer la cantidad monetaria que se puede considerar como pérdida, aún cuando se trate de productos de consumo básico, pues resulta también difícil establecer las pérdidas que podría significar para los consumidores la baja de su ingesta del producto en cuestión.

Formulación de escenarios

Aunque no se puede establecer con exactitud en que proporción el cambio climático afecta sobre los rendimientos de la producción agrícola, es un hecho que su presencia se deja sentir ya sobre la misma, pues es indudable que modifica los requerimientos y la disponibilidad de agua, por ejemplo. El incremento de la temperatura a lo largo del siglo XX es también evidente, y la tendencia observada en el estado de Morelos resulta similar al de la temperatura global es decir, hacia el incremento. En consecuencia, se puede esperar un aumento en los requerimientos de agua para uso agrícola en la entidad por la intensificación de la evapotranspiración de los cultivos.

El problema que puede representar para el sector agrícola el cambio climático en el futuro no puede seguir siendo ignorado, ya que existe una estrecha relación entre las modificaciones en el clima y la productividad en el mencionado sector, lo que podría generar una reacción en cadena que llevaría a un gran número de puntos críticos para los diversos actores implicados como pueden ser el incremento de las sequías severas, la disminución de la producción, el abandono de la actividad agrícola y la consecuente migración a los grandes centros de población urbanos, originando sobrepoblación, escasez de recursos, pobreza en el campo y en la periferia de las grandes ciudades, así como inestabilidad social y económica.

Aún reconociendo que existe una gran variedad de factores, distintos a la evolución del clima, que influye sobre la actitud asumida por los productores, éste factor esta colabrando ya para que la actividad agrícola disminuya en la entidad. En ausencia de acciones conscientes los resultados catastróficos son altamente probables, ya que además del incremento en la temperatura y, por tanto, en los requerimientos de agua se limita cada vez más la disponibilidad de recursos naturales como el agua y las áreas cultivables.

Por otra parte en una situación predominantemente de libre mercado el enfrentamiento de los productores a la apertura comercial influye sobre los precios de los bienes del sector hortícola a través de diversas vías, ya sea por la competencia directa o por la importación de los implementos agrícolas necesarios para el cultivo y recolección del producto, los cuales en su mayoría no son producidos en nuestro país. La suma de todos estos factores puede traducirse en una situación alarmante y conducir hacia una catástrofe del sector, por lo que es necesario realizar algún acercamiento a la posible evolución de la producción de hortalizas en

el estado de Morelos. Para ello se formulan tres posibles vías de desarrollo en un horizonte de 25 años tomando en consideración las circunstancias claves que rodean a la actividad.

Escenario con evolución lineal de las principales variables

Este primer escenario se basa en la realización de proyecciones lineales de las principales variables implicadas en la producción de hortalizas, exceptuando la superficie cosechada debido a que se considera que en el estado de Morelos existe una clara imposibilidad física para incrementar la frontera agrícola, pues la entidad no cuenta con tierras adicionales con las características requeridas para la siembra de hortalizas.

De acuerdo con esta especificación la superficie cultivada que alcanzó durante el siglo pasado una extensión máxima de 5,767, (2,358 en la modalidad de riego y 3,409 en temporal), disminuye de manera paulatina. Como ha sido la tendencia en los últimos años, algunas tierras son destinadas a la producción de cultivos más rentables o son abandonadas de forma definitiva por parte de los productores. De continuar con esta tendencia, alrededor del año 2025 se estaría obteniendo la última cosecha de jitomate en la entidad.

La actitud de los productores se explica por la disminución en los rendimientos promedio obtenidos en el cultivo de la hortaliza en la entidad, pues la tendencia mostrada indica que se está registrando una disminución paulatina de los mismos año tras año. De hecho, a partir de 1974, cuando se obtuvieron los rendimientos promedio máximos, no se ha podido alcanzar esos niveles de productividad, lo cual tiene que ver con el agotamiento de las tierras cultivables debido a la sobreexplotación.

Además la disminución de los rendimientos obedece también al incremento en los requerimientos de agua provocados por el aumento de la temperatura, la cual continúa incrementándose año tras año y, aunque pudieran aparecer periodos cortos de enfriamiento, la tendencia general indica un aumento de la misma, lo cual no daría como resultado que en promedio la temperatura registrada en el estado de Morelos sería de alrededor de 23.59 grados centígrados a finales de la tercera década del siglo.

No obstante, el aumento en la temperatura permite también un mayor grado de evaporación de los depósitos de agua lo que a su vez trae como consecuencia una mayor precipitación, sin embargo los requerimientos de agua debidos a la evapotranspiración resultan mayores, por lo que resulta imposible garantizar la total satisfacción de la demanda para uso agrícola.

La mayor cantidad de agua de lluvia puede ser aprovechada a través de la adecuación de las fuentes de captación, lo que permite mantener los depósitos a un mayor nivel del que registran actualmente, ello permite incrementar el volumen de agua almacenado, ofreciendo la posibilidad de contar con una mayor oferta del vital líquido a lo largo del año, sin embargo, los volúmenes almacenados no son suficientes para cubrir el incremento de la demanda de agua para uso agrícola ya que la situación se ve agravada por el incremento de la demanda de otros sectores como el consumo humano, la industria y el turismo, por lo que la utilización de las fuentes de agua disponible implica grandes desembolsos de dinero para competir por ella, esto incrementa de manera sustancial los costos de los productores que prefieren abandonar la actividad ante la pérdida de rentabilidad, disminuyendo con ello la superficie cultivada y, en consecuencia, los niveles de producción.

Por su parte, los precios del producto continúan mostrando gran inestabilidad, aunque la tendencia en el mercado es hacia el incremento, obedeciendo al incremento de precios "normal" de la economía y a la escasa expansión de la oferta local. El factor precios se convierte en un incentivo negativo para los productores, ya que mientras los costos de producción en el país continúan incrementándose se hace cada vez más evidente la presencia de productos hortícolas provenientes de los estados de Florida y California en EE.UU., así como de algunos países sudamericanos los cuales son los encargados de cubrir el aumento de la demanda.

La competencia directa termina por eliminar a los pequeños productores de los estados del centro y sur del país, mientras que los productores de los estados del norte como Sinaloa o Sonora tienen que competir abiertamente con los productos provenientes del extranjero, tanto en el mercado nacional como en el de exportación. Por tanto la actividad hortícola en estados como Morelos tiende a desaparecer, al disminuir las expectativas favorables de los productores. Primeramente, se observa un abandono total de los productores de riego para destinar sus superficies a cultivos más rentables y de manera paulatina desaparece también

la producción de temporal para mercado, permaneciendo sólo la producción para autoconsumo.

Escenario de cero acciones

En un segundo escenario se considera la posibilidad de que no ocurran grandes cambios dentro de la estructura productiva. Esto se hace asumiendo que los productores del estado de *Morelos no cuentan con los recursos necesarios para realizar grandes inversiones en maquinaria y equipo para el cultivo y cosecha de las hortalizas*, ello obedece, sobre todo a que su capacidad monetaria no es la óptima, o bien resulta muy inferior a la requerida para adquirir la maquinaria e implementos agrícolas necesarios para poder incrementar sus niveles de productividad.

En una situación en donde la política económica del Estado consiste en separarse cada vez *más de la esfera productiva y dejar de lado la realización de tareas clave como el impulso a la agricultura a través del financiamiento directo o del desarrollo de la investigación en ciencia y tecnología*, cabe esperar que la situación de los productores individuales no se modifique de manera sustancial en el futuro, por lo que difícilmente se podrán obtener mayores rendimientos por la vía de la mejora tecnológica.

El cambio registrado en el clima continúa siendo al incremento de la temperatura, debido a *que no se realizan acciones concretas para disminuir la emisión de gases de invernadero*, o bien, estas resultan insuficientes para cumplir con su cometido en el mediano plazo. Los cultivos aumentan su evapotranspiración y por tanto sus requerimientos de agua para evitar que la planta muera antes de que el fruto alcance su madurez, al no contar con una adecuada distribución del agua, irremediablemente ocurre esto con gran parte de los sembradíos de jitomate, por lo que gran cantidad de cosechas se pierden o baja notablemente la productividad.

El aumento en la temperatura provoca mayor evaporación de los depósitos de agua incrementando también los niveles de precipitación, lo cual permite contar con una mayor oferta de agua durante el ciclo primavera - verano, cuando se obtiene la mayor parte de la producción bajo régimen de temporal, por lo que los rendimientos obtenidos durante este ciclo

son buenos, lo cual permite que los productores continúen obteniendo cosechas que aunque cada vez resulten menores les permiten seguir obteniendo recursos económicos para subsistir, por lo que deciden mantenerse en la actividad.

No es posible aumentar la producción durante el ciclo otoño – invierno debido a que no se cuenta con los suficientes recursos acuiferos ya que con el aumento de la temperatura se incrementan también los requerimientos de agua por el crecimiento de la demanda en otros sectores de actividad como la industria, el turismo y el consumo humano al continuar el crecimiento de la población y la actividad económica.

Por otra parte, se reconoce que existen grandes dificultades para ampliar la frontera agrícola utilizada para el cultivo de jitomate, por lo que las posibles ampliaciones sirven apenas para compensar la disminución de la superficie cultivada como consecuencia del agotamiento de la fertilidad de algunas tierras, por lo que ésta oscila alrededor del promedio cultivado a finales del siglo XX, es decir 2,358 hectáreas en superficies de riego y 3,409 en superficie de temporal.

Por su parte, los precios evolucionan con la tendencia actual, es decir con gran inestabilidad pero con una marcada tendencia a la baja en términos reales, ello obedeciendo sobre todo al crecimiento de la economía globalizada que permite obtener grandes cantidades de producto de origen importado que satisface las necesidades internas con precios inclusive inferiores a los ofrecidos por los productores nacionales, lo que a su vez lleva a que la cotización del producto disminuye. Esta situación se ve fortalecida debido a que continúa efectuándose el actual sistema de comercialización, es decir con la presencia de intermediarios que no permiten que sea el propio productor el quien se encargue de vender el producto, por lo que tiene que vender su producción a bajo precio, y es el intermediario quien obtiene los mayores márgenes de ganancia.

Bajo estas circunstancias, los productores individuales se encuentran en una situación desventajosa, ya que a pesar de mantener sus niveles de producción, el precio vigente en el mercado y el sistema de comercialización no les permite obtener grandes beneficios, por lo que en el largo plazo terminarían por abandonar la producción de hortalizas, destinando sus tierras al cultivo de especies más rentables en el mercado o abandonando sus tierras para

emigrar a las grandes ciudades en donde engrosan los cinturones urbanos viviendo en condiciones precarias.

Como consecuencia, en el largo plazo se registra una notable disminución de la producción de jitomate en el estado de Morelos y una gran emigración tanto a las grandes ciudades del interior de la república como a los EE.UU., provocando el despoblamiento de localidades enteras en las que sólo quedan mujeres, niños y ancianos cuya actividad predominante ha dejado de ser la producción de hortalizas.

Escenario con acciones para enfrentar el cambio climático

Una tercera vía de desarrollo se plantea a través de la posibilidad de llevar a cabo acciones concretas para disminuir la emisión de gases de invernadero, causa principal del incremento de la temperatura global. Ello no permite revertir la tendencia en el corto o mediano plazo pero sí ofrece la posibilidad de poder controlarlo en el largo plazo, por lo que además de la reducción en la emisión de contaminantes es necesario efectuar de manera paralela acciones que permitan disminuir la vulnerabilidad al cambio climático, ya que el incremento de la temperatura continua en el mediano plazo.

En un escenario optimista, el desarrollo científico y tecnológico permite la creación de cada vez mejor maquinaria y equipo para la siembra, recolección y empaque de los productos de origen agrícola, además debido a que su utilización se convierte en una práctica común, los precios de los mismos son accesibles incluso para los pequeños productores, lo que les permite disminuir sus pérdidas.

A su vez, se registra un crecimiento de la actividad económica general, que lleva a la creación de infraestructura de almacenamiento y riego, así como también al desarrollo de un adecuado sistema de comercialización que permite a los productores directos obtener mayores beneficios de la venta del producto y poder acceder a financiamiento acorde con sus posibilidades de pago. Se fomenta la conformación de asociaciones entre los productores y empresarios de la agroindustria alimentaria, incluso transnacionales, para financiar la implementación de tecnología de punta en la producción de cultivos agrícolas, lo que favorece la intensificación en el uso del rayo laser para la nivelación de terrenos, riego por aspersión y

goteo, acolchado, utilización masiva de invernaderos, pesticidas, fungicidas y fertilizantes que no dañan al ecosistema, pero que permiten obtener mayores rendimientos por unidad de superficie cosechada e incrementar el periodo de vida de anaquel del producto.

De igual forma, se registra una gran atención por parte del sector público hacia la agricultura, la cual había sido tradicionalmente marginada en la segunda mitad del siglo XX, por lo que el enfrentamiento con la competencia del exterior no se deriva en una rápida eliminación de los productores nacionales de hortalizas del mercado, sobre todo de aquellos catalogados como de subsistencia, entre los cuales se ha promovido la creación de asociaciones de productores para poder adquirir fortaleza en el mercado. Los productores que tradicionalmente habían obtenido grandes volúmenes de producción y que destinaban gran parte de la misma al mercado de exportación lo continúan haciendo, como los de los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California y Michoacán, mientras que el mercado nacional continúa siendo abastecido por los pequeños productores, sin embargo, estos han mejorado tanto en productividad como en calidad, han efectuado también una adecuación de los calendarios de siembra, al contar con invernaderos que permite cubrir la demanda a lo largo de todo el año.

Los grupos de productores han podido desarrollar algunos sistemas de captación del agua de lluvia que permite un mejor aprovechamiento de la misma a lo largo del año, sin caer en problemas de inundaciones, por lo que es posible mantener los rendimientos en la superficie de riego a pesar del aumento en los requerimientos. Continúa existiendo producción de temporal, sin embargo, como el incremento en la temperatura puede ser contrarrestado a través de la disponibilidad de agua y la utilización de tecnología de punta, incluidos los invernaderos, los niveles de productividad no disminuye y alcanzan en promedio los registros históricos similares a los más altos alcanzados en la historia es decir, hasta 20 toneladas por hectárea, lo que permite obtener grandes volúmenes de producción a pesar de que la superficie cultivada no se incrementa debido a la imposibilidad de ampliar la frontera agrícola.

Por otra parte, los precios se mantienen a niveles tales que resulta atractivo continuar produciendo bajo las condiciones vigentes, además, se abre realmente la posibilidad de exportar hacia otras latitudes, incluyendo el lejano y medio oriente y Canadá, por lo que el aumento de la demanda se constituye en un incentivo suficiente para que los productores nacionales se mantengan en la actividad en el mediano plazo.

De hecho el aumento de la demanda provoca una relativa estabilidad de precios hacia el alza, lo cual constituye un aliciente adicional para los productores para continuar produciendo. El incremento en la temperatura puede ser contrarrestado a través de la utilización de mejores métodos de cultivo, por lo que aún reconociendo los aumentos en los requerimientos de agua, tanto del sector agrícola como en otros sectores, el uso de la tecnología permite obtener mayores volúmenes de producción.

CONCLUSIONES: PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

La influencia del cambio climático no se ha convertido aún en un factor determinante en la toma de decisiones por parte de los productores de jitomate del país en general y, los del estado de Morelos en particular. Aunque algunos de éstos han abandonado de manera paulatina esta actividad, ello parece obedecer también a factores de índole distinta, así lo expresa el análisis de correlación realizado entre los datos de las principales variables relacionadas directamente con la variación del clima, (temperatura, precipitación, humedad, almacenamiento de agua), y la productividad alcanzada en el cultivo de jitomate en las recientes décadas.

Es por ello que el abandono de la producción de jitomate, reflejado en el cultivo de una extensión agrícola cada vez menor, deberá encontrar una explicación adicional sobre la base de factores distintos al cambio climático, al menos en el corto plazo. No podemos descartar la posibilidad de que en un periodo de tiempo mayor este aspecto se pueda convertir en un factor determinante en la evolución de las expectativas de los productores y modificar por tanto los volúmenes de producción obtenidos.

La reducción en los volúmenes de producción en el sector agrícola puede poner en una situación muy vulnerable a la economía de un país pues, aunque posteriormente sean transformados en el sector industrial y ofrecidos para su consumo final, la mayor parte de los alimentos consumidos en el mundo tienen su origen en este sector. La economía del país se vuelve vulnerable debido a que al no producir los alimentos requeridos por la población crece la necesidad de importarlos desde otras latitudes, lo que a la larga puede desembocar en un fuerte desequilibrio del comercio externo, debido a que la población debe ser alimentada a cualquier costo, lo que frena las posibilidades de crecimiento de la nación.

En este sentido diferimos de algunos autores que indican que al ser el sector agrícola el más susceptible de afectación por los cambios registrados en el clima, entre menor peso tenga dentro del PIB, la economía en general será menos vulnerable al cambio climático. Bajo este tipo de argumentos la economía mexicana se estaría fortaleciendo a medida que tenga menor peso dentro del PIB la producción agrícola, lo cual ha estado ocurriendo en los últimos años.

Sin embargo, la pérdida de peso específico del valor de la producción de las actividades del sector primario va aparejada de un incremento de la demanda de alimentos, ya que los factores que la determinan, sobre todo el crecimiento poblacional no sólo no disminuye, sino que continúa su crecimiento de manera constante. Este comportamiento ocasiona una disminución real en la cobertura de los requerimientos de alimentos por parte de la producción interna, lo que nos convierte cada vez más en un país dependiente del exterior.

Se debe considerar que para poder contribuir al crecimiento económico del país, en primera instancia la población debe satisfacer sus necesidades alimenticias, es decir, debe darse una atención prioritaria al desarrollo del sector agropecuario, que es el principal generador de alimentos, incluyendo la pesca, para posteriormente proceder a buscar el desarrollo económico de las otras esferas de la economía. Es decir deberán dejarse de lado argumentos como el arriba citado que aduce que entre menor sea el peso del sector agropecuario dentro del conjunto de la economía será menor la vulnerabilidad de la misma, pues si todas las naciones dejaran a un lado la producción agrícola ¿Cómo podría alimentarse la población del mundo?

Al carecer de una alimentación adecuada el grueso de la población se encontraría en riesgo de sufrir serias carencias nutricionales, impidiéndoles desarrollar de manera adecuada sus habilidades corporales y haciéndolos más propensos a contraer todo tipo de enfermedades. Por tanto, lo que interesa no es tanto el peso relativo que el sector primario tenga dentro de la actividad económica, sino el incremento real que la producción registre ciclo tras ciclo y que éste sea de tal magnitud que permita enfrentar los incrementos de la población para evitar caer en problemas de inseguridad alimentaria. La producción de alimentos se convierte pues en una actividad que debe resultar de carácter prioritario y, por tanto, requiere del impulso de todas las entidades que se encuentran ligadas a ella para garantizar que en el futuro se pueda contar con los alimentos requeridos para garantizar la adecuada alimentación de todos los seres humanos.

Aunque la evidencia empírica no resulta contundente para demostrar la relación negativa que existe entre el aumento de la temperatura y a pesar de que en algunos sectores de opinión se argumente de manera sistemática que aún no existen evidencias suficientes para aceptar la existencia de una modificación sustancial en el clima, es este un factor que en un futuro no muy lejano deberá ser tomado en consideración por los responsables de la política

económica, pues además del cambio global en el clima existen fenómenos climáticos de corto plazo como huracanes, sequías, granizadas o heladas, que pueden influir sobre los niveles de productividad alcanzados. Por ello, en la actualidad algunos gobiernos y productores particulares se han empezado a proteger mediante la adopción de tecnología de punta que incluye la producción en invernaderos para hacer frente a granizadas, heladas o al calor excesivo, riego por goteo o aspersión que permiten aprovechar mayormente los recursos hídricos de que se dispone, al igual que la nivelación de terrenos con rayo láser, utilización de semillas mejoradas y fertilizantes que les permiten obtener productos de mayor resistencia a las adversidades del clima.

Desafortunadamente, la mayor parte de los productores nacionales no se encuentran en esa situación, de hecho, en estados como Morelos, ni siquiera se ha conseguido que una buena parte de la producción de jitomate sea incorporada al régimen de riego, pues como se ha visto, la mayor parte de la producción en el estado se obtiene mediante temporal, lo cual obedece principalmente a la carencia de infraestructura hidroagrícola y de recursos económicos por parte de los productores para adquirir la maquinaria e implementos necesarios para aprovechar de manera adecuada la superficie agrícola y los depósitos de agua con que se cuenta en la entidad.

Por tanto, las acciones de planeación deberán ser encaminadas a la elaboración de proyectos de esta índole, es decir a la creación de la infraestructura hidroagrícola necesaria para incentivar la producción tanto mediante la construcción de diversos almacenamientos (presas, estanques, etcétera), como de la infraestructura necesaria para su distribución, canales, tuberías, etcétera. Asimismo deberán diseñarse planes de fomento a la inversión que motiven a los productores a invertir en la adquisición de infraestructura por cuenta propia, como lo han hecho sus similares en el norte de la república, que les permitan obtener mayores rendimientos por unidad de superficie cultivada a la vez que se protegen de las amenazas que representan los fenómenos climáticos.

Este fomento podría ser dado a través de un adecuado manejo de las políticas de precios que pusieran al alcance de los productores individuales los bienes y servicios del sector público que le permitiera alcanzar la competitividad en el mercado mediante la reducción de sus costos de producción, posibilitándoles la obtención de un margen de ganancia superior al que obtienen en la actualidad motivándolos a permanecer dentro de esta rama de actividad, antes

que abandonar sus tierras y emigrar a las grandes urbes o al extranjero en la búsqueda de mejores oportunidades.

Por otra parte, es necesario impulsar el desarrollo de la industria nacional productora de bienes de capital agrícola mediante el fomento a la ampliación de la demanda de implementos agrícolas adecuados a las necesidades de los productores mexicanos, pues hasta hoy, gran parte de la tecnología utilizada es de origen importado, ello debido a que regularmente se adquieren paquetes tecnológicos completos "sugeridos" por las empresas transnacionales de alimentos que ellas mismas han utilizado en otras latitudes pero que resultan inadecuadas para las condiciones geográficas de nuestro país. Con esto se tiene un doble efecto negativo, primero, la dependencia tecnológica ya señalada y la pérdida de interés por parte de los productores de maquinaria e implementos agrícolas y segundo, la dependencia financiera, pues es innegable que la presencia de empresas transnacionales está llevando a una mayor intervención directa cada vez más de manera directa en la determinación de la producción a través del financiamiento parcial o total de la producción.

De acuerdo con la lógica económica, el crecimiento de la demanda de implementos y maquinaria agrícola debe servir como un incentivo para los productores de este tipo de bienes, por lo que necesariamente deberán de incrementar sus niveles de producción para dar una respuesta a los requerimientos del mercado. En su defecto, es decir si no se observa una reacción positiva por parte de los productores nacionales deberemos seguir importando todo este tipo de implementos, haciendo aun más prolongada la dependencia tecnológica del exterior.

A nivel regional, es indudable que se requiere de un impulso decidido a la actividad hortícola, pues nos encontramos dentro de una época de globalización de los mercados mundiales, lo cual implica el enfrentamiento con productos de otros países, por lo que de no adaptarnos a la apertura comercial muchos de los pequeños productores quedarán fuera del mercado. Si bien es cierto que se cuenta con abundantes recursos naturales, también lo es que debe buscarse la mejor forma para aprovecharlos. Se requiere un impulso decidido a la actividad hortícola en regiones como el norte del estado de Morelos en donde las condiciones geográficas pueden ser favorables, pero se trata de zonas en las que no se cuenta con la infraestructura necesaria para alcanzar mayores niveles de productividad.

Dicho impulso debe incluir el fomento a la creación de asociaciones de productores para poder acceder en condiciones favorables tanto al financiamiento como a los mercados nacionales e internacionales, facilitar el acceso a créditos por parte de los productores, promover la investigación en ciencia y tecnología, en el desarrollo de semillas mejoradas, fertilizantes, sistemas de cosecha, empaque, conserva, etcétera, así como la creación de adecuados canales de comercialización que permitan disminuir los costos de producción y comercialización y obtener mayores beneficios para los productores directos y el consumidor.

A nivel mundial, se requiere de la cooperación de los diversos organismos internacionales y del compromiso de los gobiernos de todas las naciones del orbe para disminuir la emisión de gases que incrementan el efecto de invernadero, causa principal del cambio climático. Ya que si bien en el corto plazo no representa una amenaza, si lo es en el mediano y largo plazo. Independientemente de la posibilidad de ocurrencia de las diversas catástrofes enumeradas a lo largo del presente documento, existe una relación directa entre el incremento de la temperatura y los requerimientos de agua en todos los sectores de actividad económica, por lo que no se puede esperar a que los resultados negativos se concreten, es necesario emprender campañas de concientización de la sociedad a todos los niveles y recuperar esfuerzos como la Cumbre de Kioto para forzar a los principales emisores de contaminantes para que trabajen en favor de una reducción significativa de los gases de invernadero.

Cabe mencionar que no basta con fijar costos monetarios, pues el contar con recursos económicos no garantiza que se pueda revertir el efecto negativo que el cambio climático pueda causar en un futuro. Si bien es cierto que nuestro país puede sacar provecho monetario a través de diversos acuerdos por emisiones de gases de invernadero, también lo es que en el largo plazo puede resultar contraproducente no sólo para el país sino para el mundo no frenar el sobrecalentamiento del planeta desde ahora.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, A. "El Niño: sus efectos sobre el norte de México" en Ingeniería hidráulica en México. Enero - abril de 1998. Pág. 13 - 29.
2. Adger, Neil y Focnhausser, Samuel. "Economic analysis of the greenhouse effect: optimal abatement level and estrategias for mitigation" en International Journal of Enviroment and pollution.
3. Ayres, R. D. "The greenhouse effect: damages, cost and abatement" en Enviromental and Economic Resources, Vol. 2, No 5.
4. Barbier y Pearce, "Thinking enomically about climate change" en Energy Policy, 1990.
5. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción y CESPEDES. Eficiencia y uso sustentable del agua en México. CMIC - CESPEDES. México, 1998
6. Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Económico Sustentable. México y el cambio climático después de Kioto, México, 1997.
7. Cline, William R. The economics of global warming. Institute for international economics. Washington D.C. 1992
8. Delgadillo Macías Javier (Coordinador), Desastres naturales. Aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México. UNAM, IIEc, México, 1996.
9. Dinar, Ariel y otros. Measuring the impact of Climate Change on Indian Agruiculture. Worl Bank, Technical Paper No. 402. Banco Mundial, Washington, D. C. 1998.
10. Dornbush Rudiger y Poterba James. Global Warming: Economic Policy. MIT Press ediciones, Cambridge, Massachusets. Londres, 1991
11. Dowdeswell, Elizabeth. Acción por el ozono. Página Web del Programa de las Naciones Unidas sobre medio ambiente - ORPALC, Nairobi, 1997
12. Ferrer Rodríguez, Eulatio. "Globalización ecológica y globalización económica" en La Jornada, febrero 15 del 2000. México.
13. Gay, Carlos. Reflexiones sobre el futuro en cambio climático en México. Página Web del Instituto Nacional de Ecología, México. 2000.
14. Guerrero, Victor. Análisis estadísticos de series de tiempo económicas. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México, D.F.
15. Gujarati, Damodar. Econometría, Editorial Mc. Graw Hill, México, 1999.
16. Honorable Cámara de Diputados LV Legislatura. Cumbre de la Tierra Río de Janeiro. México, abril de 1994.
17. INEGI, Anuario estadístico del estado de Morelos, edición 1998. INEGI, Aguascalientes, 1999
18. IPCC (Panel Intergubernamental sobre cambio climático) Climate Change The IPCC Scientific Assessment Organización Meteorológica Mundial - Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas. Cambridge University Press, 1990
19. Intriligator, Michael. Introducción a los metodos econométricos Editorial, Fondo de Cultura Económica, Mexico, 1994

20. Ludivid Anglade, Manuel. El cambio global en el Medio Ambiente. introducción a sus causas humanas. Marcombo - Bolyares Editores. Barcelona, 1997.
21. Lluch, et al. "Valoración climática y oceanográfica global, sus efectos en el noroeste mexicano" en Ciencia y desarrollo, Vol. XVII, No. 98. Pp. 79 -88. México, 1991.
22. Masera, Omar. "México y el cambio climático global: un balance crítico" en Ciencia y desarrollo, México, 1991.
23. Magaña Víctor. On the use of a general circulation model to study regional climate. Second UNAM -CRY Supercomputing Conference on Earth Science. Editorial, Cambridge University Press. México, Junio de 1995.
24. Magaña, Víctor; Conde, Cecilia y Gay Carlos. Segundo taller estudio de país: México. Memorias. Cuernavaca, Morelos, México. Mayo de 1995.
25. Morrison, Jason y Gleick, Peter. Water resources supply and use in the Colorado River basin. Comisión para la cooperación ambiental. Montreal 1997.
26. Mundo Molina, Martín. "Efectos potenciales del cambio climático en los recursos hídricos del Valle del Yaqui, Sonora" en Ingeniería hidráulica en México. Mayo agosto de 1996 Pp. 79 - 85.
27. Mundo Molina, Martín y Martínez Austria, Polioptro. "El cambio climático y sus efectos potenciales en los recursos hídricos y la agricultura del Valle del Yaqui, Sonora" en Ingeniería hidráulica en México. Vol. IX. Pp. 13 - 33.
28. Mundo Molina, Martín y Martínez Austria, Polioptro. Cambio climático: posibles consecuencias y algunas sugerencias para disminuir sus efectos en México. en Ingeniería hidráulica en México. Enero - abril de 1993. Pp. 14 - 28.
29. Nordhaus, William D. "A sketch of the economics of the green house effect" en American Economic Review No. 81, Mayo de 1991.
30. OECD. Reconciling Trade, Environment and Development Policies. The role of development co-operation. OECD, París, 1996.
31. Pearce W, David. Economía ambiental. Editorial, Fondo de Cultura Económica, México, 1985
32. Quadri de la Torre, Gabriel, "Eficiencia y uso sustentable del agua en México" en Comercio exterior, Vol. 49, No. 4, abril de 1999, México.
33. Quintanilla Javier y Bauer M. Proyecciones de demanda de energía y emisiones 1995 -2010. Programa Universitario de Energía, UNAM. México, 1995.
34. Quintanilla, Javier, et al. México Greenhouse Gas Assessment (Final Report). Programa Universitario de Energía, UNAM. México, 1996.
35. Restrepo, Iván. "Cruzada desinformativa sobre clima", en La Jornada, México, Julio de 1998.
36. Riechmann, et al. De la economía a la ecología. Editorial Truttan Madrid, 1993.
37. Salvatore, Dominick. Econometría. Editorial, Mac Graw Hill Mexico, 1992
38. SPP. Síntesis geográfica del Estado de Morelos, (1991)

39. Torres Torres, Felipe Y Trápaga Delfín, Yolanda (Coordinadores). La agricultura orgánica. Una alternativa para la economía campesina de la globalización. UNAM, IIEc, Plaza y Valdés Editores. México, 1997.
40. Trápaga Delfín, Yolanda y Torres Torres, Felipe (Coordinadores). El mercado internacional de la agricultura orgánica. UNAM, IIEc, Juan Pablos Editores. México, 1994.
41. United Nations. Global Outlook 2000. An economic, social and environmental Perspective by UN. UN publications, USA, 1990.