



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA AGRICULTURA DE  
MAIZ ALTERNATIVA POR SUSTITUCIÓN DE UN INSUMO EN ACAJETE Y  
TECUITLAPA, PUEBLA.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTORA EN ECONOMÍA  
PRESENTA

MARÍA DE JESÚS MESTIZA ROJAS

ASESORA

DRA. YOLANDA TRÁPAGA DELFÍN

MÉXICO, DF. CIUDAD UNIVERSITARIA, 27 DE AGOSTO 2007



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.

## Indice de Texto

<b>Introducción</b>	<b>7</b>
<b>Capítulo 1 Sobre los objetivos, las hipótesis y la metodología de la tesis</b>	<b>11</b>
1.1 Objetivos generales de la tesis	11
1.2 Hipótesis	12
1.3 Metodología a seguir	13
<b>Capítulo 2 Agricultura alternativa e innovación tecnológica en la agricultura</b>	<b>15</b>
2.1 Agricultura alternativa por modificación del sistema de producción	18
2.1.1 Economía agrícola y ambiente	19
2.2 Agricultura alternativa por adopción de un paquete tecnológico	25
2.2.1 Papel de la tecnología dentro de la producción agrícola	25
2.2.2 Papel de la innovación tecnológica en la economía agrícola	28
2.2.3 Productores innovadores	34
2.2.4 Evaluación económica de la agricultura alternativa bajo sustitución de insumos	36
2.2.5 Costo de producción de la agricultura alternativa por sustitución de insumos	47
<b>Capítulo 3 Tendencias en el consumo de fertilizantes en México</b>	<b>53</b>
3.1 Contexto internacional del consumo de fertilizantes	53
3.2 Tendencias en el consumo de fertilizantes en México, 1960-2006	58
3.3 Nivel de ingresos de los productores y capacidad de consumo de fertilizantes	68
3.4 Tipos de fertilizantes consumidos en México	74
<b>Capítulo 4 Tendencias de la producción de maíz en México a partir del TLCAN</b>	<b>77</b>
4.1 Proyecciones sobre los efectos del TLCAN	77
4.2 Efectos sobre el comercio	80
4.3 Efectos sobre las exportaciones agrícolas	82
4.4 Situación de las importaciones de granos	83
4.5 Efectos sobre la producción doméstica	88
4.5.1 Comportamiento de los precios agrícola domésticos	88
4.5.2 Cambios en la producción doméstica	92
4.6 Efectos sobre la producción de maíz	96
4.7 Otros efectos del TLCAN en el sector agropecuario	104

## **Capítulo 5 Producción agrícola alternativa de maíz de temporal en Acajete y Tecuítlapa**

5.1 Generalidades de la producción de maíz en Puebla	108
5.2 Paquete tecnológico en Puebla	114
5.3 Condiciones de sustitución del insumo	119
5.4 Toma de decisiones de los productores innovadores en cuanto a su paquete Tecnológico	126
5.5 Costos de producción de la agricultura de maíz por sustitución de insumos	128
5.6 Comportamiento de la agricultura alternativa de maíz en la región central de estado de Puebla. 2001 y 2002	131
5.6.1 Costos de los insumos	132
5.6.2 Costos de producción totales por unidad de producto y por superficie sembrada	136
5.7 Comportamiento posible de los costos de producción en la agricultura alternativa	141
<b>Conclusiones</b>	<b>145</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>149</b>

## Indice de cuadros

Cuadro 1 Superficie cultivada y uso per cápita de fertilizantes por país según nivel de desarrollo. 1985	56
Cuadro 2 México. Consumo y producción de fertilizantes. 1961-2000	62
Cuadro 3 Programa de Apoyos a insumos estratégicos. 2005	67
Cuadro 4 Procampo. Distribución de transferencias monetarias por deciles de ingreso en zonas rurales	71
Cuadro 5 Participación porcentual de los ingresos de Procampo en el quintil de consumo más bajo, 1994-2002	71
Cuadro 6 Distribución geográfica de Procampo. 2003. Porcentajes	72
Cuadro 7 Distribución de Procampo 2003 según estrato. Porcentajes	73
Cuadro 8 Principales cultivos de exportación (Tn). Tasa de crecimiento	83
Cuadro 9 Volumen de importación de granos. Tasa de crecimiento	85
Cuadro 10 Superficie sembrada cultivos seleccionados. Tasa de crecimiento	103
Cuadro 11 Situación tecnológica de la producción de maíz en Puebla 1981 y 2005	116
Cuadro 12 Superficie fertilizada de maíz respecto al total de superficie sembrada de maíz 2003. Porcentaje	118
Cuadro 13 Costos de producción alternativa de maíz en Acajete. 2001 (\$/Tn)	130
Cuadro 14 Costos de producción alternativa de maíz en Tecuítlapa. 2001 (\$/Tn)	130
Cuadro 15 Proporción de uso de insumos 2001	132
Cuadro 16 Tecuítlapa. Costos de insumos químicos y biológicos. 2001 (\$)	134
Cuadro 17 Acajete. Costo de insumos químicos y biológicos. 2001(\$)	135
Cuadro 18 Resumen de costos de producción alternativa de maíz. 2001	137
Cuadro 19 Resumen costos de producción alternativa de maíz. 2002	138
Cuadro 20 Impacto del subsidio al amoníaco en Sonora y Sinaloa. 2004	139
Cuadro 21 Costos de producción en escenarios distintos de rendimiento por hectárea	142

## Indice de Tablas

Tabla 1 Indicadores agro-ambientales de la OECD. 2001	36
Tabla 2 Características de los costos de producción para la agricultura según USDA	51
Tabla 3 México. Consumo de fertilizantes por región según importancia en el consumo nacional y tipo. 1998	63
Tabla 4 Resultados evidentes sobre la parcela provocados por el biofertilizante	122
Tabla 5 Diferencias entre tecnologías plicadas	125

## Indice de Gráficas

Gráfica 1 Consumo de fertilizantes en países seleccionados 1961 y 2002 (Tn)	54
Gráfica 2 Volúmen de consumo total de fertilizantes en México 1982-2000. Tasa de crecimiento	61
Gráfica 3 Producción de maíz en México y EUA. 1990-2004 (Tn)	78
Gráfica 4 Rendimiento de maíz en México y EUA. 1990-2004 (Tn/Ha)	79
Gráfica 5 Balance comercial agropecuario. 1961-2005	81
Gráfica 6 Participación de las frutas y hortalizas frescas en el total del valor de las exportaciones agrícolas de México	82
Gráfica 7 Participación del valor de las principales importaciones agropecuarias en el total	84
Gráfica 8 Valor de las principales importaciones. Índice de crecimiento	84
Gráfica 9 Porcentaje de participación de maíz amarillo en las importaciones totales de maíz	87
Gráfica 10 Composición del volumen de importaciones de maíz	87
Gráfica 11 Precios pagados al productor (Pesos de 1994)	89
Gráfica 12 Precios de granos en EUA (US \$/Tn)	90
Gráfica 13 Participación de importaciones en la oferta total (%)	94
Gráfica 14 Superficie sembrada de todos los tipos de maíz según régimen hídrico. Índice de crecimiento	97
Gráfica 15 Rendimiento de maíz grano. Índice de crecimiento	98
Gráfica 16 Principales estados productores de maíz. 1980 y 2005 (Porcentaje respecto al total nacional)	109
Gráfica 17 Puebla. Principales cultivos 1994-2005 (Porcentaje de participación)	110
Gráfica 18 Puebla. Superficie sembrada de maíz según régimen hídrico, 1980-2005 (Ha)	111
Gráfica 19 Puebla. Volumen de producción de maíz. 1980-2005 (Tn)	112
Gráfica 20 Puebla. Rendimiento de maíz según régimen hídrico 1980-2005 (Tn/Ha)	113
Gráfica 21 Comparación rendimiento de maíz en temporal por Estados 1980-2005 (Tn/Ha)	113
Gráfica 22 Puebla. Precio medio rural de maíz grano. Pesos de 1994	114
Gráfica 23 Consumo de fertilizantes en la región central 1991-1998. Crecimiento anual	117
Gráfica 24 Superficie sembrada de maíz en Puebla según DDR 1994 y 2005 (Ha)	117
Gráfica 25 Rendimiento de la producción de maíz en Puebla según DDR 1994 y 2005 (Tn/Ha)	119
Gráfica 26 Costos de los insumos	133
Gráfica 27 Costos de producción	136

## **Introducción**

Como respuesta a las consecuencias económicas de la aplicación del paquete tecnológico de la revolución verde, durante los últimos 20 años, los economistas ambientales y ecológicos han desarrollado diversas herramientas para analizar las implicaciones económicas de la incorporación de tecnologías de menor impacto sobre el ecosistema. Sin embargo, tales estudios se concentran en la producción agrícola orgánica, caracterizada por el cambio de sistema de producción basado en la tecnología de la revolución verde a otro de tipo biológico, su funcionamiento está determinado por mecanismos de certificación que garanticen el uso de insumos y prácticas amables al ambiente. El cumplimiento de tales reglas permite a los productores obtener un precio mayor que responde, principalmente, al aprovechamiento de un nicho de mercado y, en teoría, al pago por los beneficios ambientales que la producción genera. Sin embargo, al funcionar con barreras a la entrada, este mercado excluye por completo a un buen número de productores que por su paquete tecnológico contribuyen a la conservación del suelo agrícola y no son reconocidos por ningún mercado.

Sin embargo, aún antes de la creación de mercados orgánicos, existen productores que se encuentra entre la producción orgánica y los sistemas convencionales para los que la adopción de tecnologías libres de agentes contaminantes, combinadas con insumos químicos, es un proceso cotidiano y sin embargo no existe un mercado especial cuyos precios reflejen el cuidado del ambiente. Para la agricultura mexicana su estudio resulta de gran importancia no solo desde el punto de vista de la conservación de los recursos naturales, sino además porque pudieran ser la generalidad del paquete que aplica la mayoría de los productores nombrados de subsistencia, para éstos el análisis de las consecuencias económicas y biológicas de la adopción de tales tecnologías, es escaso.

Los procesos de sustitución de insumos derivados de la energía fósil cobra importancia ante un mercado de fertilizantes químicos cuyo consumo en México ha disminuido 30% entre 1997 y 2004 debido, principalmente, al incremento de los precios y a la desaparición de la empresa estatal FERTIMEX dando paso a la

dependencia de las importaciones las cuales se incrementaron 32% en el mismo periodo (INIFAP, 2005). A un año de cumplirse los plazos para liberar completamente las importaciones de maíz en el marco del TLCAN, el análisis tanto de los productores agrícolas como de la SAGARPA para hacer frente a la apertura, se basa en el incremento de la productividad vía incremento en el uso de insumos (fertilizantes y semilla mejorada), sin embargo, la solución se propone sólo considerando como única posibilidad el impulso a la producción de fertilizantes químicos sin considerar otras posibilidades menos agresivas al ambiente, igualmente efectivas y, sobre todo, de menor costo.

En ese escenario esta tesis pretende alimentar la discusión que se está construyendo en torno a la explicación del funcionamiento de las unidades de producción agrícola que aplican paquetes tecnológicos no contaminantes y cuya aportación a la lógica de reproducción de la unidad, y al ecosistema en el que se desarrolla, se encuentra en un punto intermedio entre la producción basada en el uso de insumos sintéticos (producción convencional), y la producción orgánica.

Este tipo de producción puede incorporarse a la llamada agricultura alternativa (AA), que incluye una gama amplia de niveles de sustitución de insumos e incorporación de prácticas de cultivo que indican el grado de alejamiento del paquete de la revolución verde. El paquete tecnológico se caracteriza por el uso combinado de insumos biológicos y sintéticos con tendencia a eliminarlos, donde es posible sustituir el 50% de la dosis de fertilizante químico por un biofertilizante, así como por la incorporación de prácticas asociadas a la reproducción natural de los nutrientes del suelo como la rotación de cultivos, la construcción de cerco vivo, labranza cero, entre otras.

Para ello se tomará como ejemplo a un grupo de productores de maíz de temporal ubicados en Acajete y Tecuítlapa en la zona central del Estado de Puebla en el ciclo primavera-verano 2001-2002.

Se trata de productores de maíz de temporal cuyo paquete tecnológico en la etapa de fertilización combina insumos químicos y biológicos mediante el cual obtienen rendimientos de 3tn/ha, el doble de la media nacional de maíz de temporal, en un área promedio de 20 ha cada uno y que destinan al mercado local y/o regional

entre el 80 y 90% del producto obtenido. Este es un paquete tecnológico que se ubica dentro de la AA donde la aplicación del biofertilizante reduce la necesidad de aplicar fertilizante químico, sin que signifique su desaparición, que puede incluir también construcción de cerco vivo, uso de semilla criolla aplicada con tracción mecánica y/o manual. Su objetivo es minimizar costos y generar rendimientos constantes o crecientes a escala respecto a otras unidades que practican la agricultura convencional de maíz en la zona de estudio.

La inducción a la sustitución fue el resultado de la parte experimental en campo del proyecto de investigación y elaboración de un biofertilizante, llamado comercialmente Biofertibuap, desarrollado por el Departamento de Investigaciones de Microbiología de Suelos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), de tal forma que mi universo de estudio está limitado por el alcance de este proyecto. La tesis no evalúa la aplicación de la tecnología sobre una muestra representativa del universo de productores que acceden al fertilizante, pues la metodología para realizar ese trabajo no es el objetivo de esta investigación, sino contribuir a la discusión sobre ciertos temas en la relación economía-naturaleza y viabilidad económica de la producción agrícola de baja contaminación en un escenario de precios exógenos en mercados convencionales.

Se analizan las consecuencias de la sustitución de insumos en la esfera de la producción mediante la variable costos de producción. Se parte del hecho que la producción alternativa de maíz por sustitución de insumos no tiene un referente de precios que considere las mejoras ambientales que la sustitución genera, por lo tanto, el análisis de la ganancia no es objetivo de esta tesis puesto que no es una variable que dependa de forma directa del cambio de fertilizantes, sino de las condiciones de mercado que en el caso del maíz están determinadas por el movimiento de precios internacionales.

La tesis está organizada de la siguiente forma, el capítulo 1 expone el problema, la metodología y las hipótesis a desarrollar a lo largo del trabajo.

El capítulo 2 presenta la revisión de la literatura respecto a dos de los temas más importantes dentro de la economía agrícola: la tecnología y la sustituibilidad de

insumos, ambos vistos desde el supuesto de la existencia de rendimientos decrecientes a escala provocados por los límites de la disposición de los factores de producción. Aquí se establece la referencia teórica, y el análisis de costos de producción de la agricultura alternativa bajo la aplicación del Biofertiabuap que será la guía del resto del trabajo. Así mismo se revisan algunas formas de medición de la AA, y las implicaciones generales sobre la política pública de la sustitución de insumos en el marco de una economía abierta, así como la innovación tecnológica en la agricultura en México analizando el caso particular del Biofertiabuap y su proceso de innovación y de incorporación a la producción de maíz en la zona de estudio.

El capítulo 3 hace un recuento de la evolución del consumo de fertilizantes en México desde la segunda mitad del siglo XX y su referente a nivel internacional, con el objetivo de dar contexto a la sustitución de insumos ante las consecuencias sobre la productividad agrícola del paquete de la revolución verde.

Siendo el cultivo de maíz de temporal el más importante de la agricultura mexicana, el capítulo 4 presenta una revisión general de las consecuencias que los primeros 10 años del TLCAN han tenido para este cultivo a nivel nacional incluyendo la crisis de precios del grano de enero de 2007.

En el capítulo 5 retomo las líneas de análisis que propuse al inicio del documento para caracterizar el funcionamiento económico de la agricultura alternativa de maíz por sustitución de insumos en la zona, mediante los resultados de la aplicación de insumos biológicos sobre los costos de producción, la productividad y la rentabilidad en comparación con productores que utilizan insumos sintéticos.

Tomando como hilo conductor la innovación tecnológica como un producto de investigación pública, el trabajo que pongo a consideración, pretende alimentar la discusión acerca de las condiciones tecnológicas que permitan a la producción de maíz de temporal en México mejorar su situación económica al mismo tiempo que, por la superficie sembrada que ocupa en el país, sea líder en el proceso de conservación de las condiciones de productividad del suelo.

## **Capítulo 1 Sobre los objetivos, la hipótesis y la metodología de la tesis**

### **1.1 Objetivos generales de la tesis**

Los productores nacionales de maíz en México son tomadores de precios, por ello su toma de decisiones depende de la disminución de sus costos ante un panorama de precios de granos deprimidos y alto costo de insumos químicos. En este escenario, la investigación se concentra en el análisis de los costos de producción debido a que es la variable sobre la que los productores tienen un cierto nivel de control al incluir diversos tipos de insumos dependiendo de su precio. Además, se parte del hecho de que la innovación tecnológica que se incorpora genera beneficios ambientales no es reconocida por el mercado convencional y por lo tanto, las posibles pérdidas o ganancias totales a precio de mercado no son un reflejo fiel de las condiciones de producción.

Asumiendo al factor tierra como un elemento dinámico dentro de la función de producción, entendido esto como las fluctuaciones que el nivel de productividad puede presentar, este trabajo asigna un lugar central a la tecnología como respuesta al incremento o disminución de la producción, sin embargo, no se espera adoptar una defensa o rechazo al cambio tecnológico en términos de la relación economía-medio ambiente.

Bajo esta premisa, se realizará un análisis estático del comportamiento de las variables económicas: costos de producción, rendimientos y productividad por unidad de insumo, trabajo e inversión respectivamente durante el periodo de aplicación del paquete. Para ello se plantean los siguientes objetivos generales:

1. Cuantificar las pérdidas o los beneficios económicos de la aplicación de la tecnología para el cultivo de maíz de temporal en términos de los costos de producción resultantes de la utilización del paquete
2. Presentar el comportamiento de los costos de producción para el cultivo de maíz en la zona central del estado de Puebla tomando en cuenta que el recurso tierra es un factor finito que puede generar rendimientos decrecientes aún con el uso de la tecnología
3. Medir en términos monetarios el impacto de la innovación tecnológica sobre el medio en que se aplica

## **1.2 Hipótesis**

La hipótesis principal es:

La aplicación del Biofertiabuap en la producción maicera de temporal en la región central en el estado de Puebla tiene un impacto positivo sobre la productividad del suelo que se expresa en la obtención de un nivel de producto igual al momento anterior de la adopción y en la disminución de los costos de producción.

De esta se derivan las siguientes hipótesis:

1. La aplicación de la innovación tecnológica modifica positivamente el nivel de productividad del suelo expresando en un nivel de rendimientos iguales o, bajo ciertas condiciones, mejores a los que se obtienen con el paquete anterior.
2. Los resultados positivos de la aplicación de tal paquete sobre la productividad dependen del conjunto de prácticas agrícolas y la combinación de otros insumos biológicos en la producción.

## **1.3 Metodología a seguir**

En primer lugar se realizará la revisión teórica de la agricultura alternativa por sustitución de insumos analizando tres grandes temas: 1) Las definiciones y estudios de la agricultura que se aleja de la tecnología de la Revolución Verde, 2) El papel de la innovación tecnológica en la producción convencional y alternativa y 3) El tratamiento de las consecuencias que sobre los costos de producción tiene la modificación de la tecnología la metodología aplicada sirve para analizar las consecuencias de la aplicación del paquete de biofertilización en la zona de estudio donde la variable principal será el costo de producción de la unidad tras la aplicación del Biofertiabuap. Con este marco la información recabada en el trabajo de campo analiza dos ciclos productivos debido a la ausencia de registros acerca de los resultados obtenidos en ciclos anteriores.

Las razones para adoptar como base de análisis sólo éstas dos variables son las siguientes:

- Las decisiones que los productores toman respecto a la adopción de un nuevo paquete o mantener el anterior dependen casi exclusivamente de los rendimientos por unidad de insumo, que uno y otro paquete les reporte;
- La adopción de un paquete que mantenga en el nivel anterior los costos de producción, o en el mejor de los casos, los disminuya tiene implícita una preocupación por mantener y/o recuperar la productividad del insumo sustituido (rendimientos por hectárea cultivada), así, cuando los productores toman decisiones lo hacen pensando en las pérdidas o ganancias futuras relacionadas con los costos de producción;

Lo anterior debido a que la toma de decisiones de los productores de la agricultura de maíz de temporal en México responde a su restricción presupuestaria, por tanto la viabilidad de la sustitución de insumos se refleja en los costos de producción y no así en la ganancia, pues como apunté antes, la producción alternativa por sustitución de insumos no tiene un referente de precios que refleje la conservación del suelo.

Bajo esta premisa, el trabajo de campo consistió en la aplicación de cuestionarios en dos etapas, una de tipo exploratorio por medio de preguntas abiertas que permitieron conocer las condiciones generales de producción y las razones por las que los productores deciden ser innovadores; y la otra de profundización de los costos de producción y el conjunto de prácticas agrícolas que llevan a cabo.

Para contrastar las condiciones de los productores innovadores con otros convencionales, es decir, aquellos que no aplican la innovación y que producen maíz en la misma región, utilizaré la información publicada sobre las condiciones medias en las que productores convencionales se desarrollan referida al mismo ciclo de aplicación para ambos tipos de productores, innovadores y convencionales. La información estadística utilizada para dar contexto al trabajo, es la publicada por la SAGARPA, FIRA y FAO para distintos periodos.

Cabe aclarar que, debido a que los productores innovadores adoptaron la tecnología en momentos distintos, el periodo de análisis para explorar las razones por las que decidieron aplicar la innovación no es homogéneo. Sin embargo, el análisis de los costos de producción y los resultados de la investigación están

referidos a los ciclos 2001 y 2002 tanto para productores innovadores como para los convencionales.

## Capítulo 2

### **Agricultura alternativa e innovación tecnológica en la agricultura**

El sistema de producción en AA rompe con el supuesto básico del análisis económico de la agricultura en donde el factor tierra es un elemento dado y por tanto los límites físicos de la frontera agrícola no son un problema gracias a la aplicación de tecnologías que permiten obtener rendimientos crecientes a escala, cuya explotación puede ser extendida casi de forma indefinida en el tiempo. La agricultura alternativa en cambio reconoce al factor tierra como un elemento dinámico por las variaciones que puede presentar en el nivel de producto ya sea por su condición natural de nutrición del suelo o bien por los efectos negativos que la aplicación de insumos químicos y prácticas agrícolas. Bajo este supuesto el tipo de tecnología adoptada depende no sólo de la necesidad de mantener y/o incrementar la cantidad de producto sino a los efectos secundarios positivos sobre el agroecosistema del cultivo en el mediano y largo plazos.

El grado de alejamiento de la revolución verde (RV) es la característica que define la escala en la que desarrolla la AA, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) apunta al respecto que la AA tiene como objetivo sostener y mejorar las interacciones biológicas de las que depende la producción agrícola, por ello no puede ser homogénea. Es decir, existen distintos sistemas de prácticas agrícolas cuya característica común es la disminución del uso de insumos químicos sintéticos (fertilizantes y pesticidas) y la introducción de prácticas agrícolas tanto para el cultivo como para el estilo de vida de los agricultores, idealmente como una transición hacia la eliminación total de los insumos químicos, por ello

*Las practicas agrícolas alternativas no están bien definidas, en lugar de ello existe un rango amplio de opciones tecnológicas y de manejo del cultivo utilizadas por los agricultores que les permiten reducir costos, proteger la salud y la calidad ambiental, así como mejorara las interacciones biológicas y los procesos naturales (USDA, 1988).*

Bajo este esquema, la lógica económica de los agricultores es como la de cualquier otro, usar la información sobre el manejo de los cultivos para reducir

costos, mejorar la eficiencia y mantener los niveles de producto, por ello el éxito económico de la AA debe medirse también considerando el contexto de mercado en el que se desarrolla y las políticas públicas que determinan la rentabilidad de los agricultores y/o la inducción a la sustitución de insumos y prácticas (USDA, 1989). Es importante hacer notar que parara la AA de maíz de temporal en México antes que un criterio ambiental, la restricción presupuestaria de los agricultores puede ser el principal motivo para adoptar la AA al impedirles continuar o adoptar la tecnología de la RV.

Debido a lo anterior, la AA responde a un ciclo del producto más que de la inversión, es decir, en el ciclo de la inversión y la ganancia, la tecnología tiene un papel estratégico en la reproducción de la unidad puesto que es necesario aprovechar con rapidez las capacidades naturales de reproducción del suelo. En este, la lógica de análisis inicia y termina con el nivel de inversión y sus consecuencias sobre costos e ingresos con énfasis en el comportamiento homogéneo de las variables económicas sobre cualquier tipo de suelo. Es el típico análisis de lo que Constanza llamaría “optimismo tecnológico” en donde la manipulación de las capacidades naturales, mediante la tecnología que incrementa el uso de los recursos fósiles, es un medio para obtener resultados en el corto plazo y siempre habrá una respuesta tecnológica a la escasez de los recursos no renovables.

En el ciclo del producto en cambio, la tecnología no es homogénea y su desarrollo y adopción responde a las características del agroecosistema en el que se encuentran los cultivos, bajo esa lógica, y una vez que se han introducido prácticas ambientalmente aceptables como la preparación del terreno, cultivo y conservación del producto, el resultado esperado es el diseño de una curva de oferta que permita la generación de rendimientos constantes y/o crecientes a escala mediante la combinación correcta de factores (tecnología, salarios y flujo de mano de obra) Lo anterior implica entrar en un proceso de sustitución de insumo (fertilizantes, pesticidas, herbicidas, etc) de síntesis química por otros de tipo biológico, ya sea obtenidos en laboratorio o mediante el manejo de cierto tipo

de desechos orgánicos. El proceso de sustitución puede ser paulatina o radical hasta llegar a la modificación total del sistema de producción, en ese proceso se incluye también la modificación del consumo de energía de los propios agricultores.

La elasticidad de la oferta agrícola por tanto, responde a los movimientos de estas variables dentro del ciclo del producto en el corto y largo plazo considerando, adicionalmente, los indicadores biofísicos de un agroecosistema específico. Sin embargo, la ganancia estará determinada por los precios de mercado existentes los cuales no necesariamente consideran los servicios ambientales que esta agricultura genera. Así por ejemplo los productos orgánicos certificados se comercializan a un precio mayor que en el mercado convencional pero este precio no responde a los servicios ambientales específicos que generan, sino al movimiento de la oferta y la demanda, las fluctuaciones de una y otra pueden llevar a desaparecer el nicho de mercado y con ello la prácticas orgánicas.

Parece entonces que la identificación de la AA debe considerar un marco más o menos amplio de escala en la que se aleje de la RV y se acerque a la sustentabilidad, en donde no debe perderse de vista el hecho de que tal abandono se convierte en característica sólo cuando tiene efectos positivas sobre el agroecosistema, así por ejemplo, si una parcela no aplica fertilizantes químicos pero utiliza agua contaminada para su riego entonces no es posible considerarla como alternativa. Aunado a lo anterior debe considerarse que el análisis será incluyente solo si se identifican el grado y los mecanismos tecnológicos por medio de los cuales se puede llegar a un nivel de producción al menos igual al anterior, sin que ello signifique un tránsito hacia la cero aplicación de tecnología de la RV.

Partiendo de esta base general propongo que la AA se caracteriza por alejarse de la RV mediante dos vías: 1) Modificación del sistema de producción agrícola y 2) Modificación solo del paquete tecnológico, en por lo menos una práctica o insumo. Para explorar la primera manifestación, presento las consideraciones de diversos autores respecto a la modificación total del sistema de producción que implica el abandono de los supuestos clásicos en donde la innovación tecnológica genera rendimientos constantes a escala, y continúo con lo que se ha denominado

agricultura sustentable como equivalente universal del abandono total de la tecnología de la RV, teniendo en cuenta que puede ser un abandono total sin que la unidad llegue a sustentable.

Para el segundo caso, la modificación solo del paquete tecnológico, se presenta la discusión sobre la sustitución de insumos gracias a la innovación tecnológica en la producción agrícola. Como resultado de esta revisión analizo el caso particular del BiofertiBuap como una innovación tecnológica cuya adopción en la agricultura de maíz de temporal en el estado de Puebla, no es un proceso inducido por mercados especializados en el que todas y cada uno de las variables económicas están controladas y organizadas para obtener un beneficio económico ambiental integral, sino a la oferta de insumos en la región, restricción presupuestaria de los productores y la acción institucional con intereses científicos antes que económicos.

### **2.1 Agricultura alternativa por modificación del sistema de producción**

La agricultura alternativa por modificación total del sistema de producción se expresa con la agricultura sustentable. Es oportuno aclarar en este momento que, esta tesis no pretende discutir la concepción de la sustentabilidad de la producción en general ni de las relaciones biológicas, sociales y políticas que en ella se desarrollan, sin embargo, ya que ésta es la forma más acabada del alejamiento de la RV existe alguna variedad de propuestas de análisis económico que es importante tomar en cuenta para revisar el tema central de esta tesis.

Uno de ellos es el papel de la tecnología en la producción agrícola sustentable como medio para expandir la capacidad de carga humana, un concepto fundamental dentro del análisis de la producción sustentable en general, que de acuerdo con Rees (1988) se define como la tasa máxima a la cual pueden utilizarse los recursos y generarse desechos de forma sostenida en el tiempo sin limitar la productividad y la integridad funcional de los ecosistemas relevantes. En estos términos, la innovación tecnológica mantiene la eficiencia en el uso de los recursos pero no contribuye a mantener la capacidad de carga, si esto fuera posible entonces se podría hablar de una producción sustentable.

Para el caso de la agricultura, la modificación del sistema de producción mediante el cambio tecnológico (no siempre una innovación tecnológica), permite recuperar la capacidad productiva del suelo agrícola en el largo plazo, sin embargo ello no necesariamente implica que exista sustentabilidad económica pues ésta depende de la dinámica de la rentabilidad permanente que se contrapone a la capacidad de carga del sistema de producción agrícola. La expresión monetaria que algunos sistemas de producción agrícola alejados de la RV tienen en mercados especiales responde a la lógica de la rentabilidad y su existencia como espacios de comercialización no es de largo plazo pues responde a las señales que el mercado emite, el cual no considera la capacidad de carga, sino la rentabilidad.

### **2.1.1 Economía agrícola y ambiente**

El análisis convencional de la producción agrícola gira en torno al supuesto de la no sustituibilidad de dos insumos esenciales: tierra y agua, bajo el supuesto que el sistema natural es un proveedor nato e infinito de materia y energía suficientes para transformarse en la producción de un flujo interminable de mercancías que responden a las necesidades sin límites de los agentes productores y consumidores.

Al respecto se han desarrollado distintos enfoques para analizar las consecuencias de la baja disponibilidad de insumos naturales (principalmente la energía fósil) sobre el crecimiento del producto. Tal es el caso de la economía de los recursos naturales, la economía ambiental, la economía ecológica y el enfoque del desarrollo sustentable. En cada una de ellas, el esfuerzo metodológico se concentra en hacer converger en un vector de precios los impactos ambientales físicos que la producción enfrenta ante un escenario de escasez creciente de insumos esenciales.

En este escenario, el análisis reciente de la economía agrícola gira entorno al paradigma en construcción sobre la producción basada en la aplicación de paquetes tecnológicos que permitan sustituir aquellos insumos que den paso a un mejor aprovechamiento de otros no sustituibles en todas las etapas de la producción, desde la preparación del terreno y las semillas, hasta el manejo pos-cosecha y el almacenamiento incluyendo, por supuesto, el efecto sobre los

ingresos de los productores y la modificación de su entorno social. Tal producción debe permitir el incremento y la estabilización de la ganancia, la conservación del suelo así como la cantidad y calidad del producto.

Es a partir del *Informe Los Límites al Crecimiento del Club de Roma o Informe Meadows* (1972) que una parte de la literatura económica incorporó el término “consecuencias ambientales” que se refiere a los efectos que la producción genera sobre la disposición, en cantidad y calidad, de los insumos provenientes del sistema natural cuya sustitución no es económicamente factible, y cuya disposición puede llegar a determinar el ritmo de generación de la ganancia y la rentabilidad de los cultivos.

La discusión acerca de la definición, medición y evaluación de la producción agrícola sustentable continúa siendo dispersa, sin embargo, la mayoría de los análisis parten de la definición que la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente de las Naciones Unidas presentó en el Informe Brundtland, *desarrollo sustentable es aquél que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades* (1987), en general, parece haber un acuerdo en torno a la necesidad de un estudio integral de la sustentabilidad, es decir, explicar la interacción entre el sistema natural, económico y social en el proceso de producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de consumo de los seres humanos.

Aún cuando el concepto de sustentabilidad tiene cabida en todas las áreas de las ciencias tanto las referidas al estudio de las relaciones económicas como las sociales y por supuesto la física, la química y la biología, el sistema económico parece ser el que mayor peso tiene sobre el sistema natural por ser éste el que se encarga de hacer tangibles los bienes de consumo que satisfacen las necesidades básicas de la población. La economía sustentable abordará el problema de la escasez de materias primas y energía necesarias para la continuación de la producción y su explotación armónica con la lógica de reproducción del sistema natural.

Por tanto, para el sistema de producción en general, la sustentabilidad económica es un proceso dinámico en el que interactúan agentes con necesidades de

consumo crecientes junto con recursos naturales finitos en un mismo momento, donde se plantea un uso más eficiente de estos recursos escasos con tal de que no disminuyan las reservas necesarias de energía materias primas. El problema no radica en cómo establecer un ritmo de producción-consumo en el que los sistemas económico y social se modifiquen en el mismo sentido (en términos de sus necesidades de consumo) de manera similar al sistema natural. La disyuntiva se encuentra en afrontar las consecuencias de que los agentes productores y consumidores se comporten contra la lógica del mercado.

A continuación presento lo que diversos autores consideran como elementos de análisis importantes dentro de la agricultura sustentable.

Wilfrid Legg (1999) explica que las practicas agrícolas, deberán ser económicamente eficientes, ambientalmente amigables y socialmente aceptables. Lo anterior implica tres dimensiones distintas.

- La dimensión económica referida a la habilidad de mantener la capacidad de producción potencial para enfrentar la demanda de alimentos presente y futura produciendo un nivel máximo de producto con un nivel determinado de insumos. Esto significa que el sector agrícola es capaz de responder a los cambios en la demanda de los consumidores adoptando o generando nueva tecnología.
- La dimensión ambiental referida a la habilidad para mantener los recursos naturales suficientes (especialmente tierra y agua) mientras se reduce el daño y se incrementan los efectos benéficos derivados de las actividades agrícolas. Por un lado, la agricultura genera contaminación del agua, erosión y acidificación del suelo, emisiones de gases y perdidas de hábitat; pero por otra parte, la agricultura puede contribuir a la conservación de la tierra y el control de las inundaciones, mantiene el hábitat, la biodiversidad y el paisaje. Algunos de estos efectos dependen de las prácticas que los agricultores adopten relacionadas con su ubicación agro-ecológica específica.
- La dimensión social se refiere a la habilidad de mantener la 'equidad socialmente aceptable' dentro de la distribución del ingreso, al interior

del sector agrícola y entre ésta y el resto de la economía, los precios justos de los alimentos pagados a los agricultores y asumidos por los consumidores y el balance entre las oportunidades de empleo en áreas rurales y urbanas. La dimensión social es difícil de cuantificar que muchas veces obedece a razones culturales y está estrechamente ligada a la organización social.

Siguiendo con Legg, encontramos 3 características del sistema de producción agrícola que lo hacen sobresalir del resto de los sistemas productivos en cuanto a su relación directa con el sistema natural.

- Alta dependencia de los recursos naturales: en donde se encuentra, según el autor, el núcleo duro de la sustentabilidad agrícola. Mientras la tecnología agrícola trabaja para incrementar la producción de alimentos, la calidad y cantidad de tierra, suelo y agua permanecen constantes especialmente de agua y la tierra.
- Compleja relación de doble sentido entre la agricultura y el ambiente. La agricultura tiene un rol multifuncional debido a su relación directa entre la productividad y su beneficio o perjuicio ambiental.
- Diversa estructura social y económica en donde existen unidades de producción de muy distinto tamaño que funcionan en el sistema de producción, y que condiciona su acceso a la tecnología de acuerdo a sus esquemas de financiamiento. Esta situación genera que los efectos de la producción sobre el medio sean muy distintos.

Para otros autores, la agricultura sustentable se alcanza sin necesidad de transformar ni el entorno social en el que se realiza, ni las necesidades del mercado.

Por ejemplo, Sylvie Bonny (2000), argumenta que, alcanzar este nuevo tipo de agricultura requiere de la biotecnología como proceso central de transformación, con ello podrán reconciliarse las necesidades de los sistemas económicos y ecológicos para evitar el deterioro ambiental. El antecedente inmediato, para la autora, es el modelo de desarrollo agrícola durante el siglo XX que, especialmente

después de la segunda guerra mundial, generó tres tipos de innovaciones tecnológicas:

- La mecanización con tractores y maquinaria reemplazando el poder de la fuerza humana y animal,
- El uso de químicos, particularmente fertilizantes y pesticidas a base de síntesis de químicos y
- La selección de nuevas variedades de semillas de alta productividad.

Debemos recordar que, las consecuencias de tales innovaciones sin el control apropiado generaron efectos secundarios sobre el medio ambiente. Al reconocer tal degradación, la sustentabilidad agrícola debe ser un proceso que permita que el sistema económico agrícola sea capaz de preservar los recursos y mantener una producción potencial, así como generar ganancias para los agricultores en el largo plazo, proveer de alimento suficiente y de calidad para toda la población, ser socialmente aceptable y socialmente equitativo entre países y al interior de éstos.

Ahora bien, uno de los problemas fundamentales en este paso de la viabilidad biológica hacia la viabilidad económica es la definición correcta de las variables biológicas y económicas para su valoración, las implicaciones más importantes de éste tránsito son dos: el posible incremento de los costos de producción y la caída de los rendimientos físicos durante los primeros ciclos de aplicación.

La evaluación económica de la sustentabilidad agrícola, de acuerdo con Pop y Hoag (1998) puede hacerse bajo tres criterios:

- Sustitución: puede ser descrita por medio de la interdependencia técnica que expresa que tanto puede un insumo ser sustituido por otros cuando existe un cambio de precios o cuando uno u otro insumo comienza a escasear.
- Reversión: es la habilidad de la unidad productora de regresar a un insumo anterior una vez que ha escogido uno nuevo.
- Incertidumbre: se refiere a circunstancias imprevistas que pueden interferir con la producción y se refiere tanto a los precios como a los insumos, el volumen de producción y las ganancias.

Para Oscar Cacho (1999), el estudio de la sustentabilidad agrícola consta de dos aspectos: 1. cualquier medición debe incluir tanto el criterio económico como el biológico y, 2. la naturaleza dinámica del sistema de producción y del ambiente (físico y económico) deben ser cuantificados. El autor define la agricultura sustentable como la habilidad de los sistemas agrícolas de mantener su nivel de productividad en el largo plazo, así, los sistemas agroecológicos (en esta lógica) deberán mantener la productividad enfrentando desajustes sobre la base de los recursos naturales disponibles en el futuro y de los cuales depende la producción actual. Este autor, sin embargo, no hace referencia explícita a la importancia de una tecnología distinta para alcanzar tal productividad.

Estas concepciones de producción agrícola sustentable finalmente deben traducirse al interior de las unidades individuales de producción tanto en su estructura de costos como de ganancias. Gebremedhin y Schwab (1998) apuntan que la sustentabilidad agrícola se expresa en la necesidad de los productores individuales a ser competitivos y rentables simultáneamente con el objetivo de alcanzar la calidad ambiental y de los recursos naturales sobre los cuales depende la economía de la unidad. Aún cuando la carrera por la competitividad fomenta el uso de insumos externos (químicos y fertilizantes), la dependencia de los insumos externos en la unidad productiva puede reducirse, según los autores, atendiendo a:

- La incertidumbre acerca de la existencia y la eficacia en el largo plazo de los insumos;
- La disminución de la estabilidad interna del sistema productivo; y
- La necesidad de responder a las consecuencias de problemas ambientales acumulados.

Hasta aquí se puede concluir que dentro del sistema de producción agrícola la sustentabilidad pretende establecer una forma de agricultura en la que el objetivo sigue siendo el incremento de los rendimientos por hectárea sin afectar la fertilidad presente y futura del suelo mediante la aplicación de un tipo distinto de tecnología. Sin embargo, a pesar de las ventajas que reporta al ambiente, la sustentabilidad económica es un proceso dinámico que se enfrenta

constantemente a las exigencias de la rentabilidad presente y futura de la inversión.

## **2.2 Agricultura alternativa por adopción de un paquete tecnológico**

### **2.2.1 Papel de la tecnología dentro de la producción agrícola**

La revisión está centrada en dos de los temas más importantes dentro de la economía agrícola, la tecnología biológica y los efectos que la sustitución de insumos tiene sobre el nivel de producto, se trata de encontrar la posición de estos temas dentro del análisis que gira en torno al ciclo del producto en una forma particular de producción mediante el cual se diseña la curva de oferta tomando en cuenta la disposición en cantidad y calidad de insumos biológicos en comparación a los insumos de síntesis química.

Su característica es la sustitución paulatina de insumos biológicos internos a la unidad (desechos orgánicos) y/o insumos biológicos externos de menor precio comparado con los insumos químicos (biofertilizantes, especies de plantas que controlen plagas), y prácticas de cultivo que permitan mejorar y conservar en el mediano o largo plazo la productividad por hectárea. La sustitución implica el mantenimiento de otros insumos químicos aplicados en menor medida y se espera que la proporción de uso entre insumos sintéticos y biológicos sea cada vez menor a lo largo del tiempo.

Si bien la sustitución de insumos es inherente a todo proceso de producción, es hasta principios de la década de 1970 que Solow reflexionó sobre la capacidad real de la tecnología de sustituir insumos provenientes de recursos naturales no renovables y sus consecuencias sobre el crecimiento económico.

Cuerdo y Ramos (2000) destacan al respecto que el trabajo de Solow *Equidad Intergeneracional y Recursos No Renovables* (1974) introduce a la discusión sobre el crecimiento económico en el largo plazo el tema de los recursos naturales no renovables como una variable más dentro del modelo que junto con el capital reproducible, es decir, aquél que puede ser acumulable en el tiempo, permiten a la economía mantener su nivel de consumo per cápita.

En el modelo, los procesos de producción y consumo generan una pérdida continua del capital natural, sin embargo, el capital reproducible es capaz de

sustituir al otro y mantener el estado estacionario de la economía, de tal forma que *deja abierta la puerta para entender la sustituibilidad no sólo como un proceso de sustitución entre capital natural y capital manufacturado, sin también como un proceso de sustitución de aquellos activos naturales no renovables por aquellos activos que se pueden reproducir, bien a través de la industria y sus procesos de transformación, o bien gracias a producción de tecnología y conocimiento* (2000, p. 202).

A partir de esta aportación, las posiciones en torno a las posibilidades de sustitución entre el capital manufacturado y los insumos que el sistema natural genera están divididas en dos. Pearce y Atkinson (1993) establecen la primera como sostenibilidad fuerte que niega toda sustitución entre capital natural y manufacturado. Del otro lado se encuentra la sostenibilidad débil que aboga por la sustitución entre uno y otro con el objetivo de garantizar el crecimiento económico en el largo plazo.

Al respecto, Hazell y Lutz (2000) apuntan que estas definiciones permiten incorporar al capital natural a la función de producción permitiendo *intercambios entre los objetivos ambientales y de crecimiento: se pueden degradar o agotar recursos para aumentar la producción, siempre y cuando se realicen inversiones compensatorias en otras formas de capital, a fin de sostener el flujo de ingresos consumibles a los largo del tiempo.*

Esta afirmación es muy optimista al dejar la responsabilidad a las inversiones compensatorias, a pesar que la rentabilidad de éstas en el largo plazo puede ser menor que cualquier otra inversión. No obstante los escenarios futuros de rentabilidad de las inversiones, es un hecho que los procesos de sustitución son el fundamento de la producción alternativa en general, en este contexto la innovación tecnológica puede acelerar o sostener la rentabilidad de las inversiones así como retrasar el proceso de degradación del sistema natural en el mediano y largo plazo.

La sustitución, junto con el reciclaje, son las formas viables en las que el capital puede considerar el mantenimiento del nivel de crecimiento del producto en el tiempo al menos a su nivel anterior. Pearce y Turner (1990) establecen como la

principal razón para realizar la sustitución a las variaciones de los precios de las materias primas debido al límite físico de éstas y al nivel de su demanda por parte de los productores. Precisamente por las variaciones de precios, los procesos de sustitución tienden a ser temporales puesto que al momento en que los precios se mueven a la baja, los productores regresan a su nivel de utilización de insumos de tipo sintético, la característica de la sustitución entonces es su reversibilidad en el tiempo.

Los autores recuerdan que los procesos de sustitución comenzaron a generalizarse al inicio de la década de 1960 cuando la competencia entre el diseño de materiales de distintos tipos permitió mejorar las cualidades de los bienes de consumo final así como el incremento del volumen producido como respuesta a las proyecciones de encarecimiento de los materiales fósiles. Añaden que tal sustitución no sería posible si la innovación tecnológica no ofreciera los insumos adecuados que, en algunos casos, funcionan como sustitutos perfectos pero que sólo es estimulada en el largo plazo por la expectativa de incremento de precios de las materias primas provenientes del sistema natural en combinación con el incremento de la demanda de ciertos productos de consumo final.

De esta revisión es posible concluir que la innovación tecnológica es la fuerza motora que permite la sustitución de insumos que, en la economía alternativa permite a los sistemas de producción cumplir con dos características:

- Económicamente viable que, al permitir la sustitución de insumos de menor precio a los sustituidos, generan rendimientos constantes o crecientes a escala y permiten disminuir los costos de producción, y consecuentemente mantener la rentabilidad de la actividad.
- Ecológicamente viable al incorporar a los sistemas de producción existentes tecnologías que contribuyan por lo menos a mantener las condiciones actuales de contaminación ambiental provocadas por las actividades productivas.

Por lo tanto, cuando un paquete tecnológico cumple con este doble propósito, entonces se le considera como ecológica y económicamente viable y representa la

forma más cercana y viable de concertar los intereses monetarios con los del sistema natural.

Para el caso que ocupa esta investigación, con la aplicación de insumos biológicos el factor tierra es dinámico, cuya productividad disminuye en el tiempo, con la diferencia que la sustitución de una parte de los insumos provoca un círculo virtuoso en cuanto al nivel de flora y fauna existente en un espacio de tierra determinado que permitirá mejorar la productividad por hectárea generando impactos positivos sobre la productividad por unidad de insumo, trabajo y capital.

Para el sistema biológico, la aplicación de un biofertilizante implica el incremento de la población microbiana de las raíces de la planta, mejorando con ello la capacidad de absorción de humedad y nutrientes del suelo y consecuentemente, la mejora de su productividad.

Tal proceso de sustitución de insumos no implica que la unidad de producción transite, necesariamente, hacia la modificación de su sistema de producción, puesto que la adopción de un nuevo insumo solo responde a su racionalidad económica, por lo tanto, las mejoras sobre el agroecosistema sólo serán valoradas en términos de sus costos de producción. Un elemento adicional es la ausencia de mercados especiales para este tipo de productores que involuntariamente generan beneficios al ambiente y que sin embargo no son recompensados con un mayor precio en proporción a las mejoras que generan, por lo que las ganancias pueden crecer gracias al ahorro generado al sustituir un insumo más barato sin que los precios del producto sean el referente directo para medir esta ganancia.

### **2.2.2 Papel de la innovación tecnológica en la economía agrícola**

Desde el punto de vista de teoría económica, la innovación tecnológica está considerada como el medio para revertir la obtención de rendimientos decrecientes a escala, disminuir los costos de producción y mejorar la competitividad de las unidades de producción que la adoptan.

En el contexto actual de deterioro ambiental, es posible afirmar que el efecto de la tecnología sobre las variables económicas depende de la capacidad de adopción ésta. La teoría económica neoclásica explica las funciones de costos de los

sistemas de producción agrícola incluyendo la innovación tecnológica como una variable explicativa en la toma de decisiones de los productores. De acuerdo con Hallet (1981) el progreso técnico tiene influencias decisivas sobre el nivel de producto que se puede obtener en una unidad de producción. En opinión de Kaushik Basu (1990) la adopción de la innovación tecnológica depende no sólo de las ganancias futuras o de la combinación acertada entre trabajo y tierra depende también de: el tamaño de la unidad, el riesgo y la incertidumbre, del capital humano, de la disponibilidad de mano de obra y del tipo de tenencia de la tierra.

De acuerdo con Root (1994) la innovación tecnológica, en cualquier sistema de producción, es el proceso por medio de cual la investigación y la invención se aplican en dos formas básicas:

- Nuevas formas y más baratas de producir bienes existentes ya sea por medio de la innovación en productos específicos o por innovaciones generales que afectan un rango amplio de la producción lo que incluye insumos nuevos o mejorados o procesos mecanizados o automatizados.
- Generación de productos completamente nuevos y mejoras a productos existentes

La innovación tecnológica en los sistemas agrícolas está además estrechamente relacionada con las capacidades naturales del suelo agrícola que permiten una mayor o menor productividad, es por ello que las necesidades tecnológicas son heterogéneas. En términos generales existen dos tipos de tecnologías (Ruttan, 2001, Hayami y Ruttan, 1973)

1. Tecnología biológica y química, fertilizantes, pesticidas, y otros productos, permite contrarrestar la oferta inelástica de tierra y sustituye prácticas de producción intensivas en trabajo representando la fuente principal del crecimiento de la productividad del suelo en esas zonas.

Los avances de la tecnología biológica incluyen uno o más de los siguientes elementos: tierra y agua junto con el desarrollo de recursos provenientes de un ambiente favorable al crecimiento de la planta; la adición de recursos orgánicos e inorgánicos para la nutrición del suelo que estimulen el crecimiento de la planta y

el uso de medios biológicos y químicos que la protejan de plagas y patógenos; selección y reproducción de nuevas variedades de semillas especialmente adaptadas para responder a estos elementos en el ambiente sujeto al manejo.

2. Tecnología mecánica que es ahorradora de trabajo, contrarresta la oferta inelástica de mano de obra y por tanto incrementa la productividad del trabajo, esta situación es típica de los países agrícolas desarrollados en donde la abundancia de capital es una característica que permite la adopción de este tipo de tecnología.

Los efectos sobre la función de producción de la aplicación de la tecnología, cualquiera sea su tipo, son fácilmente reconocibles en los costos de producción y en el nivel de producto y, de forma exógena, de los precios del cultivo y su efecto sobre la ganancia neta de la unidad. El concepto básico, es la ley de los rendimientos decrecientes. *cuando un insumo se incrementa mientras los otros permanecen constantes, el incremento de este insumo traerá incrementos menores del producto final. El nivel que genera ganancias es aquél en donde el consecuente incremento en el nivel de producto (producto marginal) es igual al costo del insumo. Si las condiciones técnicas se mantienen inalteradas los precios de los insumos y los productores determinaran el nivel más rentable de producción en términos de ganancias* (Hallet, 1981). Sin embargo, las condiciones técnicas se ven modificadas precisamente por los precios de los insumos, en ese sentido la innovación tecnológica es presionada por la necesidad de ahorrar en aquél factor de la producción relativamente caro.

De acuerdo con Ruttan (2001) este es el fundamento del modelo microeconómico de cambio técnico que, basado en las observaciones de Hicks sobre el papel de los precios de los insumos en la incorporación de tecnología a la función de producción, es la explicación a la que recurren los economistas agrícolas y de los recursos naturales para entender el papel de las diferencias y los cambios en los factores endógenos de la función de producción los que determinan la dirección del cambio técnico.

Bajo esta premisa, Hayami y Ruttan (1973) desarrollaron el modelo de cambio técnico inducido donde éste se presenta como un elemento endógeno al sistema

económico y representa una respuesta dinámica a los cambios ocurridos en las dotaciones de recursos y al crecimiento de la demanda. Lo anterior asumiendo la existencia de desequilibrios que generan estrangulamientos que impiden el correcto desempeño del sistema de producción agrícola en el sistema económico, tales desequilibrios están relacionados con la acción institucional principalmente que afectan a los sistemas de crédito, fijación de precios o administración de los servicios de extensión. La solución a tales estrangulamientos es la transmisión del cambio técnico de un proceso de producción a otro.

En este modelo se desarrollan tecnologías agrícolas alternativas en el sentido de que están diseñadas para contrarrestar la escasez de los recursos disponibles expresada en sus precios mediante la sustitución de factores de escasez relativa por aquellos de abundancia relativa.

La discusión al respecto se enmarca en la definición de innovación tecnológica. Tradicionalmente en economía, en opinión de Ruttan (2001), invención, innovación y cambio tecnológico son partes sucesivas de un mismo evento sin que exista precisión sobre las diferencias entre cada concepto y donde innovación ha sido más importante que invención. No fue sino que hasta Schumpeter identificó la innovación como la función esencial del empresario y construyó una teoría de desarrollo económico en la cual innovador, innovación, crédito y maximización de la ganancia fueron los elementos centrales que se presentaron diferencias inclusive en la secuencia de los eventos para llegar a la aplicación de nuevas tecnologías.

Al distinguir innovación e innovador de invención e inventor, Schumpeter no solo rechazó la idea de que la innovación depende directamente de la invención, además estableció que el proceso que produce innovaciones es diferente económica y sociológicamente del proceso que produce inventos y procedió entonces a definir la innovación en términos de un cambio en la forma de la función de producción (Ruttan, 2002).

En términos generales, la innovación schumpeteriana tiene cinco categorías: a) fabricación de un nuevo bien (que incluye su invención), b) implantación de una forma de producción original (especialmente en organización), c) nuevos

desfogues para la producción (entrada a nuevos mercados), d) incorporación de nuevas fuentes de materias primas (descubrimiento de materiales o insumos) y d) transformación de las condiciones del mercado (Jeanot, 2002).

Para Ruttan, esta serie de pasos no son suficientes para establecer una teoría de la innovación puesto que es necesario incluir un par de relaciones. La primera es la relación entre ciencia y tecnología en donde la primera no siempre ha sido un paso determinante para el desarrollo de la segunda, el autor ejemplifica con la invención de la máquina de vapor la que antecedió y contribuyó a los avances en el conocimiento de la metalurgia y la termodinámica, así mismo, los hermanos Wrigth desarrollaron el primer aeroplano sin un entendimiento de la teoría aerodinámica, al contrario, su invento indujo avances en la teoría de la aerodinámica y la ciencia de los materiales.

Los inventos que revolucionaron los sistemas de producción no necesariamente fueron aplicados por sus autores, como sucedió con la bombilla eléctrica, pero su existencia permitió que otros agentes innovaran en el terreno de la organización de la producción y la comercialización de tal invento.

Una segunda relación es la que debe existir entre los sistemas de investigación pública, la innovación institucional asociada a ella, y la generación de bienes no excluyentes como productos de la investigación. Especialmente en el sector agrícola, los avances en la tecnología biológica son mayormente susceptibles de ser no excluyentes, por lo que las ganancias posibles pueden no ser retribuidas a los dueños de las patentes, por ello suelen ser más rentables las innovaciones en la mecanización por lo que la investigación privada puede recibir ganancias en este rubro más que en otras innovaciones. En los dos casos, se hace necesaria la inversión pública en investigación, desarrollo y difusión de la tecnología como productos no excluyentes como una forma de evitar poner en peligro la productividad agrícola, especialmente de los productores más pobres quienes, generalmente, no tienen posibilidad por sí solos de acceder a las innovaciones.

La experiencia global de este planteamiento fue la RV que siguió el esquema en el que intervinieron capital público y privado para el desarrollo y aplicación de variedades de arroz, maíz y trigo de alta productividad que ya habían sido

manipuladas en laboratorio por otros investigadores. La creación del International Research Rice Institute (IRR) con el financiamiento de la Fundación Rockefeller, la fundación Ford y el gobierno de Filipinas permitió el desarrollo a gran escala en la experimentación de variedades de arroz que habían sido efectivas con anterioridad en Japón y Taiwán en la década de 1950. Estos esfuerzos institucionales permitieron en 1962 combinar ciencia y tecnología en un mismo momento para implantar nuevas variedades surgidas de la recolección de todas las variedades de arroz en el mundo, ya fueran nativas o híbridas, para desarrollo y prueba de nuevas variedades que permitieron obtener incrementos en el rendimiento por hectárea entre 50 y 100%. Los descubrimientos anteriores en la materia fueron la base para que ciencia y tecnología se combinaran, a inicios de la década de 1970, para producir, distribuir y aplicar una innovación tecnológica a gran escala. (Ruttan, 2002)

La innovación fue diseñada para resolver un problema de escasez de alimento en términos de volumen lo que incluyó la modificación de las condiciones naturales de nutrición del suelo. Treinta años después de que Hayami y Ruttan desarrollaran su Modelo de Innovación Inducida (1971), Ruttan añade que la capacidad del análisis teórico de la economía agrícola para analizar en conjunto de variables imiscuidas en el proceso del cambio técnico es todavía débil. Un análisis más cercano a la realidad debe sumar, además del clásico sistema oferta-demanda de alimentos y sus variables económicas (forma de la curva de oferta), los procesos de innovación institucional que se dan de forma paralela a la innovación tecnológica, lo que incluye los aspectos culturales, políticos y sociales del mismo, así como las consecuencias biológicas de tal innovación y sus consecuencias futuras sobre la productividad de los cultivos atendiendo a las características particulares de cada país.

Para el caso mexicano, desde 1999 el modelo de innovación y difusión de tecnologías inducidas se concentra en Alianza para el Campo mediante el Subprograma de Investigación y Transferencia de Tecnología (SITT). Su objetivo es otorgar apoyos para generar tecnologías así como su transferencia y difusión.

De acuerdo con la FAO<sup>1</sup> (2005), el SITT busca mejorar la calidad de los productos agrícolas que se insertan en una cadena agroindustrial específica. El modelo de generación y difusión de la tecnología es distinto en cada estado puesto que la federalización de los recursos de Alianza permiten que los recursos sean utilizados de acuerdo a las prioridades y oportunidades que los gobiernos estatales identifican, a los que se suman recursos propios del estado y donde es posible financiar no sólo a las instituciones públicas de investigación, sino a otro tipo de organizaciones. Las tecnologías que se difunden son diversas, en 2005 por ejemplo, el Edomex subsidió fertilizantes químicos y semillas híbridas generados por investigadores del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX) junto con el CIMMYT y el INIFAP. Para ese mismo año en Sinaloa, el SIIT se concentró en el apoyo y difusión de variedades de semillas híbridas junto con otras tecnologías para maíz que incluye la aplicación de fertilizantes químicos. Bajo este esquema, cada estado diseña y aplica un modelo de generación y difusión de tecnologías dependiendo de la cadena agropecuaria de importancia en la zona y de la capacidad de interacción de los agentes productores y consumidores de tecnología en las regiones y de la competitividad de los cultivos beneficiados.

### **2.2.3 Productores innovadores**

Esta breve revisión sirve a este trabajo para definir quiénes son los agentes innovadores, si los científicos que desarrollaron la bacteria del BiofertiBuap y se encargan de su difusión y comercialización, o los productores que adoptan el biofertilizante. Para responder la pregunta se tomó como base la propuesta de Ruttan sobre la innovación tecnológica y su difusión.

El desarrollo científico del BiofertiBuap no puede inscribirse en un sistema como el de la RV, es decir, inducido. Es resultado de una investigación y desarrollo científico que el Dr Caballero<sup>2</sup> inició en 1986 en el laboratorio de Microbiología del Suelo de la BUAP. El desarrollo de bacterias en laboratorio para crear biofertilizante es una innovación tecnológica por las siguientes razones:

---

<sup>1</sup> [http://www.evalalianza.org.mx/Eval2005/Resultados2005/PDFs/Nacional/InfEvalNaI\\_ITT\\_2005.pdf](http://www.evalalianza.org.mx/Eval2005/Resultados2005/PDFs/Nacional/InfEvalNaI_ITT_2005.pdf)

<sup>2</sup> El Dr. Caballero actualmente trabaja en el Centro Nacional de Fijación de Nitrógeno donde continúa su actividad científica sobre diversos tipos de biofertilizantes

- Se encuentra en el grupo que Hayami y Ruttan llaman de mejoramiento de las tecnologías y que corresponde a los fertilizantes.
- Corresponde a la generación de un productor nuevo. Es un fertilizante nuevo puesto que fue creado especialmente para la mejora en la producción de maíz de temporal. Es una innovación que responde a necesidades específicas en el sistema de producción. Es una variación técnica creada en laboratorio externa al proceso de producción agrícola de maíz de la zona y que funciona como catalizador de las funciones biológicas naturales del suelo.

En cuanto a los productores, la respuesta tiene dos partes. La primera al ubicar a los productores en el esquema de desarrollo científico, entonces no lo son puesto que no son ellos quienes crean las innovaciones y la institucionalidad necesaria para desarrollarla y difundirla. La segunda parte de la respuesta tiene que ver con el entorno social en el que se ubican, es decir, en el sentido de Schumpeter, son dueños de unidades de producción que buscan disminuir sus costos de producción mediante la incorporación de mejoras a la producción en comparación a otras unidades que se mantienen al margen de la tecnología o que aplican lo que les dicta su tradición de cultivo sin importar si es o no la mejor opción económica. En este sentido más social de la producción, los productores sí son innovadores, puesto que a raíz del descubrimiento o desarrollo científico de otros están innovando en sus formas organizativas y de producción respecto a su entorno inmediato. A los productores que utilizan el biofertilizante se les considera productores innovadores por las siguientes razones:

- Todos los productores incluyeron la práctica de biofertilización como un cambio a su paquete anterior y no lo habían usando anteriormente.
- Todos los productores aplicaron la innovación y la adoptaron para mejorar las condiciones económicas y físicas del suelo es decir, responden a lo que la teoría dice respecto a las unidades económicas que introducen mejoras tecnológicas: disminuyen sus costos totales y hacen más eficiente el sistema de producción.

- Si los productores adoptan un insumo nuevo entonces son innovadores.

Esta es la situación por la que los productores objeto de estudio decidieron sustituir una proporción de fertilizantes químicos (N,K,P) por un biofertilizante, por lo que los ubico como productores alternativos bajo sustitución de insumos.

La inversión pública en ciencia y tecnología permite a estos productores ser innovadores en términos tecnológicos y organizativos. A lo largo de este trabajo hago énfasis en la importancia de este tipo de inversión para el conjunto de la agricultura de maíz de temporal en México y en el apartado siguiente, presento mi propuesta de seguimiento económico de tales unidades.

#### 2.2.4 Evaluación económica del sistema de producción alternativo bajo sustitución de insumos

Desde mi punto de vista, las formas de evaluación y seguimiento a la producción agrícola alternativa son de dos tipos. La primera se puede ubicar en el nivel macroeconómico que da seguimiento a los instrumentos específicos de política agrícola que fomentan el alejamiento de la tecnología de la RV, donde se analiza en particular información generada respecto al manejo ambiental de la producción agrícola lo que incluye indicadores económicos y físico-químico del uso de suelo y agua.

Tabla 1

<b>Indicadores Agro-ambientales de la OECD. 2001</b>		
<b>I. Agricultura en el contexto económico, social y ambiental</b>		
<b>1. Indicadores e información de contexto</b>		<b>2. Recursos financieros de las unidades de producción</b>
PIB agrícola	Uso de la tierra	- Ingreso agrícola
Producto agrícola	- Cantidad total de tierra	- Gasto agro-ambiental
Empleo rural	- Cambios en la tierra agrícola	Gasto agro-ambiental público y Privado
Edad y sexo de población rural	- Uso agrícola de la tierra	Gasto en investigación agroambiental
Nivel de educación		
Número de unidades de producción		
Infraestructura agrícola		
<b>II. Manejo de la Unidad de Producción y del Ambiente</b>		
<b>1. Manejo de la Unidad de Producción</b>		

Manejo general de la unidad - Planes de manejo ambiental de la unidad - Unidades de producción orgánicas	Manejo de nutrientes - Planes de nutrición - Análisis de suelos  Manejo de plagas - Uso de métodos no químicos de control de plagas - Uso integral de manejo de plagas	Manejo de suelo y tierra - Covertura de suelo - Prácticas de manejo de tierra Manejo de sistemas de riego y agua  - Tecnología de irrigación
<b>III. Uso de Insumos y de Recursos Naturales</b>		
<b>1. Uso de nutrientes</b>	<b>2. Riesgo y uso de pesticidas</b>	<b>3. Uso de agua</b>
Balance de nitrógeno Eficiencia de nitrógeno	Uso de pesticidas Riesgos de pesticidas	Intensidad del uso de agua Eficiencia del uso del agua - Eficiencia técnica del uso del agua - Eficiencia económica del uso del agua
<b>IV. Impactos Ambientales de la Agricultura</b>		
<b>1. Calidad del suelo</b>	<b>3. Conservación de tierra</b>	<b>4. Gases invernadero</b>
Riesgo de erosión por agua  Riesgo de erosión por viento	Capacidad de retención de agua Flujo de sedimentos externo a la unidad	Emisiones totales de gases invernadero en la agricultura
<b>5. Biodiversidad</b>	<b>6. Hábitats salvajes</b>	<b>7. Paisaje</b>
Diversidad genética  Diversidad de especies - Especies salvajes - Especies no nativas  Diversidad del ecosistema - Hábitats salvajes	Hábitats explotados de forma intensiva por la agricultura  Hábitats agrícolas semi-naturales Hábitats naturales sin cultivar Matríz de hábitat	Estructura del paisaje - Características ambientales y patrones de uso de la tierra Características culturales - Manejo del paisaje - Costo y beneficios del paisaje

Fuente: Environmental Indicators for Agriculture, Vol. 3 Methods and results,. OCDE, 2001

Tomando como referencia los indicadores que la OCDE reconoce para evaluar como política pública a la agricultura alternativa (por sustitución de insumos o por cambio de sistema de producción) resulta casi imposible de realizar un seguimiento de este tipo para la agricultura Mexicana, principalmente porque no existe una política a nivel macro que genere información sobre el grado de alejamiento de la tecnología de la RV. En general se hacen seguimientos parciales en el sentido de que son realizados por distintos centros de investigación pública e instituciones de los gobiernos federal y estatal, sin que se publiquen en la

estadística de la oferta agrícola nacional. El ejercicio que existe se refiere a la producción orgánica y las cifras difieren de las fuentes oficiales y las de las agencias certificadoras, la información se limita a dar cuenta de las unidades de producción que se encuentran certificadas. El problema principal aquí es que al no haber una política específica no se establecen metas de política pública lo que supone la falta de identificación de la capacidad de la agricultura mexicana de alejarse de la RV.

A pesar de ello, puede darse cuenta de algunas acciones institucionales que fomentan la agricultura alternativa por sustitución de insumos en México. Desde finales de la década de 1990 la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA), ha implementado algunos programas de apoyos que fomentan la sustitución de las tecnologías de la RV.

En 1999 Alianza para el Campo subsidió al 100% un biofertilizante, elaborado por la UNAM, que fue entregado a los beneficiarios a nivel nacional pero que al no tener acompañamiento técnico fue aplicado de forma incorrecta y en consecuencia, los resultados no fueron satisfactorios. De tal experiencia el registro de datos correspondiente a la superficie fertilizada por los beneficiarios de Alianza no hace diferencia entre la aplicación de un biofertilizante o de fertilizante químico. En términos de política pública, el 7 de diciembre de 2001 se publica la Ley de Desarrollo Rural Sustentable bajo la cual debieron diseñarse una serie de instrumentos económicos para la agricultura, uno de sus objetivos es preservar la base de recursos naturales y la biodiversidad mediante su uso sustentable. Es hasta 2005 que el gobierno federal a través de la SAGARPA diseñó una forma de financiamiento público dirigido a unidades de producción que busquen reconvertirse hacia la producción orgánica o bien estén en proceso de certificación. Operado por el Fideicomiso de Riesgo Compartido para la Agricultura (FIRCO) por medio del Programa de Apoyos e Incentivos a Sistemas Orgánicos y/o Sustentables de Producción dentro del Fondo de Riesgo Compartido para el Apoyo a los Agronegocios, otorga desde 2005<sup>3</sup> financiamiento a organizaciones

---

<sup>3</sup> Reglas de Operación en el DOF del miércoles 2 de marzo de 2005, p.25

de productores que se encuentren en proceso de reconversión a la agricultura orgánica y/o en proceso de certificación

Así mismo, algunos estados de la república a través de sus gobiernos locales han impulsado el cambio de paquete tecnológico a partir de 2004. Los gobiernos de Michoacán, Guerrero, Puebla y Distrito Federal (DF) cuentan con programas que fomentan la producción alternativa, aunque los instrumentos de política son distintos en todos los casos, la innovación tecnológica que se promueve y apoya es la sustitución de insumos. El caso del DF es distinto a los anteriores puesto que es la primera entidad en México que cuenta con una norma ambiental para la agricultura ecológica del suelo de conservación del Distrito Federal (NADF-002-RNAT-2002). Se trata de lineamientos técnicos que deben seguir las unidades de producción que así lo decidan para lo cuál tienen acceso a un financiamiento a fondo perdido renovable cada ciclo productivo mediante el cuál podrán cumplir con lo establecido en la norma y obtener así la certificación orgánica (Sello Verde) que el Gobierno del DF emite. Esta norma certifica a los productores como orgánicos sin que los lineamientos sean aceptados en su totalidad por IFOAM u otras agencias certificadoras por lo que los productores no acceden a mercado de exportación y/o ocales en donde obtengan un precio mayor.

Para los casos de Michoacán y Guerrero, cuentan con un Programa de Biofertilización mediante el cuál subsidian 50% del precio del biofertilizante cuya patente pertenece al UNAM.

La Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla (SDR) a través del Departamento de Fertilización promueve el uso del biofertilizante de la BUAP desde 2000. Después de haber participado en el programa de biofertilización nacional de 1999 a través de Alianza para el Campo, en 2000 la SDR inicia la distribución del Biofertibuap como un proyecto piloto. En ese año, se entregó de forma gratuita a cinco mil productores principalmente en los Valles altos (Libres, Grajales, Acajete, Aljojuca, San José Atenco, Cd. Serdán) para la producción de maíz, sorgo y cebada, se observó entonces un incremento de la productividad en 20%. Junto con la entrega del Biofertibuap se da capacitación para la aplicación y se hace énfasis en el costo en comparación al químico

En 2001 el mecanismo cambió y no se entregó de forma gratuita, la SDR sólo tiene parcelas demostrativas, giras de intercambio y demostraciones de productividad principalmente en la zona de los valles altos, ahí se les informa a los productores las ventajas del uso del biofertilizante, así como la recomendación de así como la recomendación para adoptar prácticas agrícolas amables, principalmente labranza cero, se induce a los productores a tomar una u otra opción de fertilización y se les informa de las posibilidades de mercado para adquirirlos. Las demostraciones y la inducción se hacen conforme a la demanda de los productores y del presupuesto asignado al programa. se capacita sobre las dosis de aplicación y se canaliza a los productores a la BUAP donde lo adquieran directamente sin ningún subsidio o bien con algún distribuidor local.

De los cinco mil productores a los que les entregó el bf en 2000, en 2005 sólo 1,200 continuaron con la aplicación.

Bajo este esquema, en 2006 se cubrieron 85 000 hectáreas en el estado, y se buscó que se generaran procesos de sustitución hasta en un 90% de insumos orgánicos distintos al bf, sin embargo, no hubo productores que lo aplicaran porque fue un buen año agrícola y decidieron no aplicarlo. En 2007, por el recorte de presupuesto, se espera cubrir 65 000 has que representan el 5% del total del estado y para el caso particular del bf se espera que se sustituya un 20% de la fertilización química con bf. Para 2008 está planeado que sí se entregue el bf a los productores mediante un subsidio de 50% al precio de mercado.

Al ser programas de reciente diseño y aplicación, no existen indicadores económicos que incluyan el beneficio ambiental de la sustitución en combinación con el beneficio económico de las unidades que adoptan la tecnología y del agroecosistema sobre el que se aplica. Los indicadores dan seguimiento a la superficie sembrada con esa tecnología y la cantidad de producto obtenido, así como la inversión pública, estos indicadores además son muy recientes y resulta imposible generar tendencias. Como vemos, el seguimiento y evaluación a nivel macroeconómico de la política pública que puede hacerse a la agricultura alternativa en México está en construcción.

La segunda forma de realizar seguimiento y evaluación de la agricultura alternativa por sustitución de insumos es a nivel microeconómico, y sigue los criterios conocidos por el análisis económico convencional de la economía agrícola y se identifican dos vertientes. La primera está haciendo esfuerzos para incluir datos sobre las condiciones biológicas y químicas del suelo agrícola como variables independientes que explican el nivel de producto y los costos de producción cuando se combina con insumos distintos a los de la RV.

Una situación ideal sería combinar indicadores biofísicos y económicos, lo que implica contar con series de datos históricas que permitan medir los cambios físicos del suelo debidos a la aplicación de insumos y tecnologías distintas y cruzarlos con el comportamiento de los costos de producción y, en su caso, con series de precios en mercados alternativos, salarios y niveles de ganancia.

Si bien las valoraciones económicas que incluyen indicadores biofísicos anteriores y posteriores a la aplicación de las innovaciones tecnológicas son incipientes, son una medida importante para la toma de decisiones de los productores respecto a la adopción de un nuevo paquete tecnológico.

En los países desarrollados, principalmente, la toma de decisiones de los productores agrícolas obedece a los llamados “indicadores alternativos” que básicamente expresan cualidades físicas y biológicas. En opinión de Pannell y Glenn (2000) los indicadores alternativos pueden ser de alguno de los siguientes tipos:

- biomasa microbiana del suelo,
- composición orgánica del suelo,
- nivel de proteína del suelo,
- diversidad de la producción,
- densidad de lombrices en el suelo,
- uso de pesticidas, nivel de pH en suelos,
- profundidad de las raíces de los cultivos, y
- tablas de contenido de humedad del suelo.

De acuerdo con los autores, lo que el indicador refiere debe complementarse o bien expresarse en términos monetarios, la principal relación es la mejora en la

productividad de suelo alcanzada mediante la adecuada toma de decisiones tomando como base los indicadores propuestos y las posibilidades de que tal productividad sea efectivamente correspondida por un precio que garantice la viabilidad.

Es importante aclarar que las mediciones económicas de la agricultura alternativa no parece haber consenso en torno a cómo se adoptan las variables biológicas o químicas que indican el grado de deterioro del suelo, frente a esta situación de desacuerdo, se encuentra un equivalente expresado en el incremento de la productividad por extensión de tierra.

La medición económica, en todos los casos anteriores, considera las siguientes variables:

- Nivel de producto
- Costos de producción por hectárea por unidad de producto
- Ingresos de la unidad después del cambio

La variación entre un grupo de estudios y otro radica en el método de evaluación económica que trata de evaluar en términos monetarios los indicadores biológicos. La valoración puede realizarse con el criterio ingreso-costos a través de modelos econométricos de regresión lineal para variables binarias de tipo “probit” (Nelly y Lee. 1999). La conclusión de esta medición es la toma de decisiones de los productores en torno a si adoptar o no un insumo o práctica distinta con base en sus ingresos futuros.

Existen otros modelos de simulación mediante programación lineal (Barbier, 1998) que combinan los resultados calculados del impacto de la erosión sobre la productividad en el largo plazo, una vez más como indicador para toma de decisiones.

En cuanto a la temporalidad del análisis, los modelos anteriores manejan simulaciones para periodos futuros con asignación de valores para variables cualitativas lo cual significa que la información disponible es muy reducida puesto que no hay seguimientos puntuales en cuanto a costos de producción con uno y otra práctica o insumo, y tampoco sobre la recuperación de la fertilidad del suelo en términos de componentes químicos del mismo. La temporalidad por tanto,

puede manipularse dependiendo de la característica que se le de a las variables involucradas.

Fernandez-Cornejo (1992) aborda la sustitución de insumos agrícolas desde el punto de vista de la elasticidad de sustitución de los insumos de Hicks y Marshall para establecer el impacto de posibles impuestos al uso de pesticidas y herbicidas en el corto y largo plazo sobre las utilidades de unidades productoras de maíz en Illinois, EUA. El autor señala que los estudios econométricos sobre la sustitución de insumos pueden presentar fallas debido a la baja confiabilidad de los datos sobre la elasticidad precio de la demanda de insumos para la agricultura norteamericana.

Una segunda vertiente es el análisis convencional a nivel macroeconómico sin incluir valores químicos o biológicos pero asumiendo que la sustitución de insumos de la RV mejora por definición la composición de nutrientes del suelo, lo que afectará de forma positiva o negativa la productividad agrícola dependiendo de las condiciones económicas en las que se realice.

Este tipo de análisis se ha concentrado en la producción orgánica certificada, sin embargo, en países donde la producción agrícola tiene como principal destino el autoconsumo, el reconocimiento económico a la adopción de tecnologías distintas a la RV se enfrenta a las restricciones que la esfera de la comercialización impone. A nivel microeconómico, la valoración económica de la producción orgánica se basa en la ganancia monetaria obtenida en los mercados especiales existentes, generalmente de exportación, y responde a las condiciones de oferta y demanda, puede medir los beneficios mediante los rendimientos por hectárea (que expresan la mejora en el nivel de fertilidad), y los costos de producción (el ahorro generado a la unidad debido a la incorporación de insumos biológicos).

De acuerdo con Trápaga (2003) la agricultura orgánica certificada está dividida en dos grupos, el primero se rige por las reglas del mercado convencional en el que la oferta responde a las oportunidades de comercialización con un precio distinto a los productos convencionales. En este grupo se encuentran los países desarrollados independientemente de sus compromisos ambientales pero que responden al criterio de la rentabilidad como parte de un nicho de mercado,

Estados Unidos de América y Australia, otros atienden al criterio de multifuncionalidad de la agricultura como la Unión Europea y Japón. Así también se encuentran los países de bajo y mediano desarrollo cuya base de exportación agrícola cuenta con la capacidad técnica de alcanzar los estándares que la certificación exige y les abre la posibilidad de colocarse en mercados de exportación de altos ingresos.

El segundo tipo es el que se desarrolla en los países pobres donde el ingreso de la mayoría de los productores agrícolas obliga la aplicación de tecnologías fuera de la RV y que no tienen posibilidad de entrar al mercado por ser considerados ineficientes, en este grupo se encuentra toda la agricultura de autoconsumo de América Latina, África y Asia.

En términos generales puede afirmarse que la adopción de tecnologías distintas y el seguimiento del ciclo del producto depende de la restricción monetaria de los agentes productores y de la existencia de subsidios que los gobiernos otorgan a sus productores para que se alejen de la tecnología de la RV, es por ello que la mayor cantidad de hectáreas dedicadas a la producción orgánica certificada se encuentra en países desarrollados. De acuerdo con el International Federation of Organic Agricultural Movements (IFOAM) en 2004, Liechtenstein ocupa el primer lugar en el mundo en cuanto a la superficie certificada (26.40%) respecto a la superficie agrícola total, en comparación con los países agrícolas más importantes, 0.23% de EUA, 4.10% de Alemania y 1.70% de Francia. En ese mismo año México contaba con el 0.20% de superficie certificada, comparada con el 3.11% de Costa Rica.

Aún cuando la producción orgánica certificada sigue la lógica del ciclo del producto, no refleja la realidad de la adopción de tecnologías alejadas de la RV, más adelante en este trabajo se presentan la evolución del consumo de fertilizantes químicos por tipos de países y ahí se evidencia la baja capacidad que tienen los países más pobres de adoptar la tecnología de la RV, situación que los obliga, para fortuna del ambiente, a continuar con la aplicación de paquetes tecnológicos característicos del ciclo del producto, cuyo principal manifestación es la sustitución de insumos.

En ese sentido, evaluar la producción alternativa por sustitución de insumos bajo los parámetros del análisis convencional, basado fundamentalmente en los precios de mercado y la ganancia de los productores, no refleja los beneficios biológicos que la sustitución de insumos provoca. Esto es, cuando la sustitución de insumos no está dentro de la agricultura orgánica certificada, puede no generar rendimientos crecientes a escala, lo que invalida el argumento de la rentabilidad de los cultivos debida a la externalidad positiva que la tecnología provoca. Al no generarse un mayor nivel de producto con una menor cantidad de insumos y una mejora en la tecnología, la posible rentabilidad a precios dados en el mercado no existe para estos productores.

En el análisis convencional la sustitución de tecnología por una de mayor rendimiento por extensión de tierra cultivada, se toma como una medida de competitividad en el mercado. Si los productores que innovan sus sistemas obtienen rendimientos crecientes a escala enfrentando menores costos totales tienen amplias posibilidades de posicionarse en el mercado para productores competitivos, por tanto las mejoras al suelo son consideradas como rentables sólo cuando generan rendimientos crecientes a escala.

Para la agricultura alternativa por sustitución de insumos, en cambio, la rentabilidad y la competitividad no son criterios adecuados para calificarla como viable o inviable, simplemente porque los beneficios biológicos no tienen referente en precios de mercado y la sustitución no necesariamente genera rendimientos crecientes a escala.

Para cualquiera de las dos opciones, la evaluación económica de la sustitución de insumos se enfrenta, como cualquier otro proceso de sustitución de tecnologías, a la capacidad del mercado agrícola para absorber tales cambios y poder generar utilidades a los productores que los adopten. En este caso particular de sustitución, los precios de mercado se mantienen en un nivel que está definido por la oferta y la demanda de productos que no consideran las mejoras ambientales, tales mercados se caracterizan por responder a un sistema de precios determinado por los niveles de productividad alcanzados por medio de una tecnología que no considera el daño al ambiente. En esa lógica, el vector de

precios expresa la disminución de costos de los productores a costa del deterioro del suelo, en donde la ganancia futura es el motivo por el cuál los agentes consideren la sustitución.

Dado que la sustitución es resultado de la restricción presupuestaria de los productores, la adopción del biofertilizante gracias a su menor precio, puede representar un ahorro considerable en términos de costos totales de producción generando con esto una disminución en la necesidad de compra de insumos externos.

En contraparte, el volumen de un mismo cultivo producido bajo esquemas tecnológicos no contaminantes es mínimo tanto como para no tener ninguna influencia en la determinación de precios. El vector de precios de estos productos expresaría entonces no sólo los costos de producción, sino también el valor de conservación del suelo.

Ante la evidencia de medición microeconómica concentrada en la agricultura orgánica certificada en un vector de precios especiales, este trabajo está concentrado en la valoración económica bajo el principio de la minimización de los costos, vía sustitución de insumos caros por otros de menor precio. Como mencioné antes, la esfera de la ganancia no se explora aquí dado que el producto obtenido de la sustitución no tiene un referente en precios de mercado. Su comercialización y ganancias respectivas se logran bajo las reglas del mercado convencional cuyos precios no reflejan el beneficio biológico adicionado y el incremento de valor gracias al aumento de la fuerza de trabajo utilizada, a lo que se suma la posición de los productores como tomadores de precios.

Para el mercado convencional, la producción de la agricultura alternativa por sustitución de insumos es regresiva pues, generalmente, la productividad tiende a mantenerse constante.

En el siguiente apartado expongo las consideraciones bajo las cuales este trabajo concentra el análisis en la esfera de la producción, cuya expresión monetaria son los costos de producción resultantes de la sustitución de insumos químicos por el Biofertilbuap.

### **2.2.5 Costos de producción de la agricultura alternativa de sustitución de insumos**

La literatura técnica sobre los efectos que la innovación tecnológica de tipo biológico tiene sobre los costos de producción no clasifican los costos y sus diversas manifestaciones a lo largo del ciclo de producción por lo que asumen a los agentes productores como aquellos que toman decisiones de acuerdo a los rendimientos esperados o al nivel de producto en cada ciclo después de lo cuál tomará decisiones sobre la posible sustitución de insumos.

El análisis que incorpora los límites de la capacidad productiva del sistema agrícola ha transitado de un interés de medir el costo-beneficio del cambio de insumos o practicas hacia la consideración de las implicaciones físicas para el medio natural al que se le aplican tales cambios.

Una forma más factible de medir el impacto económico específicamente para la sustitución de insumos químicos por biológicos es el comportamiento de las costos de producción de las unidades que llevan a cabo la sustitución en comparación con otras que no lo hacen. Esta medición no incorpora indicadores biofísicos del suelo antes y después de la sustitución pues se requieren de registros de series de datos que generalmente no están disponibles. Sin embargo, para el análisis económico, la valoración del ahorro generado por sustitución de insumos aún sin tomar en cuenta el beneficio ambiental que éste genera, es suficiente puesto que la agricultura alternativa se enfrenta a un mercado convencional donde su prioridad es la minimización del costo y por medio de ésta, una posible maximización de la ganancia sin que ésta la determine el valor de los servicios ambientales que la aplicación del biofertilizante genera.

Para esta tesis en particular, la información que fue posible recabar se refiere a los costos de producción y los precios de los fertilizantes químicos y biológicos que intervienen en la producción de maíz en la zona de estudio solo para dos ciclos, por lo que la metodología más adecuada para analizar la sustitución es la que ofrece el Committee on the role of alternative farming methods in modern production agriculture, board on agriculture, y national research council del United States Department of Agricultura (USDA).

Según el USDA (1989) la cuantificación monetaria que expresa el funcionamiento de la agricultura alternativa debe enfocarse en problemas tales como la disminución de los gastos unitarios cuando la unidad produce sus propios insumos, el incremento de producto neto por unidad de insumo, la producción de cultivos más rentables, la reducción de los gastos de capital en maquinaria, sistemas de riego e infraestructura, y la reducción de las pérdidas de ingresos por las fluctuaciones de precios de mercado.

Así, el impacto directo lo tendrán los costos de producción de la unidad al ahorrar una parte considerable por dos vías principales:

- el uso de los desperdicios de la propia producción (rotación de cultivos, uso de los desechos animales como fertilizantes)
- la sustitución de los insumos químicos para combatir plagas animales o vegetales por fauna endémica

Se espera entonces que en el largo plazo y, conforme se demuestre la viabilidad económica y biológica de la adopción de tales prácticas, los agricultores ampliarán cada vez más las fases de la producción en las que tengan que aplicar una tecnología adecuada al medio.

La valuación económica, continúa la investigación, parte de cuantificar el costo de oportunidad de los agricultores cuando se enfrentan a la posibilidad de sustituir algún insumo externo, este costo de oportunidad no estará necesariamente ligado a la ganancia. Esta valorización supondría un tipo de mercado en el que la lógica no es la multiplicación de la ganancia por el incremento de la productividad por hectárea, sino el incremento de la fertilidad por hectárea que puede no traducirse en el incremento del nivel de producto, ni por supuesto, de la ganancia.

Para ello, las variables que se consideran para realizar su valoración económica son: tamaño de la unidad, administración de la unidad, prácticas de alimentación del ganado, estrategias de comercialización, control de malezas e insectos, uso de variedades de semillas resistentes a plagas, mantenimiento de la fertilidad de suelos, sistemas de irrigación, regulación entre la superficie de la unidad dedicada al uso ganadero y las hectáreas dedicadas al cultivo y, finalmente, la administración financiera.

De las variables anteriores, la evidencia empírica que el estudio explora indica que, la practica más común en los productores estadounidenses seleccionados son la rotación de cultivos y la introducción de especies de flora y fauna endógenas resistentes a otras plagas. El resto de las actividades del proceso productivo bajo métodos tradicionales se mantienen junto con las alternativas.

Bajo esta óptica el indicador se vuelve alternativo hasta el momento en que la producción tiene un referente monetario, es decir, los productores toman decisiones midiendo su costo de oportunidad, aún cuando los productores se enfrentan a un precio del mercado convencional, aún así, la viabilidad económica de la producción alternativa está siendo medida en función de la mejora de la productividad asociada a la conservación del suelo y su referente en precios.

En México, el mercado convencional no reconoce a las unidades que practican agricultura alternativa mediante la sustitución de insumos al considerarlas de baja productividad por lo que, a mi juicio, el mejor indicador de la viabilidad económica y ecológica es el costo de producción debido a la sustitución. Para realizar el análisis, tomaré como guía la clasificación de costos que propone el USDA al evaluar los costos de producción de unidades que sustituyen insumos químicos por biológicos, este enfoque tiene un punto de partida distinto en donde los costos de incorporación de insumos biológicos afectan de manera diferenciada la estructura de costos medios y totales y dado que los precios de mercado no son suficientes para medir rentabilidad de los productores que sustituyen, el análisis de esta tesis se mantiene en los costos de producción que se reducen gracias a los ahorros que genera la adopción de un insumo de menor precio.

La sustitución, entonces, puede generar al menos algunas de las siguientes ventajas para la unidad productora:

- Disminución de los gastos por unidad de insumos adquiridos
- Incremento del producto por unidad de insumo
- Producción de granos y ganado de mayor valor comercial
- Reducción de los gastos de capital en maquinaria y equipo de irrigación
- Reducción de las pérdidas naturales en granos y animales

Además, explica que la adopción de sistemas de producción de agricultura alternativa, por parte de los agricultores, obedece a la obtención de ganancias similares a las generadas con métodos convencionales, además de un monto de producto establecido. No introduce en el análisis de costos los subsidios en insumos, de incorporarlos, puesto que se distorsionaría el peso específico de la innovación sobre la productividad y la ganancia, cuando ésta existe. Otra ventaja es que, el esquema es aplicable a cualquier extensión agrícola independientemente del cultivo que se trate sin que esté restringido por el tipo de propiedad, la rentabilidad comercial y la ganancia esperada. Las evaluaciones económicas han sido de tres tipos:

- Aquellas que evalúan costo-beneficio de la unidad al adoptar un insumo distinto, o incluir una practica nueva (rotación de cultivos o manejo de plagas). Evalúan sólo el peso que una sola actividad o insumo tiene sobre la composición total de los costos.
- Aquellas que tratan de hacer una evaluación tanto de los factores de la producción como de la administración de la unidad. Diseñan un sistema de análisis en donde se pueden incluir todas y cada una de las actividades de la unidad (incluyendo las no agrícolas o las actividades comerciales que surgen de la venta de los derivados de los cultivos como insumos) y en las que uno de los puntos más importantes es el cómo el cambio de practicas y de insumos puede cambiar también la administración de la unidad.
- Aquellas que utilizan métodos comparativos entre unidades alternativas y convencionales enfocándose en los cambios entre insumos químicos y biológicos por parte de cada una de las unidades que se están comparando. Las implicaciones son más comunes en el uso de tales insumos por extensión de tierra y su impacto en la oferta regional de los cultivos estudiados.

La viabilidad económica se mide de dos formas:

- costos de producción por unidad de producto: indica los costos fijos y variables de la producción alternativa, haciendo énfasis en los segundos como un elemento central en el proceso de transición de una agricultura

convencional a una alternativa. La comparación de estos costos por región de un mismo cultivo expresan la rentabilidad de la producción. Estos costos reflejan la situación de las unidades para un ciclo agrícola específico y solo expresan la capacidad de la unidad de mantener su competitividad en los mercados locales. Los factores naturales como el nivel de lluvias, la temperatura, y las plagas afectan la fertilidad del suelo pero pueden ser manejados, sobre todo la fertilidad, por medio del uso de insumos biológicos o prácticas de cultivo distintas.

- Los costos de producción por área cosechada: no toman en cuenta los rendimientos por superficie, sino el nivel de insumos externos a la unidad que son aplicados bajo el argumento de que los altos costos por superficie por uso de fertilizantes y pesticidas no necesariamente indican altos costos por unidad de producto, ni alta o baja productividad.

Los estudios de costos de producción que no toman en cuenta los cambios en el tiempo pueden no ser tan confiables como aquellos que toman otras variables que generan cambios en la toma de decisiones y por tanto en los costos totales como: clima, habilidades gerenciales, precios de los insumos así como precio del producto y políticas gubernamentales. Sin embargo, la mayoría de éstas variables carecen de información serial, especialmente para unidades de producción en México, en donde las que el control de la producción y todas las variables involucradas es poco común.

Tabla 2

Características de los costos de producción para la agricultura alternativa según el USDA

Costos de producción	
Por unidad de producto (toneladas)	Por superficie sembrada (acres, hectáreas)
- Mide ventajas absolutas o la inherente sustituidad de un área o granja por una producción Más rentable de un determinado cultivo - Mide diferencias en los costos de producción entre regiones -Refleja los costos de producción actuales en una estación del año particular	- Es muy usada en estudios comparativos - No toma en cuenta el nivel de producto actual - Refleja el nivel de insumos aplicados a una extensión particular - No refleja la productividad de un área específica - Altos costos por superficie en fertilizantes y pesticidas no necesariamente indican altos costos o baja productividad

Fuente: Alternative agriculture. USDA. 1989

La obtención de los datos para cada tipo sigue metodologías muy diversas atendiendo a la disposición y tipo de información. El USDA compara los dos tipos de costos con los siguientes propósitos:

- Comparar el nivel de ingreso por unidad de producto y los costos de producción correspondientes.
- Mostrar la relación costos de producción-producto obtenido
- Comparar el peso que los costos variables tienen sobre los costos totales por superficie y por unidad de producto.

### **CAPITULO 3 Tendencias del consumo de fertilizantes en México**

En este capítulo presento, en primer lugar, el contexto internacional del consumo de fertilizantes químicos para analizar después la evolución del consumo de fertilizantes en México desde la segunda mitad del siglo XX y sus consecuencias para el nivel de producto agrícola, ello con el objetivo de dar contexto a la sustitución de insumos que realizan los productores objeto de estudio.

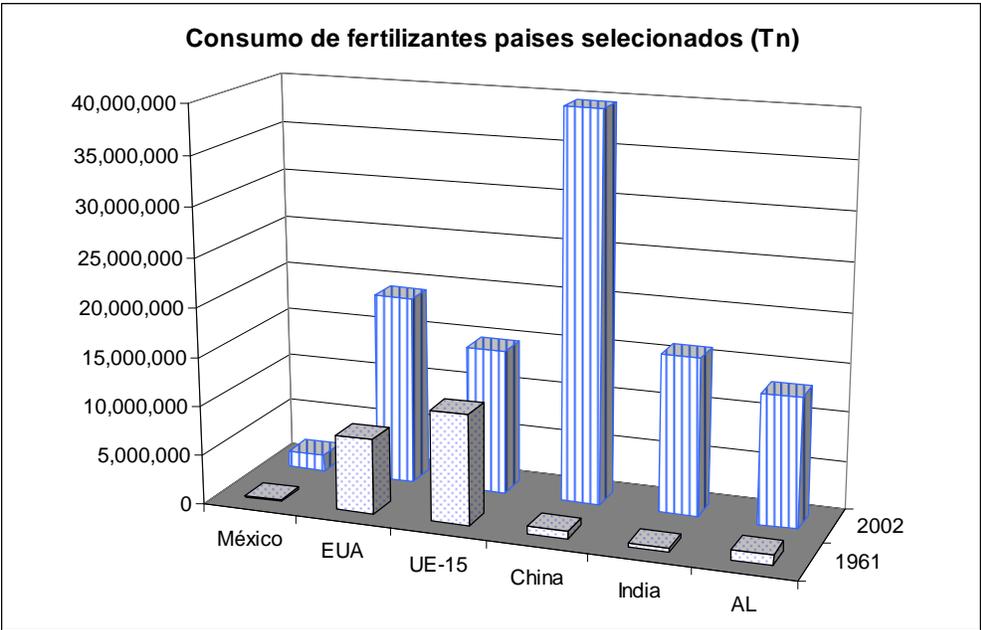
#### **3.1 Contexto internacional de consumo de fertilizantes**

Vandana Shiva (1992) explica la innovación tecnológica de la RV como una necesidad real para incrementar la producción agrícola que sin embargo fue dirigida a imponer un modelo de investigación y difusión específico que centralizó el control de los recursos genéticos y, junto con los gobiernos locales, impuso a la investigación científica en agricultura una dirección que fuera funcional no solo al incremento de la oferta de alimentos sino a los intereses de las grandes empresas productoras de semillas híbridas y junto con ellas a los productores de fertilizantes químicos.

El modelo es resultado de una combinación de intereses políticos y científicos que inició con la creación del CIMMYT en 1956 para desarrollar variedades de alta productividad de maíz y trigo (un modelo anterior al IRRI) y posteriormente con el Centro Internacional de Agricultura Tropical en Colombia y el International Institute of Tropical Agriculture en Nigeria. Tales sistemas de investigación y aplicación de tecnologías se consolidaron con la creación, durante la década de 1970, de tres grandes centros internacionales de investigación auspiciados por el Banco Mundial a través del Consultive Group on International Agricultural Research (CGIAR) cuyo objetivo, en opinión de la autora, fue el desmantelamiento de los centros nacionales de investigación en el, entonces llamado, Tercer Mundo. Aunque la tecnología de la RV se concentró en la investigación y desarrollo de variedades de semillas híbridas de alto rendimiento, el desarrollo de insumos relacionados (fertilizantes y pesticidas) de origen sintético fueron el complemento necesario para que la productividad agrícola efectivamente creciera como estaba planeado.

Bajo ese modelo de fomento al uso de fertilizantes químicos, durante los últimos 40 años, el consumo total de fertilizantes en el mundo ha cambiado de forma dramática. En 1961 el conjunto de países que ahora integran la Unión Europea (UE) consumieron alrededor de 11 millones de toneladas de fertilizantes químicos, Estados Unidos (EUA) 7 millones de toneladas, mientras que China consumía sólo 728 mil toneladas, en ese mismo año México aplicó 191 mil toneladas. Aún cuando los países con agriculturas más desarrolladas no han detenido el crecimiento de su consumo de insumos sintéticos, las economías emergentes, China e India, han multiplicado de forma escandalosa su consumo. Así, entre 1960 y 2002 la tasa de crecimiento del volumen de fertilizantes consumidos por EUA fue de 152% frente a un modesto 31% de la UE comparado con el exagerado crecimiento de 5340% en China. Para el mismo periodo el ritmo de crecimiento del consumo de fertilizantes químicos en la agricultura mexicana fue de 796%.

Gráfica 1



Fuente: FAOSTAT

Dentro de los países desarrollados, en la UE el consumo crece al menor ritmo (34%) durante el periodo a comparación del resto de países incluido EUA cuyo crecimiento fue de 152% a lo largo de 40 años, sin embargo, ambos presentan una tenencia a la disminución en su consumo absoluto a partir de la década de 1980. La UE disminuye en 1.04% y EUA lo hace en 0.68% durante la década de 1990 y hasta 2002, lo que significa un ritmo de disminución más grande en la UE (11.42%) que en EUA (7.50%). En cambio, en los países en desarrollo seleccionados aunque con fluctuaciones, las tasas de crecimiento siempre son positivas, durante la década de 1990 y hasta 2002 el ritmo de crecimiento es menor comparado con años anteriores.

La tendencia decreciente en el consumo de fertilizantes en la UE se debe a la implementación de programas específicos que desde 1985 controlan el nivel de oferta, la agricultura norteamericana ha experimentado un proceso similar aunque en menor grado.

En AL la situación es distinta, así cuando el costo de la innovación biológica es menor que el costo de la innovación sintética, los agricultores con menores ingresos acceden a la primera casi sin considerar su efecto ambiental. Ramachanda y Martínez Alier (1997) demuestran que la restricción presupuestaria es la razón principal por la que el uso de fertilizantes químicos sea menor en los países pobres. Al relacionar la tierra disponible para la agricultura y el uso de fertilizantes químicos per cápita, encuentran que los países de América Latina presentan menores niveles de crecimiento del uso de fertilizantes per cápita agrícola en comparación a los países desarrollados utilizan mayor cantidad de fertilizantes químicos en una menor cantidad de tierra cultivable.

Cuadro 1

Superficie cultivada y uso per cápita de fertilizantes por país según nivel de desarrollo. 1985					
América Latina			Países Desarrollados		
	1	2		1	2
El Salvador	0.13	114	Japón	0.04	435
Haití	0.14	4	Países Bajos	0.06	787
Perú	0.19	22	Suiza	0.06	432
Colombia	0.2	59	Bélgica	0.08	536
Venezuela	0.22	63	Alemania	0.12	423
Costa Rica	0.23	135	Reino Unido	0.13	368
Guatemala	0.23	46	Austria	0.2	253
República Dominicana	0.24	33	Italia	0.21	170
Panamá	0.26	42	Noruega	0.21	290
Ecuador	0.27	29	Francia	0.35	308
México	0.31	64	Suecia	0.36	154
Cuba	0.32	172	Finlandia	0.49	218
Nicaragua	0.39	47	Dinamarca	0.51	257
Honduras	0.41	15	España	0.53	75
Chile	0.46	30	Estados Unidos	0.8	101
Uruguay	0.48	31	Canadá	1.84	49
Bolivia	0.53	2	Australia	3.1	25
Brasil	0.56	35			
Paraguay	0.59	5			
Argentina	1.18	4			

1. Hectáreas per cápita de tierra cultivable, 1985

2. Uso per cápita de fertilizantes, 1983-1985

Fuente: Ramachandra y Martínez Alier. Varieties of environmentalism essays North and south. 1997. Oxford University Press.

Esta relación de uso de fertilizantes, no es suficiente para concluir que el conjunto de países de menor desarrollo cuentan con una agricultura alternativa que les permita mejorar sus ingresos, se puede inferir, sin embargo, que el nivel de contaminación del suelo agrícola es menor por omisión, lo que no significa que la conservación del suelo genere ganancias a los agricultores. En este escenario aún cuando es posible considerarla como viable en el sentido biológico, no lo es en términos monetarios.

El consumo de fertilizantes cobra mayor relevancia si se conocen el tipo de éstos que se aplican. De acuerdo con Norse (2003), los fertilizantes nitrogenados son responsables del 60% de las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono y es una de las principales fuerzas motoras del cambio climático.

Aún cuando la FAO calcula que el uso de fertilizantes nitrogenados en el 2030 disminuirá en un 37%, excepto en China e India, el consumo total de este tipo de

Con formato: Español (alfab. internacional)

Con formato: Fuente: 10 pts, Español (alfab. internacional)

aditivo es significativamente mayor para todos los países que otro tipo como los fosfatados. La tendencia en el consumo mundial la imponen los fertilizantes nitrogenados que crecen muy por arriba de los fosfatados. En América Latina el consumo de fertilizantes nitrogenados está asociado a la producción de cultivos exportables (frutas y hortalizas) que, generalmente, son producidas bajo agricultura de contrato y requieren de cantidades y tipos específicos de fertilizantes químicos.

Para el caso de México, una de las consecuencias ambientales evidentes antes del TLCAN en la agricultura de exportación, y agravada por su implementación, es el aumento de la aplicación de agroquímicos bajo la lógica del incremento de los rendimientos por hectárea, así como los mayores requerimientos de agua para riego en las regiones dedicadas a los cultivos de exportación en la frontera con Estados Unidos.

Con la desaparición de FERTIMEX la disposición de fertilizantes químicos disminuyó gracias al incremento del precio de las importaciones las cuáles abastecen cerca del 70% de la demanda total, sin embargo el consumo nacional de fertilizantes a partir del TLCAN se incrementó 42% después de haber disminuido 6% durante el periodo 1988-1994, en ese contexto el grueso de las importaciones corresponde a los fertilizantes nitrogenados que han tenido una tendencia creciente desde la década de 1980.

De acuerdo con Vaughan (2003) a pesar del incremento de los precios de los fertilizantes nitrogenados en los últimos años, sus importaciones junto con las de plaguicidas tienen un crecimiento constante, desde la apertura comercial los cultivos de exportación han propiciado una concentración de su uso en aquellas zonas de agricultura intensiva, en el estado de Sonora por ejemplo, los cultivos de exportación ocupan entre 20 y 30% más de agua de riego en comparación a la producción destinada al mercado doméstico. En la zona del Valle del Yaqui se estima que en la producción de trigo duro, de reciente introducción, la aplicación de nitrógeno por hectárea es mayor a 250 kilogramos, pues requiere de 20% más de fertilizantes que el trigo panificable, lo que la convierte en la zona de mayor uso de fertilizantes en el mundo.

Los análisis recientes sobre las consecuencias de la aplicación de insumos químicos no sólo se refieren al comportamiento de los rendimientos por hectárea. El calentamiento global, la filtración de contaminantes a los mantos freáticos y la consecuente contaminación de ríos y mares, la cantidad de contaminantes no permitidos en el agua potable, las enfermedades que afectan a seres humanos, flora y fauna provocadas por el uso excesivo de cierto tipo de fertilizantes y herbicidas, la cantidad de dióxido de carbono que algunos cultivos generan por razones propias de la reproducción, la deforestación, la extinción de especies animales y vegetales en diversos ecosistemas, son algunas de las consecuencias que diversos científicos y programas consideran como resultado directo o indirecto de la aplicación de fertilizantes sintéticos en el pasado, el presente y el futuro de la producción agrícola independientemente de la organización de la producción y la estratificación económica y social.

### **3.2 Tendencias en el consumo de fertilizantes en México 1960-2006**

El consumo de fertilizantes en México a lo largo del periodo, se explica por la influencia de las políticas agrícolas. Como todo análisis de la época, al inicio de la década de 1960, la importancia de la aplicación de fertilizantes se expresó en su capacidad para incrementar el nivel de producto sin considerar de ninguna forma sus consecuencias ambientales. SAGARPA (1988), entonces SARH, explicaba el comportamiento del consumo de insumos para las actividades agropecuarias gracias a la gran influencia que los subsidios ejercen sobre los tipos de insumos que se habían utilizado desde la reforma Cardenista.

El periodo para el cual concluyen lo anterior corresponde a 1960-1984 durante el cual el consumo de insumos en la agricultura creció 5% anual en comparación con el consumo de estos en las actividades pecuarias que lo hicieron en 10.8% anual. En el total consumido por ambas actividades, la agricultura pasó del 68.5% en 1960 al 36.9% en 1984 es decir un decremento del 46%. Las actividades pecuarias pasaron del 31.5% al 63.5% que significa un incremento del 102% en el mismo periodo.

El estudio divide el periodo en dos subperiodos. El primero comprende de 1960 a 1976 durante el cual se instrumentaron políticas de fomento a la producción agrícola destinados a la reducción del costo de los insumos vía subsidios a los precios de éstos, bajo este esquema, los fertilizantes crecieron en 13.2% anual que representó el mayor crecimiento de todos los insumos de la agricultura al inicio y final del periodo: semillas de 15.5% a 5.8%, plaguicidas de 13.1% a 2.9%, agua de 5.1% a 1.2%, mientras que la producción agrícola creció en 3.0% anual y los insumos, en conjunto, 6.0% anual, la superficie cosechada en 1.4%, el empleo de mano de obra disminuyó en -2.2%.

Sin embargo, la productividad<sup>4</sup> de los fertilizantes disminuyó 76% y la de las semillas decreció en 83%. Esta falta de correspondencia entre el crecimiento del volumen de producción y de la productividad por unidad de insumo se explica, según la SAGARPA *por tres razones:*

- *Primero, por una política de subsidios que lejos de estimular la producción sólo compensó parcialmente el deterioro de los precios agrícolas reales.*
- *En segundo término, la tendencia al mal uso de insumos al distorsionarse el sistema de precios relativos de éstos, a raíz de los montos de subsidios otorgados.*
- *Y, por último, debe señalarse también que la obtención de la producción a lo largo de los años, se ha tenido que realizar bajo condiciones cada vez más difíciles, exigiendo mayor dotación de insumos para lograr una unidad de producción.*

El último punto se acerca a una explicación ambiental de la baja productividad por unidad de insumo, sin embargo, prevalece la idea de una mejor utilización de los recursos naturales introduciendo paquetes tecnológicos intensivos en capital e insumos que cumplieran con el cambio de patrón de cultivos.

El segundo subperiodo ubicado entre 1976-1984 correspondiente a la última etapa del desarrollo estabilizador y el periodo de crisis petrolera de 1982. Durante la primera fase de este periodo que va de 1976 a 1981, la producción agrícola creció

---

<sup>4</sup> Para obtener la productividad de los insumos, se divide el valor de la producción sobre el precio de los insumos..

en 7.4% promedio anual, la superficie cosechada aumentó en 3.6% y el empleo de insumos creció un 8.8% mientras que el empleo de mano de obra se incrementó en 1.1%.

Aún cuando el producto agrícola creció, no lo hizo a un ritmo superior de la incorporación de insumos. Comparado con el periodo anterior, el consumo de fertilizantes tuvo un crecimiento menor cuya productividad fue decreciente en 5.01%. En este periodo el crecimiento moderado del producto puede explicarse por los efectos del Sistema Alimentario Mexicano mediante el cual se incrementaron los subsidios en crédito, fertilizantes y semillas lo cuáles aumentaron casi en un 470%.

Para la siguiente fase, 1981-1984, el consumo de insumos disminuyó en 7% de los cuales, el uso de fertilizantes disminuyó al ritmo más bajo en 2.2% en comparación de las semillas que disminuyeron en 10.9% y los servicios de fumigación en 9.4%.

Al respecto el estudio afirma que *parece haber implicado un uso no lo suficientemente eficaz de los insumos, y un incremento de la producción más bien basado en el aumento de precios reales para los productos del agro. Por otra parte, se ha tenido que incrementar el uso de insumos para mantener los niveles de productividad en la agricultura. Ello indica que aparentemente se ha llegado a una etapa en que el proceso productivo presenta un costo creciente y que las alternativas de uso de los insumos en el agro se han vuelto más complejas y de un más elevado costo.* Estas afirmaciones, si bien explican el porqué de la baja productividad en términos del contexto macroeconómico de la actividad agrícola durante el periodo, también dan cuenta de la necesidad de replantear el modelo de inducción del tipo de tecnología seleccionado pues se hizo evidente que el incremento en el uso de fertilizantes no tienen una relación directamente proporcional con el crecimiento del producto agrícola.

Durante todo el periodo, las importaciones de fertilizantes son las que explican el nivel de consumo. Aún cuando la brecha entre producción local de fertilizantes y consumo es muy cerrada, las importaciones presentan un crecimiento a partir de 1995 y en 1997 coincide con el decline de la producción local mientras que el consumo sigue la tendencia de las importantes. En ese mismo año, las importaciones tienen un crecimiento exponencial hasta alcanzar el nivel más bajo de la producción. Así, el costo de los fertilizantes sintéticos (nitrógeno y fosfato principalmente) en México está explicado por las importaciones. Tres son los fertilizantes químicos más usados en México, sulfato de amonio, nitrato de amonio y urea. Los nitrogenados representan más de la mitad del



consumo total durante todo el periodo. A partir de la década de 1980 su comportamiento es descendente pero sin llegar a los bajos niveles de consumo de principios de 1960. Los fertilizantes fosfatados en cambio sí tienden a igualar los niveles de consumo que hace 40 años.

Se observa que el periodo de mayor crecimiento de los precios es el posterior al de auge de la revolución verde en la segunda mitad de la década de 1970 y continuó durante las crisis económicas de la década siguiente, en 5 años los precios se incrementaron casi 500% respecto a la segunda mitad del periodo

anterior. A partir de 1988 y hasta 1993 los precios se incrementaron aunque no el nivel de las décadas anteriores.

**Cuadro 2**  
**México. Consumo y producción de fertilizantes. 1961-2000**

<b>Tasas de crecimiento periodo</b>	1961-2000	1961-1975	1976-1982	1983-1987	1988-1994	1995-2000
Consumo total de fertilizantes	859.16	462.02	62.87	27.07	-6.23	42.46
Producción fosfatados	899.38	141.05	67.47	-36.12	144.47	790.72
Producción nitrogenados	1066.67	48.46	-5.31	3.14	2.60	-54.14
Importaciones totales	1179.77	-57.11	2.83	-49.73	160.71	525.25
Exportaciones totales	4772.86	0.25	-3.16	-4.88	14.53	-15.24
Importación fosfatados	19350.00	-32.64	5.61	-3.04	-2.54	118.04
Importación nitrogenados	855.84	1838.00	1553.76	-69.63	886.90	784.09

Fuente: FAO

Según Verónica Schulz, quien es distribuidora de fertilizantes químicos en México, el consumo se ve influido por la distribución oportuna de los insumos, pues ésta depende de los medios de transporte desde los centros de producción hasta el lugar de consumo. En los últimos 10 años, la distribución de la oferta disponible se ha vuelto complicada. Hasta la década de 1980 y principios de 1990 el ferrocarril fue el principal medio de distribución, lo que aseguraba la llegada del producto a las zonas de consumo con pocos retrasos, en cambio, ante la disminución de la oferta local de fertilizantes el incremento de las importaciones complica su transporte hasta los centros de consumo, pues al llegar a los puertos nacionales se encuentra con problemas de logística para la entrega primero a las grandes empresas y después a las comercializadoras que distribuyen a lo largo del país.

En su opinión, estos problemas de distribución pueden influir en la toma de decisiones de los productores acerca de qué tipo de fertilizante aplicar, pues la mayor preocupación es la disposición oportuna en el momento que el proceso de siembra lo requiera. Según sus cálculos, el 80% del fertilizante consumido en México se realiza en la superficie sembrada en el ciclo primavera-verano, por lo que la aplicación está sujeta a las lluvias de temporal de cada zona que no permiten retrasos en la aplicación.

De acuerdo con Ávila, Santoyo y Turrent (2002), la caída en el consumo de fertilizantes sintéticos se debe al cambio en la composición de la oferta total en los últimos 15 años la desaparición de FERTIMEX y la consecuente privatización de la

industria entre 1990 y 1992 provocó que la producción nacional fuera insuficiente lo que hizo necesario el incremento de las importaciones.

Así, en 1990 la composición de la oferta total era 82% de origen nacional y el resto (18%) de importación. Para 1998, la relación cambió, 61% era producción nacional y 39% de origen importado. Con esta composición, el consumo de fertilizantes, a partir de esta fecha, está condicionado a los movimientos del tipo de cambio y, en menor medida, a la disposición de fertilizantes producidos en el país. (p. 128)

En consecuencia, dicen los autores, el consumo de fertilizantes tuvo dos periodos de caídas importantes. La primera entre 1994 y 1995 causada por la devaluación del peso y la segunda entre 1997 y 1998 debido a problemas en la producción interna de urea.

De lo anterior, asumo que, dado el nivel de tipo de cambio sobrevaluado que ha prevalecido desde 1994, el consumo de fertilizantes está entonces condicionado por el ingreso de los productores o bien por una política de subsidio a las importaciones de fertilizantes que complementaron la oferta total.

Desafortunadamente, los autores no incluyen el consumo de fertilizantes por estrato de extensión de tierra, lo que daría una mejor idea de los efectos de su aplicación y su resultado sobre el nivel de producto. En cambio, definen el consumo por tipo de fertilizantes a nivel regional. El siguiente cuadro resume el tipo de fertilizante adquirido según región del país.

Tabla 3

México. Consumo de fertilizantes por región según importancia en el consumo total nacional y tipo. 1998

Región	Fertilizantes	Razón de consumo
Centro-occidente: Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Colima y Aguascalientes	Urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio y superfosfato simple	Estados con alta producción agrícola. Existencia de complejos industriales en Guanajuato y Michoacán que producen nitrato de amonio, superfostato simple.
Centro sur: Querétaro, Morelos, Tlaxcala, México, Puebla e Hidalgo	Sulfato de amonio, superfosfato triple y simple	En tierras de temporal, el sulfato de amonio tiene la característica de no perder con facilidad sus nutrientes en tiempos de secas.

Noreste: Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Sonora y Nayarit	Fertilizantes líquidos (amoníaco anhídrido y ácido fosfórico), nitrato de calcio, nitrato de sodio, MAP y GUAN-32.	La zona está alejada de las zonas de producción por lo que acceden a otros tipos de fertilizantes (líquidos) que son adquiridos en zona fronteriza.
Golfo: Veracruz y Tabasco	Poca importancia en el consumo de fertilizantes	A pesar de existir complejos industriales productores de fertilizantes nitrogenados y fosforados, su consumo se realiza en otras zonas del país.
Norte: Chihuahua, Durango, Coahuila, Zacatecas y San Luis Potosí	Urea y fertilizantes complejos (DAP y MAP)	En Chihuahua se encuentra un complejo industrial
Pacífico Sur	Urea, sulfato de amonio	
Península de Yucatán	Fertilizantes complejos y urea	La superficie que se fertiliza está sembrada fundamentalmente con cítricos.

Fuente: Elaborado con datos de "El mercado de los fertilizantes en México a finales del siglo XX", Ávila, Santoyo y Turrent, UACH-CIESTAAM, 2002.

Sus conclusiones respecto a las condicionantes del consumo de fertilizantes son:

- El tamaño de la explotación tiene una relación directamente proporcional a la cantidad requerida de fertilizantes.
- El precio de los fertilizantes no es un factor que condicione su consumo.
- Los ingresos agrícolas de la unidad de producción no financian el paquete tecnológico aplicado en los cultivos. Son los ingresos totales de la unidad, lo que incluye un origen distinto a la actividad agrícola, los que determinan el tipo y cantidad de fertilizantes que adquieren los agricultores.

Puesto que para ésta tesis es importante hacer énfasis en el comportamiento de la productividad de los cultivos por unidad de insumo aplicado dependiendo de su origen biológico o sintético, voy a detenerme en los dos últimos puntos.

Respecto al precio de los fertilizantes. Los autores hacen una afirmación que no explican con suficiencia y que me parece importante para entender mejor la lógica en la aplicación de insumos. Dicen "No existe relación entre el precio del fertilizante y el volumen comprado, por lo que no se considera que sea un factor que el agricultor tome en cuenta para la compra de fertilizantes." (p. 145) a lo anterior dan una explicación que me parece incorrecta.

Ellos afirman que el hecho de que no se tome en cuenta el precio de los insumos corresponde a un “comportamiento racional desde el punto de vista de la teoría de la productividad marginal” (p.145). Los autores no aportan mayor evidencia que soporte su afirmación. En mi opinión, esta conclusión podría ser cierta sólo si el precio de los insumos no afectara su nivel de aplicación y por tanto el nivel de producto obtenido.

Lo anterior claro, bajo ciertas condiciones de manejo del cultivo (lo que incluye la aplicación de otros insumos y de prácticas específicas además de las condiciones climáticas) que permitirían obtener una unidad más de producto gracias a la menor aplicación de uno o más insumos, asumiendo que la menor aplicación responde al mantenimiento del nivel de producto con una unidad menor de insumo, no así por el incremento del precio y su consecuente disminución. Un agente racional tendría que sustituir el insumo cuyo precio se ha elevado por otro de menor precio con el que obtenga al menos el mismo nivel de producto anterior.

En todo caso lo que sucede es que el consumo de fertilizantes lo determina el ingreso de los consumidores y lo hacen, quizás, cada vez con menor frecuencia o en menor cuantía, por tanto lo aplican en proporciones menores sobre una misma superficie de tierra.

En los sistemas de producción agrícola esta situación no es la ideal. Si un agente modifica a la baja el nivel de insumos aplicados con el cual obtiene una cantidad determinada de producto sobre una cantidad constante de tierra, tal disminución puede generar rendimientos decrecientes a escala puesto que se parte de que el suelo agrícola fertilizado con agroquímicos es altamente dependiente de su aplicación para obtener un nivel de producto por lo menos igual al inmediato anterior.

Si el volumen de producto obtenido es menor a su referente anterior con una menor aplicación de insumos, entonces la productividad por unidad de insumo es menor, gastando además una cantidad mayor de dinero.

Mi opinión es que en términos de la teoría de la productividad marginal, mencionada por los autores, los precios de los fertilizantes sí afectan la productividad de los cultivos porque condicionan el volumen de aplicación.

Al respecto, Gómez y Schwentesius (1996) reportan una baja en la productividad del cultivo de naranja en México durante la primera mitad de la década de 1990 causada por el alza del precio de los insumos (fertilizantes y pesticidas). Ante el incremento de los precios, los productores respondieron con dos estrategias, en primer lugar la sustitución de insumos por otros de menor precio y en segundo lugar, la reducción de la aplicación de insumos en la misma superficie de tierra que el ciclo anterior. Bajo esta última, la producción de naranja en Veracruz en el periodo 1992-1994 presentó reducción de los rendimientos por hectárea, y en aquellas huertas donde la reducción en la aplicación fue drástica los ingresos por hectárea disminuyeron a más de la mitad.

En el mismo sentido se expresan algunos productores de maíz de riego en Sinaloa<sup>5</sup> para el ciclo O-I 2003-2004. Para ellos el incremento de los precios de los fertilizantes nitrogenados significa una menor aplicación de éstos con el riesgo de disminuir el nivel de rendimiento. La distribución del fertilizante parece ser el principal problema pues el hecho de que tenga que aplicarse en un momento específico del proceso de siembra, determinado por el clima, provoca que las grandes distribuidoras acaparen el producto y lo distribuyan hasta el último momento antes del periodo de aplicación, manipulando con ello los precios. Otra cuestión importante es que las distribuidoras no venden el fertilizante a crédito y dado que su precio se mueve constantemente durante todo el año por los problemas de distribución, los productores se encuentran incapacitados para planear los gastos de la siembra y por tanto la disminución de costos puede ser imposible.

Actualmente no existe una política específica para la fertilización, a pesar de ello desde 2003<sup>6</sup>, SAGARPA ha establecido un subsidio al precio del amoniaco, fertilizante que se utiliza mayoritariamente en la producción de granos de alto rendimiento en el norte del país. A través del Programa de Apoyos a la Competitividad por Rama de Producción, SAGARPA diseñó el Apoyo a Insumos Estratégicos con dos objetivos, el primero la satisfacción de las necesidades de

---

<sup>5</sup> Trabajo de campo, julio de 2005

<sup>6</sup> Reglas de operación, DOF del 4 de septiembre de 2003, p. 256

abasto de fertilizantes químicos a menor precio para reducir los costos de producción de granos de alto rendimiento y mejorar con ello su competitividad. En segundo lugar se buscó reactivar la producción de gas natural, principal insumo del amoniaco, pues ante la desaparición de FERTIMEX los precios del amoniaco se han duplicado debido a que son importaciones que tienen problemas de transporte desde los puertos de llegada hacia los centros de consumo.

La operación del programa presenta problemas importantes desde su inicio por la baja respuesta que PEMEX ha tenido para la producción de gas natural lo que ha retrasado la entrega a las distribuidoras de fertilizantes químicos quienes al momento de entregar el producto lo venden al precio internacional con lo que el subsidio entregado a los productores se reduce.

Cuadro 3

**Programa de Apoyos a Insumos Estratégicos**

Estado	Dosis (kg)		Cultivo
	Nitrógeno/Ha	Amoniaco/Ha	
Baja California	160	200	Trigo-Riego
Sonora	160	200	Trigo-Riego
Sinaloa	250	310	Maíz-Riego
Guanajuato	120	150	Cebada, Trigo-Riego
Michoacán	120	150	Trigo-Riego
Querétaro	120	150	Cebada, Trigo-Riego
Jalisco	120	150	Trigo-Riego
Chihuahua	160	200	Trigo-Riego
Tamaulipas	80	100	Maíz, Sorgo-Riego
Veracruz	80	100	Maíz- Temporal

El programa de apoyos no fue diseñado para incrementar la productividad de los cultivos, los resultados en ese sentido no tuvieron ningún efecto sobre la productividad por unidad de insumo puesto que la dosis diseñada por el INIFAP no tuvo seguimiento en campo, los productores beneficiados aplicaron las cantidades de fertilizantes que acostumbran tomando en cuenta el nivel de rendimientos anteriores a la entrega del subsidio. En 2004 el gasto de gobierno en el subsidio de fertilizantes químicos para 716,820 hectáreas fue de \$109.16 millones de pesos que no incrementaron significativamente el nivel de rendimiento de los cultivos.

Las experiencias de política pública en cuanto a la fertilización no dieron los resultados esperados sobre el incremento de la productividad puesto que su diseño no consideró las limitantes que de origen tienen los fertilizantes químicos sobre el nivel de productividad en el largo plazo.

Desgraciadamente, a pesar de la evidencia existente, el criterio de diseño de política pública para el fomento a la fertilización sigue siendo el mismo.

### **3.3 Nivel de ingresos de los productores y capacidad de consumo de fertilizantes**

Respecto a si el nivel de ingresos determina o no el consumo de fertilizantes químicos, el cambio en la composición de la oferta de fertilizantes químicos durante la década de 1990 tuvo repercusiones sobre el nivel de consumo por parte de los productores. Sin embargo, las variaciones del consumo tienen relación directa con el ingreso de los productores y puede ser un factor para su alejamiento del paquete de la revolución verde.

Como indiqué en el apartado anterior, Ávila, Santoyo y Turrent (2002) encuentran una relación directa entre el nivel de ingreso de los productores y el consumo de fertilizantes. Su conclusión es: a mayor nivel de ingreso (total) familiar del productor mayor es la cantidad de fertilizantes que emplea en su explotación, no encuentran una relación similar entre sólo el nivel de ingresos agrícolas y consumo de fertilizantes.

Sobre este tema, en la tipología de la agricultura mexicana realizada por CEPAL para 1970, apunta que el 13% del total de productores de su clasificación se ubican en un nivel tecnológico alto, mientras que el 72% trabajan en superficie de temporal, con y sin yunta y sin fertilizantes. En 1970, solo el 20% de la superficie arable concentró la utilización de insumos en el sector.

En aquella época, se consideraba como insumos modernos a los fertilizantes de síntesis química derivados del petróleo, semillas certificadas y plaguicidas, su uso era más alto en unidades de mayor extensión. Su incorporación en lo que llamaron unidades de economía campesina sólo llegó al 18% del total de unidades de esta clasificación, en los productores de infrasubsistencia mientras que en los excedentarios ocupó el 31%. En cambio los productores denominados como

transicionales utilizaron el 50% a comparación de los productores empresarios que utilizaron entre el 66% y 88%.

Respecto al uso de semillas certificadas, el 50% de los productores empresariales las incorporaron, mientras que para los productores campesinos esta incorporación fue casi inexistente.

Desgraciadamente la estadística del INEGI para los últimos años no incorpora, a nivel nacional, el paquete tecnológico utilizado por las unidades de producción según extensión de tierra cultivada por lo que no es posible actualizar las cifras presentadas anteriormente. Sin embargo, la afirmación de Ávila, Santoyo y Turrent (2002), es bastante acertada si se piensa que más de la mitad de las unidades de producción rural en México corresponden a menos de 5 hectáreas, lo que implica que sus ingresos agrícolas, cuando los tienen, son insuficientes para diseñar una canasta de inversiones que les permita mejorar sus condiciones de producción, afirmación que es sostenible si se le ubica en el contexto de bajo crecimiento de la producción agrícola en México después de la crisis de 1982.

En páginas arriba se hizo referencia a la explicación que la propia SAGARPA hace respecto a la importancia de los subsidios y la incorporación de insumos a la agricultura. A continuación retomo la relación que los autores Ávila, Santoyo y Turrent (2002), encuentran entre los subsidios gubernamentales que reciben algunos productores, en particular PROCAMPO, y su nivel de consumo de fertilizantes. Aún cuando sólo hacen referencia al caso de Tlaxcala<sup>7</sup>, me parece importante indicar las posibilidades de los productores más pequeños de acceder a paquetes de fertilización y de qué tipo.

Exploraré el punto referente al peso que tiene el PROCAMPO en la compra de insumos agrícolas en las condiciones de baja productividad agrícola en nuestro

---

<sup>7</sup> El mecanismo en esa entidad, fue la transferencia de los recursos de PROCAMPO a los distribuidores de fertilizante, mediante la cesión de derechos, lo que implica un cobro por el manejo financiero del recurso y por el retraso en la entrega del mismo, lo que significa un precio mayor al del mercado del fertilizante entregado y por tanto, la cantidad que se puede adquirir a éste precio es menor. Esta situación es aplaudida por los autores en el sentido de que el subsidio *incrementa su presupuesto de inversión del agricultor* (Ávila, Santoyo y Turrent 2002 p.145) sin tomar en cuenta que redundará en un encarecimiento artificial del precio de los insumos y por tanto de su nivel de aplicación en la parcela y, lo más importante, sobre la productividad marginal de la parcela.

país y su influencia en la toma de decisiones acerca de si comprar o no fertilizantes.

Uno de los factores que determina la aplicación de fertilizantes es el nivel de ingreso de los productores y al respecto, es bien conocido que la agricultura minifundista en México mantiene sus sistemas de fertilización usando insumos biológicos disponibles en cada zona, y eventualmente aplica insumos químicos dependiendo de su precio o de la disposición mediante apoyos gubernamentales como el PROCAMPO.

La estadística publicada y disponible referente al uso de fertilizantes y tipo se clasifican por cultivo, ciclo, superficie fertilizada y entidad federativa. No existe información correspondiente a la extensión de cada unidad. El censo ejidal de 1994 ofrece datos parciales y no es comparable con su símil de 2001 puesto que los rubros y variables presentados son muy distintos.

Existen dos fuentes publicadas que presentan la información por estrato aunque sólo refieren la proporción que de los ingresos totales los agricultores destinan a la compra de insumos.

La primera es la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH) en la que se presenta las transferencias del PROCAMPO a las familias rurales por decil de ingreso. Los resultados de la encuesta me sirven para encontrar los factores indirectos que hacen que los productores más pobres accedan o no a los fertilizantes químicos en función de su nivel de ingresos.

Al respecto en el estudio del Banco Mundial *México. A Study of rural poverty* (2004), apunta que en 2002, el 30% de las transferencias de PROCAMPO beneficiaron a las familias más pobres, mientras que el 41.1% de los mismos recursos beneficiaron a las familias rurales más ricas.

Los recursos de este programa son una forma de financiar la compra de insumos en la medida que mejoren en forma significativa los ingresos totales de los productores agrícolas. Las cifras de la ENIGH confirman que tales beneficios a los ingresos se concentra entre los productores rurales más ricos. Los productores más pobres por tanto, tienen menos oportunidades de decidirse por la compra de fertilizantes químicos.

**Cuadro 4**  
**PROCAMPO. Distribución de las transferencias monetarias por deciles de ingreso en zonas rurales.2002**

Deciles de ingreso	Porcentaje de las transferencias
1	8.5%
2	6.3%
3	6.7%
4	8.7%
5	7.9%
6	5.8%
7	7.5%
8	7.3%
9	17.0%
10	24.4%

Fuente: ENIGH, 2002

El mismo estudio destaca que durante su operación entre 1994 y 2002, la participación de la transferencia sobre sus ingresos totales ha disminuido de 5.8% a 4.7%. Con estos resultados parece difícil que los recursos de PROCAMPO sean una forma de financiar la compra de insumos de cualquier tipo.

Evolución de la importancia del ingreso PROCAMPO en el ingreso total de las familias rurales más pobres (quintil de consumo más bajo), 1994-2000.

**Cuadro 5**  
**Participación porcentual de los ingresos de Procampo en el quintil de consumo más bajo**

Años	Participación porcentual
1994	5.8
1996	5.0
1998	3.0
2000	3.0
2002	4.7

Fuente: ENIGH, varios años

Aún con esta información, no es posible saber su impacto sobre la productividad de los cultivos y entonces conocer la eficiencia en la aplicación de insumos.

La segunda fuente corresponde a las evaluaciones que de la operación de PROCAMPO se realizan cada año. La información que se ofrece corresponde al uso productivo que los productores dan al recurso recibido, aunque debo aclarar

que no es posible dar seguimiento a esta variable puesto que las evaluaciones anuales no son comparables<sup>8</sup> por lo que la información sirve sólo de referencia.

De acuerdo con información de ASERCA, de 1994 a 2002 el PROCAMPO ha disminuido el número de beneficiarios en 15% y las transferencias decrecieron 32%. En cuanto a la distribución de los apoyos, en 2003 la zona del bajo y norte del país concentraron casi el 55% de los recursos otorgados, y el 70% de la superficie beneficiada. Por extensión de tierra, en consecuencia, el 47.2% de la superficie apoyada corresponde a unidades de más de 10 hectáreas que representan sólo el 9.2% de los productores.

Cuadro 6  
Distribución geográfica de Procampo 2003. Porcentajes

<b>Distribución geográfica de PROCAMPO 2003. Porcentajes</b>				
<b>Regiones</b>	<b>Productores</b>	<b>Monto</b>	<b>Superficie</b>	<b>Predios</b>
<b>Pacífico norte</b>	<b>4.08</b>	<b>10.82</b>	<b>11.39</b>	<b>4.56</b>
Baja California Norte	0.19	0.97	1.04	0.22
Baja California Sur	0.06	0.15	0.16	0.04
Sinaloa	3.08	6.78	7.06	3.21
Sonora	0.75	2.93	3.14	1.09
<b>Pacífico Sur</b>	<b>24.87</b>	<b>13.78</b>	<b>13.32</b>	<b>22.18</b>
Chiapas	10.20	6.85	6.69	9.09
Guerrero	5.46	2.89	2.75	4.38
Oaxaca	9.20	4.04	3.89	8.71
<b>Total Nacional</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración con información de: Dirección General de Sistemas de Información para la Operación de Apoyos Directos, Coordinación General de Apoyos, ASERCA.

En cambio, el 43% de la superficie cubierta por el programa corresponde a predios de hasta 5 hectáreas.

Dada esta concentración del apoyo y, si es cierto que es una condicionante para la compra de insumos (fertilizantes y pesticidas), su impacto está localizado en aquellas zonas agrícolas donde los ingresos obtenidos por las cosechas y el nivel de producto a obtener son las que en realidad determinan el consumo de fertilizantes.

<sup>8</sup> El universo encuestado es distinto en cada una, así como las regiones y estados en las que se aplica la encuesta. Las variables son abordadas de distinta forma así como los rangos de extensión de tierra en los que clasifican a los productores encuestados.

**Cuadro 7**  
**Distribución de Procampo 2003 según estrato. Porcentajes**

Estrato por área apoyada	Productores apoyados	Porcentaje de productores	Porcentaje acumulado de productores	Superficie apoyada (has)	Porcentaje de superficie	Porcentaje acumulado de superficie
Hasta 1 ha.	489,250	19.6	19.6	460,325	3.4	3.4
1-2 has	597,027	24.0	43.6	1,067,176	7.8	11.2
2-5 has	776,700	31.2	74.9	2,746,980	20.1	31.3
5-10 has	395,121	15.9	90.8	2,938,885	21.5	52.8
Más de 10 has	229,161	9.2	100.0	6,443,757	47.2	100.0

Fuente: ASERCA

La evaluación de 1998 analiza los impactos del PROCAMPO en función de la extensión de la unidad de producción, así clasifica las extensiones de la siguiente forma: estrato I de 0-10 hectáreas, estrato II de 10.1 a 45 has, estrato III de 45.1 a 123.5 has, estrato IV de 123.6 a 200.5 ha y estrato V de 200.6 y más hectáreas.

En ese año, a nivel nacional, el impacto que el programa tiene sobre los ingresos totales de los productores es mayor en los productores de temporal que en los de riego (21.2 y 8.2% respectivamente). Por estratos, en temporal, la diferencia es mínima entre las extensiones más grandes y las más pequeñas, así, para los productores del estrato I el PROCAMPO constituye el 27.5% del total de sus ingresos mientras que para las extensiones del estrato V es de 21.7%.

El destino de los recursos a nivel nacional fue: sólo productivo 41.1%, productivo preferente 34.9%, sólo doméstico 9.8%, doméstico preferente 7.4% y otros 6.8%.

Al hacer referencia al consumo productivo preferente, el 93.9% de los recursos transferidos en todos los estratos se utilizó para la compra de insumos que incluye semillas para siembra, fertilizantes, herbicidas, insecticidas y agua para riego. Dentro de este rubro, el estrato I destinó el 93.9% del apoyo a la compra de insumos productivos, mientras que el estrato V el dinero de PROCAMPO se utiliza en compra de insumos en 90.6%.

En el mismo documento, ASERCA apunta que *a medida que aumenta el tamaño de la unidad de producción también se incrementa la proporción de productores que utilizan el apoyo de PROCAMPO como capital de trabajo. En el estrato I así lo hacen tres de cada cuatro, pero en los estratos de mayor tamaño, IV y V, son hasta nueve de cada diez (p.13).*

Lo anterior confirma el hecho de que el uso continuo de un mismo paquete tecnológico depende de los ingresos de la unidad. Esto implica que aún cuando las unidades más pequeñas no cuentan con ingresos suficientes aplican paquetes tecnológicos distintos a los de la revolución verde, puesto que continúan con la actividad agrícola.

El siguiente dato disponible corresponde a 2002. En este documento no se presenta estratificación de los beneficiarios. En cuanto al destino del recurso los resultados indican que el 76.4% de los beneficiarios utilizó el dinero en la preparación de la tierra que incluye semillas y fertilizantes, mientras que el 8.6% lo utilizó en adquisición de maquinaria, equipo y herramientas. No se especifica el porcentaje que tal asignación representa en su gasto total.

A pesar de la agregación del dato es posible inferir, por el grado de concentración de los recursos entre los productores con grandes extensiones, que el gasto productivo está asociado al diseño de sus niveles de producto y que por tanto pasan por un proceso de toma de decisiones para mejorar la productividad del cultivo. No así con los productores más pequeños quienes deciden sobre el tipo de insumo utilizado de acuerdo a sus ingresos totales.

### **3.4 Tipos de fertilizantes consumidos en México**

Ahora bien, ¿qué tipo de insumos incorporan los productores?, la pregunta es difícil de responder puesto que no existen datos actualizados ni mucho menos históricos sobre el tipo de fertilizantes (biológicos o químicos) que se utilizan en la agricultura mexicana.

El mismo documento de la SAGARPA que he citado anteriormente, analiza el origen de los insumos y los clasifica en dos:

- *Aquellos que provienen del propio sector agropecuario, ya sea que el productor lo obtenga autoabasteciéndose o los adquiera de otros productores. Semillas criollas, granos para alimentar el ganado y fertilizantes naturales.*
- *Aquellos que provienen de otros sectores económicos. Es el caso de las semillas certificadas, alimentos balanceados, combustibles,*

*fertilizantes, pesticidas, en general todos aquellos que han tenido algún grado de elaboración de otros sectores económicos.*

Los primeros pueden clasificarse como insumos biológicos y a los segundos de origen sintético. Durante el periodo 1960-1976, los insumos adquiridos fuera del sector (de origen sintético) crecieron a un ritmo de 11.6% anual y de éstos destacan el crecimiento de alimentos balanceados y semillas certificadas que crecieron a un ritmo de 6.6 y 6.5% cada uno. En cambio, los insumos que se originan en la unidad (biológicos) lo hicieron a una tasa del 5.9%.

Sin embargo, durante la etapa de crisis comprendida entre 1981 y 1984, la utilización de insumos provenientes de otros sectores de la economía se vieron seriamente afectados decreciendo a una tasa del -5.5% anual. En cambio los insumos provenientes del propio sector agropecuario tuvieron un crecimiento del 2%. Al respecto, el documento establece que *ello estaría indicando que fue la política de ajuste la que en buena medida explica la desaceleración en el uso de insumos provenientes de fuera del sector agropecuario, dado que éstos son los beneficiados con la canalización de subsidios...se puede suponer que los productores comerciales fueron los que recibieron en mayor medida el impacto de dicha política por ser los que más emplean este tipo de bienes.*

Nuevamente, ante la ausencia de evidencia numérica sobre el tipo de fertilizantes que se utilizan, es posible inferir que las unidades de producción más pequeñas son las que utilizan una menor cantidad de insumos de origen sintético. Es importante señalar que el número de hectáreas que se cultivan bajo paquetes tecnológicos de tipo biológico es muy distinto dependiendo de la fuente.

Así, para el secretario de Agricultura Francisco Mayorga<sup>9</sup>, el segmento de productos orgánicos involucra a 80 mil productores, y de ellos 33 mil cultivan 400 mil hectáreas sometidos a mecanismos de certificación. Para 2003, la estadística oficial de SAGARPA registra 15,575 hectáreas cultivadas de forma orgánica, aunque no especifica si están certificadas, mientras que para IFOAM en 2002 se

---

<sup>9</sup> El Financiero, 21 de noviembre de 2005. p 23

cultivaron 215, 843 hectáreas orgánicas cuyo cultivo estuvo a cargo de 53,577 productores.

El registro de cultivos orgánicos para ambas fuentes también difiere, SAGARPA no registra la producción de café sino hasta 2003, mientras que IFOAM lo presenta en primer lugar de la producción orgánica total entre 1996 y 2002, seguida de maíz azul y blanco, y semillas de sésamo, cultivos que no aparecen para la SAGARPA.

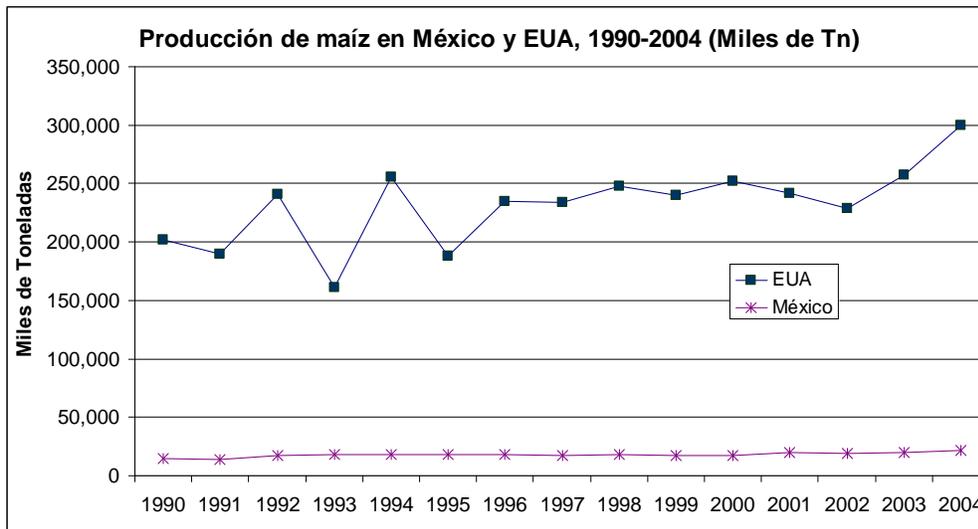
El tema de esta tesis es mucho menos importante que la agricultura certificada libre de agroquímicos para las fuentes mencionadas, por lo que no existen registros sobre los distintos tipos de paquete tecnológico utilizado. La única evidencia registrada sobre prácticas agrícolas de tipo biológico para INEGI es la de superficie sembrada maíz-frijol, la cual es una combinación que permite la fijación de nitrógeno en mayor cantidad comparada con la que se puede realizar con el cultivo de maíz como monocultivo. Sin embargo, el registro sólo comprende el periodo 1995-1998 sin que la fuente ofrezca explicación alguna sobre su incorporación o abandono de registro.

## **Capítulo 4 Tendencia de la producción de maíz en México después del TLCAN**

Tomando como base los escenarios posibles realizados por diversos autores sobre las consecuencias de la liberación comercial de 1994 para la agricultura mexicana, este capítulo presenta las consecuencias de la implementación del TLCAN especialmente para la producción de maíz para el periodo 1994-2005. En la primera parte presento los efectos que sobre el comercio ha tenido mediante el análisis de la composición de la balanza agrícola, seguido de las modificaciones al interior de las exportaciones y termino con la situación de las importaciones, especialmente las de maíz. En la segunda parte analizo los efectos de la apertura comercial sobre la producción doméstica de granos básicos con énfasis en el maíz.

### **4.1 Proyecciones sobre los efectos del TLCAN**

Para un país de mediano desarrollo como México, la firma del TLCAN en materia agrícola cuyo principal socio comercial es el mayor productor y exportador de alimentos en el mundo, significaba entrar en un proceso de reorganización de su producción interna para especializarse sólo en aquellos cultivos que tuvieran ventaja comparativa, lo anterior implicaba que la superficie dedicada a la siembra de granos básicos disminuyera drásticamente hasta desaparecer al no poder competir con los precios bajos de las importaciones. Sin embargo, a diez años de haberse firmado los resultados, si bien no son del todo aceptables por sus repercusiones sociales, no fueron como se esperaba.

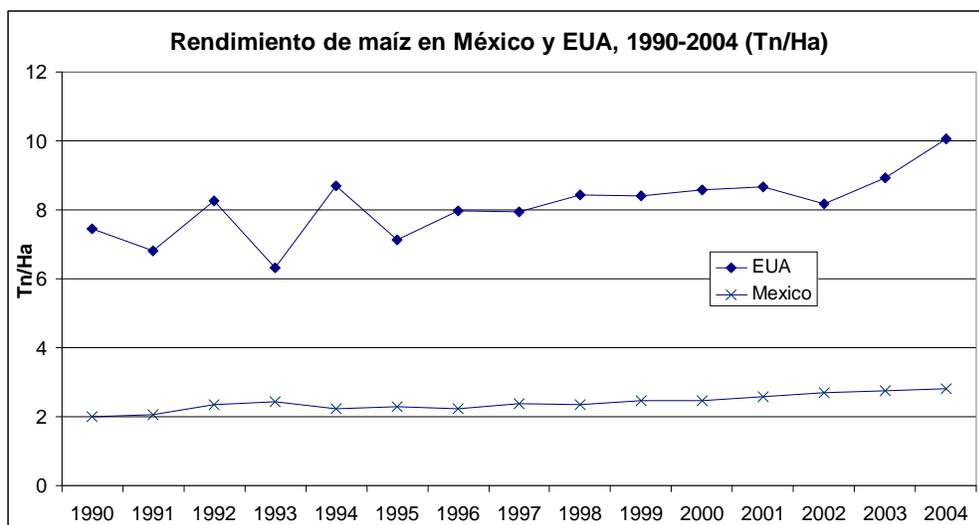


Fuente: FAO, FAOSTATS

Desde el punto de vista de los organismos internacionales, la apertura comercial generaría grandes desequilibrios al interior de los distintos sectores de productores. En 1995 la FAO pronosticó un déficit importante en la producción de maíz y trigo que obligaría a su importación masiva. En el mismo sentido el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) presenta un escenario en el que prevalecen los apoyos gubernamentales a los productores en medio de la remoción de tarifas y cuotas, cuyo resultado debió haber sido un crecimiento rápido y sustancial de las importaciones de maíz, trigo y sorgo, destaca que la proyección para el cultivo de maíz el USDA dice que la producción crecerá casi al mismo nivel que las importaciones hasta el año 2000 mientras se mantengan la política de precios internos y hasta 2005, cuando la producción estuviera desprotegida, la superficie cosechada se contraería, mientras que la producción interna se estancaría y las importaciones de maíz se incrementarían a un ritmo anual de 7.7%. (Rello y Pérez, 1996)

Por su parte Banco Mundial concluyó que la liberalización comercial crearía ganancias sustanciales en la eficiencia del sector. En este escenario sin embargo, la distribución de los impactos podría ser distorsionado y se requería la intervención gubernamental para proteger a aquellos que resultaran con pérdidas en el proceso de ajuste (King, 2006), para contrarrestar estos efectos el gobierno

mexicano diseñó e instrumentó los programas de transferencia directa de ingreso a los productores de granos básicos mediante PROCAMPO y la aplicación de instrumentos de política en apoyo a la comercialización por medio de la Alianza para el Campo y ASERCA.



Fuente: FAO, FAOSTATS

Rello y Pérez (1996) resumen las proyecciones que realizaron diversos investigadores (Robinson, Bursfisher, Hinojosa y Thierfelder, 1991, Yúnez-Naude, 1992, Levy y Van Wijnberger 1992, y Romero y Yúnez-Naude 1993) como sigue:

- Incremento de la producción interna insuficiente como para cubrir la demanda. Especialmente en zonas de temporal se presentarían decrementos absolutos de la superficie y de la producción, no así en tierras de riego aunque el crecimiento será insuficiente para compensar el retroceso de la agricultura de temporal.
- Relación directa en la homologación y caída de los precios de los cereales y un aumento de sus importaciones.
- Las exportaciones de frutas y verduras no crecerían lo suficiente como para revertir el déficit de la balanza alimentaria.
- El patrón de cultivos cambiaría de la producción de granos y oleaginosas hacia las frutas, hortalizas y ganadería.

- La migración urbana y rural se incrementaría a medida que la disminución de los precios agrícolas y de los subsidios sea más rápida.
- Los pequeños productores comerciales de las zonas de temporal serían los más afectados, en especial los de maíz. No así los productores que cultivan para el autoconsumo y cuentan con ingresos no agrícolas

King (2006) basada en otros autores, Nadal (2000), Yúnez-Naude y Barceinas (2002) añade:

- Mejora de la localización de recursos, eficiencia y productividad agrícolas. El cultivo comercial de maíz en superficie de riego se desalentaría por falta de competitividad frente a su símil en Estados Unidos y en cambio se trasladarían hacia la producción de cultivos comerciales con ventaja comparativa sobre Estados Unidos como las frutas y verduras
- Precios bajos en ciertos alimentos como las tortillas las que previamente habían recibido subsidios gubernamentales.

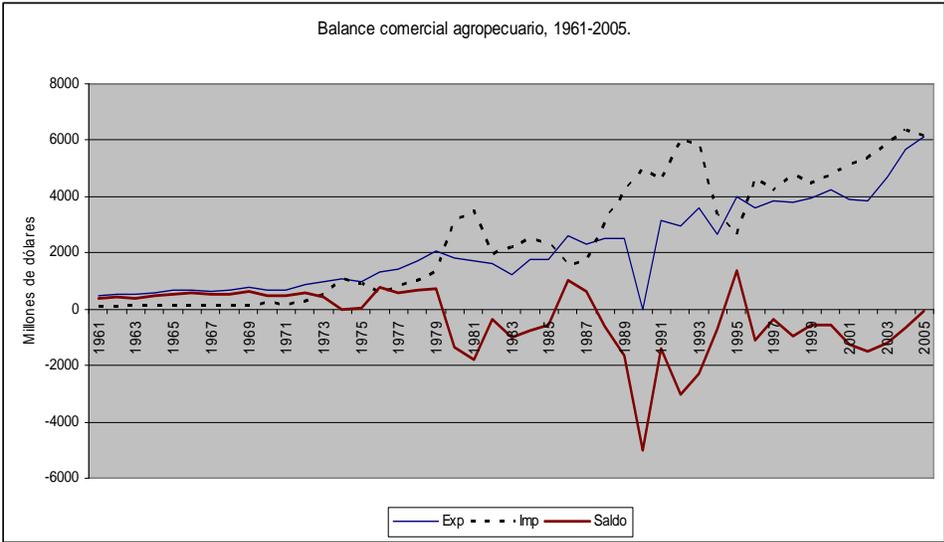
#### **4.2 Efectos sobre el comercio**

El efecto general de la liberación comercial se encuentra en el saldo de la balanza comercial agropecuaria, sin embargo no puede explicarse sólo a partir de 1994. Los datos de la segunda mitad de la década de 1970, cuando las importaciones mexicanas de alimentos presentaban altos aranceles a la entrada, muestran el incremento de las importaciones iniciando un periodo creciente por sobre las exportaciones hasta 2005. En ese sentido la expectativa era que un sector de las exportaciones agrícolas creciera lo suficiente gracias al tratado como para revertir el déficit comercial sin embargo, la balanza agrícola se caracteriza por el déficit acumulado.

Sólo se presentan dos años de superavit, 1987 y 1994, ambos asociados con la devaluación del tipo de cambio y las crisis financieras, aún cuando se presentó un superavit durante el segundo año de operación del TLCAN, desde 1996 el déficit no se ha revertido. El superavit de 1995 tiene una explicación macroeconómica más que de cambio estructural en la agricultura mexicana como efecto del libre comercio. De Janvry y Sadoulet (1998) explican este incremento de las exportaciones gracias a que el tipo de cambio real se depreció en 62% y el ingreso

real per cápita disminuyó en 8.7% en México, lo que provocó una disminución del 24.7% de las importaciones provenientes de Estados Unidos. Las exportaciones mexicanas en cambio respondieron al tipo de cambio devaluado y se incrementaron en 27.8% generando el único año superavitario en 10 años de operación del TLCAN.

Gráfica 5



Entre 1987 y 1994, a pesar del encarecimiento de las importaciones, estas alcanzaron el mayor nivel durante todo el periodo, después e 1994 la brecha se cierra y tiene una tendencia creciente para ambos grupos. Como se presenta más adelante, a partir del TLCAN las importaciones de granos, explican este crecimiento, mientras que el incremento de las exportaciones están dominadas por las frutas y hortalizas y aunque esa composición no es resultado directo de la firma del Tratado, las políticas internas contribuyeron a mantener este patrón durante todo el periodo.

En ese sentido se cumplen las proyecciones respecto a la especialización de las exportaciones, sin embargo, al interior del sector se han presentado cambios importantes que han concentrado la exportación en muy pocas empresas nacionales y extranjeras. Dadas las asimetrías productivas entre los dos países, se esperaba que México potenciara sus ventajas comparativas en el sector de

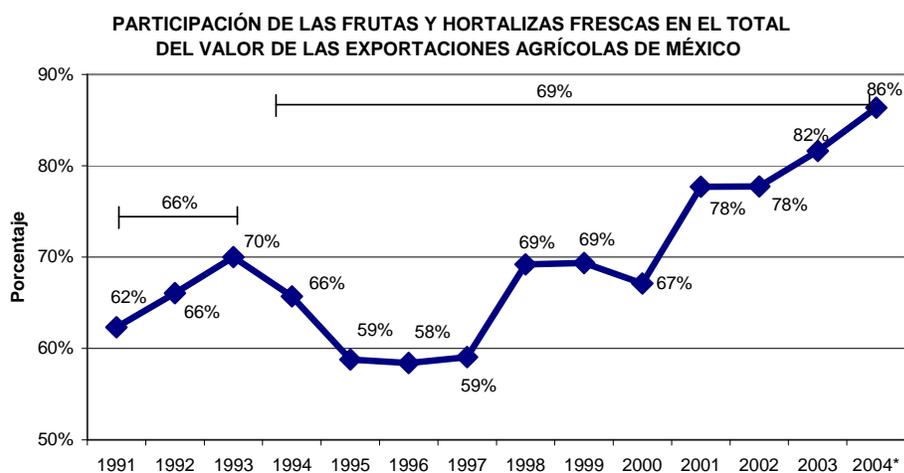
frutas y hortalizas frescas y que los sectores de granos básicos siguieran la señal de los precios altos externos e internos de los líderes de las exportaciones y se trasladaran hacia ese sector.

### 4.3 Efectos sobre las exportaciones agrícolas

El dinamismo de las exportaciones mexicanas no se entendería sin el grado de dependencia que tiene el mercado mexicano con respecto al norteamericano, pues Estado Unidos es el destino de cerca del 90% de las exportaciones de hortalizas y frutas frescas, esto gracias al movimiento de tipo de cambio, el cambio en los patrones alimenticios de la población estadounidense, y la oferta local insuficiente proveniente de Florida y California en aquél país.

Si se compara el valor de los principales cultivos de exportación, se encuentra que en 1994 el segmento de frutas y hortalizas dominaban el valor generado por exportaciones, seguido del tomate y el café. A 10 años el café es el único cultivo que ha perdido terreno en mercados extranjeros. La exportación de frutas y hortalizas cubre casi el 90% de los ingresos totales por exportaciones, con lo cual México se coloca como un país altamente especializado en su sector exportador.

Gráfica 6



\* Hasta junio

Fuente: INEGI, Banco de Información Económica (González y Macías, 2006)

El TLCAN explica la importancia que en el valor total de las exportaciones agrícolas tiene el sector de frutas y hortalizas, pues éste se ha incrementado del

62% en 1991 a 86% en 2004. En consecuencia el volumen de exportaciones se ha multiplicado para todos los cultivos que aún antes del TLCAN se exportaban. Este proceso pudo verse beneficiado por la regularización de los cupos de importación que permiten el ingreso a los EUA de las exportaciones mexicanas en los meses de invierno, cuando la producción de Florida y California es baja.

Cuadro 8

Principales cultivos de exportación (Toneladas)		
Tasa de crecimiento		
	1990-1994	1994-2004
Cebollas	26.83	45.56
Lechugas	-27.13	195.68
Pepinos y pepinillos	16.42	68.94
Pimientos	34.39	122.35
Sandía	21.53	163.49
Tomate	16.88	94.75
Aguacate	93.67	302.58
Limonos y limas	90.62	167.76
Mangos	114.01	68.96
Papaya	247.38	472.68
Piña	-24.47	411.28
Uva	57.33	174.08

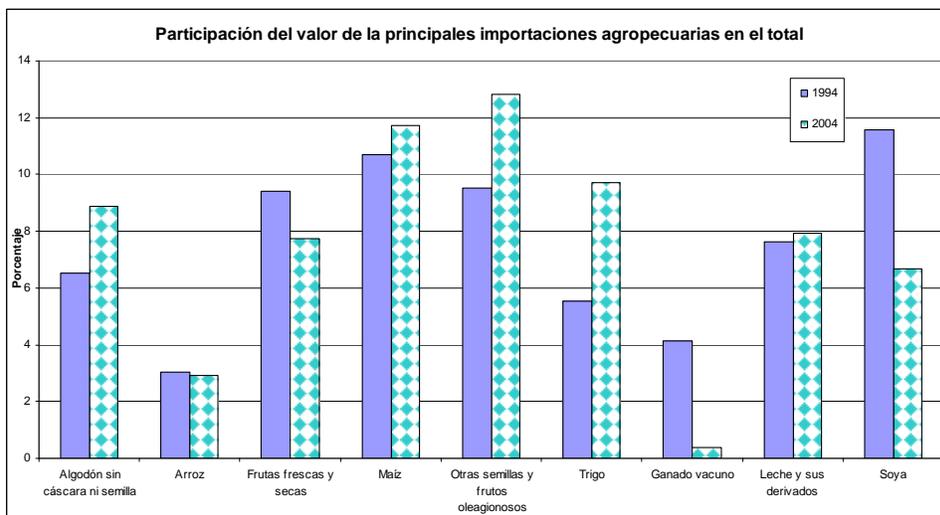
Fuente: FAO, FAOSTAT

Gracias a las cuotas de exportación y al incremento de la demanda en Estados Unidos, el volumen de exportación de la mayoría de los cultivos presentaba tendencias crecientes y la firma del TLCAN ayudaron a multiplicarlos, por lo que es posible afirmar que ya existía una tendencia y un patrón de exportaciones que se consolidó con la firma del TLCAN.

#### 4.4 Situación de las importaciones

Al igual que para las exportaciones, la composición de las importaciones ha sufrido pocos cambios significativos, El ritmo de crecimiento mayor lo tiene las importaciones de maíz, que entre 1994 y 2004 fue de 54%, en cuanto al peso que tienen los cultivos en el valor total de las importaciones encontramos que otras semillas y frutos oleaginosos reporta el mayor nivel seguido del maíz, el algodón y el trigo.

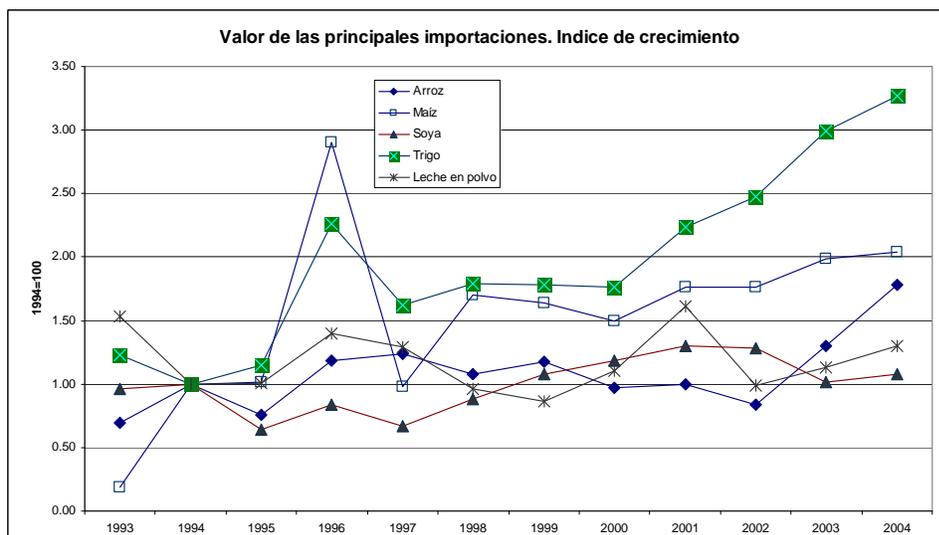
Gráfica 7



Fuente: Elaborado con datos del V Informe de Gobierno. Vicente Fox Quesada, Presidencia de la República, 2005

En general, las importaciones de granos crecieron debido a que entre 1994 y 2003 el consumo de éstos en México creció 42% por lo que se requerían de 11.6 millones de toneladas de granos para satisfacer la demanda interna mientras que la producción local solo creció 5.8 millones, situación que obligó a cubrir el resto se cubrió con importaciones (Puyana y Romero, 2005).

Gráfica 8



Fuente: Elaborado con datos del V Informe de Gobierno. Vicente Fox Quesada, Presidencia de la República, 2005

En este contexto, la mayor preocupación respecto a mantener el patrón de importaciones fue el incremento acelerado de las importaciones de maíz, en términos de valor éstas han crecido con un ritmo de 103% comparadas con 1994, aunque del grupo de granos el mayor crecimiento lo presenta el trigo con 227%. El arroz se incrementó a lo largo de todo el periodo mientras que la soya no presenta cambios significativos

Comparadas con el periodo 1980-1994 y en correspondencia con el incremento del valor, el volumen de importaciones de trigo crecieron un poco más del 150%, esto se explica por la disminución de la producción doméstica asociada al precio de agua para riego y al incremento de la demanda de trigo para panificación de la industria alimentaria. Así mismo la diferencia del volumen importado de maíz antes y después del TLCAN sostiene las predicciones en ese sentido pues se incrementaron en 100%, las importaciones de frijol habían disminuido mientras que de 1994 a 2004 se incrementaron 8%.

Cuadro 9

Volumen de importación de granos		
Tasas de crecimiento		
	1980-1994	1994-2004
Maíz	-27.29	100.93
Soja	378.68	41.76
Sorgo	54.09	-9.08
Trigo	71.85	153.62
Cebada	-79.56	-16.96
Frijol	-87.06	8.14

Fuente: FAO, FAOSTATS

En el caso del maíz, parece que el incremento de las importaciones sí se explica por el TLCAN lo mismo que para el frijol, dos de los cultivos para los que se mantuvieron los periodos de protección hasta el 2008 y a pesar de ello las importaciones se han multiplicado.

Si bien las importaciones de maíz sufrieron incrementos que validan en alguna parte las proyecciones realizadas, es conveniente analizar su composición para entender con claridad su papel en la oferta local. La importancia de las importaciones de maíz radica en el lugar que ocupa en la alimentación de la mayoría de la población colocándolo en una posición estratégica dentro del comercio México-Estados Unidos. El maíz para consumo humano incluye unas 40 especies nativas cuyas diferencias se reconocen en el color del grano (blanco, azul, rojo, amarillo), tamaño, sabor y consistencia todas utilizadas como insumo para la elaboración de distintos alimentos de consumo popular como las tortillas, tamales, atoles y una larga lista de platillos que lo mismo satisfacen la demanda rural que urbana.

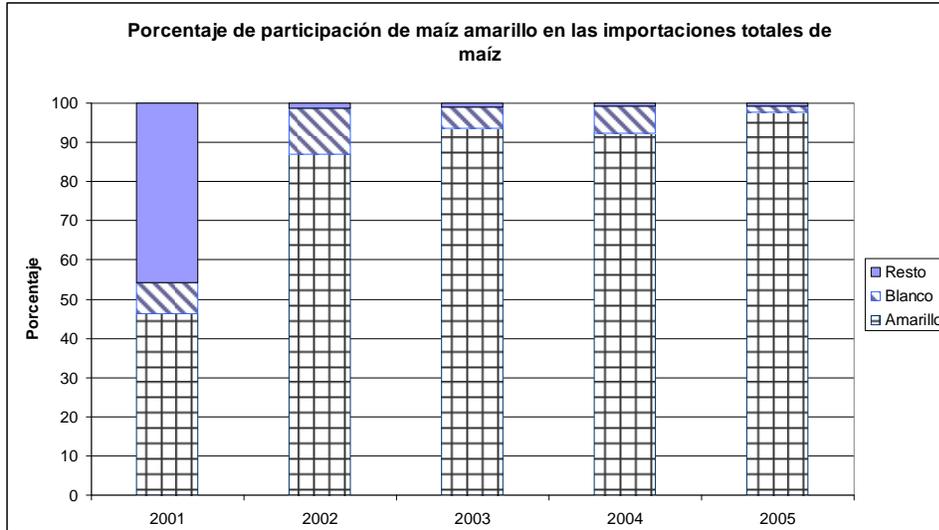
De acuerdo con la Cámara Nacional del Maíz Industrializado<sup>10</sup> la demanda interna de maíz se destina a la preparación de harina de maíz nixtamalizado, insumo para la preparación de masa y tortillas de “maquina” y a otros consumos de maíz para alimentación humana, correspondiente a la producción de tortilla tradicional rural, las dos formas de preparar tortilla utilizan sólo maíz blanco de producción nacional, entre 2000 y 2005 la demanda de maíz blanco fue de 14% para la primera, mientras que demanda de la producción de tortilla tradicional disminuyó 3.5%. En contraste las industrias que requieren de maíz amarillo de importación son la producción de almidón, botanas, cereales y semilla, cuya demanda se incrementó 23% en el mismo periodo, la industria de alimentación animal, fue responsable del 60% del total de las importaciones de maíz amarillo.

Bajo esta composición de la demanda, las importaciones de maíz desde Estados Unidos corresponden a maíz amarillo (variedad distinta a la local). Antes del TLCAN las importaciones de maíz (amarillo en mayor medida) ya dominaba la composición del volumen total importado, el maíz amarillo ha incrementado su participación en las importaciones totales siendo 2005 el año en el que casi cubre el 100% de las importaciones.

---

<sup>10</sup> [http://www.cnmaiz.org.mx/estadisticas\\_nacionales.php](http://www.cnmaiz.org.mx/estadisticas_nacionales.php)

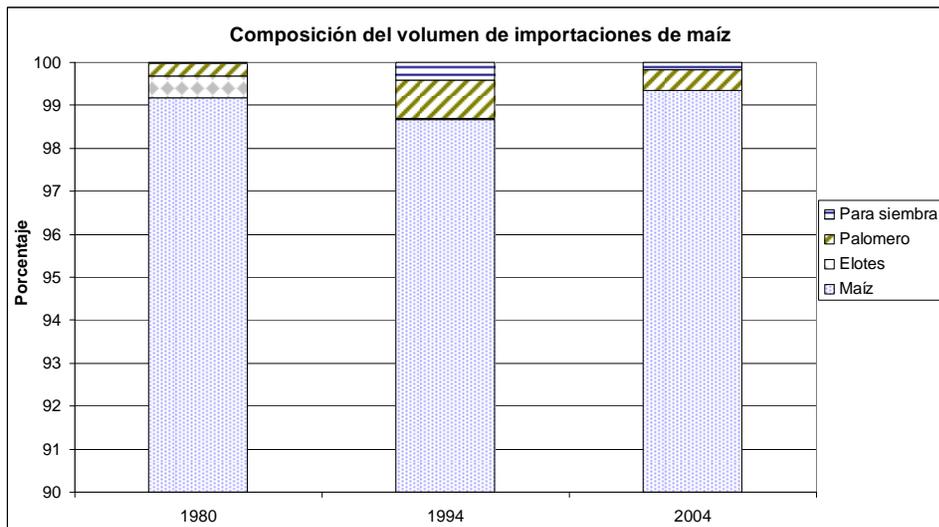
Gráfica 9



Fuente: Elaborado con datos del Anuario Estadístico del Comercio Exterior. INEGI. Varios años

El nivel de importaciones desde 1980, que incluyen blanco y amarillo, no presenta cambios significativos, de hecho 2004 tiene un nivel similar de participación en el total importado.

Gráfica 10



Fuente: Elaborado con datos del Anuario Estadístico del Comercio Exterior. INEGI. Varios años

Ahora bien, la concentración de las exportaciones en frutas y hortalizas, y de las importaciones en granos básicos parecen comprobar algunas de las predicciones, pero ¿Cuál ha sido la modificación de la producción interna por este comportamiento de la balanza comercial?, para cumplir con el resto de las proyecciones, la producción agrícola en México debería estar dominada por frutas y hortalizas y el cultivo de granos básicos debiera ser prácticamente inexistente. Veremos a continuación cuáles han sido las consecuencias sobre la producción doméstica de estos cultivos y si se cumple la proyección respecto al cambio estructural de la agricultura mexicana al trasladarse hacia los cultivos de mayor rentabilidad en el mercado internacional.

#### **4.5 Efectos sobre la producción doméstica**

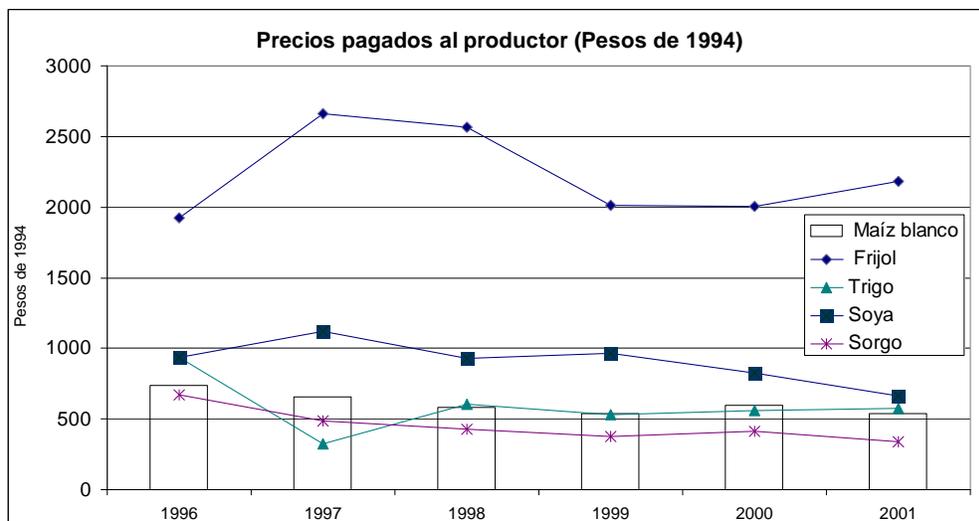
Antes de presentar los efectos en la producción doméstica es importante repasar el comportamiento de los precios internos. Una de las hipótesis a comprobar con el funcionamiento del TLCAN es la tendencia a la convergencia de los precios internos con los externos, una vez que las importaciones baratas confrontaran los costos de producción internos, especialmente de granos básicos.

##### **4.5.1 Comportamiento de los precios agrícolas domésticos**

El comportamiento de los precios agrícolas domésticos está influenciado por el contexto de precios internacionales. Durante las negociaciones del TLCAN entre 1989 y 1993, los precios internacionales de los cereales representaban cerca de 55% del nivel de 1980. Desde 1996 los subsidios recibidos por los agricultores de los países desarrollados se destinan a la investigación y desarrollo que eleva la productividad, y con ello la oferta mundial, generando una disminución de precios (Puyana y Romero 2005). En ese contexto, en el periodo 1991-1996 los precios internacionales del maíz crecieron 37%, soya 55%, algodón 11% y trigo 5%, sin embargo durante los tres años siguientes (1996 a 1999) disminuyeron en mayor proporción a la que se habían incrementado, 37%, 46%, 27% y 34% respectivamente (King, 2006).

En México, los precios agrícolas pagados al productor en el primer punto de venta después de la cosecha, es decir sin intermediarios, presentan tendencia decreciente a partir de 1994.

Gráfica 11



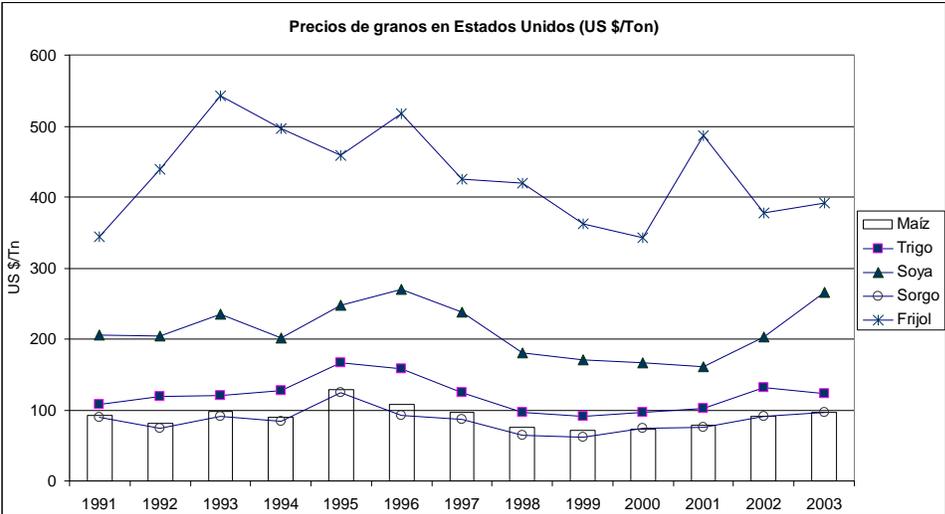
Fuente: Elaborado con datos del V Informe de Gobierno, Presidencia de la República, 2005, y base de datos del Banco de México.

La convergencia de precios locales con los internacionales afectó a todos los granos básicos. En cultivo más castigado por el mercado es el sorgo, en segundo lugar se encuentran el maíz, el cultivo más importante de la agricultura mexicana, junto con el trigo y en menor medida, comparado con los anteriores, los precios de frijol y de soya. Para todos los casos, 1996 es el año en el que se inicia un periodo descendente y concuerda con el periodo de caída de los precios internacionales. Además de estar regidos por los movimientos internacionales, son resultado de la desaparición de los precios de garantía, y de la desincorporación de las agencias estatales de acopio y comercialización aunado al avance que sobre el control de la comercialización han realizado las grandes empresas nacionales y extranjeras, en combinación con la incipiente estructura organizativa de los productores de granos pequeños y medianos inmediatamente después de la firma del TLCAN.

La disminución de precios de maíz durante el TLCAN es evidente, sin embargo las cifras disponibles varían según la fuente. Mis cálculos indican que el precio de maíz que reciben los productores sin intermediarios, se redujo 38% de 1995 a 2002, Nadal y Wise (2004), en cambio calculan que la disminución de los precios internos en los años posteriores a la firma del Tratado fue de 25%, mientras que en 2002 fueron 47% menores a los registrados en 1994. Oxfam (2003), con

información de la Asociación Nacional de Empresas Comercializadoras (ANEC) calculó la disminución del precio real del maíz en más de 70% (de 732 pesos por tonelada en 1992 a 204 pesos en 2001) desde 1994. La información de la ANEC y de otras organizaciones campesinas que tienen contacto con la comercialización en pequeña, mediana y gran escala difiere de los datos oficiales no en cuanto a la tendencia decreciente de los precios, sino en el monto efectivamente pagado a los productores.

Gráfica 12



Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT, FAO

Por otra parte, un problema derivado del TLCAN que afecta la disminución de precios internos son las importaciones por sobre los cupos establecidos originalmente que entran al país sin pago de arancel, que al incrementar la oferta local presionan a la baja los precios. La cuota inicial de importaciones de maíz fue de 2.5 millones de toneladas y se estableció un incremento gradual de 3% anual hasta llegar a 3.6 millones de toneladas en 2008, así el arancel inicial es de 215% disminuyendo gradualmente hasta llegar a 0 en 2008. Es importante agregar que el sistema de cuotas no se aplicó desde la firma del Tratado, en consecuencia las exportaciones de Estados Unidos hacia México se incrementaron en promedio a 6.3 millones de toneladas comparadas con 1.6 millones que exportaban antes del TLCAN, lo que significa un incremento de 323%. (Nadal y Wise, 2004).

Las cifras referentes a la cantidad de toneladas que se importaron fuera de estos cupos varían según las fuentes. Mis cálculos (realizados por datos de SAGARPA) muestran que sólo se sobrepasaron los cupos en el periodo 2003-2005 con un poco más de 12 millones de toneladas, ello dependen del tipo de maíz que se importe, así, el maíz amarillo que se utiliza como insumo para diversas industrias incluidas la de frituras y botanas, pecuaria así como el maíz de tipo almidonero y cerealero, ha sobrepasado los cupos en 10 millones de toneladas siendo el maíz de uso pecuario el que en mayor medida lo hace. Para la ANEC en cambio, las importaciones por sobre cupo suman 25 millones de toneladas y se han realizado desde 1994. Puesto que al sobrecupo no se le aplicó la tasa arancelaria, significan al país una pérdida fiscal de dos mil millones de dólares durante el periodo, aunque para otros autores, Gómez y Schwentesius (2004), las pérdidas ascienden a más de tres millones de dólares.

Situación similar se presenta en el caso del frijol, sus importaciones han crecido de forma importante en comparación al periodo anterior al TLCAN y una parte de ellas corresponde al sobrecupo. Desde 1994 México ha sobrepasado la cuota en cerca de 300 mil toneladas (Ibid). Así también en el mercado local se comercializan importaciones de cebada sin pago de arancel por haber sobrepasado la cuota inicial que, entre 1994 y 2002 sumaron 1.4 millones de toneladas y representa una pérdida fiscal de cerca de 153 millones de dólares. (Schwentesius, Aguilar y Gómez, 2004).

Así, otro ingrediente que presiona los precios a la baja es el manejo de los instrumentos de política comercial pues si el gobierno federal limitara las importaciones respetando los cupos de importación, los precios internos se regirían por la oferta y demanda locales, lo que incluye las existencias de maíz blanco que se produce internamente. (Cámara de Diputados, LIX Legislatura, 2004). La apertura comercial, en teoría, tendría que favorecer la disminución de los precios de los alimentos, sin embargo la compra de insumos baratos no repercutió en el precio de los productos finales, especialmente el precio de la tortilla, el alimento básico de la dieta de la población mexicana más pobre, de

acuerdo con Oxfam (2003), entre 1994 y 1999 el precio de la tortilla incrementó cuatro veces, este incremento fue mucho mayor sólo durante 2006, pues entre enero y diciembre el precio del kg de tortilla se incrementó 175%.

En enero de 2007, el precio internacional de maíz en EUA se incrementó en 95% por efecto del incremento de la demanda del grano en la elaboración de etanol, en consecuencia, los precios internos de maíz en México se movieron al alza. Como hemos visto, ya que la mayoría de las importaciones desde EUA hacia México corresponden a maíz amarillo, los precios de este insumo de la industria pecuaria se incrementaron, pero el efecto alcanzó al maíz blanco de producción doméstica que se usa en el consumo humano. Como consecuencia, el precio de la tortilla entre enero y febrero de este año se ha incrementado en promedio 17%<sup>11</sup>, aunque las variaciones de los precios dependen de la región, en Coahuila el incremento alcanzó en ese periodo 30%, mientras que en Nayarit solo fue de 2.40%. En enero de 2006 el kg de harina de maíz costó al productor \$2.11, en diciembre de ese mismo año su costo fue de \$11.81 y durante la primera quincena de febrero alcanzó \$19.37, mientras que los precios del kilo de tortilla fueron \$5.02, \$13.82 y \$16.10 respectivamente.

Esta coyuntura, es quizás la mejor muestra de la poca atención que se puso a la negociación del TLCAN pues los análisis oficiales sólo hicieron referencia a un escenario en el que los precios de maíz en EUA serían siempre menores que los de México debido a la mayor productividad de los primeros y de su posición como principal productor del grano en el mundo. El análisis no consideró con suficiencia los usos industriales del maíz amarillo que pudieran ser un elemento central en la demanda del grano además de los cambios de dirección de las políticas agrícolas del gobierno norteamericano.

#### **4.5.2 Cambios en la producción doméstica**

El análisis de los resultados de la apertura sobre la producción doméstica en primer lugar se hará sobre la generalidad de los cultivos para posteriormente analizar por separado los grupos de cultivos de exportación y de importación. En ambos casos el hilo conductor es la búsqueda de la viabilidad y realidad respecto

---

<sup>11</sup> El Financiero, 28 de febrero de 2007, p.23

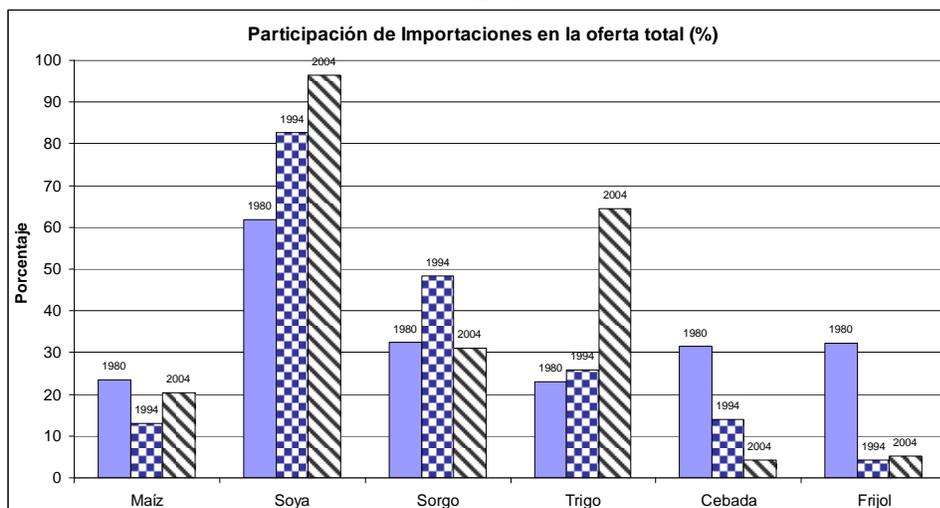
a la sustitución del cultivo de granos básicos de bajo precio por los cultivos de alto valor comercial como son las frutas y hortalizas. Con ello se conecta la explicación sobre las repercusiones internas de la mayor generación de valor por parte del segmento de frutas y hortalizas, y al mismo tiempo se explora el porqué de la continuación y, en algunos casos, del incremento de la producción de maíz, un cultivo que se esperaba desapareciera ante la disminución de los precios internos y de la entrada de las importaciones baratas.

Como consecuencia del movimiento de los precios internacionales, se esperaba que la oferta doméstica sufriera cambios significativos y los productores con capacidad de hacerlo se trasladarían hacia el cultivo cuyos precios se incrementarían rápidamente. Como se apuntó antes, los precios de los productos de importación han disminuido de forma constante, y aún cuando no es una consecuencia directa del TLCAN, con la apertura el proceso se acentuó. Después de 10 años de operación el cambio estructural esperado para la agricultura mexicana no sucedió tal y como se esperaba, aunque sí presenta cambios la composición de la producción agrícola doméstica.

En 1994, el 50% de la superficie sembrada la ocuparon los cereales (maíz, frijol, trigo entre otros), mientras que la superficie dedicada a las frutas y hortalizas fue de 7% y el resto (43% de la superficie total sembrada) entre cultivos industriales, forrajes y otros. En 2004, la superficie dedicada a los cereales disminuyó 13%, representando el 42% de la superficie total, mientras que la superficie de frutas y hortalizas tuvo un incremento de 17% y representa el 9% de la superficie total. Si bien no se presenta un traslado hacia los cultivos de mayor precio, la superficie sembrada con granos sí disminuyó.

Como vemos, la composición de la producción antes y después del TLCAN mantiene su tendencia a concentrarse en la siembra de cereales, situación que no tiene relación directa con la composición de la balanza comercial, esto es, los cultivos que generan la mayor cantidad de ingresos por exportaciones no son los que dominan el panorama agrícola interno.

Gráfica 13



Fuente: Elaboración con datos de FAO, FAOSTATS

En este contexto, el incremento de las importaciones de trigo desde 1994, sí obedece a un cambio en el patrón de producción pero dentro del mismo cultivo, es decir, la demanda de la industria de la panificación requiere de una variedad de trigo que no se produce en México, así que el incremento de las importaciones responde a esa necesidad específica. Por ejemplo, en el Valle del Yaqui en Sonora, una zona donde se encuentran una serie de ejidos representativos por ser el centro de aplicación de la revolución verde y una zona de gran importancia del sistema de riego del país, la producción de trigo sufrió cambios estructurales desde la implementación del TLCAN. Un estudio del CIMMYT (Amanda King, 2006), demuestra que aún cuando el intercambio de trigo panificable entre México y Estados Unidos es y ha sido marginal, la liberación comercial junto con el retiro de los subsidios al agua para riego lograron modificar la estructura productiva y los canales de comercialización de este grano en la zona y al mismo tiempo impiden la reconversión de cultivos hacia las hortalizas.

El estudio apunta que durante la década de 1990 la producción se concentró en el trigo duro debido al volumen bajo y calida no suficiente para la industria de trigo panificable que se producía, así, durante el periodo 1994-2004, la producción de

trigo descendió 44% a nivel nacional, mientras que en Sonora la reducción fue de 57%. Lo mismo sucede con la superficie sembrada que descendió 48% y 58% respectivamente. La razón principal es la falta de rentabilidad explicada por los altos costos de los insumos (fertilizantes y agua principalmente) y los costos de transporte entre los centros de producción y los de consumo, que son los responsables de la ausencia de ventaja comparativa del grano mexicano frente al de Canadá. Ante este panorama, los ejidatarios decidieron trasladarse hacia el cultivo de trigo duro, que es insumo para la elaboración de pastas comestibles y, a pesar de que México no está dentro de los grandes productores mundiales de trigo duro éste se exporta a Perú, Argelia e Italia mediante las transacciones que realiza Cargill cuya presencia ha crecido en México durante los últimos años.

Las opciones que los programas de reconversión de cultivos ofrecieron desde 1996 a través de ASERCA se concentraron en la producción de cítricos, ganadería, acuacultura y frutas y hortalizas, sin embargo, no prosperaron como se esperaba pues para la primera opción se requiere una espera de 3 a 5 años para realizar la primera cosecha, y se enfrenta a la protección de la producción de Florida para lo cual el TLCAN contempla periodos de tarifas y cuotas de hasta 15 años. Para el caso de la ganadería, el acceso al agua sin subsidio incrementa los costos de manutención del ganado. La opción de la acuacultura tuvo un ligero éxito hasta antes de los atentados del 11 de septiembre de 2001 en Nueva York pues la principal empresa comercializadora, Ocean Garden, estaba ubicada en las Torres Gemelas y después del atentado abandonó sus operaciones en el Valle del Yaqui.

King concluye que aún cuando el mercado de trigo duro también presenta algún grado de incertidumbre, los ejidatarios lo prefieren a la reconversión hacia las frutas y hortalizas pues éstas requieren de un nivel de inversión alto en invernaderos (alrededor de US\$10,000 por hectárea), así como los altos costos en fertilización, irrigación y control de plagas, sin contar con el difícil camino que recorren en la comercialización cuando no están trabajando mediante agricultura por contrato. Una combinación entre liberación del mercado (importaciones baratas de trigo panificable) y desaparición de los subsidios al riego y el

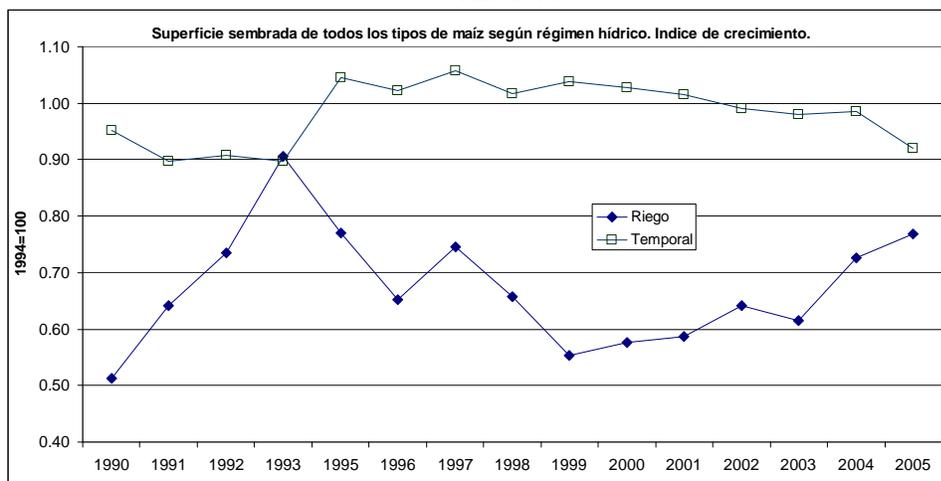
incremento del precio de los fertilizantes químicos provocados por la desaparición FERTIMEX, provocaron que la agricultura de trigo del Valle del Yaqui se transformara, aún cuando no participa del comercio México-Estados Unidos.

Por otro lado, y contrariamente a la tendencia de granos, las importaciones de cebada han venido descendiendo desde 1980. Ello se explica por un fenómeno externo a la producción mexicana y las existencias mundiales del grano puesto que la cebada es la materia prima de la de la agroindustria de la cerveza. En los últimos años esta industria enfrenta problemas de abasto debido a la escasez mundial provocado por un periodo extendido de sequía en Australia, Canadá y Estados Unidos, lo que implicó una disminución de las existencias internacionales junto con el incremento de los precios por lo que ha tenido que satisfacer su demanda con la producción doméstica. Así, el efecto que pudo haber generado la entrada de importaciones baratas se neutralizó debido a una externalidad ambiental (Schwentenius, Aguilar, Gómez, 2004).

#### **4.6 Efectos sobre la producción de maíz**

Sin duda que los estudios sobre la producción de maíz dentro del TLCAN han puesto énfasis en la permanencia de ésta y las razones por las que los productores, a pesar de los precios bajos, mantienen el cultivo de maíz. Contrario a lo que señalaron las proyecciones, la superficie sembrada en riego y temporal después de 1994, se mantiene con ligeros cambios al final del periodo. Aunque la superficie sembrada en temporal disminuye ligeramente se compensa con el incremento de los rendimientos de 35.3% a entre 1994 y 2004. La superficie de riego en cambio se incrementó después de disminuir desde el primer año de operación y se recupera a partir de 2003 y en este caso el incremento del rendimiento fue de 44% entre 1994 y 2004.

Gráfica 14



Fuente: Elaborado con base de datos SIACON-SAGARPA

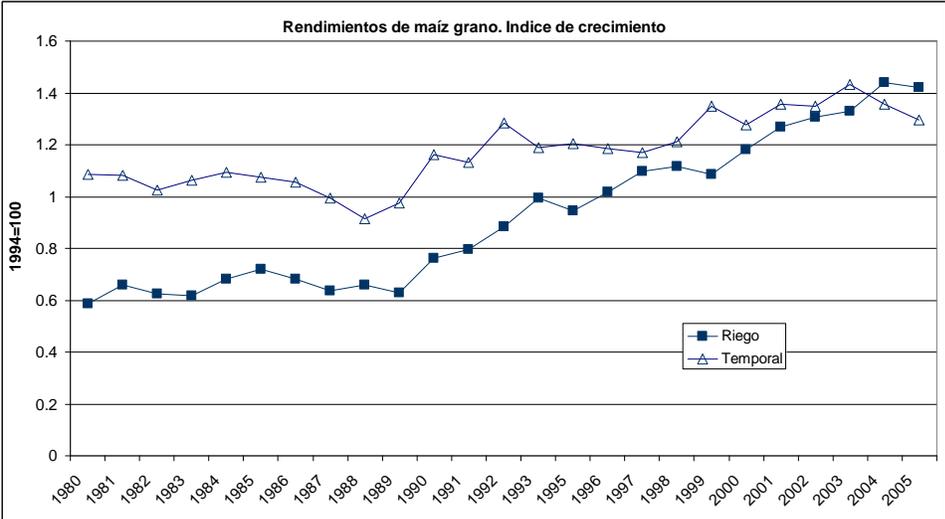
La ausencia de cambios significativos en la superficie de temporal, donde se ubican la mayoría de los productores pequeños y medianos, ha dado lugar a una discusión acerca de si los precios representan o no el principal indicador para estos productores respecto al abandono o continuación de la producción. Las posiciones se pueden ubicar en dos grupos. En el primero, la explicación se basa en el hecho de que las unidades de producción no generan un volumen de producción suficiente como para colocarlo en el mercado, por lo que sus decisiones sobre el nivel de producto a obtener en el siguiente ciclo no están influidas por los precios pagados al productor, sino por sus necesidades alimenticias y el nivel de ingresos no agrícolas que financiarán la producción, así como por los precios de los insumos, principalmente fertilizantes. Bajo esta lógica el comportamiento de la superficie sembrada se explicaría por este casi inexistente nivel de relación con el mercado de maíz, donde el movimiento de los precios a la baja no funciona como señal de mercado puesto que la mayoría de los productores no contribuyen con la oferta de maíz y por tanto la ganancia asociada al precio no existe para ellos.

En el segundo grupo, se retoma la situación anterior y se añade que si bien los productores no se relacionan con el mercado como oferentes sí lo hacen como

demandantes. Su baja capacidad productiva los obliga a comprar maíz para satisfacer sus necesidades alimenticias y por tanto los precios sí los afectan e impactan sobre su nivel de ingresos totales, el incremento de precios hará que la demanda de maíz disminuya y esto impactará sobre los productores regionales y su nivel de ganancia por lo que de manera indirecta estos pequeños productores deficitarios estarían influyendo sobre la decisión de los productores excedentarios a continuar o no con la producción.

En cambio, en la superficie de riego los precios sí pueden ser un referente. La superficie sembrada en riego presenta una tendencia descendente aún antes del TLCAN y el movimiento de los precios de maíz hacia abajo hace suponer que los productores de riego, generalmente excedentarios, toman decisiones de producción en función de su nivel de ganancia futura. Esta situación puede explicar la disminución de la superficie de riego pero el incremento del ritmo de crecimiento de los rendimientos en ese régimen hídrico en comparación a los rendimientos en temporal, hace suponer que los productores comerciales, quienes cuentan con riego, tienen un mayor acceso a los insumos químicos que han permitido el incremento de los rendimientos.

Gráfica 15



Fuente: Elaborado con base de datos SIACON,SAGARPA

Sin embargo, las dos explicaciones anteriores carecen de la incorporación de otros elementos que pueden ser los que definen las decisiones de mantener el cultivo en temporal. La literatura existente ha explorado diversas explicaciones para este comportamiento pasando por razones religiosas, culturales y de costumbre, hasta las que tienen que ver con las estrategias de supervivencia de las familias campesinas, los niveles de demanda asociados al patrón de consumo de la población y el tipo de maíz que se importa.

De Janvry et al (1995), aventuraron conclusiones sobre las posibles consecuencias de la firma del TLCAN sobre la diversificación de cultivos y la modernización de la producción de maíz y concluyeron que ésta depende del tamaño de la unidad y la disponibilidad del trabajo familiar, mismo que se incrementa con el tamaño de la familia y reduce el número de miembros que trabajan fuera de la agricultura familiar. Los rendimientos de maíz parecen estar directamente relacionados con este último factor, pues a mayor expulsión de fuerza de trabajo mayores costos de producción por la forzosa contratación de jornaleros. Otro aspecto importante es el acceso a la mecanización, la formación de capital humano y las remesas de la migración.

En el sector ejidal al igual que para el resto de los productores de maíz, la redefinición del papel del estado implicó la reducción de sus oportunidades de acceso a un número de servicios esenciales como el crédito, la asistencia técnica, el seguro, comercialización, entrega de insumos, y servicios de extensionismo, lo que se convierte en un factor crítico que limitaría el acceso al mercado al incrementar los costos de producción y de transacción. En ese contexto, los nuevos instrumentos de apoyo a la producción y a la comercialización crearían una vacuna institucional que es muy parcial pues solo puede ser alcanzada por

- a) el sector privado, principalmente por parte de los grandes agricultores comerciales
- b) mediante intervenciones de “estado de bienestar”, dirigidas a los hogares rurales más pobres. Muchos de los ejidatarios están entre estos dos extremos sin que exista un apoyo específico precisamente en el momento

que los necesitan para hacer frente o a la diversificación o a la modernización.

Los autores identificaron que los productores tradicionales orientados al mercado son el grupo más vulnerable a la liberación comercial dentro de los ejidatarios, las condiciones de producción y el soporte institucional a los que tienen acceso son los factores que determinarían la respuesta.

En resumen, la permanencia de los productores en el cultivo de maíz depende de: el acceso a la mecanización, a insumos baratos, asistencia técnica, la formación de capital humano y las remesas de la migración, siendo un factor crítico la disposición de apoyos gubernamentales tales como el acceso al crédito, organización para adquirir crédito y comercializar, la existencia de compradores locales y ventas por contrato. Estos son factores institucionales que ayudan a relajar el acceso restringido al mercado y a la producción, reducen los costos de transacción en la comercialización y la producción que los llevaría a genera ganancias e incrementos en la productividad.

En el mismo sentido, Benjamin Davis (2002), analiza la encuesta aplicada a 1287 hogares en 261 ejidos de todo el país por la Secretaría de la Reforma Agraria y el Banco Mundial en los años 1994 y 1997, y encuentra que la permanencia en los cultivos se atribuyó al precio de garantía pero después de 1994 los precios comenzaron a disminuir. Las razones para continuar con el cultivo de maíz se asocian entonces con:

- menor riesgo en la fluctuación de precios y de costos de producción comparados con otros cultivos de mayor valor (trigo y oleaginosas) en un ambiente de escaso apoyo institucional
- escaso apoyo institucional y débiles canales de comercialización
- preferencia de los consumidores en las familias de ejidatarios a las variedades de maíz regional que las mejoradas

El autor concluye que ante la incertidumbre de los mercados y los precios bajos del maíz, los ejidatarios han aplicado estrategias que diluyen el riesgo mediante la generación de ingresos complementarios frente a mercados inseguros,

inexistentes o incompletos, mantenimiento de la producción de maíz pese a disminución real de su precio, con sus relativos bajos niveles de incertidumbre y costos de producción, es decir como un camino seguro frente a la aleatoriedad de los precios de producción y de la política macroeconómica.

El estudio concluye que los productores decidieron mantenerse en la producción de granos debido a que eluden el riesgo de trasladarse a otros cultivos de mayor valor (frutas y hortalizas) dadas las endeble condiciones de producción (tecnología, capacitación, acceso al riego, crédito, redes de comercialización, etc) en las que tendrían que realizarla. Como resultado el promedio de superficie con monocultivo de maíz por unidad familiar se duplicó entre 1994 y 1997, la superficie de forrajes creció casi al doble, derivado del incremento en casi 50% de las tierras de riego cultivadas. El incremento de maíz y forrajes se obtuvo a costa de la disminución del trigo y las oleaginosas (soya) dándose la mayor parte en los predios más grandes. Entre 1994 y 1997, el 75% de las unidades practicaban el monocultivo de maíz y 19% con intercala, principalmente frijol.

Recientemente, Yunez y Taylor (2006), sostienen el argumento aventurado por De Janvry et al en 1995. Para ellos la producción de maíz durante el TLCAN se ha mantenido gracias a las transferencias directas de PROCAMPO y ALIANZA, y por la evolución de la demanda de maíz. El consumo de maíz se incrementó en casi 37% entre 1990 y 2000 basada en el incremento de la demanda de la agroindustria de alimentos para animales y otras agroindustrias, aunada a la preferencia de los consumidores por el maíz producido y comercializado en los mercados regionales. Los autores asignan un peso importante a los subsidios y afirman que sirvieron como aislante para los productores, especialmente los más grandes concentrados en el norte del país, de la baja en los precios internos.

Resumiendo, las importaciones de maíz si bien se han incrementado no ha desplazado la producción doméstica y una posible explicación se encuentra en el hecho de que las importaciones de maíz corresponden, en su mayoría, a maíz amarillo el cuál se usa como insumo en diversas industrias, mientras que el consumo humano se concentra en maíz blanco. Con estos datos es posible afirmar que la permanencia del cultivo de maíz se debe a que las importaciones no

cubren las necesidades alimenticias de la población mexicana por lo que la producción atiende una demanda específica a pesar de la baja en los precios.

En lo referente a los efectos generales del TLCAN, la evidencia de la literatura que analiza casos por cultivo y producto así como las consecuencias de la convergencia de precios internos y externos, especialmente para granos básicos, es proclive a señalar los perdedores en lugar de los ganadores. Los factores que hacen mucho más evidente las pérdidas son:

1. El manejo de los instrumentos de política comercial especialmente lo relacionado con los cupos y sobrecupos de importación
2. Los problemas estructurales de la producción doméstica que se agudizaron ante las importaciones baratas reflejándose en la pérdida de competitividad de la mayoría de los cultivos vía incremento de los costos de producción.
3. La concentración de los apoyos gubernamentales en los productores de mayor tamaño implementados durante el periodo de transición a la liberación total del comercio en 2008.
4. La pérdida de oportunidades de los productores medianos y grandes y sus organizaciones de acceder al mercado de exportación principalmente por la falta de infraestructura poscosecha, los costos de transacción y el alto grado de incertidumbre en el cumplimiento de los contratos. Las oportunidades de mercado fueron aprovechadas por grandes empresas comercializadoras y productoras quienes, ante la desaparición de las agencias estatales de acopio y comercialización controlan la esfera de la comercialización interna y externa.

Condicionados por estos factores los perdedores resultan ser los productores que no cuentan con las condiciones para incorporarse al mercado externo, ya sea por el tamaño de sus unidades, o por los altos costos de transacción a los que se enfrentan. En este punto vale la pena apuntar que México ha incrementado sus importaciones en 2.3 veces más que en 1994, hasta 2002 el país gastó 78 mil millones de dólares en compras de alimentos (Schwentenius y Gómez, 2004).

Es importante señalar que los cultivos que se consideran exitosos por encabezar la lista de las exportaciones hacia Estados Unidos están catalogados por la

CEPAL como cultivos de baja competitividad en el mercado internacional entendida como su capacidad exportadora hacia mercados en expansión en el mediano y largo plazos. Los tomates, espárragos, pimientos y chiles pimientos se encuentran en el grupo de oportunidades perdidas que van disminuyendo su peso relativo en el mercado norteamericano pese al crecimiento de la demanda en aquél país (Rello y Trápaga, 2001). En este escenario, el éxito de las exportaciones gracias al TLCAN puede considerarse relativo puesto que, según las proyecciones, no tendrán un periodo de demanda más amplio y creciente.

Cuadro 10

Superficie sembrada cultivos seleccionados			
Tasa de crecimiento			
Cultivo	1980-2004	1980-1994	1994-2004
Hortalizas	89.94	38.04	37.58
Frutales	-11.27	-5.6	-5.91
Cebada	-4.32	-60.62	143.71
Frijol	-11.24	21.26	-26.8
Maíz	5.019	21.05	-13.24
Sorgo	13.79	-14.13	35.52
Soya	-33.64	87.03	-64.52
Trigo	-15.83	31.06	-35.78

Fuente: Elaborado con base de datos SIACON-SAGARPA

Para el caso del maíz, aún cuando la producción se incrementó ligeramente contradiciendo las proyecciones, la superficie sembrada disminuyó un poco más de la mitad de lo que había crecido el periodo anterior. En general se puede afirmar que el cultivo de maíz para consumo humano perdió terreno frente a las importaciones de maíz amarillo de uso agroindustrial. Es importante hacer notar que los efectos esperados sobre la producción de granos durante el TLCAN fueron amortiguados por los subsidios ya sea a la producción y/o a la comercialización que el gobierno federal diseñó e implementó durante el llamado periodo de transición hasta el 2008, esto es cierto especialmente para los productores comerciales localizados en el norte del país en los que se concentran la mayoría de los beneficiarios de dichos programas. En esta lógica, los efectos netos de la apertura serán evidentes una vez que se elimine el sistema de cupos de importación de maíz, y los apoyos de PROCAMPO y PROGRESA lleguen a su fin tal y como estaba planeado.

En esta situación, Yunez y Taylor (2006), calculan que los efectos de la desaparición de subsidios, aranceles y cuotas a la entrada, serían mayores en la zona central en la agricultura de subsistencia. Debido a que PROCAMPO en realidad constituyen una parte importante de la canasta de ingreso de los productores, su desaparición afectaría en mayor medida a los que se ubican en la zona centro, donde la producción de maíz disminuiría al no contar con ingresos totales suficientes para continuar con la producción. En términos generales, apuntan los autores, habría un efecto negativo en el ingreso de los hogares entre 1 y 4% menor que con los recursos de PROCAMPO, aunque en la zona norte los efectos serían casi imperceptibles asociado al hecho de que los ingresos totales de estos productores no dependen en gran medida de los subsidios.

Dentro de los ganadores se puede afirmar que para los cultivos de importación se encuentran las grandes empresas comercializadoras y algunas agroindustrias quienes además tienen influencia sobre la determinación de los cupos importados. Para los cultivos de exportación, estas empresas gestionan contratos con los grandes compradores norteamericanos aprovechando el bajo costo de mano de obra y de los insumos (principalmente agua) en comparación a los Estados Unidos.

En este sentido, para OXFAM (2003), las ganadoras del TLCAN son las grandes empresas comercializadoras de maíz amarillo, particularmente dos empresas harineras y productoras de tortillas, Maseca y Minsa (participantes de ADM y Cargill respectivamente). La primera importa el 30% de maíz que consume y la segunda lo hace entre un 12 y 15% que se utiliza como insumo para la agroindustria destinado a la elaboración de alimento para animales, bebidas carbonatadas, almidones, etc.

#### **4.7 Otros efectos del TLCAN en el sector agropecuario**

Otros de los efectos esperados era la reducción del empleo urbano y rural debido a la disminución de los precios agrícolas. A diez años de operación, los resultados sobre estas dos variables difícilmente pueden atribuirse a la apertura comercial por sí sola pues la economía mexicana ya presentaba problemas estructurales

que limitaron la generación de empleo en el sector agropecuario e incrementaron la migración hacia Estados Unidos.

Durante el TLCAN (1995-2003) el sector agrícola dejó de contratar 500 mil trabajadores (Banco Mundial, 2005). De acuerdo con información de la Encuesta Nacional de Empleo, la ocupación en el sector agropecuario reporta un contracción de 1.6% anual (Escalante, 2006). Antes de 1995 la agricultura ocupaba el 76.5% del total de personas ocupadas en actividades agroalimentarias, los siguientes años utilizó en promedio al 75.6% por lo que el empleo se redujo 0.3% promedio anual (Puyana y Romero, 2006).

Un efecto evidente del TLCAN sobre el empleo es la expansión o disminución de éste dependiendo de la zona geográfica. La región pacífico y centro norte, donde se concentran los cultivos de exportación, la contratación de trabajadores se incrementó en el doble entre 1995 y 2003 al pasar de 200 mil trabajadores a 400 mil. En cambio las regiones centro, sur, golfo y norte donde predomina la producción de granos básicos, el número de empleos agrícolas disminuyó en 400 mil en el mismo periodo, esta pérdida es mucho más evidente en la zona sur lo que se explica por la migración de trabajadores agrícolas hacia los estados del norte y a las zonas urbana. (Banco Mundial, 2005)

Aún cuando el TLCAN no es el responsable directo de la emigración rural, pueden incidir en la decisión de los productores ante la disminución de los ingresos rurales por los precios bajos de los granos y los altos costos de producción debidos principalmente al costo de los fertilizantes. Otros factores que incitan la migración son el proceso de urbanización y las reformas a las políticas agrícolas implementadas desde mediados de la década de 1980. En este contexto y como resultado de la disminución del empleo agrícola, la migración rural hacia Estados Unidos entre 1980 y 1994 creció en 95%, después de la firma del TLCAN continuó con esta tendencia y creció de forma acelerada de tal forma que para el periodo 1980-2002 se incrementó en 452%. (Puyana y Romero, 2006).

Finalmente, el efecto esperado de la apertura sobre los salarios agrícolas era que los sectores secundario y terciario serían insuficientes para absorber la fuerza de trabajo rural desplazada por el cambio en el patrón de cultivos, la sobre oferta de

trabajo agrícola presionaría los salarios de este sector a la baja lo que afectaría principalmente a los productores sin tierra y a los propietarios de parcelas que son productores y jornaleros al mismo tiempo. Por efecto de la crisis financiera de 1994-1995, más que por el Tratado, los salarios agrícolas disminuyeron en promedio 16% de 1993 a 2001, mientras que en el sector pecuario la reducción fue de 5.1%. Al contrario que en el sector agrícola, las remuneraciones promedio para el resto de la economía crecieron 10% en el mismo periodo (Puyana y Romero, 2006).

## CAPITULO 5 Producción agrícola alternativa de maíz de temporal en Acajete y Tecuitlapa, Puebla

En este capítulo, se presenta el comportamiento económico de la agricultura alternativa por sustitución de insumos en la producción de maíz para los productores en los municipios de Acajete y Tecuitlapa en el estado de Puebla.

En la primera parte se presenta el contexto de la producción agrícola en el estado de Puebla, seguido de las características tecnológicas de la producción de maíz en el estado. Posteriormente se analizan las consecuencias económicas de la sustitución de fertilizante químico por biofertilizante en el comportamiento de los costos de producción, tomando la metodología del USDA, para explicar la disminución de costos totales, por hectárea, por tonelada y la competitividad de la producción.



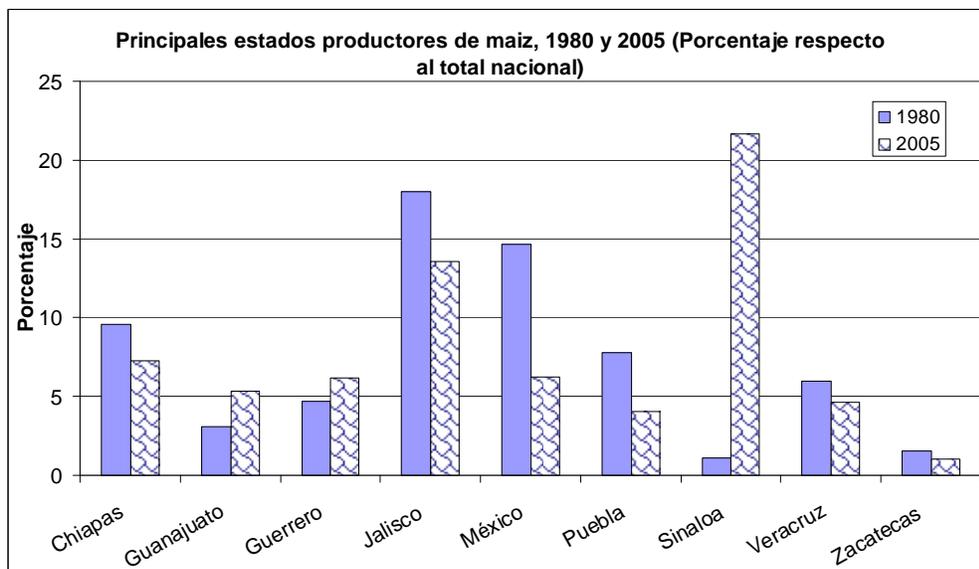
De acuerdo con el INEGI, las capacidades agrícolas naturales del Estado de Puebla se limitan a la zona central del estado, sombreado con verde en el mapa, que comprende los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de Libres (04), Cholula (05), Izúcar de Matamoros (06), Tecamachalco (07) y Tehuacan (08) estos distritos se caracterizan por sus planicies y climas templados con precipitaciones pluviales abundantes durante la primavera y el verano.

El resto de DDR, Huahuchinango (01), Zacatlán (02), Teziutlán (03) están clasificados como de baja productividad por su clima frío y la abundancia de zonas montañosas.

### **5.1 Generalidades de la producción de maíz en Puebla**

A nivel nacional, desde 1980 cerca del 40% del total de maíz producido en el país lo aportaban los estados de Jalisco y Estado de México, sin embargo, a partir de 1993, Sinaloa se coloca como primer productor de maíz, en 1980 cultivó 135 mil toneladas de maíz y en 2005 cosechó 4 millones de toneladas. En cambio, en ese mismo periodo Jalisco sólo incrementó su volumen producido en 18%, comparado con la disminución del 33% en Estado de México. En tal escenario, la producción de maíz en Puebla ha disminuido su aportación al volumen total producido en el país, en 1980 ocupó el 8% del total nacional y ha disminuido a la mitad (4%) su participación para 2005, el volumen producido en Puebla se redujo 20% en 25 años. Destaca el estado de Guerrero, uno de los estados cuya agricultura es atrasada y de bajos ingresos, que durante el mismo periodo incrementó su producción en 105% aunque solo cubrió entre el 5 y el 6% del total nacional.

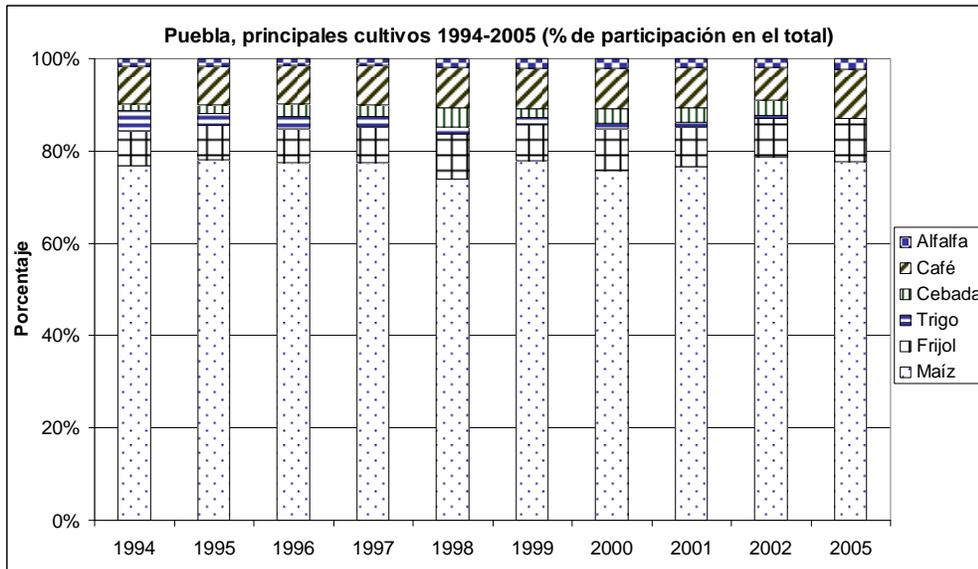
Gráfica 16



Fuente: Elaborado con datos de SIACON-SAGARPA

El estado de Puebla tiene una economía agrícola donde predomina el cultivo de granos, los que ocupan cerca del 90% de la producción total. El maíz es el cultivo mayoritario en cuanto a superficie sembrada pues de 1994 a 2005 absorbe cerca del 80% del total de la superficie sembrada, le siguen el café y el frijol en un porcentaje cercano al 5% cada uno. En menor medida se cultiva cebada y trigo, caña de azúcar, alfalfa y tomate. Sin embargo, la mayor parte del valor de la producción lo generan éstos últimos, así en 2005, el maíz sólo generó el 20% del valor de la producción, seguido del café cereza con 12%, la caña de azúcar con 9%, el restante 60% lo generan cultivos como tomate, jitomate, alfalfa, frutas y otras hortalizas.

Gráfica 17

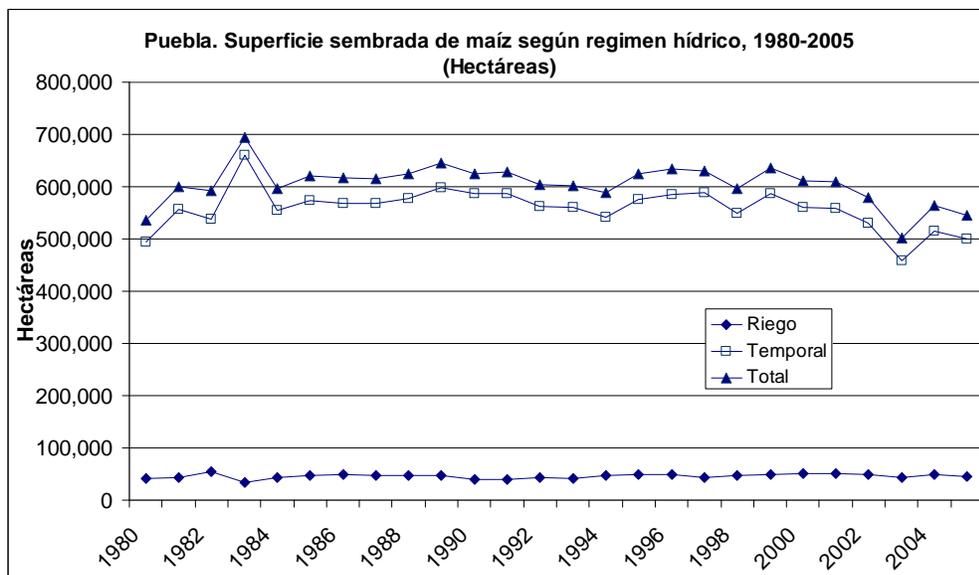


Fuente: Elaborado con datos de SIACON-SAGARPA

Según el censo agrícola de 1990, en Puebla el 71% (333,296 unidades) del total de unidades censadas desarrollan actividades agrícolas donde predomina la propiedad privada (72%) por sobre la propiedad ejidal (23%).

La producción de maíz en Puebla es realizada en su mayoría en superficie de temporal y aún en las zonas semidesérticas, como la Mixteca Poblana, la producción de maíz se realiza una vez al año (iniciando la siembra en junio cuando inician las lluvias en la zona).

Gráfica 18

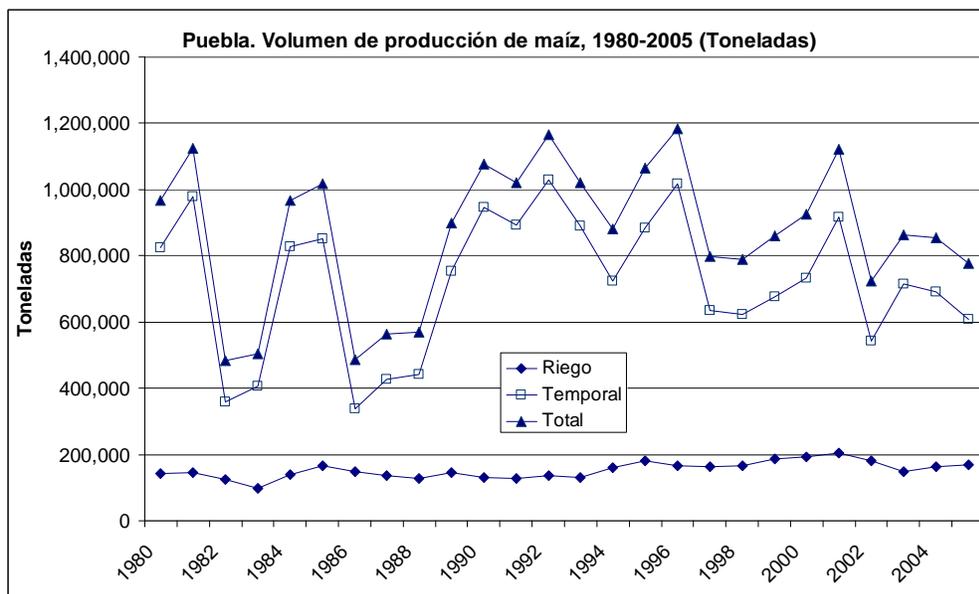


Fuente: Elaborado con datos de SIACON-SAGARPA

El 92% de la producción de maíz se realiza en superficie de temporal, y durante el periodo 1980-2005 no presenta cambios significativos pues ésta creció menos del 1%, a diferencia de la superficie de riego la cual se incrementó 8%.

El comportamiento del volumen de producción responde al régimen hídrico, es decir, la producción de temporal tienen variaciones significativas que no tienen relación con la superficie sembrada, pues ésta se mantiene casi constante mientras que el nivel de producto tiene variaciones durante todo el periodo, en cambio la producción de riego tiene un comportamiento casi uniforme. Durante el periodo, la producción de temporal tuvo una disminución drástica de 26%, comparado con el crecimiento de 19% de la producción de riego.

Gráfica 19

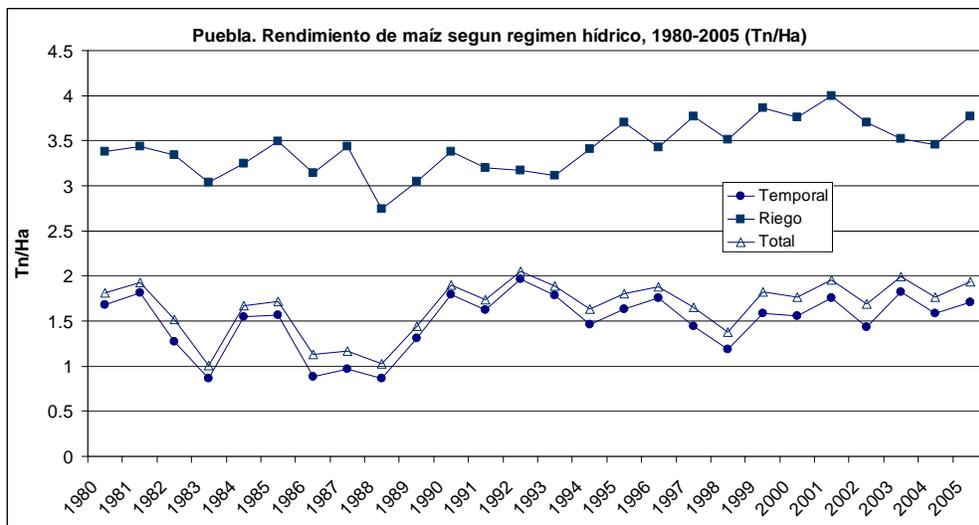


Fuente: Elaborado con datos de SIACON-SAGARPA

La disminución de la producción de temporal responde al comportamiento del rendimiento pues en este régimen, desde 1980 los rendimientos tienen una tendencia decreciente, la caída más drástica fue durante la década de 1980 pues disminuyeron 22%, durante la siguiente década se recuperaron ligeramente (disminuyeron 13%) y finalmente entre 2000 y 2005 sólo disminuyeron 3%.

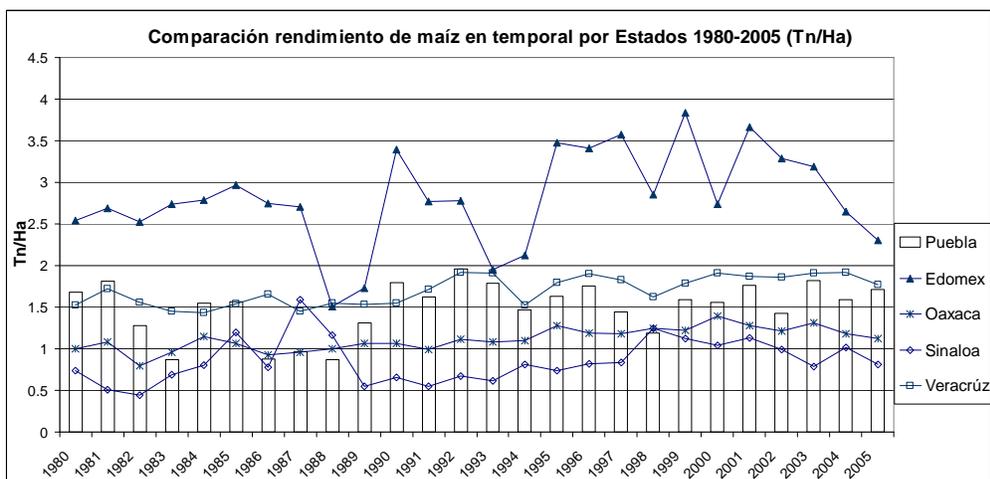
En la producción de riego, también se presentan reducciones aunque no en la misma magnitud, disminuye 11% hasta 1989 y durante la década de 1990 se recuperan para quedar en el nivel de inicio de los ochentas para volver a disminuir 5%.

Gráfica 20



A diferencia de Puebla, otros estados que producen mayoritariamente en superficie de temporal presentan tendencia creciente durante la década de 1980 sin embargo, al inicio de 1990 disminuye para crecer ligeramente hasta 2005.

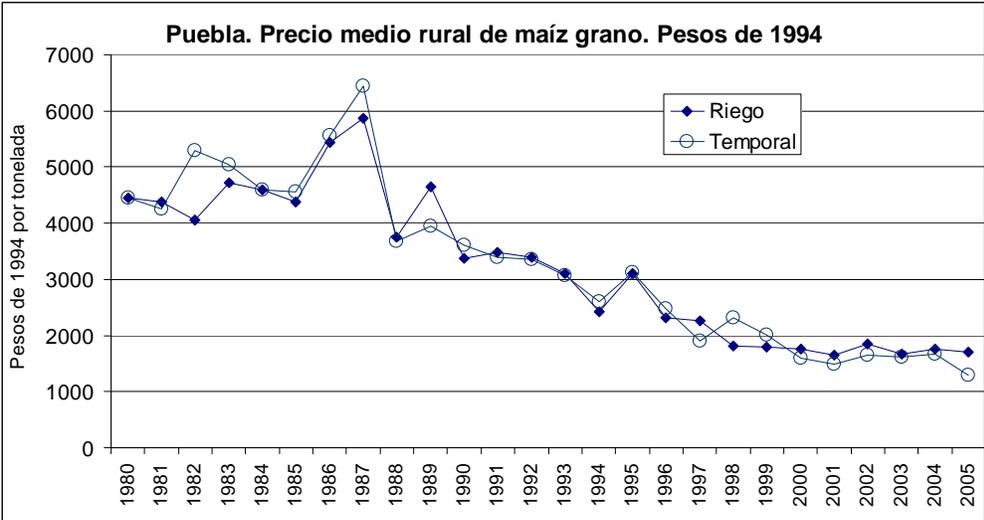
Gráfica 21



Lo que demuestran las variables presentadas es que la producción de maíz en Puebla es predominantemente realizada en temporal y que, comparada con el promedio nacional en el mismo periodo, ha disminuido drásticamente mientras que la superficie sembrada y los rendimientos por hectárea están estancados. El panorama no es alentador para la producción de maíz en el estado.

Como el ejercicio realizado a nivel nacional presentado páginas arriba, la comparación entre el estancamiento de la producción y el movimiento de precios internos de maíz entre 1980 y 2005 revela la misma situación para el estado. El precio medio rural de maíz, que no es el precio pagado directamente al productor sino que incluye la intermediación, presenta una clara tendencia a la baja desde 1986, durante todo el periodo los precios del maíz de temporal disminuyeron 71% mientras que los de la producción de riego lo hicieron en 69%.

Gráfica 22



**5.2 Paquete tecnológico en Puebla**

Antes de presentar las características del paquete tecnológico de la zona de estudio, es necesario hacer patente la falta de información diferenciada, a cualquier nivel, acerca de la aplicación de fertilizantes y/o de prácticas de cultivo de cualquier tipo. La estadística disponible publicada por INEGI con información de SAGARPA, da seguimiento a tres variables que integran un paquete

tecnológico: superficie fertilizada (no hace diferencia entre fertilización biológica o sintética), superficie sembrada con semilla mejorada, con asistencia técnica, atendida con servicios de sanidad vegetal y mecanizada.

Así, la superficie fertilizada que aquí manejo se refiere al total de fertilización en hectáreas e incluye la aplicación de insumos sintéticos y biológicos. No existe un registro del volumen de insumos aplicados por tipo, superficie y cultivo. De existir esta última podría medir la productividad por unidad de insumo a nivel global. Ya que esto no es posible, a continuación demuestro que, a nivel de producto agrícola total estatal, el paquete tecnológico no es productivo al comparar la superficie que aplica el paquete y el nivel de producto obtenido.

La producción de maíz se realiza bajo condiciones tecnológicas poco alentadoras si de incremento del rendimiento por hectárea se trata, la tecnología de mayor difusión es la aplicación de fertilizantes, entre 1994 y 2005 se aplicaron entre el 50 y 70% de la superficie total sembrada con maíz.

Como se aprecia en el cuadro siguiente, la efectividad de la aplicación de fertilizantes sobre el nivel de producto es más que cuestionable. En 24 años, la superficie fertilizada permaneció casi en el mismo nivel y sin embargo la producción disminuyó en un 30%, una hipótesis posible sobre estos resultados es que, si bien la superficie fertilizada se mantiene, el incremento de precio de los fertilizantes provocó una aplicación en dosis menores. Estas cifras sin embargo, deberían ser argumento suficiente para replantear de forma seria la búsqueda de opciones más eficientes para el diseño de una política de fertilización y de los instrumentos correspondientes.

**Cuadro 11**

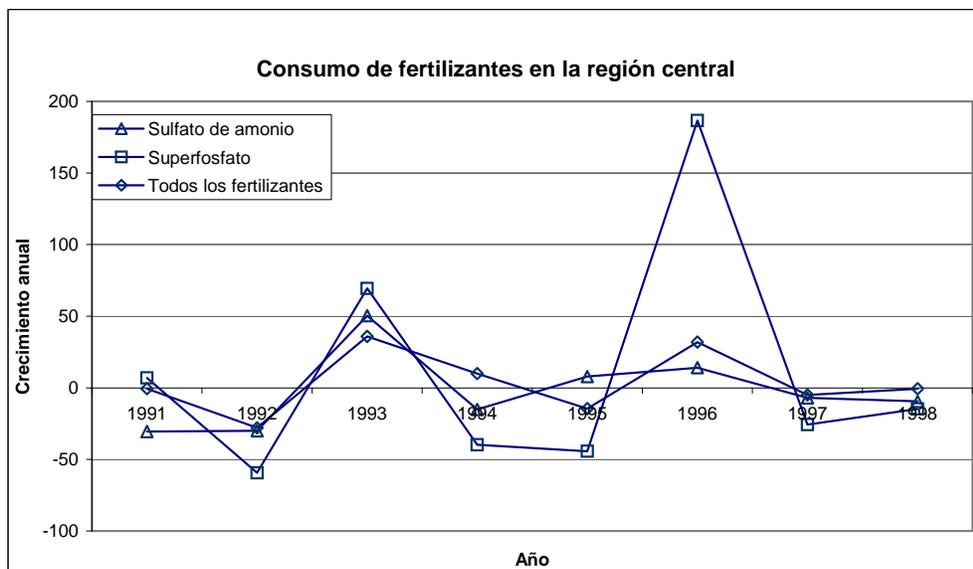
<b>Situación tecnológica producción de maíz en Puebla</b>					
Año	Volumen de producción (Tn)	Superficie			
		Sembrada	Fertilizada	Con asistencia técnica	Atendida con servicios de sanidad vegetal
1981	1,125,171	600,291	406604	84070	239772
2005	777,757.33	544,351.00	404290	43675	148
Tasa de crecimiento	-30.88	-9.32	-0.57	-48.05	-99.94

Fuente: INEGI. Anuario estadístico del estado de Puebla, 1985 y 2005. SAGARPA, SIACON

Ávila, Santoyo y Turrent, (2000) indican que en la región centro-sur a la que pertenece Puebla se consume sulfato de amonio y superfosfato triple y simple y se observan disminuciones en el consumo de fertilizantes asociados a la crisis de 1994 y 1997, a pesar de ello la superficie fertilizada ha decrecido muy poco, disminuyó menos de 1% en 24 años, desgraciadamente no existen datos sobre el volumen de fertilizantes químicos consumidos en el Estado con lo que se podría observar si el precio de éstos provocó un menor consumo pero no su desaparición, lo que explicaría el hecho de que la superficie fertilizada no haya disminuido en la misma proporción que el incremento de los precios.

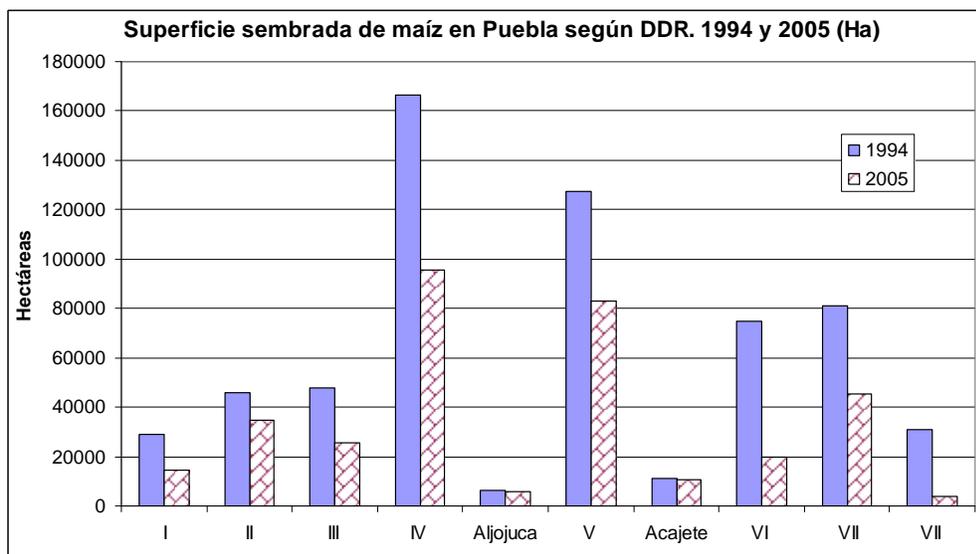
Por otra parte, el que la superficie fertilizada no haya crecido en 24 años indica una limitación a las posibilidades de los productores de aplicar tecnologías de cualquier tipo.

Gráfica 23



Veamos ahora si la aplicación de fertilizantes puede ser una determinante en el volumen de producción obtenido dependiendo de la zona de cultivo.

Gráfica 24



Como en todo el país, a pesar de las condiciones naturales y orográficas, el cultivo de maíz es generalizado bajo condiciones de producción distintas dependiendo del nivel de ingreso de los productores. Para el caso que ocupa a esta tesis, la superficie fertilizada en 2005 es mayor para el grupo de DDR considerados con vocación agrícola, y juntos suman más el 70% del total de superficie fertilizada. Para el caso del maíz, la aplicación de fertilizantes es mayor en superficie de riego que en temporal. A nivel estatal el 82% de la superficie de riego sembrada con maíz está fertilizada contra el 53% de temporal, si consideramos que el grueso de la producción se realiza en superficie de temporal entonces el peso que los fertilizantes tienen en la producción no es determinante sobre el nivel de rendimiento del cultivo.

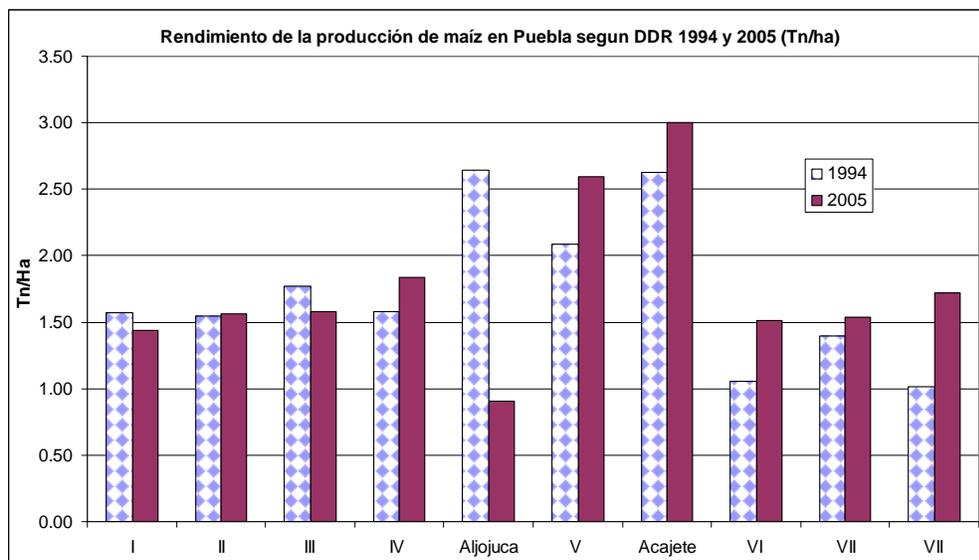
Cuadro 12

Superficie fertilizada de maíz respecto al total de superficie sembrada de maíz. 2003 (Porcentaje)			
	Total	Riego	Temporal
Superficie de maíz fertilizada	55	82	53
01 Huauchinango	6	100	1
02 Zacatlán	60	86	58
03 Teziutlán	67	0	67
04 Libres	48	73	47
05 Cholula	96	15	100
06 Izúcar M	43	99	35
07 Tecamachalco	48	99	34
08 Tehuacan	29	100	21

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico del Estado de Puebla, 2004

Recordemos que el rendimiento de maíz de temporal en el estado se ha estancado en 1.7 tn/ha en promedio. Comparando 1994 con 2005 se observa una disminución del nivel de rendimiento para todos los DDR, si se relaciona aquellos que tienen altos niveles de fertilización en temporal y los rendimientos obtenidos, sólo el DDR V, correspondiente a Cholula tienen una relación directamente proporcional pues obtiene 2.5 tn/ha, el otro distrito que tiene altos niveles de rendimiento para el estado es el IV (Libres) cercanos a las 2 tn/ha, y sin embargo su nivel de fertilización en temporal no alcanza la mitad de la superficie sembrada de maíz.

Gráfica 25



Fuente: INEGI. Anuario estadístico de la producción en Puebla, 1995 y 2006

### 5.3 Condiciones de sustitución del insumo

Los nutrientes naturales disponibles del suelo en la producción agrícola han sido sustituidos por fertilizantes químicos cuya función es la fijación de nitrógeno pero que tienden a generar rendimientos decrecientes en el mediano o largo plazos dependiendo de la calidad del suelo, además que son una fuente de contaminación no sólo en el subsuelo, sino en la atmósfera<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> El uso de nitrógeno sintético en los últimos 40 años ha aumentado de 3.5 millones a 80 millones de toneladas. En este periodo, el ciclo global del N<sub>2</sub> se ha visto afectado por el incremento irracional de la fijación de N<sub>2</sub> mediante procesos industriales, es decir, mediante la aplicación de fertilizantes nitrogenados; pero su impacto ambiental aun está por calcularse.

La contribución de la fijación de N<sub>2</sub> al ciclo global de este elemento no ha cambiado en los últimos años, teniendo un balance aproximado con el proceso de desnitrificación, el cual convierte el nitrógeno combinado en N<sub>2</sub> atmosférico. En la actualidad la fijación no ocurre eficientemente debido a que es inhibida por la presencia de nitrógeno mineral en el medio (Vitouseck y Matson, 1993, citado en Anónimo, 2001 a). Según estos autores, alrededor del 50 % de los fertilizantes nitrogenados aplicados a los cultivos es absorbido por las plantas, el otro 50 % o más es almacenado en el suelo para la nutrición de los cultivos subsiguientes; pero una gran parte de este es transformado en N<sub>2</sub> atmosférico mediante los procesos de desnitrificación de los

De acuerdo con Aguirre Medina (2003) el incremento o mantenimiento del nivel de producción de los cultivos agrícolas depende del sistema planta-microsimbiente, en éste la planta está en contacto con un ambiente donde las raíces de la planta favorecen la proliferación de microorganismos (rizosfera). Durante los últimos cincuenta años la necesidad por incrementar los rendimientos por hectárea han puesto a prueba esta relación mediante la adición de fertilizantes químicos, pero existen formas benéficas al sistema planta-microsimbiente, tales como los biofertilizantes que permiten la proliferación de microorganismos fijadores de nitrógeno y el transporte de fósforo y otros nutrimentos, que ayudan a la reducción de la aplicación de fertilizantes químicos y a mantener el balance biológico del suelo, también se recomienda la aplicación de compostas que son productos de la fermentación de residuos orgánicos.

Considerados como biofertilizantes microbianos<sup>13</sup>, su uso fue recomendado en Cumbre de la Tierra de Rio de Janeiro en 1992 al considerarlos ambientalmente seguros, factibles a nivel científico y técnico y proveer de beneficios tangibles a los usuarios, pues mejoran la disponibilidad y transporte de nutrimentos, favorece además el crecimiento de las raíces, la fijación de nitrógeno, la solubilización de minerales, la producción de estimuladores del crecimiento vegetal y el biocontrol de patógenos. Actualmente en México se utilizan tres tipos de bacterias:

---

*microorganismos y otra gran parte es lixiviado a capas inferiores donde contaminan las aguas subterráneas y el manto freático en forma de nitratos (NO<sub>3</sub>). En Iowa el incremento del contenido de NO<sub>3</sub> en aguas subterráneas desde 1950 a 1980 ha sido paralelo al incremento del uso de fertilizantes nitrogenados.*

*El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) es otro gran factor contaminante producto al excesivo uso de fertilizantes nitrogenados, este conjuntamente con el CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>) y los clorofluorcarbonos es un gas invernadero causante en gran medida del calentamiento global. La energía reflectiva por mole del N<sub>2</sub>O es alrededor de 180 veces la de CO<sub>2</sub>, lo que lo convierte en un potente gas invernadero. El N<sub>2</sub>O troposférico ha aumentado potencialmente en la década del 80, conjuntamente con el incremento sustancial de la aplicación de fertilizantes sintéticos. Por otro lado la desnitrificación del NO<sub>3</sub> produce cerca del 90 % de N<sub>2</sub> y 10 % de N<sub>2</sub>O, al aumentar la cantidad de nitrógeno en el suelo producto de su uso indiscriminado, aumenta este proceso de desnitrificación y por consiguiente los niveles de toxicidad en la atmósfera. Hoy día la cantidad global de este compuesto se encuentra fuera de balance, excediendo de un 30–40 %, su concentración en la atmósfera también se incrementa 0.25 % por año (Vitouseck y Matson, 1993, citado en Anónimo, 2001 a). Esto demuestra que la producción de fertilizantes nitrogenados no solamente interviene en el agotamiento de la energía natural y el combustible fósil, sino también genera grandes cantidades de CO<sub>2</sub> en su producción y contribuye sustancialmente al calentamiento global potencial. (Torres Gutiérrez, et al. 2003)*

<sup>13</sup> En 1985 se les llamaba inoculantes, en 1978 fertilizantes bacterianos y en 2000 se les nombró biofertilizantes.

*Azospirillum brasilense*, *Rhizobium etli*, *Bradyrhizobium japonicum* y el hongo *Glomus intraradices*, aún cuando su desarrollo en nuestro país es reciente, el estudio de bacterias de este tipo se remonta a la década de 1970 como resultado de la crisis energética en algunos países europeos y asiáticos. (Aguirre Medina, 2003)

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), realizó el seguimiento durante los ciclos P-V 1999 y 2000 a productores que aplicaron dos tipos de biofertilizantes: *Azospirillum brasilense* y *Glomus Intraradices*<sup>14</sup>, junto con una combinación de nitrógeno y fósforo en distintas proporciones, en estados representativos del país Jalisco y Michoacán, Puebla y Tlaxcala, Chiapas y Guerrero y finalmente Quintana Roo. Los resultados sobre el nivel de rendimiento de maíz comparando a un testigo que utilizó solo fertilizante químico en la misma proporción, revelan que para la zona de estudio de esta tesis, los rendimientos de los productores que aplicaron *Azospirillum brasilense* junto con fósforo y nitrógeno en bajas cantidades (140-60) y sembraron semilla híbrida (maíz H-40) en la zona de Puebla y Tlaxcala superaron los rendimientos del testigo en 25%. En otros estados, se obtuvieron resultados similares, por ejemplo en Jalisco y Michoacán aplicaron una combinación de *Azospirillum brasilense* con *Glomus Intraradices*, una dosis de nitrógeno alta (180-60) y semilla híbrida (maíz H-313), sin embargo la diferencia con el nivel de rendimiento del testigo fue de solo 9%. En el sur (Chiapas y Guerrero) los resultados son mejores, pues con una combinación similar a la anterior, se logró un incremento de 20% respecto al testigo y destacan los resultados de Quintana Roo en donde aplicó la mezcla anterior de biofertilizantes con una dosis mucho más baja de nitrógeno (30-30) y se sembró semilla criolla, el rendimiento fue el doble para los productores que aplicaron el biofertilizante al obtener 2.4 tn/ha, contra 1.2 tn/ha del testigo (Aguirre Medina, 2003).

---

<sup>14</sup> Los biofertilizantes fueron proporcionados por el Centro Nacional de Fijación de Nitrógeno-UNAM mediante convenio.

En este contexto, el biofertilizante que analiza esta tesis es elaborado en el Laboratorio de Microbiología de Suelos del Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla<sup>15</sup>, se trata del producto *Biofertibuap* preparado en laboratorio con bacterias benéficas del género *Azospirillum brasilense* que permiten fijar nitrógeno y regulan el crecimiento vegetal en un soporte inerte. La bacteria *Azospirillum* tiene un efecto benéfico sobre el desarrollo vegetal gracias a la cantidad de N<sub>2</sub> atmosférico fijado y a la capacidad de producir vitaminas y sustancias estimuladoras del crecimiento ácido indolacético, ácido giberélico, citoquininas y vitaminas. (Torres Gutiérrez, et al. 2003).

La tabla 4 muestra los resultados en planta y suelo, de acuerdo a las experiencias de un grupo de productores de la zona en cuanto al uso de este paquete de biofertilización entendida como la fertilización cultivo de maíz por vía bacteriana a través de la fijación biológica del nitrógeno (Mascarúa, Caballero y Carcaño, 1994).

Tabla 4

**Resultados evidentes sobre la parcela provocadas por el biofertilizante**

Rendimientos	Se mantienen en su nivel anterior o se incrementan
Planta	Aumentan la retención de humedad Desarrolla raíces más profundas Crece más rápidamente Es resistente a la sequía Es resistente a plagas menores Desarrolla menor cantidad de hierbas
Suelo	Mejora los niveles de humedad Incrementa los niveles de nutrientes

<sup>15</sup> El proyecto de investigación inició en 1980 con el desarrollo de la bacteria Rizobium y posteriormente se trasladó a las del género Azospirillum. A partir de 1986 se inició el trabajo en campo que incluyó selección de bacterias en ensayos de laboratorio, estudios en invernadero y finalmente la aplicación de campo en parcelas del norte de Veracruz y Tlaxcala. El Financiero Puebla-Tlaxcala. 24 de octubre de 2005, p, 7B

La innovación en el cultivo de las bacterias le pertenece al laboratorio de la BUAP y es difundido entre los productores en dos etapas, La primera con productores aislados en distintas zonas en el estado de Puebla y en la segunda etapa, en 1987, se inicia la difusión con los productores mediante un financiamiento que la BUAP solicitó a la, entonces, Secretaría de Programación y Presupuesto.

Se trató de un financiamiento a fondo perdido cuyos productos resultantes debían ser que en los siguientes cinco años al menos dos entidades estatales se beneficiaran del proyecto. Para lograrlo, una parte de los recursos se utilizaron para construir una planta de producción del biofertilizante exclusivamente para maíz en Veracruz, ahí la universidad trabajó junto con el comisariado ejidal acordaron que la comunidad fuera quien elaborara y controlara la comercialización del biofertilizante mediante una cooperativa. Los investigadores de la BUAP y los alumnos de servicio social trabajaron en la planta productora capacitando a los ejidatarios y trabajando en la elaboración del biofertilizante, en esa planta se cubría la demanda de Tuxpan, Poza Rica, Papantla, San José Itacalco, así como la de Tlaxcala y Puebla.

En esta experiencia, la producción respondía a los pedidos que se hacía directamente los productores de Puebla y Tlaxcala a los investigadores y a los requerimientos que los productores de la comunidad y fuera de ella hacían. Las ganancias generadas se quedaban en la cooperativa. Al inicio de la década de 1990, cuando la participación de la BUAP concluyó, la planta de producción se había cedido al telebachillerato de esa comunidad.

La otra parte de los recursos se utilizó para adquirir equipo de laboratorio y reactivos necesarios en el laboratorio en la BUAP.

En 1993, el Mtro. Carcaño, responsable de la elaboración del Biofertilbuap desde 1986, participó en el simposium internacional sobre las consecuencias del TLCAN, ahí presentó la experiencia del Biofertilbuap y comenzaron a recibir pedidos de otros estados Chiapas, Guerrero, Tamaulipas, Baja California y Jalisco para trigo, maíz y cebada, entre todos los estados el laboratorio de la BUAP cubría la demanda de entre tres y cuatro mil hectáreas. En esta etapa ya no tenía financiamiento externo, la producción era autosustentable pues los ingresos se

invertían en los insumos necesarios para la siguiente producción y las ganancias se quedaban en la institución. A partir de 1996 el consejo universitario modificó las reglas de uso de las ganancias derivadas de la aplicación de la tecnología generada en la BUAP y 40% de las ganancias las recibe el investigador, el otro 40% es para el laboratorio, y el restante 20% para la institución.

El BiofertiBuap tiene un costo de cincuenta pesos el kg y la dosis recomendada para una hectárea de maíz de temporal es de 300 gr/ha, mediante su aplicación es posible obtener el mismo nivel de producto sin las consecuencias que el fertilizante químico tiene sobre el nivel de productividad del suelo. Sus efectos sobre la productividad en maíz de temporal en la zona de estudio son iguales a las que produce un fertilizante químico, 3 tn/ha en temporal. En general, los efectos de los biofertilizantes sobre el nivel de producto dependen de las condiciones existentes de fertilidad del suelo sobre el que se aplica, las condiciones ambientales y del uso de semilla criolla o híbrida, es por ello que sus efectos sobre la productividad varían de una región a otra.

Es indispensable aclarar que el trabajo de campo se realizó con mayor profundidad con los productores que a continuación se presentan. Se realizaron otra serie de entrevistas con productores que, en el periodo de levantamiento de la información estaban en el periodo de prueba del biofertilizante en una porción de sus parcelas, por lo que no se les incluye en este trabajo. Los resultados que a continuación presento corresponden a dos productores de maíz. La antigüedad de la innovación es distinta en cada caso, así como la frontera agrícola, el tipo de propiedad y los activos. La característica común es el tipo de suelo, el clima en el que se desarrolla su actividad agrícola y el cultivo de maíz.

La primera productora se localiza en Acajete y su frontera agrícola en el cultivo de maíz blanco es de 25 hectáreas en las cuáles obtiene un rendimiento de 3 tn/ha, lo que significa que produce el doble de la media del estado (1.7 tn/ha).

El segundo, es un productor que se ubica en Tecuitlapa quien cultiva 40 has de maíz blanco e igualmente obtiene un rendimiento de 3 tn/ha.

Ambos son productores de temporal y su paquete tecnológico se caracteriza por la aplicación de fertilizantes químicos en combinación con biofertilizante, no aplican

pesticidas de ningún tipo y utilizan tracción mecánica para realizar barbecho y la segunda labor.

Los productores no realizaron la sustitución en el mismo momento. La productora de Acajete lo adoptó hace 5 años, iniciando su aplicación en sólo 2 has del total e incrementó el uso hasta usarlos en la totalidad de éstas. El productor de Tecuitlapa, inició 4 años atrás su aplicación en 10 hectáreas, de las 40 que destina al cultivo de maíz blanco.

En el caso de la productora de Acajete, se debió además a la propaganda que los investigadores de la BUAP realizaron en la zona y a su trabajo de supervisión y control sobre su uso. El productor de Tecuitlapa en cambio, se acercó a la BUAP a raíz de los comentarios de otros agentes en la zona que, sin embargo, sabían de su existencia pero no lo habían aplicado. La tabla 5 muestra ésta y otras innovaciones resultantes para ambos casos.

Tabla 5

<b>Diferencias entre tecnologías aplicadas</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Tecnología anterior</b>	<b>Innovación</b>
Siembra	Semilla criolla	Semilla criolla
Fertilización	Fertilizante químico Gallinaza o pollinaza	Biofertilizante
Cuidado	Herbicida Pesticida	Herbicida Cerco vivo
Tracción	Mecánica	Mecánica o animal
Irrigación	Temporal	Temporal
Prácticas	Policultivo Rotación de cultivos	Policultivo Rotación de cultivos

Fuente: Información resultante del Trabajo de campo, 2001

Además, tenemos el mantenimiento del suelo en los años siguientes. Los productores no saben con certeza los beneficios para el suelo en el largo plazo pero apuestan a las mejoras observadas en la calidad del grano y el poco cuidado que deben conceder al proceso total desde la siembra hasta la cosecha en términos de fumigación y aplicación de herbicida. Así mismo, el crecimiento de las

raíces de las plantas, casi pueden garantizar su crecimiento y del producto final aún en condiciones climáticas adversas.

#### **5.4 La toma de decisiones de los productores innovadores en cuanto a su paquete tecnológico**

Dadas las características de los productores entrevistados debe aclararse que, para esta investigación, dichos paquetes determinan la combinación de factores para lograr un nivel de producto que puede o no estar definiendo el nivel de ganancia de la unidad.

La maximización de la ganancia de estos productores no depende, directamente, del tipo de insumos y practicas que aquí estoy estudiando, sino de una determinación externa que no tiene que ver con el nivel de oferta y demanda regionales y nacionales, puesto que el precio de maíz en México está regulado por los precios internacionales. Los productores son tomadores de precios con cambio tecnológico y factores de la producción dinámicos.

El nivel de ganancia obtenido no interesa para ésta investigación, porque no es una variable directamente dependiente del cambio de fertilizantes, sino de las condiciones de mercado. Las consecuencias de la sustitución en las estructura de costos de producción, en cambio, refleja los efectos reales sobre los productores de la incorporación de un elemento que mejora las condiciones físicas del suelo y evita su contaminación e inutilización en el largo plazo.

Este estudio está enfocado a la parte de los costos porque es el uso de un insumo es el que contribuirá a recuperar, mantener o mejorar las condiciones biológicas en las que crece la planta, expresado en la disminución de costos por unidad de insumo, y sus consecuencias sobre los rendimientos en el mediano y largo plazos.

La toma de decisiones en el proceso productivo entonces, no es suficiente para asegurar la productividad y la ganancia ciclo a ciclo. La productividad expresada en rendimientos por hectárea para estos productores de temporal depende del ciclo de lluvias, y la fertilidad de las tierras. El proceso de comercialización depende de: los costos de transporte de la cosecha y de los medios de transporte

de ésta que permiten buscar un mejor precio en mercados mas alejados debido a los grandes volúmenes resultantes; y de los precios del mercado sobre los que no tienen ninguna ingerencia. Es decir, los precios finales no están reflejando sus costos de producción.

La toma de decisiones es en dos sentidos, el primero como agentes económicos típicos que deciden sustituir insumos para disminuir costos y maximizar su ganancia a los precios dados en el mercado cuando estos los permiten. En este caso particular, y como demostré antes, los precios no han sido señal eficaz para maximizar la ganancia puesto que los precios han caído constantemente por lo que la inversión en innovación tecnológica no representa una externalidad positiva en la ganancia de forma directa. De lado de los costos en cambio, la innovación, gracias a su precio subsidiado, representa una vía segura para minimizar costos y es una vía indirecta de incrementar la ganancia al generar ahorros.

Al no existir un mercado alternativo que establezca un precio, ya sea con referente internacional o interno, que considere las mejoras al ambiente que el biofertilizante genera sobre el ecosistema local y la atmósfera, los productores, al igual que en el caso anterior, no atienden a la maximización de la ganancia como resultado directo de la innovación tecnológica, la toma de decisiones responde a la elasticidad precio de los insumos.

Por tanto, aunque la disminución de los costos se traduzca en el incremento de la productividad, no necesariamente los hacen los precios. Producción y comercialización son dos esferas que se mueven de forma independiente y para los productores la incorporación de insumos biológicos y prácticas amables al ambiente no se traducen en mayores niveles de ganancia.

En este caso particular el punto central es el uso del biofertilizante, la toma de decisiones obedece a:

- precio relativo menor de biofertilizante comparado con el fertilizante químico
- incremento de rendimientos y/o igualación de rendimientos que con uso de químicos

- ahorro futuro en cuanto al gasto para mejorar la productividad del suelo debido al uso pasado de químicos

Los puntos anteriores son el conjunto de medidas sobre las que el productor tiene control absoluto. Es decir, el productor toma las decisiones que mejorarán (o en su caso mantendrán estables) el producto final. Tales decisiones dependen de su restricción presupuestaria o de algún nivel de subsidio en especie. Por tanto el estudio está enfocada a estudiar el ámbito del proceso completo de producción en el que los productores tienen el poder de tomar decisiones y hacer modificaciones de acuerdo a estimaciones cuyo resultado exitoso en términos de la ganancia obtenida no depende del todo de la combinación eficiente de factores de la producción.

### **5.5 Costos de producción de la agricultura alternativa de maíz por sustitución de insumos**

Como establecí en el capítulo dos, el análisis de los costos de producción está basado en la metodología del USDA para la agricultura alternativa. En primer lugar presento los costos de producción para los productores estudiados y su comparación con los costos de producción del testigo que practica la agricultura convencional. En segundo lugar analizo las implicaciones de la incorporación del biofertilizante sobre la productividad del cultivo de maíz en la zona, para terminar con la presentación de las consecuencias sobre los costos de producción de la agricultura alternativa de maíz por sustitución de insumos.

El análisis de los costos de producción, reflejará la combinación de insumos bajo un esquema tecnológico que combina insumos químicos y biológicos en distinta medida, que permite que los productores ahorran porque están limitando el desgaste del suelo que podría representarles gastos futuros en reconversión de cultivos o introducción de otros agentes químicos o biológicos para reponer la productividad del suelo.

El efecto del biofertilizante se mantiene en la función de costos aun en escenario de excedentes porque el diseño de la producción no depende directamente del uso del biofertilizante. Es decir, no usan el biofertilizante para vender mas (relación directa insumo-producto) sino que el biofertilizante les permite mantener o

recuperar la productividad por hectárea respecto a lo obtenido bajo el paquete de la revolución verde.

Los costos totales de las unidades estarán expresados por hectárea de cultivo, aquí retomo el criterio de medición sobre la comparación de la productividad, esto porque lo más importante es el uso de un biofertilizante, es decir, un cambio de uso de insumo y por tanto los resultados sobre los rendimientos, indirectamente, representan también una mejora en la fertilidad del suelo. Los productores están tomando una decisión en torno al uso del biofertilizante debido a una cuestión monetaria que influirá sobre la productividad y por tanto en los ingresos de la unidad o en la satisfacción de sus necesidades de consumo de alimento, aun cuando los ingresos futuros no son la principal razón por la que los productores adoptan este insumo biológico.

- La disminución de los costos se debe a la innovación tecnológica.

Los costos de producción de los productores alternativos por sustitución de insumos que a continuación presento, corresponden solo a la etapa de la preparación del terreno, la siembra y la cosecha. En ellos se considera el costo de la semilla criolla como cero tomando en cuenta que es imposible, para esta tesis al menos, determinar el valor monetario de la conservación del banco genético que su uso genera. Desde el punto de vista de la economía ambiental y ecológica, tendría que calcular la rentabilidad futura de la conservación de agroecosistema así como la rentabilidad futura para el consumo de maíz de la siguiente generación, además de su impacto sobre el valor futuro de los servicios ambientales que el cultivo de maíz genera.

Como resultado de la sustitución de insumos, la productora de Acajete obtiene la misma cantidad de producto anterior a la sustitución (3 tn/ha) y disminuyó 30% del costo de producción comparado con los costos obtenidos por el testigo en una extensión de 25 hectáreas de temporal.

Cuadro 13

Costos de producción alternativa de maíz en Acajete. 2001 (\$/Ha)		
	Innovador	Testigo
Salarios en siembra (1a y 2a labor)	388.80	1,150.00
Salarios en siega	1,300.00	500.00
Semilla	-	250.00
Reparaciones	6.00	-
Biofertilizante	72.00	-
Fertilizante químico	702.00	960.00
Abono (pollinaza)	60.00	-
Renta de maquinaria	224.00	720.00
Combustibles	20.00	20.00
Herbicida-insecticida	174.00	600.00
<b>Total</b>	<b>2,946.80</b>	<b>4,200.00</b>

Fuente: Elaboración con información de trabajo de campo

La reducción para el productor de Tecuitlapa es del 32% respecto al testigo en una extensión de 40 hectáreas con un rendimiento de 3 tn/ha iguales a los obtenidos con el paquete anterior. En comparación con la productora de Acajete, el productor de Tecuitlapa genera un efecto escala no solo respecto al testigo, sino frente a unidades más pequeñas pues producir 40 has de maíz bajo sustitución de insumos presenta una reducción de costos de \$104.00 por hectárea.

Cuadro 14

Costos de producción alternativa de maíz en Tecuitlapa. 2001 (\$/Ha)		
	Innovador	Testigo
Salarios en siembra (1a y 2a labor)	270.00	1,150.00
Salarios en siega	1,300.00	500.00
Semilla	-	250.00
Reparaciones	5.00	-
Biofertilizante	72.00	-
Fertilizante químico	702.00	960.00
Abono (pollinaza)	-	-
Renta de maquinaria	-	720.00
Combustibles	69.00	20.00

Herbicida-insecticida	174.00	600.00
Renta de tierra	250.00	-
<b>Total</b>	<b>2,842.00</b>	<b>4,200.00</b>

Fuente: Elaboración con información de trabajo de campo

Así, hasta antes del incremento de precios de maíz en enero de 2007, los precios internos han tendido a converger con los precios internacionales, descontada la inflación, la relación costo-beneficio de la innovación usando como referente los precios deflactados de la tonelada de maíz en la zona resulta negativa. En 2001 el precio por tonelada fue de \$1654.54 lo que implica una pérdida de \$1292.26 por tonelada, los productores pierden el 44% de su inversión. El testigo en cambio tiene una pérdida de 60%, lo que significa que los productores innovadores tienen menores pérdidas respecto a los que usan la tecnología de la RV. Ya que los productores alternativos comercializan en el mercado convencional, la innovación tecnológica los hace más competitivos que la producción basada en la RV, esto solo si el precio del Biofertiup se mantiene por debajo de los precios de los fertilizantes químicos.

### **5.6 Comportamiento de la agricultura alternativa de maíz en la región central del estado de Puebla 2001 y 2002**

El comportamiento se refiere a la comparación de la proporción que el costo de los insumos biológicos y químicos tienen sobre los costos totales. Además se comparan los costos de producción por unidad de producto (tn/ha) y por superficie (ha) con el nivel de producción en los productores innovadores y el testigo.

Para analizar la agricultura alternativa de la zona de estudio, el productor del municipio de Acajate será "Productor A", el productor testigo "Productor B" y, el productor de Tecuitlapa será "Productor C". Los costos de producción para el testigo (C) son los más altos comparados con los costos que los dos productores caracterizados como alternativos enfrentan. Para éstos últimos, la disminución de costos es de casi un 50% respecto al convencional.

### 5.6.1 Costos de los insumos

Uno de los elementos que caracteriza a la agricultura alternativa, de acuerdo con ésta metodología, es el costo de los insumos químicos y biológicos en dos sentidos:

- El peso que tienen sobre la estructura de costos totales
- La distinta proporción de uso cuando se realiza la sustitución entre uno y otro.

Los dos productores innovadores registran una disminución de la proporción que ocupa el biofertilizante en el total de los insumos aplicados. La siguiente tabla muestra tal proporción para cada tipo de insumo.

Cuadro 15

Proporción de uso de insumos  
2001

Insumo	Acajete		Tecuitlapa	
	A	B	B	C
Biológico	4.48	0	2.78	0
Químico	29.73	43.1	33.8	43.1
Total	34.21	43.1	36.58	43.1

Fuente: Trabajo de campo en Acajete y Tecuitlapa, 2001

El productor testigo (B) sólo aplica insumos químicos, mientras que los productores A y C aplican ambos tipos. En general, los productores innovadores alternativos utilizan una cantidad menor de fertilizantes. Esto es posible gracias a que la sustitución permite disminuir el uso de uno en función del otro, es decir, el biofertilizante es un sustituto perfecto e inclusive presenta mejores efectos sobre la minimización del costo y, además, sobre la conservación del ambiente.

La innovación permite la disminución de costos debido a dos factores: el precio del biofertilizante y, su capacidad de mantener la absorción natural de los nutrientes del suelo por ello, el costo de producción es la variable que permite afirmar que la innovación tecnológica que convierte a los productores convencionales en alternativos es económicamente viable.

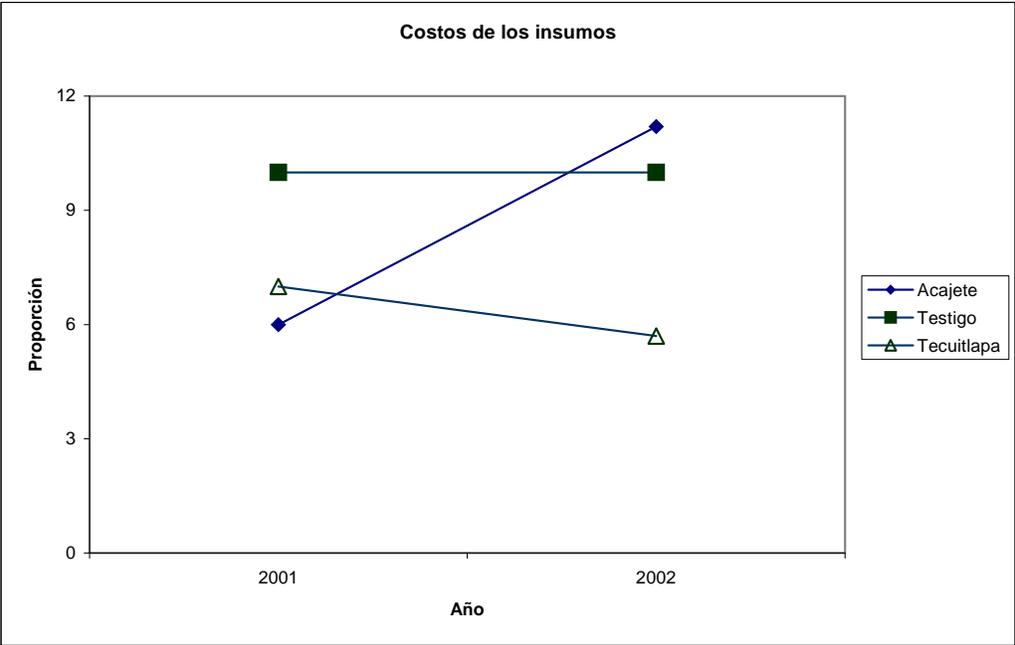
Además, el hecho de que puedan realizar la sustitución bajo un esquema de minimización del costo los convierte en agentes capaces de entrar en un proceso de competencia por costos gracias a que, al utilizar una menor cantidad de

insumos obtienen el mismo nivel de producto anterior a la innovación generando rendimientos constantes a escala.

En esta situación, obtienen una ganancia igual a la diferencia de sus costos anteriores a la innovación y el precio que toman en el mercado, aunado a lo anterior, los productores alternativos tienen un costo total menor en 21% respecto al convencional, su costo de oportunidad por la sustitución es bajo ya que no sacrifican el nivel de producto.

Como vimos, una de las características de la economía agrícola alternativa de maíz de éstos productores, es que los costos de los insumos por unidad de producto son menores. En la gráfica 26 se presenta el movimiento de éstos para 2001 y 2002. Se observa que para el caso de Acajete el costo sobrepasa al del testigo, esto es así por la situación descrita en que la unidad distorsionó su tendencia de aplicación por efecto de la política agrícola en cuanto a la dotación de un crédito refaccionario que incluyó la aplicación de semilla mejorada y fertilizante químico.

Gráfica 26



En 2002, la situación es la misma aún con las variaciones en la superficie experimentados por Acajete.

De no haber sido así, los costos hubieran sido menores. Para el caso de Tecuitlapa se observa que inclusive disminuyeron en el segundo año, lo que verifica la hipótesis en cuanto a que la aplicación del biofertilizante es ecológica y económicamente viable además de que permite que los productores sean competitivos en el mercado vía disminución de costos con rendimientos crecientes a escala.

Según la metodología del USDA, la sustitución de insumos tiene efectos diferenciados por hectárea y por tonelada, así se espera que la disminución de costos sea mayor por tonelada que por hectárea, lo anterior implica que el incremento de los rendimientos por hectárea gracias a la modificación de cada vez más insumos y prácticas de cultivo implica una disminución de estos costos.

Para los casos que analiza esta tesis, los resultados concuerdan con la metodología citada. Si bien las unidades de producción analizadas no tienen metas establecidas en cuanto a un proceso paulatino de sustitución de todos los insumos y prácticas, los costos de producción son menores por tonelada que por hectárea.

En el caso de Tecuitlapa, la disminución de costos por hectárea respecto al testigo es de 52%, y por tonelada la unidad disminuye los costos en 61%.

Cuadro 16

Tecuitlapa. Costo de insumos químicos y biológicos. 2001 (\$)		
	Innovador	Testigo
Por Hectárea	1,516.00	2,896.00
Por Tonelada	316.00	517.00

Fuente: Elaboración con información de trabajo de campo

Para Acajete en cambio, la disminución es de 55% y 65% respectivamente. A pesar de que los costos totales por hectárea en Tecuitlapa, en una superficie mayor, a los de Acajete, el análisis más detallado del costo de los insumos demuestra que el biofertilizante disminuye en mayor proporción los costos de

producción sin que sea necesario un efecto escala o un incremento de los rendimientos por hectárea.

Cuadro 17

Acajete. Costo de insumos químicos y biológicos. 2001 (\$)		
	Innovador	Testigo
Por Hectárea	1,008.00	1,810.00
Por Tonelada	336.00	517.00

Fuente: Elaboración con información de trabajo de campo

Esta diferencia es importante en dos sentidos, en primer lugar porque se comporta de manera diferente a la lógica de los fertilizantes químicos en donde a mayor dosis aplicada mayor costo de producción total, en cambio la diferencia de precio entre ellos y el Biofertiabuap provoca que para este último una mayor aplicación signifique un incremento de costos mucho menor a la que enfrentaría un productor si aumentara la dosis de fertilizante químico. El diseño del Biofertiabuap permite disminuir la dosis de fertilizante químico a la mitad y con ello la obtención de al menos el mismo nivel de producto anterior a la sustitución, lo que significa que podrían disminuirse los costos en una proporción mayor al incrementar la dosis de Biofertiabuap.

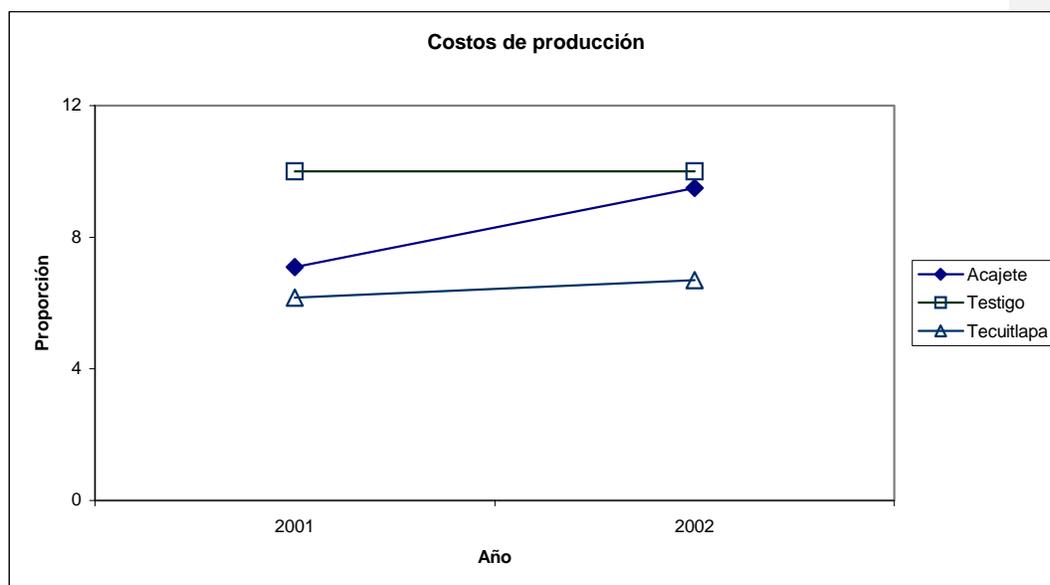
En segundo lugar, el hecho de que el Biofertiabuap no requiera de grandes extensiones y niveles de rendimiento altos para ser rentable, lo convierte en una opción viable para los productores más pequeños que podrían, al contrario de los productores comerciales para los cuales la aplicación de fertilizantes químicos es una necesidad dados los niveles de producto que deben alcanzar, mejorar los rendimientos por hectáreas sin afectar el agroecosistema del cultivo y al mismo tiempo una disminución de costos con un nivel de inversión mucho menor a la que implica la fertilización química.

### 5.6.2 Costos de producción totales por unidad de producto y por superficie sembrada.

Se parte del hecho de que el uso, en kilogramos, del biofertilizante es menor que la cantidad requerida de fertilizante químico, por lo que el costo por unidad de insumo es menor, en consecuencia, el costo por unidad de producto también es menor. Una tonelada de maíz de temporal producida bajo sustitución de insumos es más barata que una tonelada de maíz producida con tecnología de la revolución verde.

El análisis según costos de producción por tonelada y hectárea permiten hacer una mejor diferenciación de los efectos de la sustitución. La producción menor de las unidades alternativas comparada con la convencional es compensada por la baja de costos de producción. Esta situación les genera ahorro a los productores y por tanto la sustitución es rentable para la unidad que la practica.

Gráfica 27



En términos generales observamos, en 2001 los siguientes resultados en la combinación de variables: costos totales por tonelada y hectárea menores a la del productor en la misma superficie.

Cuadro 18

Resumen costos de producción alternativa de maíz 2001

Municipio	Superficie (Ha)	Producción total (tn)	Costos Totales por tonelada (\$)	Costos Totales por hectárea (\$)
Acajete	25	75	73670	2947
Testigo	25	87.5	105000	4200
Tecuitlapa	40	120	103680	2592
Testigo	40	140	168000	4200

Fuente: Elaboración propia según información de trabajo de campo

Aún cuando la productividad por hectárea es menor para los productores alternativos en comparación al testigo convencional, en 2001 ambos municipios presentan una reducción de costos de 42.52% y 62.93% respectivamente.

Con 15 hectáreas de diferencia, la mayor extensión del productor C genera economías a escala. En 40 has, 62% mayor que el área que cultiva la productora A, la diferencia de los costos de producción por hectárea entre uno y otras es de sólo 12.05%, aún cuando sus rendimientos por hectárea son iguales. El efecto a escala se presenta también en los costos por tonelada en donde la diferencia es de 28.95% entre A y C.

En 2002 los dos se acercan al 50%. Esta situación se explica por el cambio en las condiciones de producción. En el caso de Acajete, la productora entró al programa de "Labranza cero" situación que implicó una serie de gastos extra repercutiendo sobre los costos totales los que tuvieron un incremento del 15.52%. Además de la situación anterior, trabajó sólo 15 hectáreas, que comparadas con las 25 has del año anterior le reflejaron una disminución del volumen de producción del 66%. Como resultado, los costos de la productora A en 2002 presentan un aumento del 59%.

Cuadro 19

Resumen costos de producción alternativa de maíz 2002

Municipio	Superficie (Ha)	Producción Total (tn)	Costos Totales por tonelada (\$)	Costos Totales por hectárea (\$)
Acajete	15	45	70325	4688
Testigo	15	52.5	73500	4900
Tecuitlapa	40	120	113860	2847
Testigo	40	140	168000	4200

Fuente: Elaboración propia según información de trabajo de campo

Se observa que la modificación del paquete tecnológico puede afectar de manera independiente a los costos de producción por hectárea y por tonelada.

Esto es así, porque la productividad por hectárea se mantiene constante, lo que se mueve hacia abajo son los costos de producción, lo que provoca que se necesiten menos pesos por hectárea, no así por toneladas, puesto que el número de éstas no aumenta, si esto sucediera, entonces, a mayor número de toneladas, menor cantidad de dinero necesaria para producirla.

Esta situación es contraria a la lógica económica convencional, la cual implica que la minimización de los costos tiene un resultado inmediato sobre el incremento del nivel de producto, en la rentabilidad y la ganancia de la unidad que aplica la innovación. En este caso, el hecho de que se obtengan menores costos no implica incremento del nivel de producto, rentabilidad ni ganancia de forma inmediata. Entonces, el que los productores adopten el BiofertiBuap como innovación tecnológica les permite mantener la producción en un nivel constante como expresión del beneficio ambiental sin que ello signifique la obtención de ganancias por el simple hecho de adoptar la innovación.

Bajo tales características de producción, la ganancia no está determinada por el incremento de una unidad más de producto, sino por la baja en el precio de los insumos. En este punto es muy importante recalcar que la situación aquí presentada obedece a factores externos a las unidades que practican la agricultura alternativa.

El principal factor externo es el precio del biofertilizante. La determinación de éste obedece a sus costos de producción que se derivan del uso de instalaciones públicas subsidiadas, es decir, los laboratorios del Instituto de Ciencias de la

BUAP. El precio por tanto, obedece a la necesidad de la misma institución de difundir la tecnología que producen con fines de investigación. Además, el trabajo de promoción y supervisión de la aplicación y resultados del biofertilizante tampoco están incluidas en el precio del mismo. Esta situación permite genera efectos multiplicativos sobre el nivel de rendimientos y los gastos de los productores, puede afirmarse entonces que están siendo subsidiados de manera indirecta.

En términos de la eficiencia económica del gasto público el subsidio indirecto que reciben los productores que aplican el Biofertilbuap es más rentable que el subsidio directo que SAGARPA otorga a la aplicación de amoniaco en cuanto a la disminución de costos de los productores y con ello la mejora de su competitividad, sin embargo, el hecho de que los productores en Puebla sean tomadores de precios les resta posición en el mercado.

En Sinaloa por ejemplo, la producción de maíz de alto rendimiento (10-12 tn/ha) en zonas de riego utiliza altas dosis de fertilizante nitrogenado. La dosis para obtener 12 tn/ha en el ciclo de invierno es de 360 Kg/ha. De acuerdo con el INIFAP (2004), los rendimientos esperados se incrementan conforme se incrementa la dosis, sin embargo sus propios cálculos demuestran que aún cuando no se apliquen fertilizantes nitrogenados es posible obtener hasta cuatro toneladas por hectárea en riego. En 2005 los costos por fertilizar con una dosis de 320 kg/ha de fertilizante nitrogenado es de \$3,500.00 por hectárea, y el costo total de producción por hectárea es de \$13,000.00, el costo por fertilizar ocupa el 27% de los costos totales.

Cuadro 20

Impacto del subsidio al amoniaco en Sonora y Sinaloa. 2004		
	Maíz Sinaloa	Trigo Sonora
Costo de producción total (\$)	12,273	8,789
Costo de fertilizante (\$)	2,000	1,327
Disminución del costo total (%)	1.4	1.9
Disminución del costo de fertilizante (%)	8.6	12.9

Fuente: Informe de Evaluación Nacional. Programa de Apoyos a la Competitividad Por Rama de Producción. 2004. FAO-SAGARPA

La SAGARPA en cambio calcula los costos de producción para el ciclo O-I 2004-2005 en \$12,197.00 por hectárea y los costos de fertilización en \$2,191.00, lo que significa el 18% de los costos totales. En sonora, el costo de producción de una hectárea de maíz en el mismo ciclo fue de \$10,800.00 y el costo de fertilización fue de \$2,500.00, lo que significa el 23% de los costos totales.

El total de insumos químicos incluyendo el fertilizante nitrogenado, pesticidas y herbicidas, es de \$2,760.00, lo que significa el 23% del costo total.

El subsidio otorgado por el Programa de Apoyos a la Competitividad por Rama de Producción durante 2004 fue de \$218.00 por hectárea para adquirir el fertilizante lo que significa un subsidio del 13% al total de costo de fertilización.

El biofertilizante cuesta \$50.00 por kg, y se requiere de  $\frac{1}{2}$  kg de producto para fertilizar una hectárea más la mitad de la dosis de fertilizante químico que usan normalmente. Si se generara un programa para subsidiar el costo de fertilizante biológico el monto sería de \$50.00 por hectárea para un solo ciclo al año, lo que se significa 77% menos de lo que actualmente destina al subsidio de fertilizantes nitrogenados.

Si bien para los productores de alto rendimiento la proporción que ocupa la compra de insumos en el costo de producción representa la mitad de la que ocupa para los productores alternativos, si los primeros incorporaran el Biofertilizante en la dosis recomendada, su costo de fertilización se reduciría 50% con lo que su peso en los costos totales disminuiría considerablemente.

De esta información se obtienen las siguientes conclusiones:

1. La agricultura alternativa aquí estudiada es económicamente viable pues disminuye los costos de producción aunque el nivel de producto por hectárea disminuya ligeramente. En términos monetarios el costo de oportunidad es menor para los productores alternativos que para los productores convencionales.
2. La conservación del suelo es un componente del costo de oportunidad que se expresa no en los rendimientos por hectárea, sino en la capacidad de

mantener las condiciones de reproducción del cultivo por medio de un paquete distinto de tecnología que disminuye los costos de producción.

3. En este caso particular, el comportamiento entre dos productores alternativos y uno convencional es el siguiente:
  - La productividad por hectárea para el convencional es .5 tn mayor a los alternativos
  - En cambio el efecto escala sí se presenta en los productores alternativos. El productor de 40 ha gastaría un 3.6% menos en un escenario de 25 ha con el mismo costo de 40 hectáreas. Si el costo fuera proporcional a la extensión entonces el productor más grande gastaría más que el más pequeño y esto no es así. El efecto a escala es muy claro. Aún si el productor grande aplicara pollinaza el costo por hectárea no llegaría al del productor pequeño. El efecto a escala sigue presente.
4. La ventaja monetaria de la agricultura alternativa de maíz se sostiene en la disminución de costos de producción por tonelada, asociado directamente con la combinación de insumos biológicos externos con insumos químicos y la disminución en la aplicación de los últimos.
5. La rentabilidad monetaria no está asociada al incremento de la productividad por hectárea. Asumiendo un mismo precio en el mercado regional para los tres productores, el origen de la ganancia está en la comparación entre los ingresos obtenidos y el costo por tonelada, no así por el producto marginal obtenido.

### **5.7 Comportamiento posible de los costos de producción de la agricultura alternativa bajo distintos niveles de productividad del suelo**

En el largo plazo, bajo un ritmo de crecimiento de la productividad del suelo de 0.5 tn por cada ciclo, encontramos que a precios constantes de los insumos, la mejora en la fertilidad del suelo es viable en términos económicos para la unidad.

Cuadro 21

Costos de producción en escenarios distintos de productividad del suelo

Productor	Superficie	Producción	Rendimientos	Costo de los insumos	
	(Ha)	(Tn)	(Tn/Ha)	(\$/Tn)	(\$/Ha)
Acajete	25	75	3	336	1008
	25	87.5	3.5	288	1008
	25	100	4	252	1008
	25	112.5	4.5	224	1008
Tecuitlapa	40	120	3	316	1516.8
	40	140	3.5	271	1516.8
	40	160	4	237	1516.8
	40	180	4.5	211	1516.8

Aún si los niveles de fertilidad permanecieran constantes, junto con el precio de los insumos (sin cambio en las condiciones de comercialización de éstos), la viabilidad económica sigue siendo superior a la que presenta la fertilidad del suelo gracias a la aplicación de insumos sintéticos.

Recordemos que la adopción del paquete es muy flexible gracias a que la combinación de insumos biológicos y prácticas específicas genera resultados tangibles desde el primer ciclo de aplicación. Bajo esta premisa, asigné distintas características a los productores en función de las prácticas e insumos que sustituyen hasta llegar a un momento en el que la aplicación de insumos biológicos es total en comparación al uso de insumos sintéticos.

En un esquema ideal para los productores, el grado de sustitución que realizan debería poder ser expresado en el mercado bajo un sistema de precios que contengan el beneficio que al ambiente provoca tal sustitución de insumos, sin embargo, el sistema de mercado no está diseñado para soportar las mejoras al ambiente. Como expliqué antes, la innovación no responde a la obtención de ganancia ni a la rentabilidad.

El hecho de se obtenga un beneficio económico, obliga a explicar el posible comportamiento de los costos de producción para cada uno de los niveles de transición antes presentados.

De la información resultante del trabajo de campo realizado obtengo las siguientes conclusiones

- La mecanización puede influir sobre la eficacia mayor o menor del biofertilizante. Si un productor utiliza una máquina para barbecho (que permita a la semilla entrar a una mayor profundidad del suelo) y en combinación con el biofertilizante, sin aplicar gallinaza o pollinaza, la semilla encontrará mejores condiciones de humedad para desarrollarse. Esta recepción de humedad será capaz de mejorar la resistencia a las condiciones adversas (tanto de exceso de lluvia , frío, calor o sequía) y garantizar el mejor crecimiento del follaje y por tanto de la mazorca y su absorción y crecimiento.
- Otras unidades que usan el barbecho tradicional de solamente voltear la tierra unos centímetros sin penetrar mas profundamente la tierra, pero que sí usan gallinaza o pollinaza logran el mismo resultado que el anterior paquete. Solo si no usan gallinaza el resultado será menor pero mejor que con el fertilizante químico.
- En general los productores afirman que el biofertilizante tendrá efectos diferenciados dependiendo del paquete que estén aplicando. El biofertilizante es un medio eficaz para mantener los niveles de productividad anterior sin modificar por completo su paquete tecnológico, el simple hecho de sustituir una parte del fertilizante químico por biológico asegura su nivel anterior de toneladas por hectárea.

Por otra parte, si modifican la proporción de uso de fertilizante químico y biológico y además introducen otro insumo biológico interno o externo, es decir, modifican paulatinamente su paquete tecnológico, los niveles de productividad se incrementarán hasta en un 50 %.

La aplicación del biofertilizante es un ahorro en términos monetarios que induce a la disminución en el uso de otros insumos químicos por efectos sobre la calidad del suelo.

- El éxito del biofertilizante, expresado en el nivel de producto y en la disminución de los costos totales, se debe a la siguiente combinación: semilla criolla + biofertilizante + fertilizante químico + buen ciclo de lluvias
- El ahorro también está representado por el hecho de que si no hay buena lluvia el biofertilizante con o sin gallinaza garantiza la cosecha porque hace la planta resistente a la sequía o al revés, demasiada agua o hielo.

## Conclusiones

Durante los últimos años, una parte del análisis económico de los sistemas de producción agrícola ha incorporado al factor tierra como un factor finito cuyas capacidades naturales para mantener el nivel de producción tienden a descender aún con la aplicación de la tecnología de la llamada Revolución Verde, basada en la aplicación de insumos químicos derivados de la energía fósil y el desarrollo de variedades de semillas híbridas. Ante los efectos negativos que este paquete tecnológico tiene sobre el suelo agrícola y el agroecosistema, la innovación tecnológica se dirige ahora hacia el desarrollo de insumos agrícolas basados en el manejo de las propiedades de algunos microorganismos que están presentes de forma natural en el suelo agrícola y que son generados en laboratorio, llamados biofertilizantes.

Es importante hacer énfasis en el hecho de que la viabilidad económica de la sustitución de insumos analizada en esta tesis se debe a la incorporación de un producto cuya investigación y desarrollo se realizó dentro de un esquema de política pública educativa con intereses científicos antes que económicos, gracias a esto, el precio del sustituto y la efectividad de la dosis diseñada lo convierten en un producto competitivo en el mercado. Lo anterior debe llevar a la reflexión sobre la rentabilidad social de la inversión pública en investigación y desarrollo cuando el financiamiento por medio del cual se desarrolló el proyecto hace casi 20 años fue a "fondo perdido". Es un hecho que la inversión pública en investigación y desarrollo en agricultura es una falla de mercado resultado de los pocos incentivos que la ganancia privada obtiene, el caso del Biofertiluap es una muestra de los beneficios sociales que puede tener la inversión pública en investigación y desarrollo cuyo resultado no solo es la disminución de costos de los productores gracias a la incorporación de insumos de bajo costo, sino la conservación del suelo agrícola y con ello su capacidad para mejorar la calidad de los servicios ambientales que la agricultura genera.

En México el desarrollo de biofertilizantes inicia alrededor de la década de 1980 en diversos centros de investigación pública, las bacterias desarrolladas han sido *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium etli* y *Glomus intraradices* que es posible

aplicar sobre leguminosas y gramíneas. Desde el lado de la economía la adopción de innovación tecnológica de este tipo ha sido poco estudiada, en cambio la literatura está dominada por el análisis de los sistemas de producción orgánicos, a pesar de ser marginal al ocupar 0.20% de la superficie sembrada total en el país.

El análisis económico de esta innovación es importante para nuestro país, pues la realidad de la agricultura mexicana demuestra que la aplicación de insumos químicos en combinación con insumos de tipo biológico, ya sea biofertilizantes o compostas es una práctica común entre los productores y con ello contribuyen a la conservación del agroecosistema en el que se desarrolla el cultivo. Este tipo de productores pueden ser incluidos en la llamada agricultura alternativa caracterizada por aplicar paquetes tecnológicos y prácticas alejadas de la RV sin que ello signifique comercializar en un nicho de mercado.

El caso particular de esta agricultura alternativa por cambio de paquete tecnológico que esta investigación analizó es el de la producción de maíz de temporal en los municipios de Acajete y Tecuítlapa en los valles altos del Estado de Puebla para los años 2001 y 2002, en cuanto a las consecuencias sobre los costos de producción de la aplicación del biofertilizante (BiofertiBuap) elaborado con la bacteria *Azospirillum brasilense* por el Departamento de Microbiología de Suelos de la Universidad Autónoma de Puebla. Se trata de dos productores de maíz de temporal cuyo paquete tecnológico se compone de fertilizante químico, BiofertiBuap y semilla criolla. Gracias a la sustitución de insumos lograron una reducción de costos totales de 30% para el primero y de 32% para el segundo, con esta estructura de costos, los productores sin embargo no incrementan su nivel de rendimiento pues la sustitución del insumo mantiene el nivel de producto anterior a la innovación.

La metodología para analizar los casos correspondió a la ofrecida por el USDA en la que se hace énfasis en la viabilidad económica de los paquetes tecnológicos alternativos comparando el costo de sustitución de insumos por hectárea cultivada y por tonelada obtenida, respecto a un testigo que aplica la tecnología de la RV. Consideré esta medida la más adecuada puesto que para los productores que se enfrentan a precios exógenos que no consideran el valor de la conservación del

suelo agrícola y que son menores a los de los mercados especializados, la viabilidad ambiental se traduce en el ahorro que les representa la sustitución de insumos, el precio del Biofertiabuap es el único aliciente que encuentran los productores para convertirse en alternativos, los precios del producto final no son un indicador para la toma de decisiones.

Así, hasta antes del incremento de precios de maíz en enero de 2007, los precios internos han tendido a convergir con los precios internacionales del grano por lo que han presentado un patrón de baja continua después de la entrada de México al TLCAN. Usando como referente los precios deflactados de la tonelada de maíz en la zona, la relación costo-beneficio de la innovación tiene ventajas por sobre la agricultura convencional. En 2001 el precio por tonelada fue de \$1654.54 lo que implica una pérdida de \$1292.26 por tonelada comercializada, los productores alternativos pierden el 44% de su inversión, para el testigo en cambio, a pesar que tiene un rendimiento mayor que los productores alternativos (3.5 tn/ha), tiene una pérdida de 60% resultado de costos de producción mayores debido a la aplicación de fertilizantes químicos. Lo anterior significa que los productores innovadores tienen menores pérdidas respecto a los que usan la tecnología de la RV, aún cuando los productores alternativos comercializan en el mercado convencional, la innovación tecnológica los hace más competitivos que la producción basada en la RV, lo anterior sólo si el precio del Biofertiabuap se mantienen por debajo de los fertilizantes químicos.

Ésta situación es contraria a la lógica económica convencional, la cual implica que la minimización de los costos tiene un resultado inmediato sobre el incremento del nivel de producto, la rentabilidad y la ganancia de la unidad que aplica la innovación. En este caso, el hecho de que se obtengan menores costos no implica incremento del nivel de producto, rentabilidad ni ganancia de forma inmediata. Entonces, el que los productores adopten el Biofertiabuap como innovación tecnológica les permite mantener la producción en un nivel constante como expresión del beneficio ambiental sin que ello signifique la obtención de ganancias por el simple hecho de adoptar la innovación.

En términos del análisis economía-ambiente, la aplicación de biofertilizantes se considera como una solución ecológica y económicamente viable pues su costo puede llegar a ser de entre 50 y 60% menor por hectárea fertilizada en comparación al costo de los fertilizantes químicos, el caso particular del Biofertiabuap puede considerarse exitoso gracias a la suma de otras acciones institucionales y personales realizadas con dinero público con el objetivo de incidir sobre la toma de decisiones de los productores al promover su incorporación al paquete tecnológico.

Debido a su posición como tomadores de precios en un mercado con un alto grado de incertidumbre, los productores maiceros de temporal en México mantienen una parte de su esquema de fertilización química, puesto que les garantiza mantener, *ceteris paribus*, al menos el nivel de producto del ciclo anterior, por ello, puede afirmarse que la toma de decisiones de estos agentes está guiada por su aversión al riesgo. En ese sentido, las políticas de inducción y acompañamiento resultan ser un elemento importante para maximizar la rentabilidad social de la inversión pública en ciencia y tecnología contribuyendo al mismo tiempo a la minimización del riesgo de los productores más pobres.

Lo anterior es una necesidad dada la lógica de reproducción del sistema de producción agrícola en cualquier país del mundo, de otra forma no se explicarían los niveles de inversión en programas de financiamiento público, de cualquier tipo permitido, en los países de mayor productividad agrícola.

## Bibliografía

Aguirre Medina, Juan Francisco. Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del programa y resultados de validación en México. Ponencia presentada en el Simposio de Biofertilización *La biofertilización como tecnología sostenible*. INIFAP, Centro de Tecnología Genómica. Río Bravo, Tamaulipas. México. 25 de noviembre de 2004.

Alston, Julian. Pardey, Philip y Smith, Vincent.(1999). *Paying for Agricultural Productivity*. The Johns Hopkins University Press.

Audley, Papademertriu, Polansky y Vaughan (2003). *La promesa y la realidad del TLCAN. Lecciones de México para el hemisferio*. Carnegie Endowment for International Peace,.

Avila Dorantes, et al. (2002) *El mercado de los fertilizantes en México a finales del siglo XX*. CIESTAAM,

Banco Mundial (2005). *Income generation and social protection for the poor*

Baumol, W.J y Oates, W.E. *La teoría de la política económica del medio ambiente*. Argentina. Ed. Antoni Bosch

Barbier, Bruno. *Induced innovation and land degradation: results from a bioeconomic model of a village in West Africa*. *Agricultural Economics* 19 (1998).

Bakhshoodeh, Mohammad y Thomposon, Kenneth (2001). *Input and output technical efficiencies of wheat production in Kerman, Iran*. *Agricultural economics* 24 (2001) 307-313.

Brethour, Cher y Weersink, Alfons (2001). *An economic evaluation of the environmental benefits from pesticide reduction*. *Agricultural economics* 25 (2001) 219-226.

Belausteguigoitia, Juan Carlos. *An introduction to the economic aspects of biodiversity*. *Memorias del seminario internacional sobre aspectos económicos de la biodiversidad*.

Bonny, Sylvie. (2000). *Will biotechnology lead to more sustainable agriculture?*. French National Institute of Agricultural Research. Grignon, France

Cacho, Oscar. (1999) *Dynamic models, externalities and sustainability in agriculture*. Working papers series in agricultural and resource economics. University of New England. No. 99-4

CONACULTA-Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. (2003). *Sin maíz no hay país*. CONACULTA.

Constanza, Robert. (1991) *Ecological Economics. The science and management of sustainability*. Columbia University Press, New York.

Cuerdo Mir, Miguel y Ramos Gorostiza José Luis (2000) *Economía y Naturaleza. Una historia de las ideas*. España. Ed. Síntesis.

Cuyno, Leah et al (2001). Economic analysis of environmental benefits of integrated pest management: a Philippine case study. *Agricultural economics* 24 (2001) 227-233.

Davis, Benjamín (2002). Las políticas de ajuste de los ejidatarios frente a la reforma neoliberal en México. *Revista de la CEPAL* 72, diciembre.

Dabbert, Stephan y Madden, Patrick. (1987). The transition to organic agriculture: A multiyear simulation model of a Pennsylvania farm. *American Journal of Alternative Agriculture*.

Davidson, Eric (2001). *You can't eat GNP. Economics as if ecology mattered*. Perseus Publishing. Cambridge, 2001

De Janvry, Sadoulet y Gordillo de Anda (1995). NAFTA and Mexico's Maize Producers. *World Development* Vol. 23, No.8

Doyle, William (2003). Fertilizer industry and sustainability: from principle to action. Ponencia presentada en el foro: Global food security and the role of sustainable fertilization. IFA-FAO

### **Escalante Semerena, Roberto.**

FAO (1991). *Producción agrícola sostenible: consecuencias para la investigación agraria internacional*.

Fernandez-Cornejo, Jorge (1998). Environmental and economic consequences of technology adoption: IPM in viticulture. *Agricultural economics* 18 (1988) 145-155

Freebairn, Donald. Posibles pérdidas y ganancias en el sector agrícola bajo un Tratado de Libre Comercio en Estados Unidos y México.

Gebremedhin y Schwab. (1998) *The economic importance of crop rotation systems: evidence from the literature*. Michigan State university

Georgescu-Roegen, Nicholas. *The entropy law and the economic process*. Harvard, University Press

Gleich, Michael (2000). *Cataloguing life on earth: life counts*. Atlantic Monthly Press, NY.

Gómez Cruz, Manuel Angel y Schwentesius Rinderman, Rita. *El modelo neoliberal y la desmodernización de la agricultura mexicana. El caso de la naranja*. Reporte de Investigación 29. CIESTAAM, abril 1996

Hallet, Graham. (1981) *The economics of Agricultural Policy*. Basil Blackwell. Oxford.

Hailu, Atakelty y Veeman, Terrence (2000). Alternative methods for environmentally adjusted productivity analysis. *Agricultural economics* 25 (2001) 211-218.

Hawken, Paul (1999). *Natural Capitalism*. Little Brawn and Company.

Jiménez Herrero, Luis. (1996) *Desarrollo Sostenible y economía ecológica. Integración medio ambiente-desarrollo y economía-ecología*. Ed. Síntesis. España.

Kalirajan y Shand (2001). Technology and farm performance: paths of productive efficiencies over time. *Agricultural economics* 24 (2001) 297-306.

Kim, Kwansoo y Chavas, Jean-Paul (2003). Technological change and risk management: an application to the economics of corn production. *Agricultural economics* 29 (2003) 125-142

Kim, Kwansoo et al (2001). Measuring soil quality dynamics. A role for economists, and implications for economic analysis. *Agricultural economics* 25 (2001) 13-26.

King, Amanda (2006). Ten years with NAFTA: a review of the literature and an analysis of farmer responses in Sonora and Veracruz, México. CIMMYT Special Report 06-01, México D.F. CIMMYT/Congressional Hunger Center,

Legg, Wilfrid. (1999). *Sustainable agriculture: an economic perspective*. OECD.

Lohr, Luanne y Salomonsson, Lennart (1998). Conversion subsidies for organic production: results from sweden and lessons for the united states. FS 98-04. University of Georgia.

Lutz, Ernest. (2000). *Agricultura y medio ambiente. Perspectivas sobre el desarrollo rural sostenible*. Banco Mundial.

Marks Leonie y Dunn Elizabeth. (1999) *Evaluating alternative farming systems: a fuzzy MADM approach*. University of Missouri.

Martínez Alier, Juan. (1987) *Ecological Economics. Energy, enviroment and Society*. Basil Blacwell Inc. Great Britain,

----- (1994) *De la economía ecológica al ecologismo popular*. Icaria Editorial. Barcelona

Martínez Alier y Schlüpman (1993). *La ecología y la economía*. Ed. FCE

Mascarúa, Caballero y Carcaño (1994). *Biofertilización en gramíneas*. Tecnologías ambientales para el desarrollo sustentable. Instituto de Ecología, A.C.

Mestiza Rojas y García De la Cadena (2005). *Informe de Evaluación Nacional. Programa de Apoyos a la Competitividad por Rama de Producción*. FAO-SAGARPA.

Murgai, Rinku (2001). The green revolution and the productivity: evidence from the Indian Punjab. *Agricultural economics* 25 (2001) 199-209.

Muñoz Rodríguez, Manrubio (2006). *Informe de Evaluación Nacional. Subprograma de Investigación y Transferencia de Tecnología*. Alianza para el Campo, 2005. FAO-SAGARPA.

Nadal y Wise (2004). Los costos ambientales de la liberalización agrícola: El comercio de maíz entre México y EE.UU. en el marco del NAFTA. Discussion Paper No.4. Working Group on Development and environment in the Americas.

Neill Sean, y Lee David. (1999) *Explaining the adoption and disadoption of sustainable agriculture: the case of cover crops in Northern Honduras*.

Norse, David (2003). Fertilizers and world food demand implications for environmental stresses. Ponencia presentada en el foro: Global food security and the role of sustainable fertilization. IFA-FAO

OCDE (1989). *Biotechnology. Economic and wider impacts*.

ONU-FAO (2003). *Organic agriculture: The challenging of sustaining food production while enhancing biodiversity*.

OXFAM (2003). *Dumpling sin fronteras*. Documento de posicionamiento de Oxfam internacional, No. 50, agosto

Pannel y Glenn (2000). *A framework for the economic evaluation and selection of sustainability indicators in agriculture*. *Ecological economics* 33 (2000)

Parikh, Negatu. The impact of perception and other factors on the adoption of agricultural technology in the Moret and Jiru Woreda (district) Ethiopia. *Agricultural economics* 21 (1999) 205-216.

Papendick, et al. Environmental consequences of modern production agriculture: How can alternative agriculture address these issues and concerns?. American Journal of Alternative Agriculture.

Pearce, David (1976). *Economía Ambiental*. FCE. México.

Pearce, David y Turner, Kerry. (1991) Economics of natural resources and the environment. Johns Hopkins University Press.

Pearce, David y Warford, Jeremy. (1993) *World with out end. Economics, environment and sustainable development*. World Bank-Oxford University Press.

Peltonen, Jari (2003). New fertilizer products. Ponencia presentada en el foro: Global food security and the role of sustainable fertilization. IFA-FAO

Popp y Hoag. (1998). *Sustainable resource management: a methodology for analysis*. Department of agricultural and resource economics. Colorado State University.

Puyana y Romero (2005). Diez años con el TLCAN. Las experiencias del sector agropecuario mexicano. FLACSO-COLMEX

Pray, Carl y Naseem, Anwar (2003). The economics of agricultural biotechnology research. ESA Working paper No. 03-07. FAO.

Qaim, Matin (2001). A prospective evaluation of biotechnology in semi-subsistence agriculture. *Agricultural economics* 25 (2001) 165-175.

Ramachandra Guha y Martinez Alier. (1997) Varieties of environmentalism. Essays north and south. Oxford University Press.

Rello y Pérez (1996). Liberalización económica y política agrícola: el caso de México. *La agricultura mexicana y la apertura comercial*. Barrón y Hernández Coord. UNAM-UAM,

SARH-ONU-CEPAL. (1987). El desarrollo agropecuario en México. Tomo X. El empleo de insumos en las actividades agropecuarias 1960-1984. Informe 1987.

Shiva, Vandana (1991) The violence of the green revolution. Third world agriculture, ecology and politics. The other India Press..

----- (2000) Seeds of suicide. The ecological and human costs of globalisation of agriculture. Research foundation for science, technology and ecology.

Schwentesius, Gómez y Calva (2004) ¿El campo aguanta más?. CIESTAAM-La Jornada, Segunda Edición.

SPP-ONUJI. (1983). México: un concepto estratégico para la industria de fertilizantes.

Swinton y Black. (2000). *Modeling of agricultural systems*. Department of agricultural economics. Michigan state university. Staff paper no. 00-06, april 2000

Snodgrass, Milton y Wallace, L (1980). *Agriculture, economics and resource management*. Second Edition

UNESCO-PNUMA. (1996) *La interpretación de la problemática ambiental: Enfoques básicos*. Barcelona,

USDA-National research council (1989). *Alternative agriculture*. National academy press. Washington D.C.

USDA-Committee on the Role of Alternative Farming Methods in Modern Production Agriculture (1989). *Alternative agriculture*.

Viglizzo, Ernesto (2001). *La trampa de Malthus. Agricultura, competitividad y medio ambiente en el siglo XXI*. Eudeba.

Weinhold, Diana (1999). *Estimating the loss of agricultural productivity in the Amazon*. *Ecological economics* 31 (1999)

Yunez Naude (1998). El TLC, las reformas de cambio estructural y la agricultura mexicana. TLC y agricultura ¿Funciona el experimento?, Schwentessius y Gómez Coord. CIESTAAM.

----- Barceinas (2004). *The agriculture of Mexico after ten years of NAFTA implementation*. Documento de trabajo No. 277. Banco Central de Chile.

----- Taylor (2006). *The effects of NAFTA and domestic reforms in the agriculture of México: Predictions and facts*. *Région et Developpement* No. 23