



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
ENERGÍA – ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

ENERGÍA Y AGRICULTURA EN MÉXICO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
JENIFFER DIANA CRUZ DELGADO

TUTOR PRINCIPAL
CLAUDIA SHEINBAUM PARDO, INSTITUTO DE INGENIERÍA-UNAM

MÉXICO, D. F. ABRIL 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Víctor Rodríguez Padilla
Secretario: Dra. Claudia Sheinbaum Pardo
Vocal: Dr. Arturo Guillermo Reinking Cejudo
1^{er} Suplente: Dr. Pablo Álvarez Watkins
2^{do} Suplente: Dra. M. Azucena Escobedo Izquierdo

Lugar donde se realizó la tesis: Instituto de Ingeniería - UNAM

TUTOR DE TESIS:

Dra. Claudia Sheinbaum Pardo

FIRMA

NULL

Agradecimientos

A los que se trabajaron y trabajan para que la UNAM sea sinónimo de conocimiento, cultura y libertad.

A los que con sus impuestos me brindaron la oportunidad de acceder a una beca CONACYT. A todos los profesores, seminaristas y autores que ampliaron mi visión del mundo en esta etapa, en especial, a Claudia Sheinbaum, Victor Rodriguez, Pablo Alvarez, José Luis Gutiérrez, Enrique Dussel, Hector Díaz y Omar Masera.

A Claudia Sheinbaum por ser honesta conmigo y brindar su experiencia para que este trabajo fuera realizable.

A Daniel por su incommensurable apoyo, guía y comprensión.

A mi familia (en su versión extendida) por el ánimo que me brindaron.

A todos mis amigos por compartirme su mundo y permitirme compartirles el mío; especialmente a aquellos presentes durante mi estancia en el CIE y en el Instituto de Ingeniería.

Con mucho cariño, a Sonia Briceño y Lourdes Araujo por estar al tanto y apoyarme en todo momento.

A los funcionarios de INEGI, CONAGUA, SIE, SIAP, FIRA y ASERCA, que me orientaron en la interpretación de datos y me compartieron su trabajo; en especial al Ing. Josafat Caballero L. (CONAGUA), al Ing. Salvador D. Gaucín P. (FIRA) y a Ernesto Salazar C. (SIAP).

Resumen

En este trabajo se describe el consumo de energía comercial en las actividades agrícolas de México, de 1990 a 2010; se analizan las tendencias de consumo de combustibles y electricidad a través de la intensidad energética, el consumo de energía para la producción de fertilizantes, las tarifas específicas y la evolución en los precios de los energéticos. Se determinó que el consumo directo de energía final en las actividades agrícolas aumentó 57.08%; en 2010, el diesel representó el 66.88% del consumo y la electricidad el 27.51%. El uso indirecto de energía sólo para la fabricación de fertilizantes aumentó 17.61% y en 2010, representó el 10.36% de la energía total contabilizada en este estudio para las actividades agrícolas. Por otro lado, la intensidad energética calculada como el consumo de energía por cada mil pesos del producto interno bruto agrícola aumentó 21.47% en el caso de energía directa y 17.39% incorporando el uso de energía para la producción de fertilizantes; la intensidad en el uso de diesel y electricidad por hectárea sembrada incrementó 72.49% y 15.24%, respectivamente. En lo que concierne al uso de electricidad por superficie irrigada, el aumento fue de 17.93%. Estos resultados permiten concluir que aunque las actividades agrícolas han aumentado su productividad en términos económicos (con un aumento del producto interno bruto agrícola del 19.81%), en términos energéticos su eficiencia ha disminuido.

Contenido

Dedicatoria	III
Agradecimientos	V
Resumen	VII
Contenido	IX
Lista de Figuras	XI
Lista de Tablas	XIII
1. Introducción	1
2. El sector agrícola en México	7
2.1. Descripción	7
2.2. Participación del subsector agrícola en la economía nacional	10
2.3. Producción	12
2.3.1. Cultivos y volumen de producción	12
2.3.2. Características de las unidades de producción	15
2.4. Propiedad de la tierra y algunas características sociales	19
2.5. Tecnificación	20
2.5.1. Riego	20
2.5.2. Tracción y transporte	24
2.5.3. Agroquímicos y otros insumos	25
2.6. Principales impactos ambientales de la agricultura	26
2.6.1. Suelo	27
2.6.2. Agua	28
3. Consumo de energía del subsector agrícola mexicano	31
3.1. Usos directos	34
3.1.1. Consumo de diesel	34
3.1.2. Consumo de electricidad	39
3.2. Usos indirectos	46
3.2.1. Consumo de energía debido a la producción de fertilizantes	46
3.3. Resumen	52

4. Precio de los energéticos para el subsector agrícola	55
4.1. Diesel	56
4.2. Electricidad	58
5. Análisis de intensidad energética por actividad	63
5.1. Consumo de energía y producto interno bruto, de 1990 a 2010	65
5.1.1. Diesel	65
5.1.2. Electricidad	67
5.1.3. Fertilizantes	68
5.1.4. Resumen	71
5.2. Consumo de energía y la producción agrícola	72
5.2.1. Consumo de energía por hectárea sembrada	72
5.2.2. Consumo de diesel por hectárea mecanizada	74
5.2.3. Consumo de energía eléctrica por hectárea irrigada	75
6. Conclusiones	77
6.1. Conclusiones generales	77
6.2. Recomendaciones	79
6.3. Trabajo futuro	81

Lista de Figuras

2.1. Evolución de la superficie de labor en México	9
2.2. Superficie sembrada y siniestrada	9
2.3. Producto interno bruto agrícola	11
2.4. Volumen de la producción agrícola (toneladas).	13
2.5. Superficie no sembrada por estado	18
2.6. Sistemas de riego en las unidades de producción	23
2.7. Uso de tractores en las unidades de producción	24
2.8. Tipo de tracción empleada por estado	25
3.1. Evolución del consumo de energía del sector agropecuario de 1965 a 2010. .	34
3.2. Componentes del consumo de diesel agropecuario apoyados por SAGARPA. .	36
3.3. Distribución del consumo de diesel subsidiado por estado.	37
3.4. Consumo estimado de diesel del subsector agrícola.	39
3.5. Consumo histórico de energía eléctrica para el riego agrícola	40
3.6. Variables meteorológicas y la intensidad en el uso de riego por bombeo . . .	42
3.7. Estadísticas históricas de los Distritos de Riego (1958-2010)	45
3.8. Producción nacional de fertilizantes por tipo (1990-2010)	46
3.9. Energéticos consumidos en la industria de fertilizantes (1990-2010)	48
3.10. Intensidad energética para la producción de fertilizantes (1990-2010)	48
3.11. Consumo aparente de fertilizantes en México (1990-2010)	49
3.12. Consumo de energía en la producción aparente de fertilizantes (1990-2010) .	50
4.1. Precio del diesel PEMEX con y sin subsidio de PROCAMPO-SAGARPA	57
4.2. Estadísticas de las tarifas agrícolas de energía eléctrica	61
5.1. Consumo de energía respecto al PIB _A : diesel, electricidad y PAF (1990-2010)	70
5.2. Consumo de energía respecto al PIB: agricultura (1990-2010)	71
5.3. Consumo de energía por superficie sembrada (1980-2010)	73
5.4. Consumo de diesel por superficie mecanizada (1994-2010)	75
5.5. Consumo de electricidad por superficie irrigada (1980-2010)	76

Lista de Tablas

2.1.	Origen de los ingresos totales del productor agropecuario	11
2.2.	Indicadores de seguridad alimentaria y balanza comercial agropecuaria. . .	12
2.3.	Producción de los 20 principales productos en 2010	14
2.4.	Régimen de tenencia en las unidades de producción	19
2.5.	Tipo de tecnología implementada en los cultivos	26
2.6.	Costos ambientales del sector primario	27
3.1.	Contenido energético de insumos y productos agrícolas.	32
3.2.	Intensidad en el uso de diesel subsidiado por estados	38
3.3.	Importación neta de fertilizantes durante 1990, 2000 y 2010	51
3.4.	Consumo directo e indirecto de energía	52
3.5.	Estructura porcentual de los energéticos de uso directo	52
3.6.	Estructura porcentual de los energéticos de uso indirecto	52
3.7.	Estructura porcentual de los energéticos de uso directo e indirecto	53
4.1.	Legislación sobre el uso de energía en actividades agropecuarias	55
4.2.	Tarifas aplicables al bombeo de agua para riego agrícola	58
4.3.	Cargos aplicables a las tarifas agrícolas.	59

Unidades y símbolos

kcal	kilocaloría
GJ	Gigajoule
PJ	Petajoule
kWh	kilowatt-hora
TWh	Terawatt-hora
ha	hectárea
ton	tonelada
MMm ³	Millones de metros cúbicos
M\$MXN(año)	Miles de pesos mexicanos
MM\$MXN(año)	Millones de pesos mexicanos
MMM\$MXN(año)	Miles de millones de pesos mexicanos
PIB _A	Producto interno bruto del subsector agrícola
PIB _S	Producto interno bruto del sector agropecuario
PIB _T	Producto interno bruto total
CE	consumo de energía
IE	intensidad energética
elect.	electricidad

Acrónimos y siglas

SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SENER	Secretaría de Energía
SIE	Sistema de Información Energética
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
BIE	Banco de Información Económica
DOF	Diario Oficial de la Federación

Capítulo 1

Introducción

El objetivo del presente estudio es analizar las tendencias de consumo de combustibles y electricidad para la agricultura mexicana, a través de la intensidad energética, el consumo de energía para fertilizantes, las tarifas específicas y la evolución en los precios de los energéticos.

La agricultura es una actividad primaria en la economía y su objetivo principal es la alimentación de ganado y seres humanos. El análisis del consumo de energía en la agricultura resulta importante para conocer su impacto en la productividad y desarrollo del sector.

La aplicación de energía a la producción de alimentos marcó un parte aguas en la cultura del ser humano. La agricultura nació gracias a los primeros humanos que invirtieron su propia energía en excavar, vigilar y recolectar. Con el tiempo, cada vez menos energía humana fue requerida para cultivar un mismo espacio gracias a las herramientas, a la energía de otros animales y a los combustibles que hacen funcionar máquinas como tractores y trilladoras.

“En el período desde la invención de la agricultura, hasta el siglo XVIII, la humanidad acumuló gran cantidad de conocimiento empírico sobre el cultivo y el aprovechamiento de plantas y animales, lo que permitió el florecimiento de sus grandes civilizaciones. La fermentación, la nixtamalización, la irrigación, el arado, la rueda, los arneses para la tracción animal, los estiércoles, los abonos y la cal ya se conocían y se usaban en el cultivo y

aprovechamiento de un extenso inventario de especies de cereales, leguminosas, oleaginosas, raíces y tubérculos y otras especies productoras de alimentos y fibras útiles”. (Turrent05)

De acuerdo con la (FAO96), el llamado “*progreso tecnológico de la agricultura moderna* se basa en la experiencia adquirida en el curso de casi 150 años de actividad científica. La revolución verde en el trigo, el arroz y el maíz forma parte integrante de este proceso y comienza a mediados del siglo XX. Tiene su fundamento en la capacidad tecnológica, basada en principios científicos, para modificar el medio ambiente de manera que se creen condiciones para la agricultura y la ganadería más idóneas que las que ofrece la propia naturaleza (por ejemplo, si el clima es seco, se emplea el riego; si la fertilidad del suelo es baja, se aplican fertilizantes; si las plagas y malas hierbas invaden los cultivos, se pulveriza; si las enfermedades amenazan al ganado, se administran vacunas y medicamentos, o, si se necesita más energía para roturar la tierra, se recurre a la mecanización y al uso de combustibles fósiles).”

La revolución verde, aplicada en países en desarrollo a partir de 1960 y cuyo principal promotor fue Norman Borlaug, “consistió en un conjunto de tecnologías integradas por componentes materiales, como las variedades de alto rendimiento (VAR) mejoradas de dos cereales básicos primero (arroz, trigo) y posteriormente el maíz, el riego o el abastecimiento controlado de agua y la mejora del aprovechamiento de la humedad, los fertilizantes y plaguicidas, y las correspondientes técnicas de gestión. La utilización de este conjunto de tecnologías en tierras idóneas y en entornos socioeconómicos propicios tuvo como resultado un gran aumento de los rendimientos y los ingresos para muchos agricultores de Asia y de algunos países en desarrollo de otros continentes.” (FAO96)

Sin embargo, si bien la Revolución Verde dio lugar a mejoras cuantitativas de la producción de alimentos y afianzó la seguridad alimentaria mundial en el corto plazo, en muchos países la producción agrícola intensiva ha agotado la base de recursos naturales, lo que pone en peligro la productividad futura (FAO96).

El uso de los paquetes tecnológicos tipo revolución verde implicó el aumento del uso de combustibles fósiles, provocando una disminución considerable de la eficiencia energética (Pimentel83) (Masera96). De igual forma, el aumento del comercio y la especiación de productos agrícolas por regiones dentro de los países y en el mundo, ha generado un

aumento del consumo de energía para transporte de productos agrícolas (Maser96).

Por otro lado, cuando se incorpora al análisis la industria de la alimentación, el consumo de energía por producto alcanza mayores cifras, no sólo por los costos energéticos del procesamiento de alimentos, sino los costos del empaquetado, almacenamiento y transporte hasta su destino final.

Aún cuando la productividad de la tierra ha aumentado bajo el esquema agrícola actual (intensivo en agua, agroquímicos y combustibles), también es cierto que no se han resuelto los graves problemas como el hambre e inseguridad alimentaria que padecen millones de personas, el acaparamiento de tierras, la imposibilidad para muchos de vivir prósperamente de la agricultura y los graves impactos ambientales al agua, suelo y agrobiodiversidad. Al contemplar dentro de esta situación el aumento descontrolado de la población¹ y los impactos del cambio climático sobre los sistemas agrícolas, queda bastante clara la necesidad de un cambio de paradigma en la concepción, no sólo de la agricultura, sino de el desarrollo humano.

Existe una corriente que asegura que el incremento de la productividad agrícola está principalmente en el uso de semillas genéticamente modificadas, mientras que otra corriente plantea que dicha práctica concentra la producción de semillas y genera grandes riesgos para la agrobiodiversidad mundial, afirmando a la vez, que las consecuencias sobre el uso de transgénicos en la salud humana no está sumamente estudiado. Esta última corriente señala a la agroecología y el apoyo a unidades de producción familiar como una solución a los problemas que se han planteado (Toledo02).

Desde la perspectiva de la energía, lo cierto es que hoy, la cantidad de energía que se requiere para producir alimentos difiere ampliamente desde del momento en el que se opta por una semilla seleccionada por el agricultor o una comprada a alguna empresa, hasta la cantidad de kilómetros que el producto final ha tenido que ser transportado para entregarse al consumidor. Entre el inicio y final de este proceso, la técnica de cultivo empleada, el grado de mecanización, automatización, riego, aplicación de fertilizantes y plaguicidas, así como

¹De acuerdo con el IPCC 2007 (Smith), aunque el aumento total de las zonas de cultivo ha sido del 8% desde 1960 (disminución del 5% en los países desarrollados y aumento del 22% en los países en desarrollo), a nivel mundial no se ha logrado detener la disminución del área de suelo agrícola *per capita*, debido al aumento de la población.

las condiciones climáticas y las etapas de elaboración y empaquetado del producto final, suman calorías equivalentes o muy por encima de la cantidad de calorías en las que se transformará el producto dentro de nuestro cuerpo.

La metodología del Análisis del Ciclo de Vida (conocida como LCA, por sus siglas en Inglés) ha permitido contrastar la energía² consumida y producida por los sistemas agroalimentarios, así como comparar el consumo energético de dos o más sistemas productivos. Una vez generada esta información, y junto con el LCA de materiales y administración, es posible evaluar mediante indicadores la sustentabilidad de cada sistema.

A través de este método, el *Center for Sustainable Systems* de la Universidad de Michigan (Heller00) concluyó en 2000, que el sistema alimentario de Estados Unidos no era sustentable. Entre las razones que motivaron dicho resultado se encuentran la gran dependencia hacia los combustibles fósiles y la baja eficiencia energética en la producción de alimentos³, además de la pérdida del vínculo entre la comida y su origen, y el hecho de que la mercadotecnia representa el 80% del precio final de los alimentos.

En lo que concierne específicamente al medio ambiente, la huella de carbono es una forma de cuantificar los impactos ambientales asociados a la producción de gases invernadero en cada parte o el total de los sistemas productivos (Victoria12). De igual forma, la huella hídrica es un indicador que permite estimar el consumo real de agua invertido en la producción de bienes o en una actividad concreta (Willaarts12). Estas metodologías junto con la elaboración de prospectivas mediante modelos, generan información a partir de la cuál es posible integrar acciones que deriven en prácticas encaminadas a la sustentabilidad y faciliten el diseño de políticas para los tomadores de decisiones.

La dependencia del petróleo y el crecimiento de la población (así como la modificación de sus hábitos alimenticios⁴) han perpetuado el deterioro de la agricultura como

²La metodología del LCA tiene varios enfoques, uno de ellos es evaluar el consumo de energía en toda la cadena de producción de un artículo o servicio, así como la energía consumida al producir los insumos de dicha cadena. Existen otros enfoques del LCA, como el ambiental cuyo propósito es identificar de manera objetiva el grado de impacto ambiental que genera un producto desde el origen hasta la descomposición de sus materias primas pasando por la fabricación, distribución y uso.

³Se halló que en el sistema agroalimentario estadounidense, se consumen 7.3 unidades de energía para producir una unidad de energía en forma de alimento

⁴Las proyecciones del IPCC predicen un aumento en la demanda de alimentos de origen animal del 60% en el caso de cárnicos para el año 2020 en la mayoría de las regiones en desarrollo, y de las zonas de cultivo en los países en desarrollo (Smith).

elemento cultural, como actividad económica y como base de la seguridad alimentaria. Si bien el uso de derivados de petróleo ha sido uno de los factores más importantes en el aumento de la productividad agrícola, también ha actuado como un falso remedio a la falta de mecanismos para cubrir de forma sustentable la demanda de alimentos y como una barrera a la competitividad de los pequeños productores.

En torno a la agricultura en México, ésta representa alrededor del 2% del PIB y su crecimiento promedio anual entre 1993 y 2010 fue del 0.9%. En 2010, el país importó cerca del 40% de los alimentos consumidos (INE12a).

En el campo mexicano coexisten sistemas de alta mecanización, uso intensivo de agroquímicos y riego, con zonas agrícolas de temporal desde tecnificado hasta con prácticas tradicionales. Se estima que el 25% de la superficie agrícola cuenta con infraestructura de riego. De acuerdo con el INEGI, cerca de la mitad del suelo del país tiene problemas de degradación, de los cuales el 53% está asociado a la agricultura (INEGI09).

Es así que en este trabajo se integra la información disponible sobre el consumo de energía del subsector agrícola en México, se observa la estructura de sus componentes y la forma en cómo han evolucionado en las últimas décadas; se analiza cómo ha cambiado la intensidad en el consumo de energía en relación a la economía del subsector y a la superficie donde se realizan actividades agrícolas; y se describe la evolución en las tarifas de electricidad y diesel para dicho subsector.

La justificación de este trabajo radica en la importancia de contar con información que permita evaluar el impacto de las medidas o prácticas implementadas en el campo mexicano en torno al uso de energéticos, la productividad de las actividades agrícolas y la eficiencia en el manejo de los recursos que éstas disponen; además de crear una referencia en tanto al estado actual de este subsector con relación al uso de energéticos. Conocer el estado de las cosas es un paso fundamental para desarrollar e implementar proyectos o mecanismos que logren orientarnos hacia formas de vida sustentables, en el sentido estricto de este término.

Posterior a la introducción, en el capítulo 2 de este trabajo se presenta una descripción de los recursos y rasgos más importantes de las actividades agrícolas en México, haciendo uso sobre todo de los datos del último Censo Agropecuario, realizado por el INEGI

en 2007.

En el capítulo 3 se describen los principales usos finales de energía en las labores agrícolas, el tipo de energéticos utilizados y la evolución de su consumo en las últimas décadas. Además se mencionan brevemente los factores que intervienen en el nivel de consumo de cada energético, así como su importancia en los sistemas de producción.

En el capítulo 4 se ha colocado la información disponible sobre los precios y tarifas del diesel y electricidad, así como los programas de apoyo dirigidos específicamente a estos energéticos.

El análisis de los datos de consumo de energía se realiza en el capítulo 5 utilizando el indicador *intensidad energética*, calculado respecto al PIB y posteriormente a la superficie sembrada, mecanizada (en el caso del diesel) e irrigada (en el caso de la electricidad).

Por último, en el capítulo 6 se compilan las conclusiones de este estudio.

Capítulo 2

El sector agrícola en México

Las actividades agrícolas forman parte del sector agropecuario junto con la ganadería, pesca, aprovechamiento forestal y caza, que representan el total de las actividades primarias de la economía nacional. En México, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) regula y coordina las actividades de este sector.

A continuación se presentan las características del Subsector agrícola, de acuerdo a información publicada por la SAGARPA y el INEGI, haciendo referencia principalmente al Censo Agrícola 2007 (INEGI09), que es la fuente de información estadística más reciente sobre el tema.

2.1. Descripción

La superficie territorial mexicana abarca 196 millones de hectáreas de las cuales, 31 millones corresponden a superficie de labor, compuesta por las superficies agrícola, de pastos naturales y de agostadero o enmontada, que hayan sido sembradas alguna vez en los últimos cinco años. Esta superficie aumentó casi 47% desde 1930¹ (ver Figura 2.1) aunque, como se menciona más adelante, existen varias razones por las cuales no toda la superficie de labor es sembrada año con año.

En lo que concierne a la superficie agrícola, ésta se conforma por tierras de riego

¹Año en que se realizó la primer encuesta agropecuaria

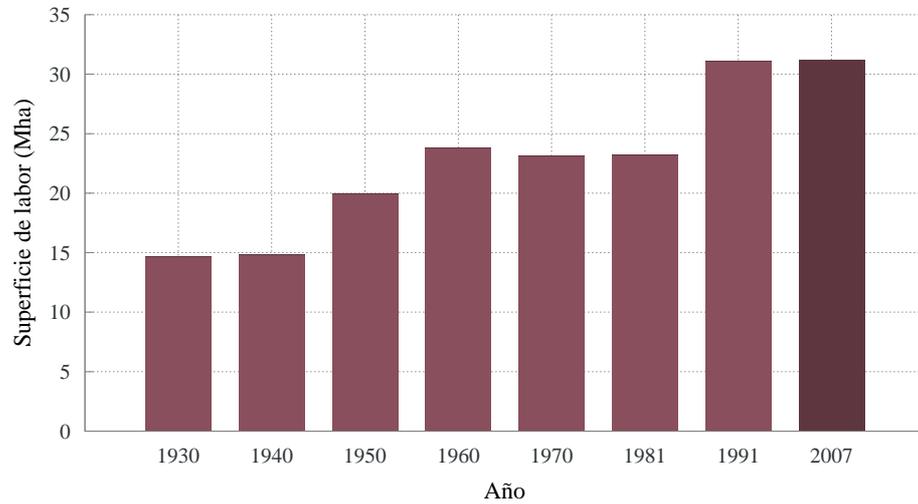
y de temporal (o seco). Se atribuye una u otra clasificación si el terreno se encuentra, o no, ubicado en una zona con infraestructura de riego. De tal forma que el incremento de la superficie de riego está sujeta al desarrollo de nuevas obras, que en México son responsabilidad de la CONAGUA y de las asociaciones civiles responsables de las Unidades y Distritos de Riego. El 25 % de la superficie agrícola de México cuenta con dicha infraestructura, lo que coloca al país como el sexto con mayor área bajo riego, de acuerdo con la FAO (AQUASTAT00). A pesar de ello, dentro de estas áreas coexisten parcelas que por diferentes motivos operan bajo la modalidad de temporal.

Por otro lado, la superficie sembrada año con año para la producción de alimentos y fibras se incrementó en 3 millones de hectáreas de 1993 a 1997, periodo a partir del cual oscila entre 20 y 22 millones de hectáreas. Como se observa en la Figura 2.2, la superficie sembrada durante la década de 1980 y la primera mitad de la de 1990, fue una variable mucho más dinámica que en los años subsecuentes (datos de (SAG10b)).

La dependencia de las zonas de temporal a las condiciones meteorológicas ocasiona muchas más pérdidas cada año que en las zonas de riego. De acuerdo con datos del (SAG10b), entre 1980 y 2010 el promedio de hectáreas siniestradas correspondía en un 92.4 % a zonas de temporal.

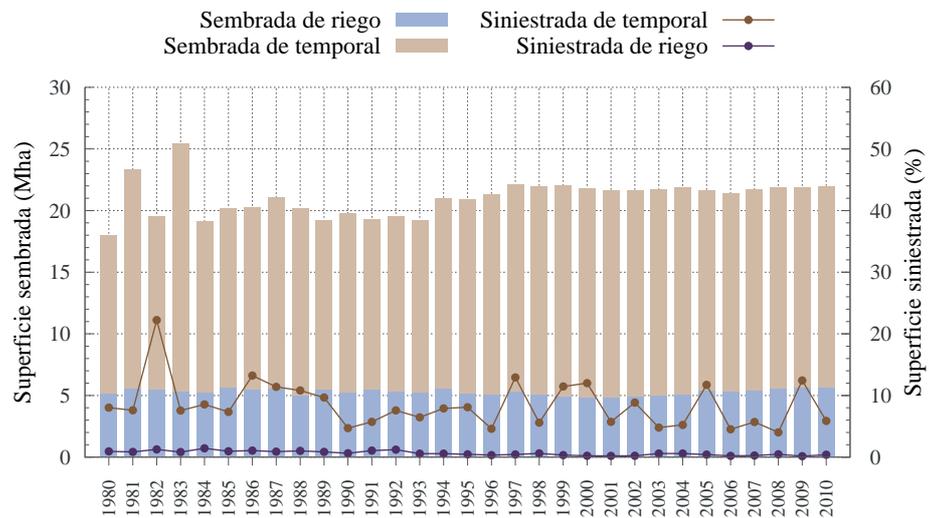
Mientras que en la región este de nuestro país dichas zonas requieren obras de drenaje que permitan salvaguardar los cultivos de las inundaciones y la erosión provocadas por las lluvias, en la región oeste, gran parte de los cultivos son afectados por los largos periodos de sequías que se han incrementado en los últimos años y que, de acuerdo con escenarios de clima, se incrementará aun más debido al cambio climático global (Arganis10).

Figura 2.1: Evolución de la superficie de labor en México



Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos Agropecuarios de los años indicados (INEGI09). (Entre 1991 y 2007 no existen datos disponibles.)

Figura 2.2: Superficie sembrada y siniestrada en modalidad de riego y temporal en México



Fuente: Elaboración propia con datos de (SAG10b).

2.2. Participación del subsector agrícola en la economía nacional

Luis Gómez Oliver (Gómez95) identificó distintas fases de participación de la agricultura en la economía nacional de acuerdo con las políticas dirigidas a este subsector desde los modelos económicos adoptados. Después del colapso del modelo primario exportador y una serie de profundas reformas durante el periodo cardenista, se presentó de 1940 a 1958 una fase de *auge agrícola* donde la agricultura crecía, aunque con sus altas y bajas de acuerdo al clima, con una tasa promedio semejante a la de la economía nacional y jugando un papel importante dentro de ésta; donde el PIB del sector agropecuario (PIB_S) pasó de 19 a 17 por ciento. Entre de 1958 y hasta 1982 tuvo lugar la fase denominada *desarrollo estabilizador*, en la cual se aplicó una orientación muy definida hacia la industrialización por sustitución de importaciones, aplicando una política agrícola compensatoria a partir de subsidios fiscales y consolidando a la industria como la base de la economía nacional (en este periodo el PIB_S pasó de representar el 17% del PIB total, al 8%). Gómez ha dejado abierto un periodo que inicia con la crisis de la deuda en 1982, en el que se combina una tendencia de estabilización del PIB_S en el PIB total (PIB_T), así como la incidencia del colapso petrolero de 1986 y posteriormente la crisis cambiara en 1994.

En la Figura 2.3 se puede observar que la participación de las actividades agrícolas en el PIB_T ha disminuido de 2.6 a 2.0% de 1990 a 2010. Paralelamente el sector agropecuario representó en esos años el 4.1 y 3.5% del PIB_T .

Sin embargo, aunque el porcentaje de participación de la agricultura en la economía nacional, disminuyó en 6 décimas de punto porcentual de PIB entre 1990 y 2010, su valor en términos reales aumentó un 29.3% en dicho periodo (INE12a). Esta tendencia está relacionada a un cambio en el patrón de cultivos, dando paso a productos con mayor valor en el mercado, así como al aumento en los rendimientos (ton/ha). Cabe señalar que la participación de las actividades agrícolas al PIB del sector primario han disminuido de 63.4 a 57.1% de 1990 a 2010.

Aunque el contexto actual de crisis económica ocasiona impactos diferenciados entre los países en vías de desarrollo, la CEPAL ha señalado tres puntos sensibles a la crisis:

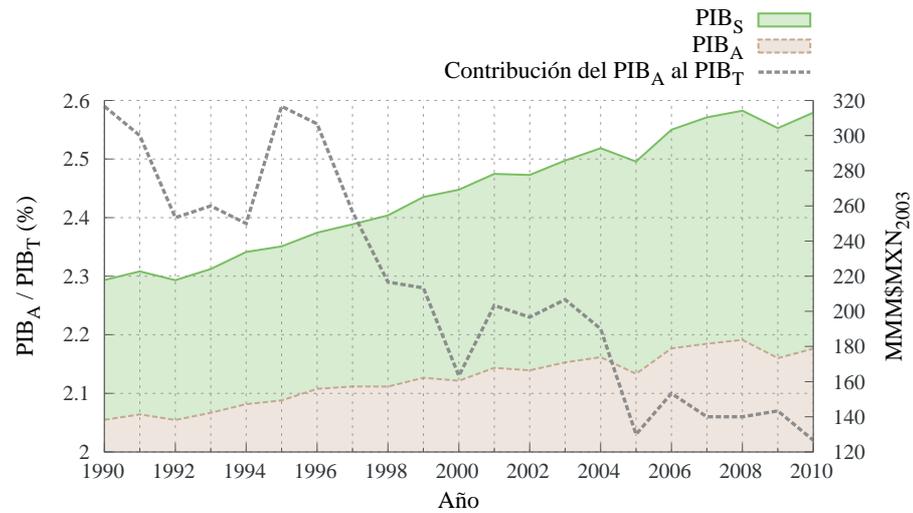


Figura 2.3: Valores históricos del PIB agrícola (PIB_A) y su participación en el PIB nacional total (PIB_T).

Fuente: Elaboración propia con datos de (INE12a).

a) la caída en la demanda de los países desarrollados; b) la caída en las remesas; c) la caída del turismo (FAO09). Estos tres factores resultan de importancia para el subsector agrícola mexicano; bajo el esquema actual de producción y comercio exterior, México es sensible a los periodos de recesión, como el que se vive actualmente, debido a que la disminución en la actividad económica de los países desarrollados (entre los que se encuentran sus principales mercados) contrae la demanda de alimentos que no se consideran básicos. En contraste, América del Sur tiene alimentos básicos entre sus principales productos de exportación y sus socios comerciales tienen economías emergentes, las cuales se espera que continúen creciendo a tasas elevadas (FAO09). Por otro lado, según cifras del INEGI, aunque alrededor del 80% de los productores recibe algún ingreso a partir de actividades agropecuarias o forestales, para el 4% de ellos (más de 168 mil productores) las remesas también forman parte de su ingreso total (ver Tabla 2.1) (INEGI09).

Tabla 2.1: Origen de los ingresos totales del productor agropecuario

	Actividad agropecuaria o forestal	Envío de dinero de otro país	Apoyo gubernamental	Otra actividad
UPs	81 %	4 %	9 %	27 %

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI09) (Tabulado 128)

Aunque de acuerdo con informes gubernamentales, México no está considerado en situación grave de dependencia alimentaria, se importan algunos de los principales cultivos básicos de manera importante y la balanza comercial de productos agropecuarios presentó saldos negativos durante toda la década pasada (Calderón10), tal y como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Indicadores de seguridad alimentaria y balanza comercial agropecuaria.

	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Importación/consumo nacional aparente (%)													
Arroz	50.8	65.0	75.0	75.6	73.3	70.9	71.5	70.6	74.6	78.9	76.3	79.9	84.6
Frijol	2.0	6.6	11.2	6.3	5.6	5.1	8.9	8.8	8.6	8.0	14.6	9.6	20.5
Maíz	12.7	23.3	23.4	22.3	21.8	20.2	22.9	25.9	25.5	27.4	26.9	26.6	35.5
Trigo	28.3	48.6	55.4	52.9	61.9	64.4	58.7	54.8	52.5	53.3	48.2	51.9	61.3
Saldo de la balanza comercial agropecuaria (Millones de dólares)													
	1,940.8	-128.0	-880.9	-1,188.5	-783.1	-711.9	-259.9	-387.2	-1,578.8	-3,942.9	-884.1	-1,234.6	-2,831.5

Fuente: (Calderón10)

2.3. Producción

2.3.1. Cultivos y volumen de producción

Entre cultivos de riego o temporal, cíclicos y perennes, los de mayor importancia por la superficie sembrada, el volumen y valor de la producción, son los que se muestran en la Tabla 2.3.

Estos cultivos se pueden agrupar de la siguiente forma: básicos (maíz grano, frijol y sorgo), forrajeros (pastos, maíz, sorgo y alfalfa), hortalizas (tomate rojo, chile verde, papa y cebolla), frutales (naranja, mango, limón, aguacate y plátano) e industriales (caña de azúcar y café cereza). En la Figura 2.4 se ha identificado a los cultivos más importantes de cada una de estas categorías en cuanto a la magnitud su producción. La producción de pastos y alfalfa forrajeros ha crecido 3.3 veces de 1980 a 2011, representando el 21 % y 35 % del total de la producción agrícola. Por otro lado, la producción de caña de azúcar y maíz aumentó 1.4 veces en el mismo periodo y su participación en el volumen total de la producción cayó de 33.4 % a 23.5 %, en el caso de la caña y de 11.7 % a 8.35 % , en el del maíz² (SAG10b).

²El volumen total de la producción que aquí se considera, excluye a los cultivos cuya producción no ha sido informada en toneladas (flores, plantas y pastos ornamentales)

En general, el volumen de producción total se incrementó de 105 a 211 millones de toneladas entre 1980 y 2010. Los 20 cultivos de la Tabla 2.3 representaron en 2010 el 91.5% del total del volumen de producción (Datos de (SAG10b)).

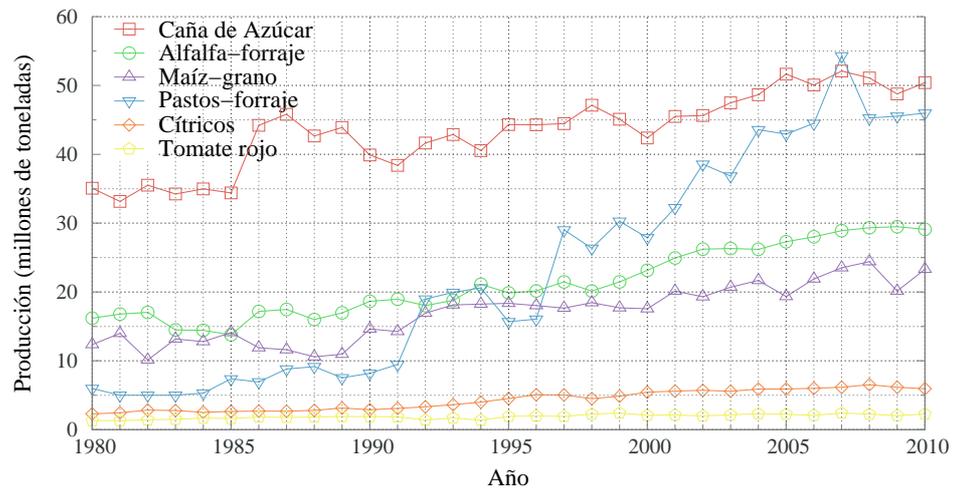


Figura 2.4: Volumen de la producción agrícola (toneladas).

Fuente: elaboración propia con datos del (SAG10b).

Excluye a los cultivos cuya producción no ha sido informada en toneladas (flores, plantas y pastos ornamentales)

Tabla 2.3: Cierre de la producción del año agrícola 2010 para los 20 principales productos.

	Sup. Sembrada (ha (10 ³))	Producción (ton (10 ⁶))	Rendimiento (ton/ha)	Valor Producción (MM\$MXN ₂₀₁₀)
Maíz grano	7,860.71	23.3	3.3	65.6
Pastos	2,301.21	46.0	20.4	16.7
Sorgo grano	1,888.73	6.9	3.9	15.8
Frijol	1,887.18	1.2	0.7	10.2
Avena forrajera	788.5	10.0	13.9	3.7
Café cereza	781.0	1.3	1.8	5.7
Caña de azúcar	734.8	50.4	71.6	31.3
Trigo grano	700.6	3.7	5.4	9.9
Maíz forrajero	535.6	11.8	23.9	4.6
Alfalfa verde	383.4	29.1	77.1	11.0
Naranja	339.4	4.1	12.1	4.9
Sorgo forrajero verde	215.6	4.6	21.9	2.0
Mango	183.1	1.6	9.3	4.3
Limón	153.4	1.9	13.2	5.4
Chile verde	148.8	2.3	16.2	13.2
Aguacate	134.3	1.1	9.0	14.2
Plátano	78.1	2.1	27.3	4.8
Papa	55.6	1.5	27.8	11.6
Tomate rojo (jitomate)	54.5	2.3	43.7	14.9
Cebolla	45.1	1.3	28.2	5.3

Fuente: Elaboración propia con datos del (SAG10b)

2.3.2. Características de las unidades de producción

En el último Censo Agropecuario (2007) del INEGI, se registró la existencia de 5.5 millones de unidades de producción agropecuarias y forestales en México (en adelante mencionadas como UPS), que en conjunto sumaban más de 112 millones de hectáreas³. De los 68 millones de hectáreas en las que 4.1 millones de UPS desarrollaron alguna actividad productiva, el 87 % de las unidades, dedicó principalmente sus terrenos a la agricultura.

Tan sólo los estados de Chiapas, Puebla, Veracruz, México, Oaxaca y Guerrero representan en conjunto más de la mitad (55 %) de las UPS dedicadas a la agricultura, aunque de acuerdo con datos del SIAP, son los estados de Sinaloa, Michoacán, Veracruz, Jalisco, Sonora, Chiapas, Chihuahua y el Estado de México los que generan más de la mitad del valor de la producción.

El *Programa sectorial de desarrollo agropecuario y pesquero* para el periodo 2007-2012, señala que solamente 240 mil unidades (es decir, el 6 %) "son altamente eficientes y rentables, dedicadas principalmente al cultivo de hortalizas, frutales y productos orgánicos, con producciones orientadas a los mercados internacionales. Un 18 % de las unidades está en transición hacia un nivel alto en productividad y competitividad, principalmente dedicadas a cultivos básicos y, un amplio sector con más de tres millones de unidades producen principalmente maíz y frijol para autoconsumo" (SAGARPA07).

Alrededor de 70 mil UPS desarrollaron en 2007 algún cultivo bajo contrato, celebrado principalmente con empresas agroindustriales. Esta cifra representó al 2 % de las UPS que dedicaron sus terrenos primordialmente a la agricultura. La mayor parte de los contratos de producción se celebraron para el cultivo de caña de azúcar, café, trigo, tabaco y sorgo. Por otro lado, sólo 12 mil quinientas unidades (0.35 %) contaron con una o más instalaciones para el manejo de su producción, tales como beneficiadoras de café o cacao, deshidratadoras, empacadoras, seleccionadoras, desfibradoras, etc. (INEGI09)

La producción agrícola en México tiene como principal destino, en orden de importancia: el consumo familiar, la venta regional o nacional, la producción de semilla para

³El 66 % de la superficie que pertenece a las UPS corresponde a superficie de enmontada o agostadero y el 28 % a superficie de labor. El 6 % restante está ocupado por selva o bosque y en menor medida por suelos sin vegetación con alguna característica que la hace no laborable, tal como la composición de arena o pedregal, la presencia de salitre o el deterioro del terreno por erosión, anegamiento o contaminación.

siembra, el consumo ganadero y la venta al extranjero. En 2007, el 41 % de las unidades de producción agrícolas consumieron el total de su producción, mientras que los que la comercializaron, recurrieron principalmente a mayoristas e intermediarios y en menor medida a empacadoras o industrias, a cadenas comerciales u otro tipo de comprador. Tan sólo el 2.5 % de las UPS se encargaron de transformar o procesar sus productos, de las cuales, 30 % los comercializó (INEGI09).

El campo mexicano requiere de programas que ayuden tanto a los campesinos, como a los medianos y grandes productores, a resolver de manera integral los principales problemas que disminuyen el rendimiento de su producción. Mientras que la mayoría de los programas gubernamentales que han existido o que están vigentes promueven el aumento de la productividad entendida como toneladas cosechadas por cada metro cuadrado, pocos programas incentivan la preservación de los recursos más valiosos con los que cuenta cada unidad de producción, como son: el suelo, el agua y la biodiversidad. Gran parte de las acciones dirigidas al campo sólo han logrado constituir a muchos productores como consumidores netos de insumos agrícolas.

En 2012, de los 26 componentes de los programas de la SAGARPA para actividades agrícolas, tan sólo uno estaba orientado a la conservación y uso sustentable del suelo y agua, teniendo como principal objetivo la reactivación de zonas con alto grado de deterioro, escasez o sobre-explotación de sus recursos productivos primarios (suelo, agua y vegetación) (SAG12).

Los principales problemas enfrentan las UPS son: las pérdidas por fenómenos climáticos, el alto costo de los insumos y servicios, la pérdida de la fertilidad del suelo, el acceso a un crédito, la comercialización de sus productos, así como falta de capacitación, infraestructura y organización. En el año agrícola 2007, del total de UPS activas del sector agropecuario, sólo el 3.6 % accedió a un crédito y el 0.3 % a un seguro; el 0.3 % obtuvo ambos beneficios⁴. Aunque Financiera Rural y la banca comercial aportan parte de los créditos (18 % y 9 %, respectivamente), la mayor parte de éstos proviene de otras fuentes. En el caso de los seguros, casi 9 de cada 10 fueron celebrados con AGROASEMEX⁵. Por otra parte, alrededor del

⁴(INEGI09) Tabulado 107

⁵(INEGI09) Tabulados 108 y 110

3% de estas UPS lograron consolidar algún tipo de ahorro (INEGI09).

Durante el mismo año, tan sólo el 2% de las UPS agropecuarias formaron parte de alguna organización de productores que promoviera: la compra de insumos; asistencia técnica; la celebración de contratos de producción, transformación o comercialización; financiamiento; cobertura de precios o seguro agropecuario (INEGI09)⁶.

Durante el ciclo agrícola primavera-verano 2007 no se sembró casi un cuarto de la superficie agrícola del país (Figura 2.5). Aunque la práctica de dejar descansar la tierra es una de las principales razones (26%), en 22 de las 32 entidades federativas la principal causa de la inactividad de las tierras fue la falta recursos para financiar la producción (33%); mientras que en los estados de Aguascalientes, Durango y Zacatecas, se debió principalmente al mal temporal (INEGI09).

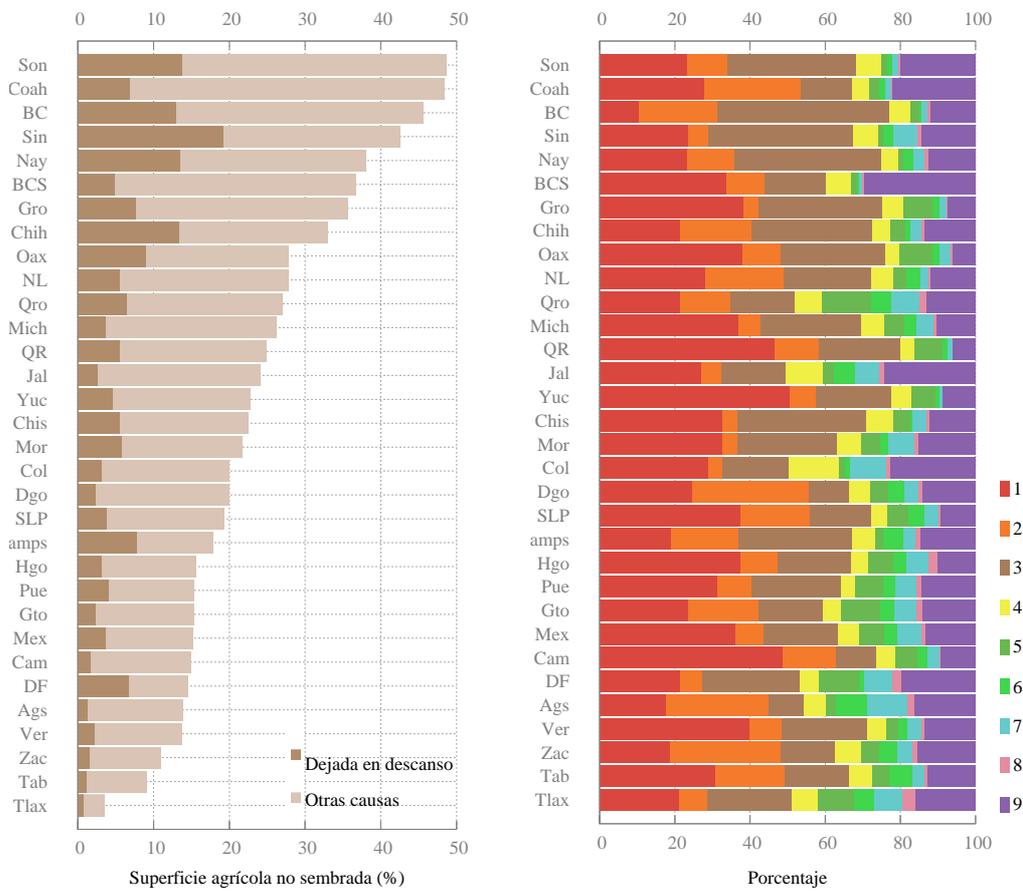
En el Año agrícola 2007, alrededor del 3% de las UPS activas del sector agropecuario recibieron asistencia técnica o capacitación. EL 71% de este servicio fue proporcionando por técnicos, mientras que el 17% fue brindado por productores, casi el 3% por instituciones académicas o de investigación y una pequeña parte algún despacho. El pago de éstos fue financiado principalmente por los propios productores e instituciones públicas. Gran parte de las UPS que recibieron asistencia correspondían al subsector agrícola y en menor proporción al subsector ganadero. Los temas principales de la asistencia fueron la producción, comercialización, transformación y organización⁷.

⁶Tabulado 112

⁷Tabulado 120 a 124

Figura 2.5: Información sobre la superficie agrícola no sembrada en cada entidad federativa durante el ciclo primavera-verano 2007.

(a) Porcentaje de superficie agrícola no sembrada (b) Razones por las que las UPS dejaron su superficie sin sembrar



Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI09) (Tabulados 13 y 14).
 Clave Fig. (b): 1=falta de dinero o de apoyo; 2=mal temporal ;
 3= para dejarla en descanso; 4= falta de interés; 5= no hubo quién la sembrara;
 6= tierra invadida; 7= suelo poco fértil; 8= suelo erosionado; 9= otra causa.

2.4. Propiedad de la tierra y algunas características sociales

De la totalidad de la superficie administrada por UPS en 2007, el 94% se encuentra bajo derecho de propiedad quienes laboran en ella, mientras que el resto es rentada, prestada o se encuentra bajo un contrato de aparcería. Por otro lado, el régimen de tenencia de la tierra de los más de 112 millones de hectáreas que pertenecen a las UPS está compuesto casi en su totalidad por la modalidad privada y ejidal (Tabla 2.4).

Tabla 2.4: Estructura del régimen de tenencia de la tierra en las UPS de México.

Régimen	Privada	Ejidal	Comunal	De colonia	Pública
Porcentaje	62.01	32.94	3.37	1.24	0.44

Fuente de los datos: (INEGI09) (Tabulado 4)

La estructura de los productores a cargo de las unidades agropecuarias está compuesta en un 85% por hombres; 26.8% de titulares de las unidades son hablantes de lengua indígena. Cerca de 7 de cada 10 productores agropecuarios y forestales que hablan lengua indígena se localizan en los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla e Hidalgo.

De los 3.5 millones de familiares del productor que colaboraron en las actividades agropecuarias, dos de cada tres fueron hombres. De los 5 millones de personas contratadas, casi 9 de cada 10 pertenecían a este mismo sexo. El 92% del total de empleados fueron contratados por períodos menores a los 6 meses; tanto éstos como los contratados por períodos mas largos, procedían casi en su totalidad de zonas cercanas a la UP. De igual forma, casi 400 mil productores fueron contratados para realizar actividades agropecuarias en otras UPS, las cuales estaban ubicadas casi todas en zonas cercanas (INEGI09).⁸

⁸Tabulados 113 a 117

2.5. Tecnificación

2.5.1. Riego

En México existe una gran heterogeneidad climática. Mientras que en algunas zonas las precipitaciones promedio son de 160 mm, en otras zonas alcanzan los 1,765 mm. Debido a esto, “existe un contraste en la disponibilidad natural media de agua: en una zona del país es del 69 % (la zona sur-sureste), y del 31 % en el restaste, donde se ubica gran parte de la población y se produce el mayor producto interno bruto.”⁹ Además, las mayor parte de las lluvias se presentan durante el verano (junio-septiembre), mientras que el resto del año es relativamente seco (Arreguín10).

En el país, los usos del agua se distribuyen de la siguiente manera: el 77 % del agua se utiliza en la agricultura, 14 % para abastecimiento público, 5 % para generación de energía por medio de plantas termoeléctricas y 4 % para la industria (CONAGUA11).

En la mayor parte de los países en desarrollo, el riego es visto como un importante medio para transformar suelos inactivos en laborables, incrementar la productividad e intensidad de cultivo, así como fomentar la diversidad de cultivos, objetivo de la mayor parte de las políticas agrarias de los gobiernos (AQUASTAT00). En México, esta modalidad de cultivo contribuye con más del 35 % de la producción, que a su vez representa más del 45 % del valor de la producción agrícola nacional. Las áreas de riego se concentran en las zonas noroeste, norte y centro occidente con el 80.7 % de la superficie (SAGARPA07).

La superficie equipada con infraestructura de riego es de 6.46 millones de hectáreas, de las cuales el 54 % corresponde a 85 Distritos de Riego, y el restante a más de 39 mil Unidades de Riego (CONAGUA10).

La SAGARPA calculó que para 2007, de acuerdo a los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el rendimiento de la agricultura de riego fue de 27.3 toneladas por hectárea, en tanto que para la agricultura de temporal dicho valor fue de 7.8 toneladas por hectárea (CONAGUA10). Si bien se estima que las áreas de riego son 3.5 veces más productivas que las de temporal en nuestro país, sólo una cuarta parte de

⁹FAO *Taller de expertos sobre métodos de evaluación de recursos hídricos y usos del agua en América Latina*, 2011. p.33

la superficie agrícola cuenta con la infraestructura necesaria para su irrigación. El acondicionamiento de las parcelas con dicha infraestructura responde a muchos factores que van desde el requerimiento de agua de los cultivos que se producen en cada zona, así como la disponibilidad de agua o la inversión requerida para poder acceder a una fuente cercana.

La modalidad de riego, ya sea por gravedad o presurizada, depende tanto del tipo de fuente de agua como de las características de los terrenos y del suelo mismo, y de la capacidad de inversión de los productores. Las técnicas de aspersión, microaspersión y goteo, que localizan en menor o mayor grado la aplicación de agua, son las más eficientes aunque tienen elevados costos de inversión y mayores costos de operación pues requieren agua presurizada que suele suministrarse mediante bombas eléctricas o que funcionan con gasolina o diesel. Estas técnicas suelen ser implementadas en zonas donde el agua es escasa o existe gran competencia por el recurso y al mismo tiempo se cultivan productos de alto valor comercial.

El grado de tecnificación de las prácticas de riego no sólo tiene que ver con la eficiencia con la que se aplica el agua a los cultivos, sino también con la infraestructura para su tratamiento (en caso de ser necesario), almacenamiento, distribución y drenado, en algunos casos.

Con frecuencia, parte de la superficie equipada no es irrigada (es decir, se cultiva en la modalidad de temporal) por motivos como la escasez de agua, ausencia de agricultores, falta de instalaciones en la parcela, degradación de los suelos, daños en la red, problemas organizativos, etc. (AQUASTAT00). De los casi 6.5 millones de hectáreas de riego, 5.6 millones fueron sembrados durante el año agrícola 2009-10. En los Distritos de Riego, la superficie cosechada bajo riego alcanzó el 93 % para ese periodo, mientras que una temporada seca, como la de 2003-04, sólo se cosechó el 85 por ciento (CONAGUA10).

Aproximadamente el 17% de la superficie agrícola total y de las UPS contaron con agua para el riego de sus cultivos durante el año 2007¹⁰, principalmente los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Guanajuato que juntos cultivaron el 40 % de la superficie de riego que se sembró en el país.(INEGI09).

¹⁰Para el riego total o parcial de sus terrenos

De cada 100 sistemas de riego con los que contaron en 2007 las UPs ¹¹, 57 correspondieron a canales de tierra y 23 a canales recubiertos; mientras que en 7 casos se implementaron sistemas de aspersión, en 1 microaspersión y en 3 casos sistemas de riego por goteo¹². Es decir, poco más de un cuarto de los canales que se utilizan cuentan con recubrimiento, la mínima medida de tecnificación para el uso eficiente del agua en el riego por gravedad y solamente el 9 % de los sistemas empleados permiten un mayor control de la cantidad de agua que se administra a los cultivos(INEGI09).

En la Figura 2.6 se puede observar que a excepción de los estados de Nayarit, Baja California Sur, Yucatán y Campeche, el riego por gravedad es la técnica más empleada, independientemente del número de hectáreas. Solamente en los estados de Aguascalientes y Tlaxcala se utiliza en mayor número de casos canales recubiertos que canales de tierra.

Del total de las fuentes de agua, las presas, los pozos profundos y los ríos representan el 82 % de los usos para riego durante 2007. Mientras que en los estados con sistemas de riego más tecnificados se utiliza con mayor frecuencia el agua de los pozos profundos o ríos como en el caso de Nayarit; en los estados con riego menos tecnificado y con grandes superficies sembradas suelen usarse varias fuentes donde las presas y ríos representan la mayoría de los casos. En el estado de Sinaloa, las presas son utilizadas 8 de cada 10 veces como fuente de agua.

En general, el riego se realiza con aguas blancas¹³. Solamente el 1 % de las UPs que regaron sus cultivos durante 2007 lo hicieron con aguas tratadas, que en el caso del D.F. significaron el 85 % de los casos; el 11.6 % utilizó aguas negras, que el caso del estado de Hidalgo fueron consumidas por el 60 % de las UPs (INEGI09). Estos datos hacen evidente la falta de infraestructura para el tratamiento del agua. De acuerdo con la FAO el uso agrícola de aguas residuales tratadas permite liberar el consumo de agua potable por parte de los campesinos en favor de los sectores residencial e industrial, eliminar el costo de bombear aguas subterráneas, disminuir la cantidad de fertilizantes requerida para los cultivos y disminuir la liberación de aguas residuales en cuerpos de agua. La Organización Mundial para

¹¹ Asumiendo que una misma UP implementó uno o más sistemas de riego

¹² Los 9 casos restantes utilizaron otros sistemas de riego

¹³ Que comprenden el agua de pozos, manantiales, ojos de agua, ríos, lagunas y presas, entre otras fuentes, generalmente con bajo contenido de sustancias tóxicas, además de carecer de desechos residuales

la Salud (OMS) ha mencionado como ejemplo de casos exitosos en el reuso de aguas residuales, a los sistemas de irrigación Ciudad de México-Tula, Ciudad de Guanajuato- Distrito de Riego La Purísima y Ciudad de Durango-Distrito de Riego Guadalupe Victoria. Al mismo tiempo señala los riesgos a la salud y al medio ambiente que implica la falta de tratamiento de las aguas negras para su aprovechamiento agrícola (Winpenny10).

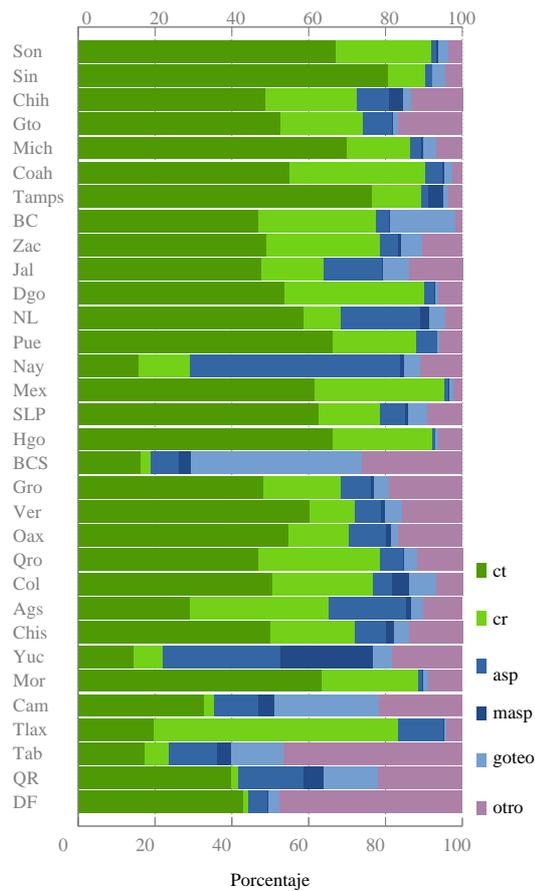


Figura 2.6: Tipos de sistemas de riego con los que contaban las UPS de cada estado en el año 2007 (de mayor (arriba) a menor superficie de riego).

Fuente: Elaboración propia con datos del (INEGI09).

Nota: Algunas UPS implementan varios sistemas de riego, por lo cual el porcentaje se refiere al total de casos y no al total de UPS.

Clave: ct= canal de tierra; cr= canal recubierto; asp= aspersión; masp= microaspersión.

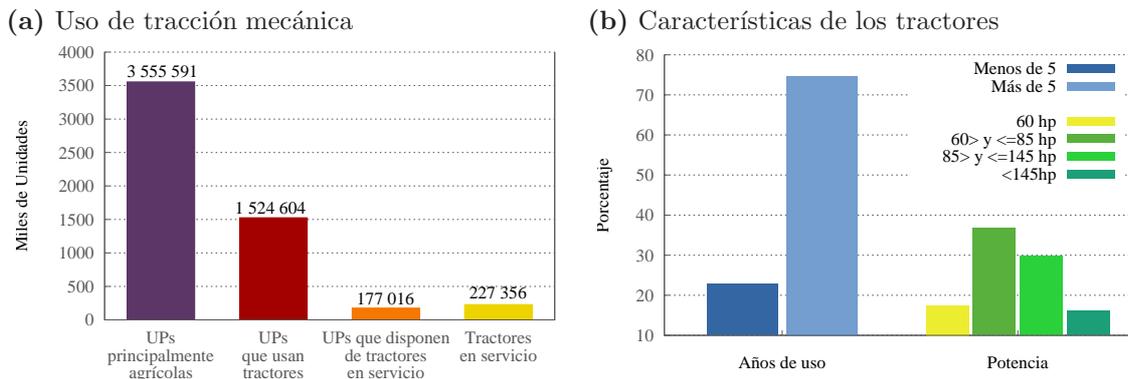


Figura 2.7: Estadísticas de los tractores empleados durante el año 2007.

Fuente: Elaboración propia con datos del (INEGI09) (Tabulados: 101, 102, 103 y 124)

2.5.2. Tracción y transporte

De las 3'755,044 UPs que desarrollaron alguna actividad primordialmente agrícola a cielo abierto (es decir, excluyendo viveros e invernaderos) durante 2007, más de la mitad utilizó algún tipo de tracción, ya sea mecánica (30%), por medio de animales (17%) o una combinación de ambas (10%). Otro sector de UPs solamente utilizó herramientas manuales (34%); mientras que el 9% restante dijo no haber usado tracción ni herramientas.

Del 40% de las UPs que utilizaron tracción mecánica, sólo el 11.5% contaba al menos con un tractor propio. Esto indica que del total de las UPs que trabajaron el campo, menos del 5% concentraron los 238,248 tractores existentes en ese año agrícola (Figura 2.6(a)). Aproximadamente tres cuartas partes de estos tractores tenían más de 5 años de uso y el alrededor 5% se encontraba fuera de servicio. En su gran mayoría el resto de los tractores fueron rentados y casi nadie usó tractores prestados o que pertenecieran a un grupo de unidades de producción. Gran parte de estas máquinas cuentan con la potencia necesaria para realizar el trabajo requerido en grandes extensiones de tierra (INEGI09).

El subsector agrícola contó durante el mismo periodo con 9,774 trilladoras en servicio, de las cuales el 30% pertenecían a los estados de Chihuahua y Zacatecas. Al mismo tiempo, el sector agropecuario cuenta con 760,401 vehículos en funcionamiento pertenecientes al 15.5% de las UPs, de las cuales, menos del 7% correspondían a modelos entre 2001 y 2007, y más de 600 mil tienen capacidad de hasta dos toneladas. El 90% de las UPs que

emplean transporte para comercializar sus productos, hacen uso de camiones o camionetas.

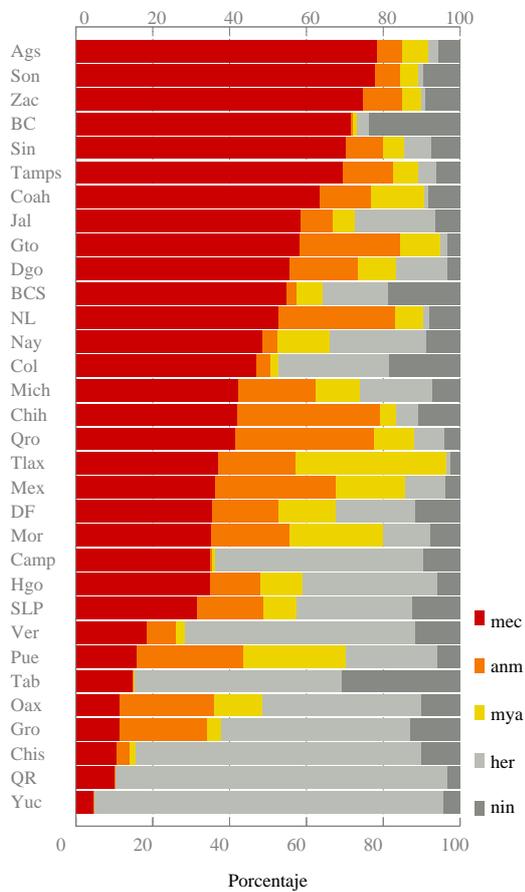


Figura 2.8: Porcentaje de UPS de cada estado de acuerdo al tipo de tracción que utilizaron en el año 2007.

Clave: mec: mecánica; anm: animal; mya: mecánica y animal; her: herramientas manuales; nin: no utilización tracción o herramientas manuales.

2.5.3. Agroquímicos y otros insumos

Junto con el uso de riego y tracción, existe una gran variedad de tecnologías que pueden ser utilizadas para mejorar los rendimientos de los cultivos. La implementación de estas tecnologías está sumamente ligada al nivel socioeconómico del productor. En la mayoría de los casos se utilizan en zonas de riego.

Los insumos más utilizados son los fertilizantes ya sean de origen mineral o bioló-

gico. En la Tabla 2.5 se puede observar que alrededor del 37 % de la superficie agrícola fue fertilizada durante el año agrícola 2007, el doble de la superficie de riego sembrada en ese periodo.

	Unidades de Producción	Superficie agrícola (ha)
Total	1'654,703	29'902,091.42
Nutrición vegetal		
– Fertilizantes minerales	84.49 %	26.32 %
– Abonos naturales	24.73 %	13.90 %
Semilla mejorada	18.89 %	4.40 %
Herbicidas		
– De síntesis química	43.05 %	17.26 %
– Orgánicos	2.96 %	1.26 %
Insecticidas		
– De síntesis química	27.06 %	12.08 %
– Orgánicos	0.56 %	0.41 %
Quema controlada	5.64 %	1.69 %
Otro tipo de tecnología	0.25 %	0.11 %

Tabla 2.5: Porcentaje de UPS y de superficie de acuerdo al tipo de tecnología que se implementó en los cultivos o plantaciones durante el año agrícola 2007.

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI09) (Tabulados 20 y 21)

El consumo de fertilizantes en México “no es uniforme a lo largo del territorio nacional dedicado a la agricultura y se concentra en áreas específicas donde se desarrolla una agricultura intensiva. Asimismo, la utilización de fertilizantes sólidos es mucho mayor que el uso de líquidos y gases; estas últimas fuentes se utilizan en zonas altamente tecnificadas como el Bajío-Guanajuato, Valle de Sinaloa y Valle del Yaqui-Sonora”(Gaucín11).

Aunque el uso de biofertilizantes ha tenido buena aceptación por parte de los productores, “la distribución y aplicación a gran escala ha tenido serias dificultades, principalmente por problemas de promoción y distribución”(Grageda-Cabrera12).

2.6. Principales impactos ambientales de la agricultura

La industrialización e intensificación de la agricultura ha generado diversos problemas ecológicos, “tales como el aumento de la incidencia y resistencia de plagas por el uso indiscriminado de plaguicidas; la salinización de suelos por riego con agua del subsuelo; y la compactación y erosión de suelos por el uso intensivo de maquinaria” (Masera96).

Tabla 2.6: Estructura de costos ambientales y gasto en protección ambiental del sector primario
(miles de millones de pesos)

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PIB _S a precios básicos	298.569	330.799	366.330	405.041	404.928	439.244
Costos por agotamiento	40.930	37.974	36.264	30.050	33.137	27.816
Costos por degradación	56.984	61.219	94.160	120.945	120.894	97.654
Costo total	97.914	99.193	130.424	150.995	154.031	125.470
Costo total como porcentaje del PIB	32.79 %	29.99 %	35.60 %	37.28 %	38.04 %	28.56 %
Gasto en protección ambiental como porcentaje del costo total	4.20 %	4.10 %	6.05 %	6.09 %	4.61 %	10.27 %

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI11d) e (INEGI11e)

Como una forma de cuantificar el impacto de las actividades económicas en el medio ambiente, muchos gobiernos evalúan los costos monetarios que expresan el desgaste o pérdida de los recursos naturales (similar a la depreciación), así como los costos requeridos para restaurar la degradación ambiental ocasionada por los procesos productivos. En México, el INEGI lleva a cabo esta tarea y ha publicado en los últimos años las cifras mostradas en la Tabla 2.6, donde se puede observar tanto la proporción de estos costos frente al PIB del sector agropecuario, así como el porcentaje de estos que es cubierto mediante gastos en protección ambiental (INEGI11e).

2.6.1. Suelo

La expansión e intensificación agrícola aceleran los procesos de degradación del suelo, sobre todo en zonas poco propicias y con técnicas inadecuadas de manejo. La degradación disminuye la productividad agrícola e incrementa la presión que conduce a la apertura de nuevas superficies para esta actividad (SEMARNAT12).

De acuerdo a la última evaluación nacional, en 2005, el 64.0 % de la superficie nacional presentaba algún tipo de degradación del suelo. En orden de importancia, los procesos de degradación son: la erosión hídrica (37.0 % de la superficie nacional), la erosión eólica (14.9 %), la degradación química (6.8 %), la degradación biológica (3.6 %) y la degradación física (1.8 %) (INEGI11b).

“El empleo de agroquímicos en las actividades agropecuarias, frecuentemente me-

dian­te prác­ti­cas inadecua­das, cons­ti­tu­ye una de las formas de con­ta­mi­na­ción más impor­tan­tes, que impac­tan no sólo los suelos de las áreas en donde se apli­can sino que llegan a través de los ríos hasta las zonas cos­te­ras afectan­do las especies marinas. La apli­ca­ción de plaguicidas genera con­flic­tos sociales por el elevado número de trabaja­do­res del campo intoxi­ca­dos por estos productos, con un alto índice de mortalidad, así como también por la sospecha de efectos adversos sobre la salud de las comunidades vecinas, la flora y la fauna.” (Medina01)

El empleo de aguas residuales para riego de cultivos agrícolas por su alto contenido de materia orgánica, que actúa como fertilizante, y otras sustancias nocivas, implica el riesgo de que los suelos y los cultivos se contaminen con los residuos químicos provenientes de descargas industriales y municipales (Medina01).

2.6.2. Agua

El el año 2010 el valor agregado de la producción del sector agropecuario fue de 439,224 millones de pesos que representan el 59% de la producción bruta. Entre los medio de generación de ese valor agregado, se encuentra el consumo de agua que para el año en cuestión fue de 38,703 MMm³, considerando por una parte la extracción del medio ambiente 61,490 MMm³, la recepción de 4,123 MMm³ provenientes de otros sectores (industria, servicios y alcantarillado) y por otro lado, la devolución al medio ambiente de un volumen de 38,703 MMm³ (INEGI11e).

“La escasez de agua en la mayor parte del país está asociada a las bajas eficiencias en su uso agrícola y público urbano. La mayor posibilidad de recuperación de agua se encuentra en el campo (donde se utiliza 77% del recurso).” De la superficie irrigada, “3.5 millones de hectáreas corresponden a Distritos de Riego, 3.0 millones de hectáreas a Unidades de Riego y 14.5 millones de hectáreas a temporal. Sin embargo, la eficiencia con que operan es muy baja, pues en los Distritos de Riego es de 37% y en las unidades de riego de 57%.” (Arreguín10)

Gran parte de esta baja eficiencia se debe a carencias tecnológicas y de infraestructura que generan pérdidas por infiltración al subsuelo y evaporación, situación en la que si bien “esta agua regresa a formar parte del ciclo hidrológico, la extracción se vuelve cada vez

más cara y los acuíferos se ven cada vez más sobreexplotados, lo que causa un daño ambiental considerable y socava la actividad de los pequeños productores agrícolas.”(Ruelas10)

“Es necesario modernizar y tecnificar zonas agrícolas; incentivar el reuso del agua; promover la reconversión de cultivos de acuerdo con la disponibilidad del recurso; ajustar las concesiones de riego a la disponibilidad de agua en la región; dar el mantenimiento adecuado a la infraestructura de riego, desde las presas hasta los puntos de entrega a los usuarios, y fortalecer a las organizaciones de usuarios.”(Arreguín10)

Los estudios de disponibilidad a través de un medio electrónico y su difusión a un mayor público constituye un avance en relación con años anteriores. Aunque en la NOM-011-CNA-2000 se establecen las especificaciones y lineamientos para determinar la disponibilidad de agua a través de métodos como los medidores muchos usuarios (sobre todo agrícolas) se resisten a contar con medidores volumétricos en sus pozos, por lo que la extracción se determina con métodos indirectos. “Si a esta dificultad se agrega el uso de datos no actualizados, la situación que se está mostrando de los acuíferos no es la idónea para fines de administración del recurso.”(Moreno10)

“A la fecha no hay información pública que permita conocer cuál es el panorama, a nivel nacional, en torno a la instalación de medidores en los pozos y el grado de cumplimiento en un asunto esencial y básico: la cantidad de agua que se extrae del subsuelo. Al respecto, una investigación del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), realizada en 4,207 pozos de 28 distritos de riego del país, reveló que 62% tenía medidor, pero que sólo una tercera parte del total funcionaba y en gran medida no cumplía con los requerimientos de aforo del proyecto. Esto es en el sector de la agricultura de riego con mejores condiciones de infraestructura.”(Moreno10)

Otro aspecto importante es que no se tienen datos exhaustivos acerca de la contaminación producida por la agricultura, a pesar de que el uso de fertilizantes como el fósforo y el nitrógeno eutrofizan los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, además de que disminuyen su capacidad de dilución y purificación.(Ruelas10)

Por otro lado, se han llevado a cabo distintos esfuerzos en torno a los problemas del agua. Uno de ellos es el *Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos* que el cual paga a los propietarios de bosques y selvas para su conservación, considerando que

estos ecosistemas regulan el ciclo hidrológico y de nutrientes, retienen sedimentos y filtran contaminantes que afectan la calidad del agua.

Capítulo 3

Consumo de energía del subsector agrícola mexicano

El uso de energía en los sistemas agrícolas incluye tanto fuentes comerciales de energía (electricidad, combustibles fósiles) como no comerciales (humana, animal, solar). Usualmente, el estudio del consumo de energía se enfoca a las fuentes comerciales debido a que éstas están sujetas a la escasez, a la alza de precios y a la interrupción del suministro. De igual forma, es posible realizar un análisis desde el punto de vista de la disponibilidad de los energéticos, la eficiencia en su uso, las fuentes o los usos finales (Dovring85).

El consumo de energía del sector agropecuario comúnmente se divide en dos grandes categorías para facilitar su análisis. Por un lado se agrupan los usos directos de energía, que son los que se realizan en las unidades de producción, tales como el uso de electricidad para bombeo de agua, el uso de diesel para labrar la tierra o recolectar la producción, etc. Por otro lado, los usos indirectos de energía son todos aquellos que se llevan a cabo fuera de las unidades de producción con la finalidad de fabricar los insumos que éstas requieren, como la elaboración de fertilizantes y plaguicidas (Schnepf04).

Los sistemas de información mexicanos cuentan con muy pocos datos que permitan realizar un balance de principio a fin de todo el sistema agroalimentario. Solo una parte del consumo de diesel en las parcelas se encuentra desagregado del consumo que realizan los demás subsectores como el pesquero. Al mismo tiempo, no todo el consumo de electricidad

Tabla 3.1: Contenido energético de insumos y productos agrícolas.

Fuente	kcal/unidad	Uso
Directa		
Diesel (l)	9,243	Operación de maquinaria y camiones – trabajo de campo (tractores, cosechadoras, segadoras, etc.) – compra de insumos y entrega (camiones)
Gasolina (l)	8,150	Operación de vehículos pequeños y camionetas
Trabajo humano (h)	250	Diversas actividades culturales (labranza, siembra, barbecho, cosecha, etc.)
Trabajo animal (h)	1,400-2,200	Preparación de terrenos y carga
Electricidad (kWh)	860	Riego
Indirecta		
Fertilizantes (kg de nutriente)		
– Nitrógeno	12,300	El GN representa el 75-90 % de su costo de producción
– Fosfato	1,200-2,750	El GN representa el 15-30 % de su costo de producción
– Potasio	400-3,000	El GN representa el 15 % de su costo de producción
– Orgánico	70	
Plaguicidas (kg)		
– Herbicidas	57,000	
– Insecticidas	44,000	
Máquinaria (kg)	21,000	
Producto (kg)		
Maíz	3,500-4,500	
Trigo	3,300	
Frijol	3,500	
Papa	610	
Tomate	200	
Manzana	560	

GN = gas natural

Fuente: Datos tomados de (Masera96) y (Schnepf04).

es registrado debido a que no se ha logrado incorporar a todos los usuarios a las tarifas correspondientes pues es necesario contar con una concesión para el uso del agua, la cuál limita la extracción de ésta.

En la Tabla 3.1 se presentan, a grandes rasgos las equivalencias energéticas de insumos utilizados de forma directa e indirecta en las actividades agrícolas, así como el contenido energético de algunos productos.

El sector agropecuario mexicano ha tenido grandes transformaciones a partir de la incorporación de semillas mejoradas, el aumento de las zonas de riego, la aplicación de

fertilizantes y plaguicidas, la mecanización intensiva de los cultivos. La aplicación de toda esta tecnología para la producción agropecuaria fue promovida en un principio por el gobierno mexicano como medidas pertinentes para cubrir las necesidades alimentarias del país y como un paso más hacia el progreso. Actualmente se considera parte de la modernización del campo y la ruta para fomentar la competitividad de los productores en el mercado internacional.

En México, el consumo total de energía del subsector agrícola es difícil de estimar debido a la falta de datos que abarquen todos los usos, tanto directos como indirectos. En este capítulo se han compilado los datos disponibles y se han realizado distintas visualizaciones de ellos con la intención de observar tanto el estado actual como la evolución en el consumo de energía de las actividades agrícolas.

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía, el consumo final de energía del sector agropecuario aumentó 3.5 veces desde 1965¹ a 2010, pasando de 41.3 a 144.1 PJ. Al inicio de dicho periodo, el consumo del sector representaba el 4.2% del consumo energético total del país, mientras que al término del mismo su participación disminuyó a 2.9%, principalmente por el gran crecimiento en el consumo del sector transporte (8.1 veces) durante esos años. Aunque la totalidad del consumo de electricidad asignado al sector agropecuario en el Balance Nacional de Energía corresponde únicamente a actividades agrícolas (riego), en el caso del diesel no se especifica la proporción del consumo final correspondiente a estas actividades. Sin embargo, en lo que concierne a usos directos, estos dos energéticos son los más utilizados para la producción de alimentos de origen vegetal y fibras.

¹Dato más antiguo con el que cuenta el (SIE12)

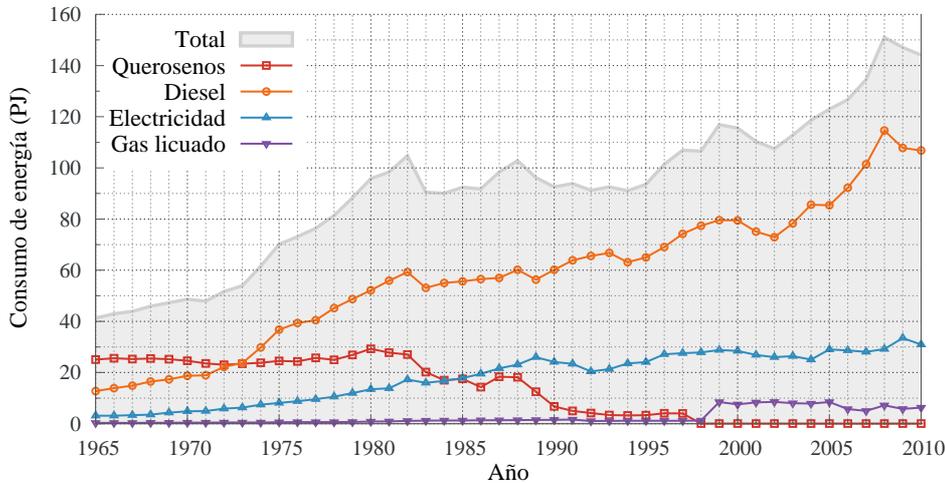


Figura 3.1: Evolución del consumo de energía del sector agropecuario de 1965 a 2010.

Fuente: Elaboración propia con datos del (SIE12)

3.1. Usos directos

3.1.1. Consumo de diesel

El incremento en el consumo de energéticos en el sector agropecuario desde 1965 se debe en un 92% al aumento en el uso de diesel. En la Figura 3.1 se puede observar claramente que la razón de cambio entre la curva de consumo total y la curva del consumo de diesel es prácticamente la misma.

El diesel representó el 16.2% del consumo final energético del país del año 2010. El sector agropecuario fue responsable del 14.1% de dicho consumo, mientras que el sector transporte realizó el mayor consumo (78.2%). La importación de este combustible cubrió el 27.6% de la demanda nacional.(SENER11)

El aumento en la demanda agrícola de diesel se debe al crecimiento de la mecanización del campo. El tractor es el dispositivo mecánico más utilizado alrededor del mundo para las labores agrícolas.

Los tractores pueden ser utilizados en distintas etapas de las actividades agrícolas pues existen una gran variedad de aditamentos que permiten realizar actividades como la preparación de la tierra, la eliminación de maleza, el abonado o fertilización del suelo y, en algunos casos, la fumigación de los cultivos. El tractor también es usado para segar y

empacar algunos cereales e incluso realizar la trilla; actividades que a gran escala se realizan con máquinas como cosechadoras y trilladoras.

El impulso a la implementación de tractores que comenzó en el sexenio de M. Ávila Camacho (1940-1946) y se fortaleció durante el mandato de Miguel Alemán V. (1946-1952) marcó el inicio del papel relevante que el diesel ha tenido durante los últimos 60 años como insumo clave para la producción de alimentos.(Masera90)

A mediados de la década de 1960, cuando aún el Queroseno era el energético más utilizado por el sector agropecuario (en un 61%), el diesel ya representaba el 31% del consumo del sector; paulatinamente el uso de este combustible dominaría la demanda agropecuaria de energéticos comerciales (para usos directos) en los años posteriores a 1973, representando para 2010 el 74% del consumo del sector.

La incorporación de tracción mecánica se dio primero en las zonas de riego, en donde se alcanzó la cobertura del 89% de los Distritos de Riego en 1981 y existía un coeficiente de cobertura de 64 ha/tractor; durante ese año las políticas agrícolas favorecieron la mecanización de las zonas de temporal en donde se alcanzó una cobertura de 144 ha/tractor. A partir de 1982 se redujo el apoyo oficial en forma de créditos y se eliminó el subsidio a los combustibles de tal forma que, de 1981 a 1981 se generó un aumento de 1.6 veces en el costo por caballo de fuerza proveniente de la tracción mecánica y de 4 veces para el litro de diesel; el precio medio rural del maíz (\$/ton) se incrementó 2.7 veces de 1981 a 1983. Para 1986 estas cantidades habían aumentado 15, 56 y 13 veces, respectivamente, en relación a los valores de 1981.(Masera90)

A partir de 1986 se crearon nuevos programas de apoyo al campo que han sostenido el aumento en el consumo de diesel a partir de subsidios, tales como Alianza para el Campo y ASERCA.

Actualmente el rastreo del consumo de energía considera tan solo los sectores que generan el mayor consumo, y sólo en algunos casos, como el del sector industrial, se considera con mayor detalle el origen de la demanda.

A diferencia de la electricidad, la venta de diesel no contempla tarifas que distingan a los sectores que realizan el consumo, más que en el caso de los beneficiarios de algún programa de subsidios.

En el caso del sector agropecuario el diesel es utilizado sobre todo en actividades agrícolas y pesqueras. Los padrones de beneficiarios de los programas que subsidian el uso de diesel para estas actividades, permiten obtener más información sobre su consumo para la producción agrícola.

Durante 2010 más de 356 mil agricultores consumieron aproximadamente 958 millones de litros de diesel subsidiados por la SAGARPA, como parte del *Programa de Apoyo al Ingreso Agropecuario*, una vertiente de PROCAMPO. Como se observa en la Figura 3.2, para el 2010 el consumo de diesel de estos usuarios se duplicó respecto a 2003, y representó el 32% del consumo del sector. Sumado al consumo de diesel marino, la cantidad de diesel usado para actividades agropecuarias que recibió el subsidio abarca el 42% del consumo del sector.

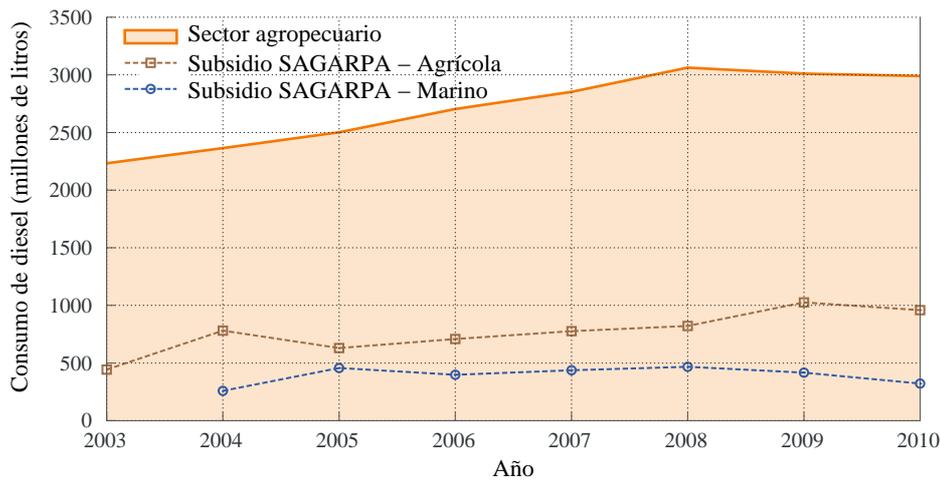


Figura 3.2: Componentes del consumo de diesel agropecuario apoyados por SAGARPA.

Fuente: Elaboración propia con datos del (SIE12) y (SAG10a).

A nivel de estados (y considerando la Región Lagunera²), el 50% del consumo de diesel subsidiado para actividades agrícolas es realizado por Tamaulipas, Chihuahua, Veracruz, Jalisco y Sinaloa; mientras que el 50% de los beneficiarios se concentran en los estados de Jalisco, Zacatecas, Tamaulipas, Veracruz, Guanajuato y Sinaloa, en orden de

²que abarca los Estados de Coahuila y Durango

importancia (Figura 3.3)(datos de (SAG10a)).

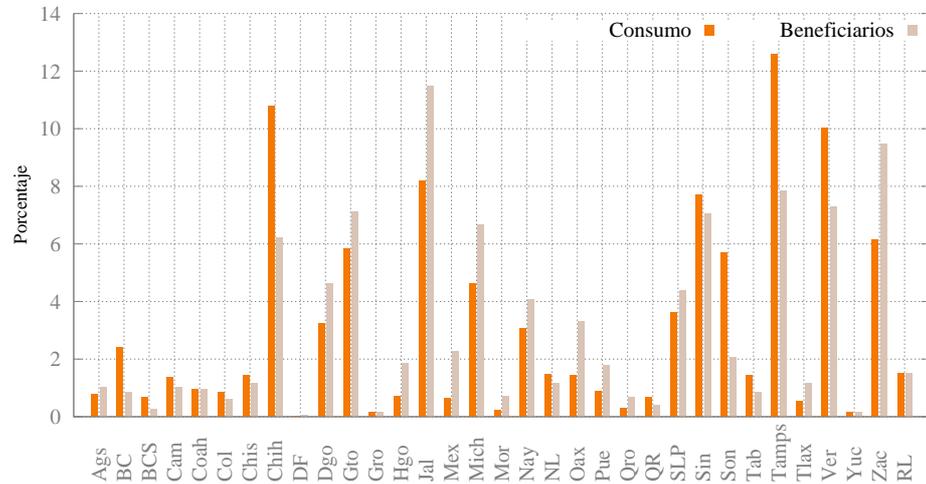


Figura 3.3: Distribución por entidad federativa del consumo y beneficiarios de diesel subsidiado para actividades agrícolas.

Fuente: Elaboración propia con datos del (SIE12) y (SAG10a)
 RL= Región Lagunera

La tabla 3.2 señala los cinco estados con mayor y menor intensidad en la distribución del diesel subsidiado, es decir, la cantidad de litros por beneficiario.

Tabla 3.2: Estados con mayor y menor intensidad en el uso de diesel por beneficiarios del subsidio.

Estado	Intensidad (litros/beneficiario)
Baja California	7,721
Sonora	7,413
Baja California Sur	7,409
Chihuahua	4,659
Quintana Roo	4,551
⋮	⋮
Querétaro	1,201
Oaxaca	1,159
Hidalgo	1,028
Morelos	860
Estado de México	771

Fuente: (SAG10a)

Estimación del consumo de diesel en las actividades agrícolas

A partir de los datos presentados en la Figura 3.2 se ha calculado el porcentaje que representa el diesel agrícola del total subsidiado y se ha utilizado para estimar la cantidad de diesel que se consume en las actividades agrícolas (operación de tractores y otras maquinarias) de todo el sector agropecuario, es decir, contemplando a aquellos usuarios que no reciben subsidio.

Este procedimiento se utilizó para los años 2005-2010 y, a partir del promedio de este periodo, que es de 65.21 %, se calculó el consumo de diesel agrícola para los años de 1990 a 2004. Los resultados se muestran en la Figura 3.4.

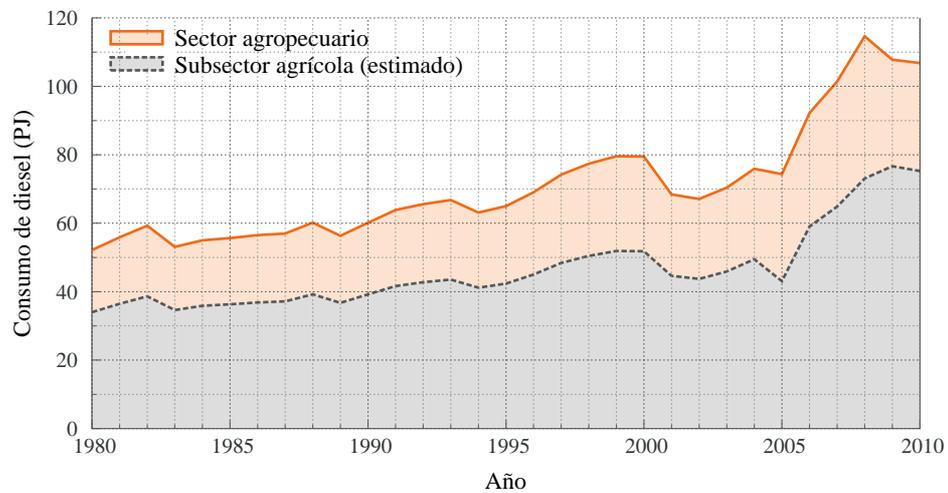


Figura 3.4: Consumo estimado de diesel del subsector agrícola.

Fuente: Elaboración propia con datos del (SIE12) y (SAG10a).

3.1.2. Consumo de electricidad

Por otra parte, la electricidad es el segundo energético más utilizado en el campo. La totalidad de las ventas de electricidad registradas por la CFE para este sector se debe al bombeo de aguas superficiales o subterráneas hacia los cultivos en una o varias etapas, es decir, es específico del subsector agrícola. Este consumo se realiza bajo cualquier modalidad de la tarifa 9, enfocada a dicha actividad (ver Cap. 4). Al final del año 2010, la CFE contó con 119,214 usuarios de este sector tarifario que en conjunto consumieron 8,600 GWh, cifra que equivale al 4.6% del consumo nacional de electricidad (SENER11).

El consumo de electricidad aumentó casi 10 veces de 1965 a 2010, años en los cuales representó el 7.6 y 21.5% del consumo de energía del sector agropecuario, respectivamente (Figura 3.5). La tendencia histórica en el consumo de energía eléctrica está relacionada con aspectos que van desde el desarrollo de obras de irrigación y/o el equipamiento que posibilite el bombeo del agua, la administración y disponibilidad del recurso hídrico, la frecuencia de las lluvias o amenaza de sequía, hasta la posibilidad de los agricultores de pagar el precio de las tarifas eléctricas.

Desde el arribo de Porfirio Díaz a la presidencia, comenzaba surgir la figura de

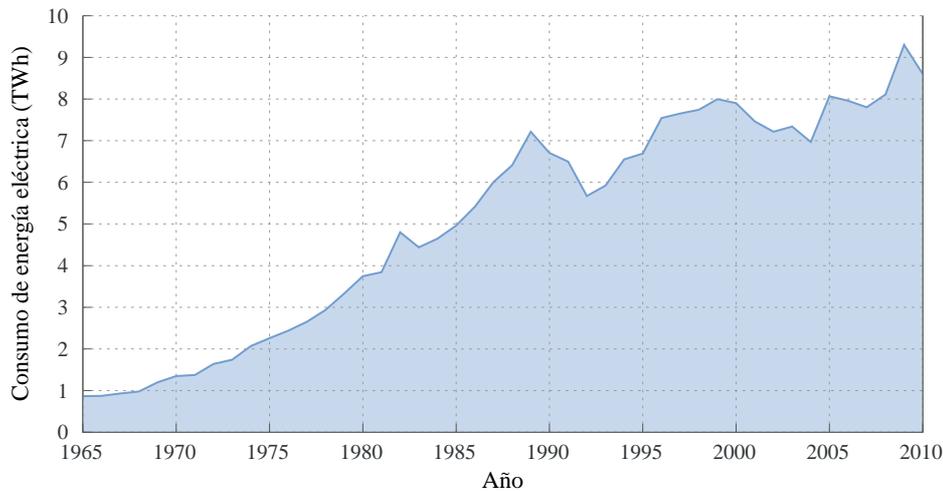


Figura 3.5: Consumo histórico de energía eléctrica para el riego agrícola.

Fuente: Elaboración propia con datos del SIE-CFE

concesión para el uso de las que a la posteridad serían declaradas aguas nacionales, formalizándose a finales de 1910 tanto para pequeños regantes como para propietarios de hidroeléctricas. Durante varias décadas, no existió un modelo único de administración del agua y planeación de infraestructura para su aprovechamiento. Estas funciones pasaron de *mano en mano* entre los gobiernos federal, estatal y municipal hasta que durante la gestión de Luis Echeverría Álvarez y Miguel de la Madrid se descentralizaron de manera formal los sistemas de agua potable debido a la falta de recursos y la ineficiencia en su manejo, “se trataba de sustituir la erogación directa de recursos fiscales o subsidios por el otorgamiento de créditos a organismos dependientes de los gobiernos locales”. En 1989 se creó la COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA) como un organismo Federal desconcentrado de la SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS que suspendió la construcción y operación directa de grandes obras evocándose a tareas administrativas como el “apoyo técnico especializado a las autoridades locales para que éstas ejecutasen las acciones de tipo operativo, así como la construcción y la operación de infraestructura estratégica”. Dentro de dicho esquema, mediante el *Programa de Transferencia de Distritos de Riego* se entregó a usuarios organizados en asociaciones la administración, operación, organización y mantenimiento tanto del agua como de la infraestructura (Birrichaga09).

El mayor desarrollo de infraestructura se dio durante la existencia de la COMISIÓN NACIONAL DE IRRIGACIÓN (CNI), de 1926 a 1946. Esta Comisión fue eliminada para crear la SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS (SRH), bajo la cambiante legislación y considerando la mayor pertinencia del aprovechamiento y conservación del agua, dicha Secretaria fue creada con una visión más holística respecto al aprovechamiento de las fuentes de agua. Gran parte de la planeación hidráulica que la SRH desarrolló, se desintegró cuando en 1976 se fusionó con la SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Durante la década de 1980, la Comisión del *Plan Hidráulico*, resultado de la labor de la SRH, se transformó en el INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA (IMTA) y se dio mayor importancia al desarrollo de obras de pequeña irrigación como parte del *Programa Nacional de Perforación de Pozos*. A mediados de esta década “se inició el cobro de contribuciones fiscales por el uso del agua potable. Con el tiempo se comprobó el gran potencial de esta medida, como fuente de ingresos y como instrumento efectivo para inducir al uso eficiente del agua, incluido el cuidado ambiental”, indicadores que habían cobrado relevancia, junto con la calidad del agua (Ohmstede09).

Por otro lado, dentro de un mismo año la frecuencia del riego está relacionada con la coincidencia entre los calendarios agrícolas, la etapa de desarrollo de los cultivos y las condiciones meteorológicas de cada temporada. Como se puede observar en la Figura 3.6, a partir del mes de diciembre incrementa la demanda de electricidad hasta llegar a un máximo entre los meses de mayo y junio, que suelen ser el inicio del periodo en que se alcanzan las temperaturas más altas (en promedio) en el país. De igual forma, es muy clara la tendencia a la baja en el consumo de electricidad al inicio de la temporada de lluvias.

Se prevé que el consumo de electricidad siga aumentando en los próximos años. A continuación se mencionan algunos de los factores que definen dicha tendencia, así como algunos otros que podrían ejercer algún efecto importante en su evolución.

Como en muchos otros sectores, el aumento de la producción es la principal meta de los gobiernos. Durante décadas la forma de lograr este objetivo en la agricultura ha estado directamente vinculado a la mecanización, la irrigación y la aplicación de agroquímicos. En los últimos años el uso de organismos genéticamente modificados ha sido otra de las estrategias para lograr la llamada “modernización del campo”. Si bien es cierto que estas

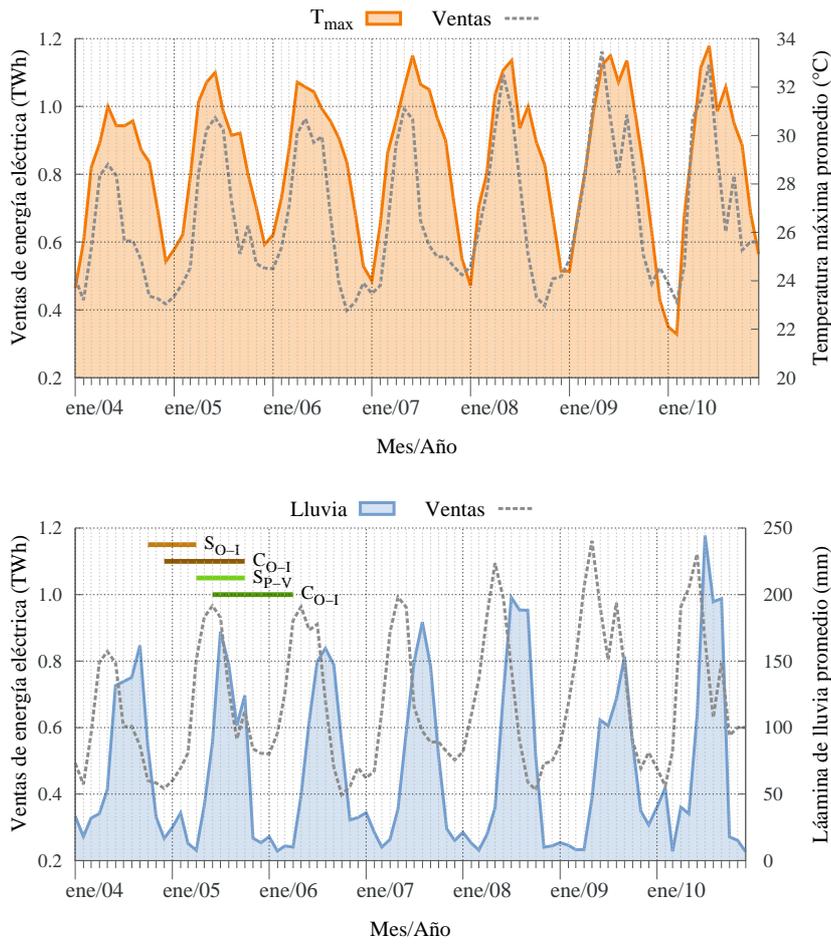


Figura 3.6: Variables meteorológicas y la intensidad en el uso de riego por bombeo.

Fuente: Elaboración propia con datos del SMN-CONAGUA

tecnologías aumentan la productividad de los cultivos y de la tierra en el corto plazo, también compiten con los costos de remediar los daños causados por su aplicación y fomento irracional.

En el caso de la irrigación, existen ya gran cantidad de tierras acondicionadas en primera instancia para ser regadas que han sido abandonadas o cultivadas bajo temporal. La SAGARPA reporta que durante el año agrícola 2009/10, alrededor de 5.6 millones de hectáreas fueron cultivadas bajo la modalidad de riego, sin embargo, la superficie regada reportada por la CONAGUA para el mismo periodo, es de casi 2.5 millones de hectáreas.

Aunque sólo una tercera parte de éstas actividades utiliza electricidad, el reacondicionamiento de estas tierras y la demanda de mayor eficiencia en la aplicación de agua a las plantas para el ahorro de agua, llevarían a un escenario que demandaría más energía eléctrica. El reacondicionamiento, sin embargo, corresponde mayormente a los productores de más bajos recursos que por la misma falta de financiamiento han abandonado la modalidad de riego, de tal forma que retomar dicha práctica dependerá en gran parte del apoyo financiero que puedan conseguir. Aunque la mayoría de estos productores están adscritos a Unidades y Distritos de Riego que se encargan de la administración de las obras de irrigación, muchos de los recursos para el mantenimiento y modernización de éstas, proviene de programas públicos estatales y nacionales.

En el caso de los pequeños y medianos productores, el consumo de electricidad depende directamente de la ampliación y modernización de sus zonas de riego y de la eficiencia de sus equipos. En las zonas más secas, se ha observado que los agricultores tienden a adoptar técnicas de riego por aspersión o localizadas, que conllevan el uso de electricidad. En el caso contrario, en zonas donde la presión hídrica no es tan evidente ni se refleja en el precio del agua, los productores aprovechan el subsidio en las tarifas eléctricas para la extracción de agua y eligen el sistema de irrigación más adecuado en base al precio de éstos, en cuyo caso, los sistemas que requieren mayor energía son más utilizados en cultivos de alto valor comercial. El grado de capacitación de los productores es también un elemento importante en la elección de los sistemas, así como de el grado de beneficios que se obtendrán de su implementación.

Por otro lado, al ser la agricultura de regadío una actividad altamente depen-

diente de subvenciones y programas crediticios, su desarrollo está directamente ligado a las decisiones políticas para la modernización del campo. En este sentido, compite en recursos financieros con la tecnificación de las zonas de temporal que abarcan dos terceras partes del territorio agrícola a demás de aportar la mayor parte de la producción y ejercer menor presión sobre los recursos hídricos. La modernización de estas zonas favorece de manera notable el rendimiento de las tierras y disminuye el riesgo de pérdidas.

Aproximadamente el 70% del uso de agua dulce en el mundo se destina a la irrigación agrícola. Se estima que tan solo la mitad del agua llega a los cultivos, pues el resto se va perdiendo en el trayecto del punto de extracción al punto de aplicación. El porcentaje del agua destinada al riego varía de región a región dependiendo de las condiciones climáticas así como de las condiciones del terreno, tipos de cultivo y la infraestructura de riego pero claro está que lo que determina la posibilidad de irrigar las parcelas es la disponibilidad de agua y la competencia entre sectores por el uso del recurso. Por otro lado, se prevé que el cambio climático afectará negativamente la disponibilidad de agua al mismo tiempo que elevará la demanda de riego para el correcto desarrollo de los cultivos (Knox12).

El gran porcentaje de sistemas de irrigación por gravedad da una idea del uso potencial de electricidad en dicha actividad.

Los subsidios en el precio del agua y en la tarifa agrícola de electricidad distorsionan en varios niveles la decisión de los agricultores de implementar tecnologías de riego que requieran un mayor consumo de electricidad en favor de un menor consumo de agua.

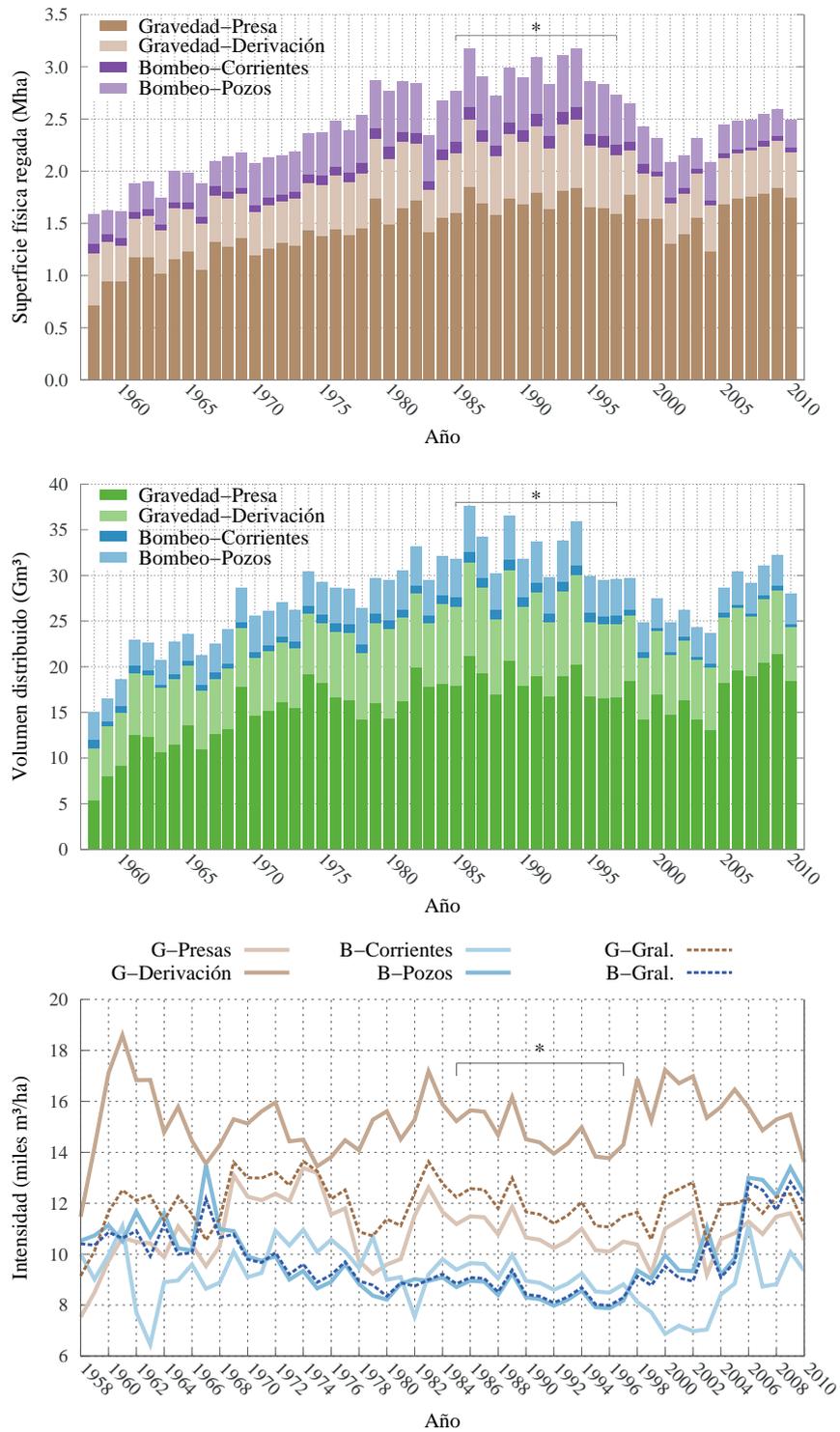


Figura 3.7: Estadísticas históricas de los Distritos de Riego en el país (1958-2010).

* El porcentaje de cada técnica corresponde al valor de 1984 para estos datos.

Fuente: Elaboración propia con datos del SEHM-INEGI y CONAGUA

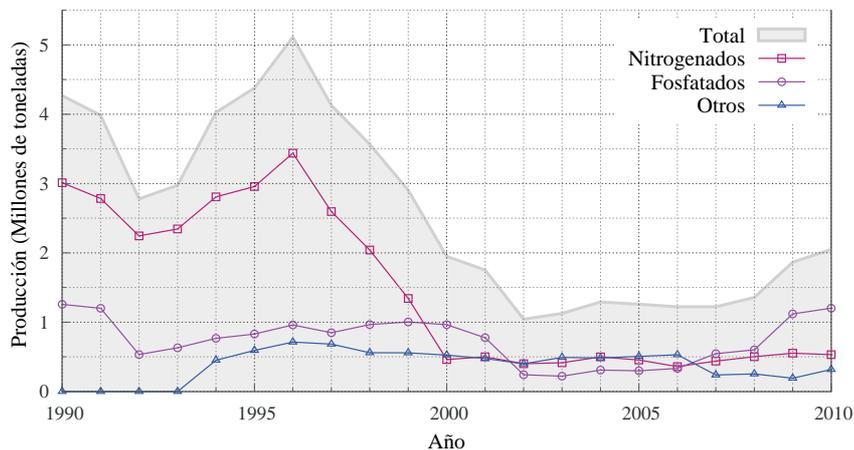
3.2. Usos indirectos

3.2.1. Consumo de energía debido a la producción de fertilizantes

El cálculo de la energía total consumida en las actividades agrícolas debería considerar el gasto energético en la producción de los principales insumos agrícolas. Como ya se ha señalado, la producción de fertilizantes es un importante uso indirecto de energía en la agricultura moderna. Es por ello que en esta sección se presenta una aproximación del consumo de energía para la producción de los fertilizantes utilizados en el campo mexicano de 1990 a 2010.

El volumen y el patrón de producción de fertilizantes en México han sufrido grandes cambios en estas dos décadas. Mientras que la caída más grande en la producción total se registró de 1996 a 2002, al pasar de cinco a un millón de toneladas; la producción de urea y sulfato de amonio (dos fertilizantes nitrogenados) que representara la mitad de la producción en 1996, disminuyó en tres toneladas (ver Figura 3.8). El (INE12b) informó que la producción de fertilizantes del año 2010 se debió en casi el 60% a la fabricación de fertilizantes fosfatados, en particular de superfosfatos y fosfatos di- y monoamónico.³

Figura 3.8: Producción nacional de fertilizantes por tipo, 1990-2010.



Fuente: Elaboración propia con datos de (INE12b)

Nitrogenados: sulfato de amonio, nitrato de amonio, urea, fórmulas y complejos.

Fosfatados: superfosfato simple y triple, fosfato di- y monoamónico, fórmulas y complejos.

Otros: ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico, y otros productos no especificados.

³Existen estudios que detallan las causas de la transformación de la industria de fertilizantes mexicana, durante este periodo. Entre ellos (Ávila01)

La producción industrial de fertilizantes en México utiliza principalmente tres energéticos: Gas seco, electricidad y diesel. Durante el periodo de 1987 a 1999 se registró el consumo de Combustóleo que llegó a abastecer el 33% de la energía utilizada por esta industria en 1994; sin embargo, el gas siempre ha sido el energético principal en la fabricación nacional de fertilizantes. Su porcentaje de participación en el consumo pasó de entre el 53-76% al 76-84%, cuando esta industria abandono el uso de combustóleo a partir del año 2000. Por otro lado, la electricidad y el diesel han representado, en promedio, el 16 y 3% del consumo entre 2000 y 2010, respectivamente (Figura 3.9).

El consumo de energía de esta industria⁴ tendió a la baja entre 1996 y 2002 pasando de de 14.9 a 3.5 PJ. El mayor descenso de este y todo el periodo fue de 1999 a 2000 donde el consumo cayó en cerca de 8 PJ (Figura 3.9). Después de este último año y hasta 2010, el consumo de energía permaneció alrededor de los 4 PJ aunque la producción de fertilizantes se duplicó en el mismo periodo. Como en cualquier industria, la cantidad de energía consumida depende de los sistemas de producción que a su vez responden al precio y disponibilidad de las materias primas y la demanda del mercado, entre muchas otras variables.

Los datos de consumo de energía y volumen de producción permiten calcular la intensidad en el uso de energía por tonelada de fertilizante fabricada en el país. Este indicador, cuya tendencia se presenta en la Figura 3.10, ha tenido valores cercanos a 3 GJ/ton durante el periodo 1990 a 2010. Tan solo en algunos años como 1999 y 2007, se han registrado aumentos en el consumo de energía que no corresponden a la tendencia a la baja en la producción; mientras que en 2008 y 2009, el crecimiento en la producción no derivó en un aumento proporcional en el consumo de energía.

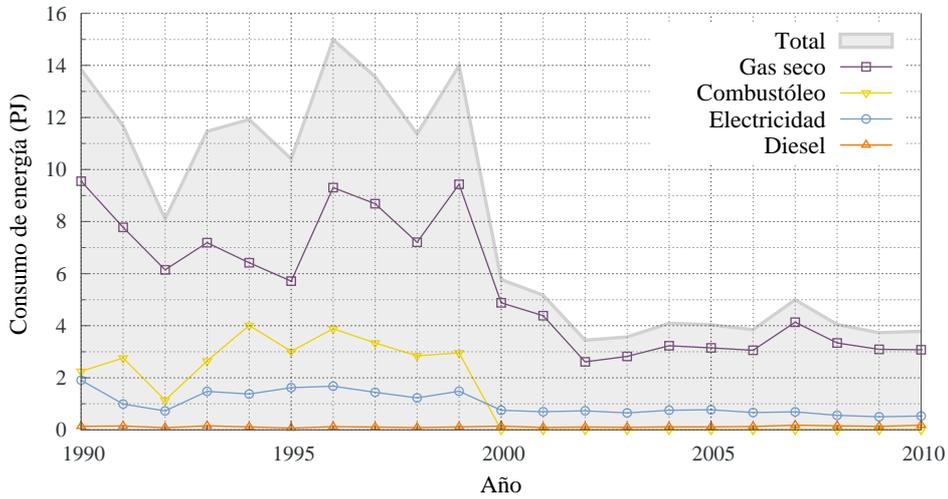
Además de considerar el consumo de energía de la industria nacional, es preciso hacer una aproximación del consumo de energía debido a la fabricación de los fertilizantes netamente importados, pues el uso final de dicha energía se lleva a cabo en México.

Para ello, es preciso conocer el consumo aparente de fertilizantes (CAF), que se compone de los siguientes elementos:

$$CAF = Producción + Importaciones - Exportaciones \quad (3.1)$$

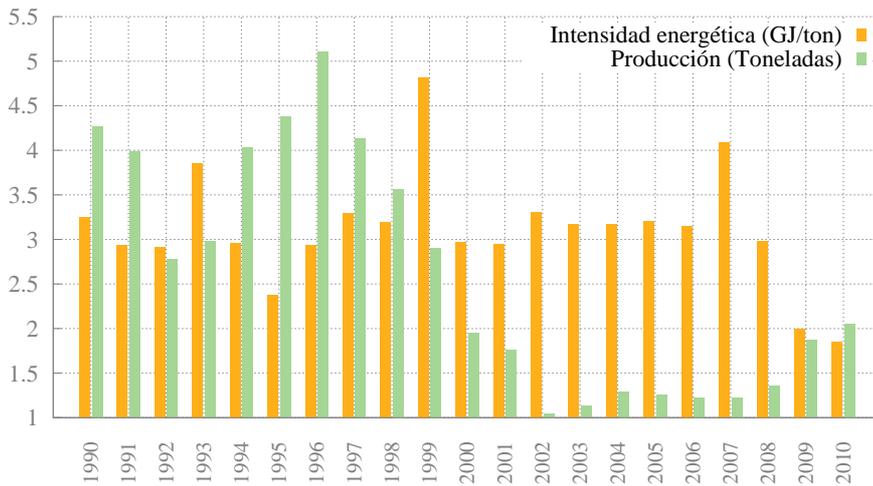
⁴Incluye el consumo de combustibles para la autogeneración de electricidad, no así el consumo de ésta.

Figura 3.9: Consumo de energía de la industria nacional de fertilizantes por energético, 1990-2010.



Fuente: Elaboración propia con datos del (SIE12).

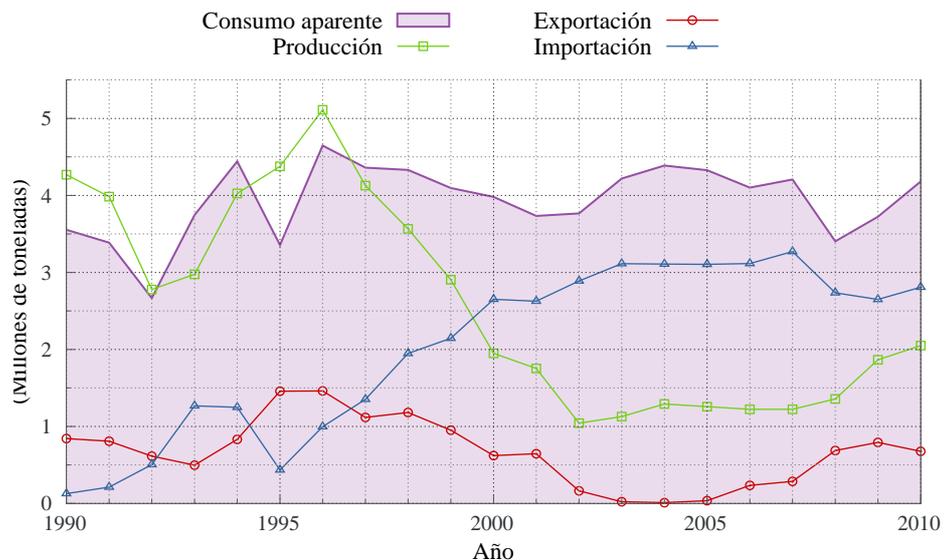
Figura 3.10: Intensidad en el uso de energía para la producción de fertilizantes, 1990-2010.



Fuente: Elaboración propia con datos del (SIE12), (INE12b).

En la Figura 3.11 se presentan los valores del CAF así como de sus componentes. La gran variación en éstas, se debe a cambios en el esquema de organización del sistema de producción nacional, a la falta de integración en los sistemas productivos, la baja competitividad del mercado nacional frente al internacional, así como a las variaciones en los precios al consumidor. Estos cambios sumados a la caída del ingreso de los agricultores, la modificación en el patrón de cultivos y las limitaciones al financiamiento debido a la apertura comercial durante la década de 1990, ocasionaron un descenso en el consumo de fertilizantes respecto a los más de cinco millones de toneladas brutas alcanzadas en la década de 1980 (Ávila01).

Figura 3.11: Producción, Exportación, Importación y Consumo aparente de fertilizantes en México, 1990-2010.



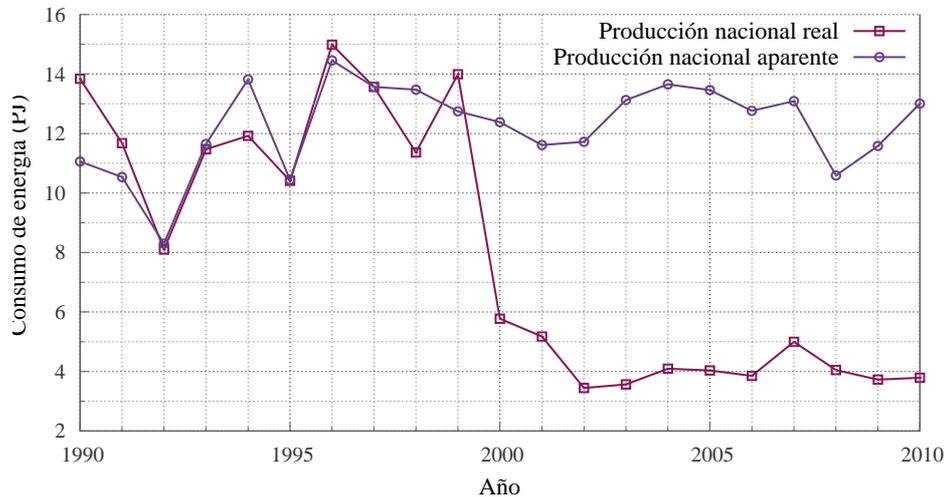
Fuente: Basada en (Gaucín11) con datos de (INEGI11a), (INE12b), (INE09) y (SIAMI)

En la misma gráfica es posible observar que el aumento en la producción nacional a partir de 2003 ha provocado la estabilización (e incluso disminución) del volumen de importaciones y tasas positivas los volúmenes de exportación y CAF.

Esto sin embargo no cambia el hecho de que México es un importador neto de fertilizantes, como lo comenzó a ser (de manera continua) desde 1997.

La industria nacional está enfocada sobretodo a la producción de superfosfatos y

Figura 3.12: Consumo de energía en la producción nacional real y aparente de fertilizantes, 1990-2010.



Fuente: Basada en (Gaucín11) con datos de (INEGI11a), (INE12b), (INE09) y (SIAVI)

fosfatos diamónico y monoamónico, cuya oferta tanto nacional como internacional, cubrió el 25% del CAF en 2010; mientras que, la importación neta de urea cubrió el 28% de este consumo. En la Tabla 3.3 se puede observar que el patrón de fertilizantes importados a cambiado a favor de las mezclas de fertilizantes nitrogenados, potásicos y complejos (de tres o dos elementos).

Finalmente, una vez obtenido el CAF, es posible calcular el consumo total de energía para la producción de fertilizantes, que incorpora tanto el consumo de la producción nacional como el del volumen de importaciones netas, asumiendo la base productiva nacional a través de la intensidad energética, mostrada anteriormente. Debido a que la intensidad energética presenta un comportamiento relativamente estable a lo largo del periodo, se ha realizado el cálculo considerando la intensidad energética promedio, cuyo valor es 3.11 GJ/ton.

El consumo de energía debido tanto a la producción nacional como a la producción del CAF (que se han denominado producción nacional real y aparente, respectivamente), se muestran en la Figura 3.12, donde es posible observar la enorme brecha que se abre en 2000

tp

Tabla 3.3: Importación neta de fertilizantes durante 1990, 2000 y 2010 (miles de toneladas)

Fertilizante	1990	2000	2010
Nitrogenados	-393.171	1382.634	1551.600
Urea	-407.645	1232.590	1164.021
Sulfato de amonio	0.103	11.104	102.012
Nitrato de amonio	-3.449	22.170	11.827
Mezclas y otros	17.820	116.770	273.604
Fosfatados	-3.901	-236.794	-166.203
Superfosfatos	-5.943	-237.710	-166.437
Mezclas y otros	2.041	0.917	0.234
Potásicos	98.822	270.990	363.932
Cloruro de potasio	77.695	171.301	266.933
Sulfato de potasio	10.733	23.462	9.776
Mezclas y otros	10.394	76.227	87.223
Complejos	-415.029	613.234	380.540
NPK	1.995	272.799	174.274
Di- y monoamónico	-421.155	50.420	17.635
Nitrato sódico potásico	0.343	15.188	6.229
Mezclas y otros	3.788	274.828	182.406
Total	-713.280	2,030.064	2,129.869

Fuente:(INEGI11a)

en el consumo real de energía debido a que aunque la producción real había descendido desde 1997, el consumo de energía de esta industria informó un extraño repunte en 1999, lo que no dio continuidad a la comportamiento a la baja que se empezó a registrar desde 1997.

De acuerdo con los datos estimados, a partir de 2000 entre el 53 y 72% de la energía para la producción de fertilizantes proviene del extranjero, es decir, importamos entre 12.3 y 13.1 PJ de energía para fertilizar el campo mexicano.

Este resultado pretende ser tan sólo una aproximación al consumo de energía para la producción de los fertilizantes consumidos en México, pues contiene grandes sesgos. Los más importantes son: la diferencia en el consumo de energéticos para la fabricación de uno u otro fertilizante, así como el hecho de que la industria mexicana de fertilizantes ha pasado por etapas donde el patrón de producción ha dejado fuera productos como la urea y el nitrato de amonio, cuyo consumo se cubre casi totalmente con importaciones a partir del año 2000 (INEGI11a) (INE12b).

3.3. Resumen

Tabla 3.4: Consumo directo* e indirecto** de energía en las actividades agrícolas.

Año	Uso directo (PJ)	Uso indirecto (PJ)	Total (PJ)	% de Energía indirecta
1990	71.65	11.06	82.71	13.37 %
1995	70.92	10.44	81.36	12.83 %
2000	87.86	12.38	100.24	12.35 %
2005	80.62	13.46	94.08	14.31 %
2010	112.55	13.01	125.55	10.36 %

Fuente: Elaboración propia con datos de (SIE12), (SIAVI) y (INE12b)

Tabla 3.5: Estructura porcentual de los energéticos de uso directo* en las actividades agrícolas.

Año	Gas LP	Querosenos	Diesel	Electricidad	Total
1990	2.13	9.43	54.74	33.70	100.00
1995	1.58	4.71	59.76	33.96	100.00
2000	8.57	0.06	58.99	32.37	100.00
2005	10.49	0.05	53.44	36.02	100.00
2010	5.59	0.02	66.88	27.51	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de (SIE12)

Tabla 3.6: Estructura porcentual de los energéticos de uso indirecto en las actividades agrícolas.

(Producción aparente de fertilizantes)

Año	Diesel	Combustóleo	Gas seco	Electricidad	Total
1990	0.98	16.24	69.02	13.77	100.00
1995	0.61	28.94	54.88	15.56	100.00
2000	2.48	0.00	84.48	13.04	100.00
2005	2.83	0.00	78.02	19.14	100.00
2010	4.77	0.00	81.24	13.99	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de (SIE12), (SIAVI) y (INE12b)

Tabla 3.7: Estructura porcentual de los energéticos de uso directo* e indirecto** en las actividades agropecuarias.

	Gas LP	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Gas seco	Electricidad	Total
1990	1.85	8.17	47.55	2.17	9.23	31.03	100.00
1995	1.38	4.10	52.17	3.71	7.04	31.60	100.00
2000	7.51	0.06	52.01	0.00	10.44	29.99	100.00
2005	8.99	0.04	46.20	0.00	11.16	33.61	100.00
2010	5.01	0.02	60.45	0.00	8.41	26.11	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de (SIE12), (SIAMI) y (INE12b)

* Considerando: 1) que todo el gas licuado y querosenos que consume el sector agropecuario son de uso agrícola y, 2) valores de diesel estimados en la subsección 3.1.1

** Sólo considera el consumo de energía para la PAF estimada en la subsección 3.2.1

Capítulo 4

Precio de los energéticos para el subsector agrícola

Los programas vigentes de apoyo a las actividades agropecuarias son el resultado de la siguiente serie de legislaciones, acuerdos y programas:

Fecha de publicación	Documento
2001-dic-07	<i>Ley de Desarrollo Rural Sustentable</i>
2002-dic-30	<i>Ley de Energía para el Campo</i>
2003-ene-07	<i>Acuerdo que autoriza el ajuste y reestructuración a las tarifas para suministro y venta de energía eléctrica</i>
2003-abr-28	<i>Acuerdo Nacional para el Campo</i>
2003-sep-04	<i>Programa de Apoyo a la Competitividad</i>
2003-dic-04	<i>Programa Especial de Energía para el Campo</i>
2005-mar-03	<i>Acuerdo que establece el lineamiento para la aplicación del subsidio de apoyo al diesel para actividades agropecuarias en el marco de las reglas de operación del Programa de Apoyos a la Competitividad por Ramas de Producción</i>

Tabla 4.1: Documentos legales referentes al uso de energía en actividades agropecuarias publicados en el Diario Oficial de la Federación.

De acuerdo con el *Reglamento de la Ley de Energía para el Campo*, pueden ser beneficiarios del *Programa Especial de Energía para el Campo* los productores agropecuarios que:

... cuenten con unidades de producción, para cuya explotación utilicen maquinaria propia, en legítima posesión, o bajo cualquier título legal y que requiera de energéticos agropecuarios, y

quienes sean legítimos poseedores de motores o equipos para las actividades agropecuarias, tales como motores para la acuicultura y pesca ribereña; motores para extracción de agua para riego, bombeo y rebombeo, y que cuenten con título de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, debidamente registrado en el Registro Público de Derechos de Agua o, en su caso, la acreditación de los derechos de posesión precaria o sentencias agrarias favorables definitivas.

Para que un productor tenga acceso a las tarifas de estímulo, debe solicitar su incorporación al Padrón de Beneficiarios ante la SAGARPA, quien calcula la Cuota Energética correspondiente a las características de la maquinaria y equipo con los que el productor realice sus actividades.

El compromiso por parte de los productores, es alcanzar una mayor eficiencia productiva y energética, además de mejorar sus esquemas productivos mediante la modernización de maquinaria, embarcaciones, equipos y sistemas de riego técnicamente eficiente.

4.1. Diesel

De acuerdo con registros de la SAGARPA, desde 2003 comenzaron a dirigirse subsidios al diesel consumido en actividades agropecuarias, que abarcan la operación de tracción mecánica (*diesel agropecuario*) y de embarcaciones pesqueras (*diesel marino*)(SAG10a).

El subsidio inicio como un monto fijo por litro de diesel consumido, teniendo como límite una Cuota Energética que determina la misma Secretaría para cada productor, de acuerdo a los siguientes criterios:

- la *Cuota Energética* máxima es de 135 litros por hectárea, en superficies cultivadas bajo condiciones de riego; y de 85 litros por hectárea, en superficies que se cultivan en condiciones de temporal.
- El apoyo máximo es de 5000 litros por maquinaria o equipo; incluyendo la maquinaria agrícola, equipo pesado y de bombeo.

Haciendo un análisis a precios de 2010, la tendencia a la baja en el precio del diesel¹ fue muy marcada a partir de 1999 hasta el año 2006, pasando de 8.84 a 6.85 pesos/litro, en

¹Considerando los precios que incluyen una tasa de IVA del 15% o 16%, respecto al acuerdo vigente.

promedio para cada año. A partir de 2006 el precio del diesel ha incrementado año con año hasta rebasar los 10 pesos/litro durante algunos meses de 2011 (Figura 4.1).

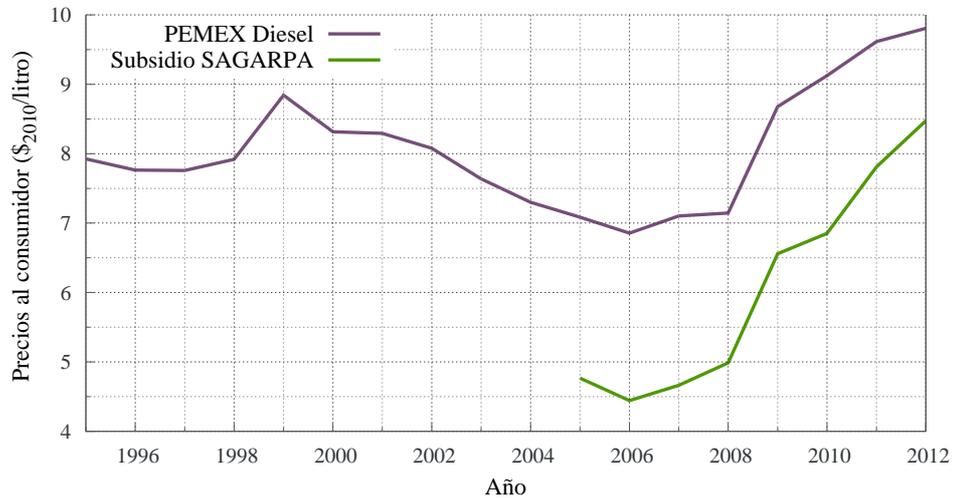


Figura 4.1: Precio del diesel PEMEX con y sin subsidio de PROCAMPO-SAGARPA.

Fuente: Elaboración propia con datos de SIE-SENER y ASERCA-SAGARPA

Entre marzo de 2005 y noviembre de 2006, el subsidio constituía la diferencia entre el precio fijo de 3.50 pesos/litro para los beneficiarios y el precio al público establecido por SHCP. De esta forma, el subsidio que recibieron los productores agropecuarios fue, en promedio para esos meses, del 35 por ciento.

Desde diciembre de 2007 hasta 2010, el subsidio se estableció en 2 pesos/litro de diesel, por lo cual el beneficiario pagaba la diferencia entre esos dos pesos y el precio al público en general. Durante estos años, dicho subsidio fue en promedio (anual), el 34.3, 30.2, 24.4 y 24.9% del precio comercial del diesel.

A partir de febrero de 2011 el subsidio comenzó a disminuir, de forma mensual, 4 centavos por cada litro de diesel, dejando fuera a aquellos productores que hubiesen recibido durante 2010, una *Cuota Energética* anual mayor o igual a 20,000 litros. Esta reestructuración incluye la posibilidad de renunciar a la *Cuota Energética* a cambio el apoyo en la modernización de maquinaria agropecuaria. El subsidio, durante este año, paso de aportar el 22.1% del costo por litro de diesel durante enero, al 15.7% en el mes de diciembre. Esta tendencia continuó durante el año 2012.

4.2. Electricidad

La SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO, con la participación de las de ECONOMÍA y de ENERGÍA, y a propuesta de la COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, se encarga de fijar y modificar las tarifas eléctricas. La SAGARPA es quién se encarga de canalizar los beneficios de alguna tarifa hacia los usuarios del sector agropecuario.

Existen cuatro tarifas dirigidas al subsector agrícola (Tabla 4.2). Todas ellas se aplican al bombeo y rebombeo del agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

Tarifa	Descripción
9	Baja Tensión
9M	Media Tensión
9CU	Cargo único para uso agrícola (media o baja tensión)
9N	Nocturna (media o baja tensión)

Tabla 4.2: Tarifas aplicables al bombeo de agua para riego agrícola .

Las tarifas **9** (baja tensión) y **9M** (media tensión) fueron implementadas en un principio como tarifas de estímulo a la producción agrícola. Ambas tarifas constan de cargos escalonados para la cantidad de energía consumida para los primeros cinco mil kilowatt-hora, los siguientes diez mil, veinte mil y otra por cada kilowatt-hora adicional. Ambas tarifas tienen el mismo cargo para los primeros 5,000 kWh.

Las dos tarifas restantes, **9CU** y **9N** surgieron del Programa Especial de Energía para el Campo (PEEC) como una forma de dirigir eficazmente el subsidio a los productores que certificaron de manera oportuna el uso de la electricidad en la operación de equipos de bombeo y rebombeo de agua (en media o baja tensión) para riego agrícola, por medio de un *Título de Concesión* de aguas, expedido por la CONAGUA, o su equivalente (SHCP12).

Durante 2003, las personas que cumplieron con dicho requisito fueron incluidas en el padrón de beneficiarios de energéticos agropecuarios que coordina la SAGARPA y se les asignó una *Cuota Energética*, de acuerdo al volumen de agua concedido y a las características

del equipo de bombeo de cada beneficiario. El consumo no excedente de esta cuota es facturado hasta hoy bajo la tarifa 9CU, mientras que el excedente se factura con los cargos de la Tarifa 9 o 9M, según corresponda (SHCP12).

Posteriormente, los usuarios de la tarifa 9CU tienen la posibilidad de ingresar a la tarifa 9N, cuyo cargo es 50 % más bajo, siempre y cuando el consumo se realice en el periodo nocturno que abarca de las 0:00 a las 08:00 horas. Durante el periodo diurno ambas tarifas son facturadas bajo el mismo cargo. Cada año miles de usuarios siguen accediendo a estas tarifas comprobando que el destino de los recursos es la producción agrícola (SHCP12).

A partir de 2003, los cargos de las tarifas 9 y 9M comenzaron a aumentar (en valor corriente) a una tasa de 2 % mensual, a diferencia del 0.08 % y 0.05 % de años anteriores, con el objetivo de acercarse paulatinamente a un valor cercano al costo real de la energía eléctrica. Los cargos y ajustes oficialmente acordados a partir de 2003, se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Cargos aplicables a las tarifas agrícolas.

Tarifa:	9	9M	9CU	9N
A partir de:	Enero-2003	Enero-2003	2003	2003
Cargo (\$/kWh):	(C1) 0.30 (C2) 0.332 (C3) 0.364 (C4) 0.398	(C1) 0.30 (C2) 0.336 (C3) 0.367 (C4) 0.401	0.30	0.15
Ajuste:	Se multiplica por 1.02 c/mes	Se multiplica por 1.02 c/mes	Aumenta \$0.02 c/año	Aumenta \$0.01 c/año

(C1) Primeros 5,000 kWh

(C2) Hasta 10,000 kWh

(C3) Hasta 20,000 kWh

(C4) kWh adicional

Fuente: Diario Oficial de la Federación (SHCP12)

En términos constantes², el aumento en los cargos básicos de las tarifas 9 y 9M es de 15 a 20 % cada año; en otras palabras, de 2003 a 2010 se ha triplicado el valor de estas tarifas. Por otro lado, los cargos de las tarifas 9CU y 9N han permanecido prácticamente sin aumento (Figura 4.1(a)), y en 2010, representaron el 32 y 16 por ciento de las tarifas 9 y 9M, respectivamente.

A partir de la incorporación de las tarifas 9CU y 9N, la tendencia en las ventas de energía eléctrica y la cantidad de usuarios para estas tarifas han tenido grandes cambios

²A precios de 2010

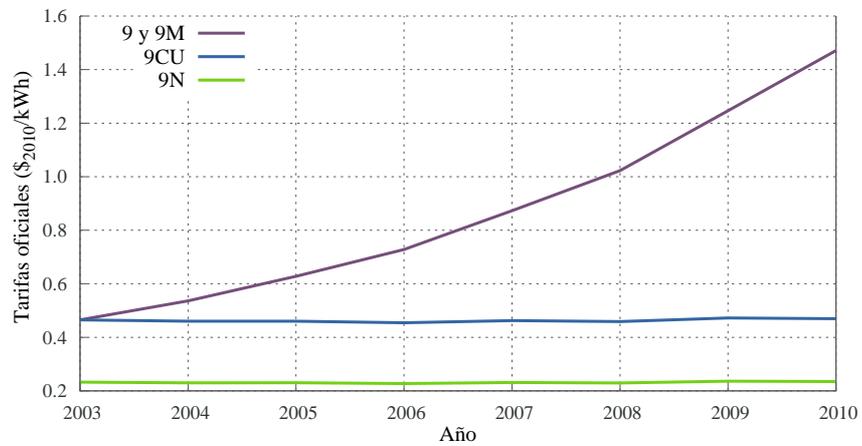
(Figuras 4.1(b) y 4.1(c)). Para el año 2010, casi 47 mil usuarios consumieron 6 TWh bajo la tarifa 9N, es decir, el 40% de los usuarios compró casi el 70% de la energía vendida por CFE a dicho sector tarifario. Durante ese mismo año, las ventas realizadas a ambas tarifas significó el 87% del total dirigido a riego agrícola, beneficiando al 76% de los usuarios.

Esta información nos muestra que cerca de tres cuartas partes de los sistemas de riego que utilizan bombeo eléctrico son operados durante el periodo nocturno³.

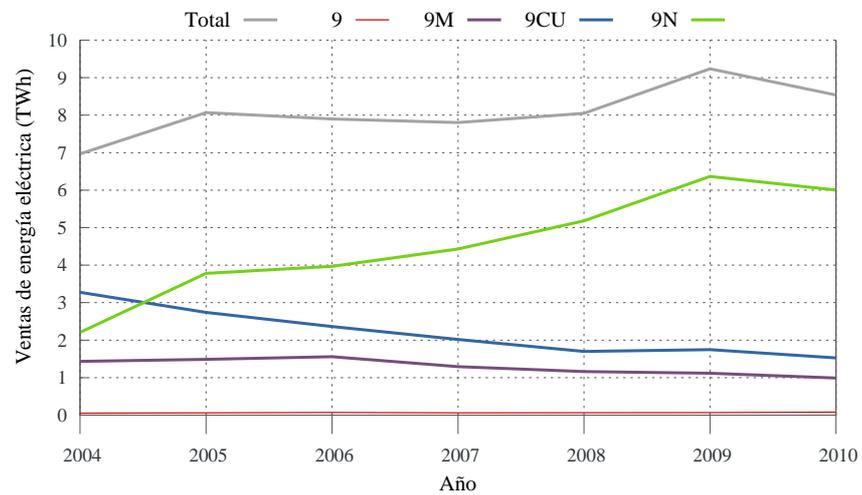
Por otro lado, resalta el hecho de que aunque el consumo registrado para la tarifa 9CU fue sólo una cuarta parte del registrado para la tarifa 9N durante 2010, la cantidad de usuarios es casi la misma para ambas tarifas.

³De las 00:00 a las 8:00 horas

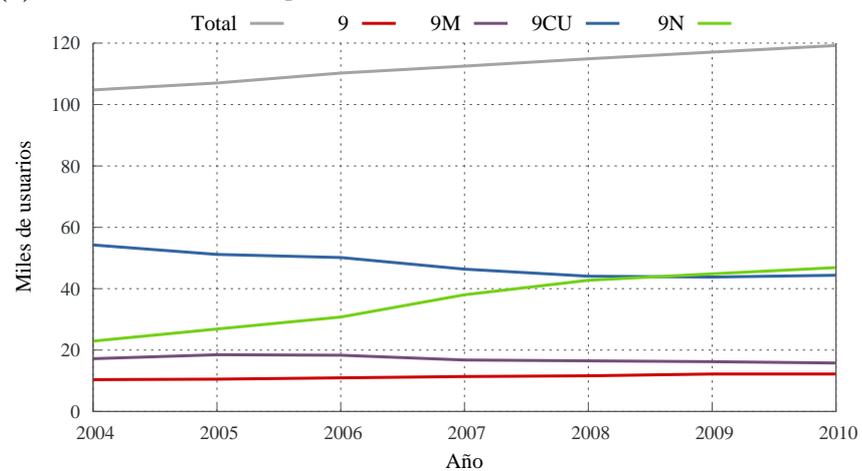
(a) Cargos oficiales por tarifa*



(b) Ventas realizadas por CFE*



(c) Número de usuarios por tarifa

**Figura 4.2:** Estadísticas de las tarifas agrícolas de energía eléctrica.

Se utilizó el INPC con base 2a. quincena de diciembre 2010=100

Fuente: (a) DOF (SHCP12); (b) y (c) SIE-SENER

Capítulo 5

Análisis de intensidad energética por actividad

La intensidad energética es un parámetro que mide la cantidad de energía que un sistema requiere para generar algún producto o realizar alguna tarea. Permite comparar el consumo de energía de un sistema a través del tiempo o respecto a otros sistemas.

La versión mas utilizada del este indicador es la que describe el uso de energía para la generación de una unidad del producto interno bruto:

$$IE = \frac{\text{Consumo de energía}}{\text{PIB}} \quad (5.1)$$

De forma ideal, se espera que un sistema pueda ser optimizado de tal forma que su intensidad energética disminuya, es decir, que a partir de ciertas modificaciones el consumo de energía utilizado para generar un peso de PIB (o cualquier otra variable) sea cada vez menor.

Otro indicador, la eficiencia energética (el inverso de la intensidad energética), describe el nivel de producción de un sistema a partir un consumo de energía dado. Estos dos indicadores han resultado esenciales en el estudio de los sistemas energéticos y en el análisis de las medida encaminadas al ahorro y uso eficiente de energía.

Desde hace 16 años, O. Masera y M. Astier señalaban que desde el punto de vista energético los sistemas alimentarios modernos (o convencionales) enfrentan un gran aumen-

to en la dependencia de combustibles fósiles y la disminución de la eficiencia energética en la producción de cultivos. De acuerdo con los autores esta situación se debe básicamente a cuatro factores: a) la aplicación de insumos de alto contenido energético que aumentan el rendimiento de los cultivos, así como la mecanización intensiva de la agricultura; b) el aumento en el consumo de fuentes de proteína animal que requieren de mayores insumos que las fuentes vegetales; y c) *“la alta especialización de la producción agrícola por producto-territorio”*, y d) *“el incremento en la demanda de alimentos altamente procesados”*. A pesar de los altos subsidios (dirigidos a energéticos y demás rubros) que este tipo de agricultura recibe en los países menos o más industrializados, no se ha logrado consolidar como un modelo que beneficie al grueso de los productores y mucho menos como uno que contribuya a satisfacer las necesidades alimentarias de la población; sin embargo, la agricultura moderna sigue siendo el paradigma predominante ante la perspectiva de abastecer el mercado internacional y nacional de alimentos (Masera96).

En la década de los 80, se obtenían en México 1.7 y 2.5 kg de maíz por cada hora de trabajo utilizando coa y animales de tiro, respectivamente; mientras que en EUA, mediante el uso de tractor era posible obtener 583-650 kg de maíz por hora de trabajo. Este aumento tan impactante en la productividad junto con el aumento de hasta en 5 veces en el rendimiento de los cultivos (kg/ha) bajo la modalidad moderna frente a la tradicional, dejó de lado un indicador menos favorable para la agricultura convencional: la eficiencia¹ de la agricultura moderna resultaba 7 veces menor que en el caso de la agricultura tradicional utilizando coa (Masera96). Aunque pareciera que este último indicador pierde importancia en un mundo que cada vez demanda más alimentos, resulta ser de gran relevancia cuando los insumos agrícolas provienen de fuentes no renovables (como en el caso del diesel y productos agroquímicos) o su carácter renovable se ve amenazado por la sobre explotación y contaminación (como sucede con el agua subterránea y el suelo).

Incluso se ha observado que el aumento en el rendimiento de los cultivos no responde indefinidamente al incremento en el uso de insumos de alto contenido energético (tipo revolución verde). De tal manera que en EUA duplicar el rendimiento del cultivo de

¹Entendida como la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de energía alimenticia. Aún bajo la misma modalidad agrícola (tradicional, moderna, etc.) la eficiencia energética varía según el tipo de cultivo

maíz, desde mediados de los 60s a 1988, requirió aumentar 10 veces el consumo de energía, mientras que en años anteriores estas dos variables parecían estar directamente relacionadas (Masera96).

El aumento de las etapas por las cuales pasan los alimentos en vez de llegar directamente a los consumidores (como la ganadería, la congelación o envasado) y las grandes distancias entre los sitios de producción y los puntos de venta al consumidor final, disminuyen aún más la eficiencia energética de gran cantidad de productos agrícolas (Masera96).

5.1. Consumo de energía y producto interno bruto, de 1990 a 2010

Como ya se ha mencionado anteriormente, los energéticos comerciales más utilizados en las actividades agrícolas son el diesel y la electricidad. Es por ello que se presenta inicialmente la intensidad energética en relación a estos dos combustibles y en seguida la correspondiente al consumo de energía para la producción aparente de fertilizantes, que se ha calculado en el capítulo anterior (Figura 5.1). Finalmente se muestra en la gráfica 5.2 un resumen con las tendencias de intensidad energética para los tres consumos energía mencionados.

5.1.1. Diesel

Como se menciona en la sección 3.1, el diesel es el energético comercial más utilizado en las actividades agropecuarias. Sin embargo, los datos disponibles no indican la proporción de diesel que consume exclusivamente el subsector agrícola, razón por la cuál se estimó dicho consumo en la subsección 3.1.1. A partir de estos valores se calcula la intensidad energética del diesel en relación al PIB agrícola (PIB_A), que se muestra en la Figura 5.0(a).

Para el periodo de estudio, que abarca de 1990 a 2010 el consumo de diesel presentó una tendencia a la alza con una tasa promedio anual de 3.77%. Del mismo modo, el PIB_A presentó el mismo comportamiento con una tasa de crecimiento de 1.34%. El coeficiente de correlación de Pearson entre el consumo de diesel estimado y el PIB_A es de 0.75

para este periodo ².

En general, la intensidad energética estimada del diesel pasó de 0.28 a 0.42 GJ por cada mil pesos de PIB_A de 1990 a 2010, un aumento del 48.41 por ciento.

El comportamiento estable del PIB_A hace evidente que la tendencia en la intensidad energética del diesel depende en mayor grado de las variaciones en el consumo del combustible. Como se puede observar en la Figura 5.0(a), entre 2006 y 2008 las tasas de crecimiento en el consumo anual fueron superiores a la los años anteriores, con valores de 37.10 %, 9.83 % y 12.68 %, respectivamente. Aunque en el caso del consumo del sector agropecuario, que contempla actividades pesqueras, se da un comportamiento similar para los años 2007 y 2008, en el caso del diesel agrícola estimado se agudiza este efecto por una disminución en el consumo de diesel marino.

Resaltando algunos de los cambios más importantes en los valores de intensidad energética, es posible señalar que las tasas decrecientes de los años 1994 y 2001 coinciden con eventos de crisis que implicaron disminución en el poder adquisitivo de los productores. Por otro lado en el año 2005 y 2009, las condiciones meteorológicas poco favorables originaron grandes pérdidas y por lo tanto una disminución del PIB_A así como del consumo de diesel en 2005 que probablemente se destinara al ciclo primavera-verano.

Adicional al impacto en 2009 de la crisis económica, en ese año el precio del PEMEX-diesel aumentó 21.44 % respecto a 2008 (considerando el precio promedio anual), afectando incluso a los beneficiarios del subsidio otorgado por la SAGARPA para quienes el aumento fue del 31.51 por ciento. Esto repercutió en una disminución del consumo de diesel de 13.02 % en todo el sector agropecuario, de acuerdo con datos del (SIE12). Sin embargo, ya que durante el mismo año el consumo de diesel por parte de los beneficiarios del subsidio se incrementó en un 24.78 %, en la estimación de diesel agrícola no se observa una disminución del consumo, aunque si una contracción de la tasa de crecimiento del 61.62 %. Los efectos de las malas cosechas y los altos precios del diesel se observan también para el año 2010.

Por otro lado, la tendencia a la alza en las tasas de consumo anual de diesel a partir de 2004, están ligadas tanto a una baja en los precios del PEMEX-diesel que se dio

²Cabe señalar que el coeficiente de Pearson es de 0.91 entre el consumo de diesel del sector agropecuario y el PIB de éste

desde el año 2000, llegando en 2003 a un precio promedio anual menor a los de los años de 1995 a 2000; así como al inicio en 2003 del *Programa de Apoyo a la Competitividad*³, por parte de la SAGARPA, que incorporó a más de 286 mil beneficiarios cuyo consumo de energía proveniente del diesel fue de 15.55 PJ, alrededor del 22% del consumo de diesel agropecuario de ese año.

5.1.2. Electricidad

A lo largo de todo el periodo de estudio, el valor promedio de intensidad energética para la electricidad es 0.17 GJ por cada mil pesos de PIB_A. Sin embargo, la intensidad energética presentó de 1992 a 2000 un primer periodo de crecimiento y posteriormente uno de estabilización, pasando de 0.15 a 0.18 GJ por cada mil pesos de PIB_A (Figura 5.0(b)). Para este lapso de tiempo, el coeficiente de correlación de Pearson entre el consumo de electricidad y el PIB_A es de 0.99.

Posteriormente, aunque entre 2001 y 2010 estas dos variables presentaron tendencias a la alza, lo hicieron de forma asíncrona (coeficiente de correlación de Pearson igual a 0.08), por lo cual la intensidad energética en ese periodo muestra varios cambios.

Al igual que en el caso del diesel, a partir de 2003 los usuarios de electricidad han recibido subsidios que en cierta medida han consolidado tasas positivas de consumo anual (ver Figura 4.2). Sin embargo, los grandes cambios en el patrón de consumo de electricidad son motivados por las condiciones meteorológicas, sobre todo, altas temperaturas (que aumentan la evotranspiración de las plantas) y la ausencia de lluvias.

Es preciso señalar que ante condiciones meteorológicas adversas para el desarrollo de los cultivos es de esperar que se generen al mismo tiempo altos consumos de electricidad, dirigidos a consolidar la producción en áreas de riego por bombeo, así como gran cantidad de hectáreas de temporal siniestradas que, impactarían negativamente en el PIB_A, dada su amplia participación en la conformación de éste (alrededor del 55% de valor de la producción agrícola (SAGARPA07)).

Este caso se presentó en 2009, cuando la lámina de lluvia (promedio nacional) no tuvo su máximo sino hasta el mes de septiembre y los niveles que alcanzó durante

³Que además contempló a la rama pesquera

el periodo de siembra (abril a octubre) fueron los más bajos de la segunda mitad de la década anterior (ver Figura 3.6). A comparación de 2008, el consumo de electricidad se incrementó en un 14 %, el pib se redujo en 5.65 % y la superficie de temporal siniestrada fue tres veces mayor⁴. Esta última representó el 12 % de la que se sembró en dicha modalidad durante el año agrícola 2009. Condiciones similares a estas se presentaron durante el año 2005, teniendo en ambos casos aumentos importantes en la intensidad energética.

Por otra parte, aumentos en el PIB_A no tienen por qué estar ligados a un aumento en el consumo de electricidad para bombeo de agua, dada la presencia de lluvias y a que más de tres cuartas partes de la superficie de riego en nuestro país utilizan métodos por gravedad. Este comportamiento sería esperado ante el desarrollo, mejora o rehabilitación de obras de irrigación que contemplen el bombeo a partir de corrientes, o el aprovechamiento de agua de pozos, que aumenten la productividad de cultivos rentables; al igual que en el caso de la tecnificación de los sistemas de riego para cultivos de alto valor comercial.

Es preciso mencionar además, que el PIB_A es sensible a las condiciones de mercado y no únicamente a las variables de producción.

5.1.3. Fertilizantes

Como parte del consumo indirecto de energía, se ha incorporado el cálculo de la intensidad energética de la producción aparente de fertilizantes (PAF) respecto al PIB_A(ver subsección 3.2.1).

Desde que el resultado mismo del consumo de energía para la PAF presenta varios cambios a lo largo de las dos décadas pasadas, se espera un comportamiento parecido para los valores de intensidad energética, sobre todo cuando el PIB_A tiene una tendencia bastante estable durante dicho periodo.

Cabe señalar que la intensidad energética aquí presentada no indica el efecto directo de la aplicación de fertilizantes sobre el PIB_A sino la relación entre la cantidad de energía que requiere la industria de fertilizantes y el PIB_A.

En general, en la Figura 5.0(c) se puede observar que aunque la mayor parte de los valores de intensidad energética caen en el rango de los 0.05 a 0.10 GJ por cada mil pesos

⁴Aún cuando la superficie sembrada fue prácticamente la misma

de PIB_A, existen dos periodos donde este indicador presentó caídas subsecuentes, de 1997 a 2001 y de 2006 a 2008, ambos relacionados con descensos en el consumo de energía para la PAF.

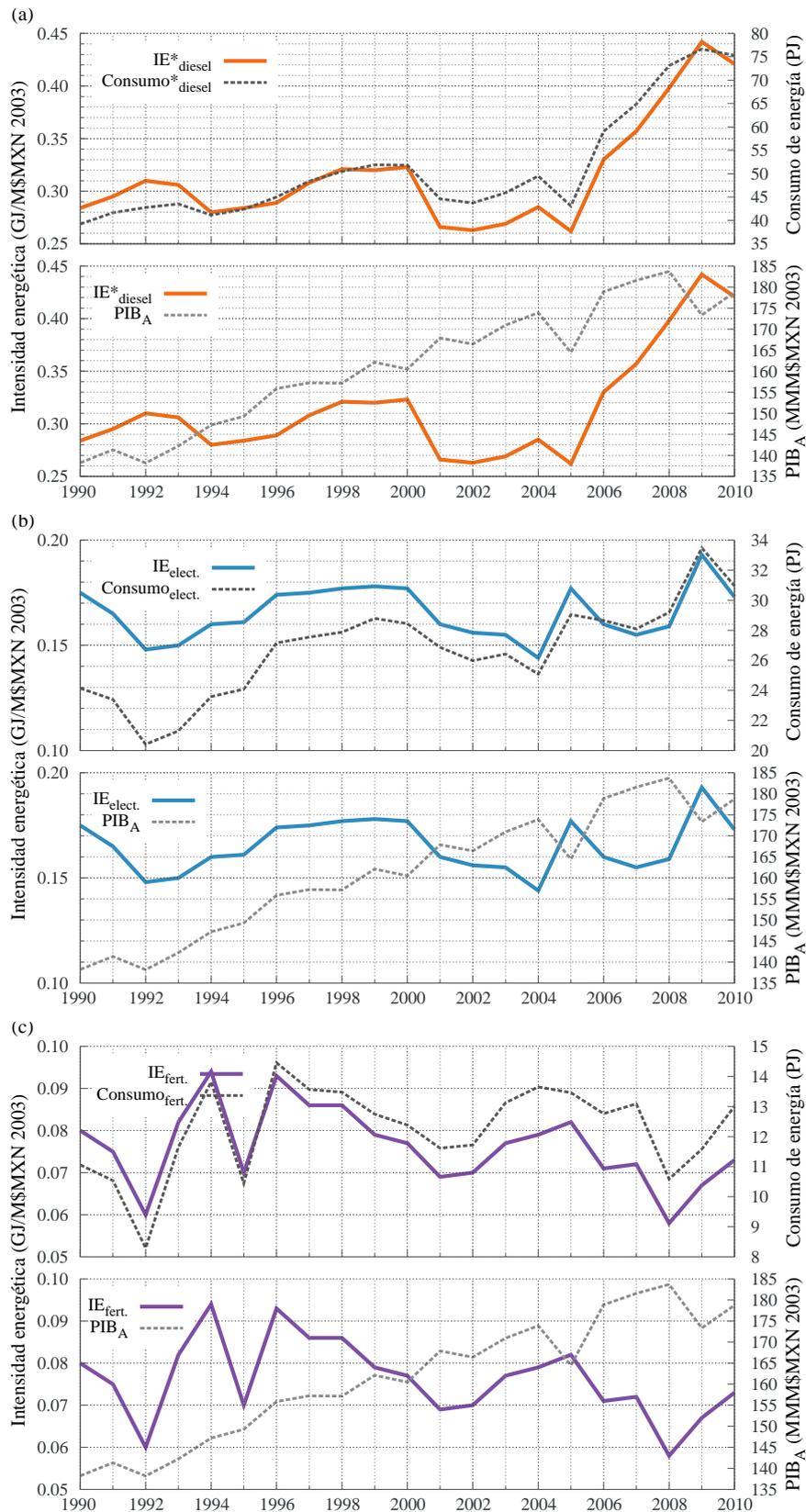
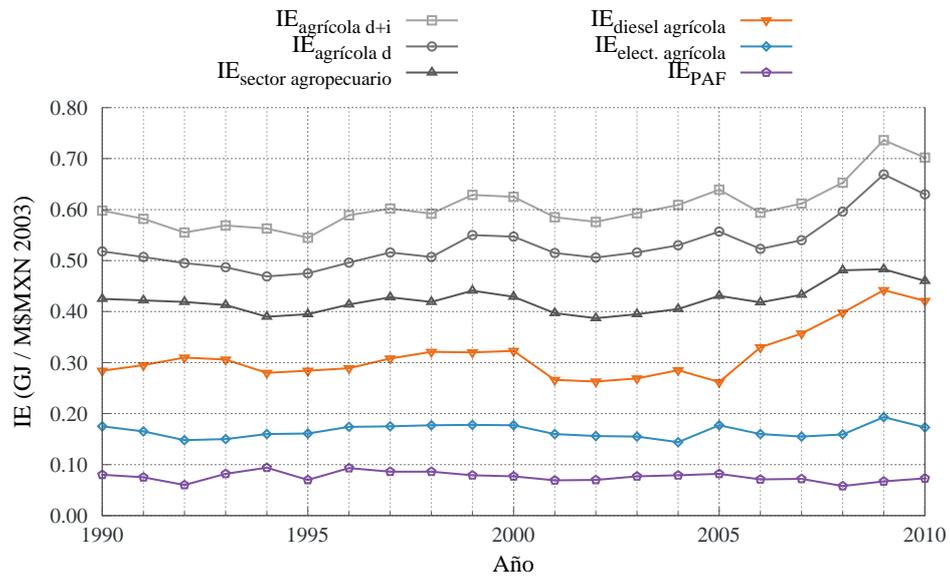


Figura 5.1: Intensidad energética. Consumo de energía respecto al PIB_A para (a) diesel, (b) electricidad y (c) PAF, 1990-2010. Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Resumen

Por último, en la Figura 5.2 se muestra la tendencia de la intensidad energética (IE) para el consumo total de energía del sector agropecuario, que incluye diesel, electricidad, querosenos y gas licuado, respecto al PIB_S; además de las tendencias de intensidad energéticas presentadas en las subsecciones anteriores.

Figura 5.2: Intensidad energética. Consumo de energía respecto al PIB para las actividades agrícolas, 1990-2010.



Fuente: Elaboración propia con datos de BIE-INEGI y SIE-SENER

d = Energía directa. Se asume que todo el gas LP y querosenos que consume el sector agropecuario son de uso agrícola. El consumo de diesel es el estimado en la subsección 3.1.1

d+i = Energía directa e indirecta. Suma de la energía directa más el consumo estimado para la PAF en la subsección 3.2.1

A partir de esta gráfica se han obtenido las siguientes observaciones.

- La IE del subsector agrícola ha aumentado en referencia al año 1990 tanto en el caso del uso directo de energía (21.47%) como en el indirecto (17.39%). Esta tendencia se observa más claramente a partir del año 1995, en ambos casos.
- Aunque la IE del sector agropecuario tienen una tendencia a la alza desde 2003, su aumento a lo largo del periodo estudiado (8.31%) es menor que el estimado para el subsector agrícola. Es importante mencionar que a partir de 2008 los valores de IE han superado a los del periodo 1990-2007.

- La IE del diesel agrícola ha mantenido una tendencia a la alza desde 2003 y ha crecido 48 % respecto al valor de 1990.
- Aunque los valores de IE para la electricidad han tenido comportamientos tanto a la alza como a la baja, los valores al inicio y final del periodo de estudio no presentan un cambio significativo (-0.85 %).
- Y por último, que la intensidad energética para la PAF muestra un comportamiento a la baja desde 1999 que generan una diferencia entre el inicio y fin del periodo de estudio de 48.17 por ciento.

5.2. Consumo de energía y la producción agrícola

En esta sección se analiza la evolución de la intensidad energética calculada como el cociente entre el consumo de energía y la superficie empleada para varios propósitos.

En la primera parte se hace referencia al consumo energía por superficie sembrada. Posteriormente se ha relacionado a cada energético con la modalidad técnica en la que participa, es decir, el consumo de diesel respecto a la superficie mecanizada y el consumo de electricidad a la superficie irrigada.

En el caso de datos referentes a la superficie sembrada e irrigada, se presentan datos de 1980 a 2010, haciendo uso del total de datos con los que cuenta el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, de la SAGARPA (SAG10b).

5.2.1. Consumo de energía por hectárea sembrada

Los valores de intensidad energética que se presentan en la Figura 5.3, muestran mayores tasas de crecimiento que las calculadas con respecto al PIB debido a que la superficie sembrada es una variable menos dinámica que el PIB. A partir de 1997 (ver Figura 2.2), el número de hectáreas sembradas se encuentra entre 21.4 y 22.1 millones. Solamente en los años de 1981 y 83, la superficie sembrada creció de forma abrupta sin que se mantuvieran dichos niveles.

En promedio, a lo largo de estas tres décadas, tres cuartas partes de la energía

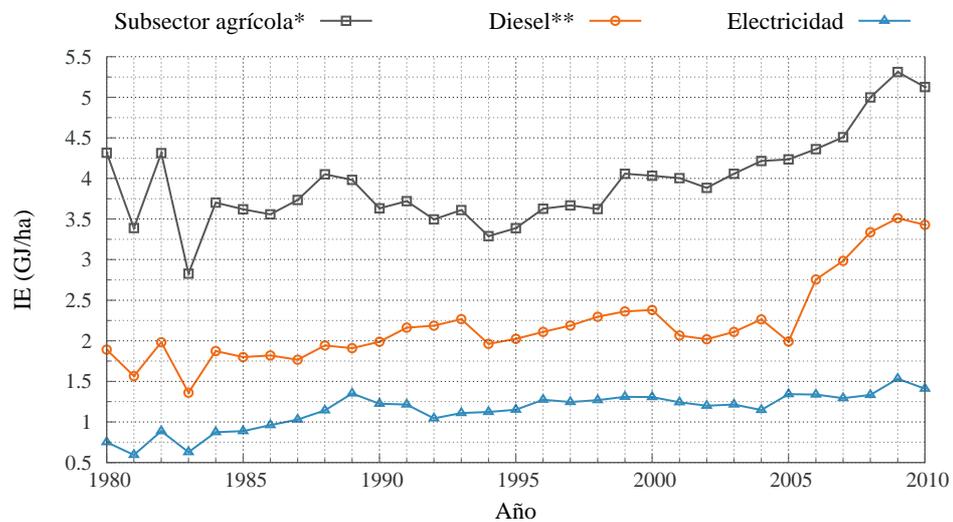


Figura 5.3: Intensidad energética. Consumo de energía respecto a la superficie sembrada, 1980-2010.

Fuente: Elaboración propia con datos de (SAG10b) y (SIE12)

(proveniente del diesel y la electricidad) consumida por hectárea sembrada, corresponden al consumo de diesel. La intensidad energética para la suma de ambos ha aumentado en un 83 % respecto a 1980 y en un 51 % de 1990. En el caso del diesel, estos valores son del 81 y 72 por ciento.

En lo que concierne a la electricidad, hasta 1989 existió un aumento exponencial en su consumo (ver Figura 3.5) que se ve reflejado en la IE. Esta tendencia fue modificada por dos eventos. El primero de con una caída en el consumo de 21.4% de 1989 a 1992 y el segundo de 11.8 % para el periodo de 2000 a 2004 (con datos del (SIE12)). Aún así, continua existiendo una tendencia al aumento, que se ve reflejada en la intensidad energética, que pasó de 0.75 GJ/ha en 1980 a 1.22 en 1990 y 1.41 en 2010. Esto implica un aumento del 88 % de 1980 a 2010, y de 15 % de 1990 a 2010.

Durante los años de 2005 y 2009 donde existió un gran retraso en la temporada de lluvia, se registraron aumentos en la intensidad energética de 0.20 GJ/ha, en ambos casos.

En general, se puede observar que tanto el uso de diesel como de electricidad por hectárea sembrada han presentado una tendencia en aumento que solamente se ha

visto afectada por periodos de inestabilidad económica que han impactado sobre todo en el consumo de diesel.

5.2.2. Consumo de diesel por hectárea mecanizada

Existen pocos datos del avance en el número de hectáreas mecanizadas. Se entiende como superficie mecanizada aquella en la cuál se utiliza tracción mecánica, sin contar, por lo tanto, las que únicamente utilizan tracción animal. Hasta el año 2012, en el que la SAGARPA a través del SIAP ha comenzado la recopilación anual de esta información, sólo se contaba con la del *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal* que lleva a cabo el INEGI cada diez años y con la que se informa en los anuarios estadísticos de cada estado vía el INEGI (procedente de las delegaciones de la SAGARPA), que desafortunadamente no ha sido registrada en todos los años productivos de manera uniforme ni para todos los ciclos y entidades. Cotidianamente, algunos informes técnicos u oficiales estiman el aumento del área mecanizada de un año a otro considerando un factor de cincuenta hectáreas mecanizadas por cada tractor adquirido.

Con el consumo de diesel estimado y datos de superficie mecanizada del (INEGI11c) para el periodo de 1994 a 2009, se ha calculado la intensidad en el uso de diesel por hectárea mecanizada, que se presenta en la Figura 5.4. En ella se observa que la intensidad energética ha crecido durante el periodo estudiado, registrando un aumento del 37.6 por ciento. Al obtener datos más precisos sobre la cantidad de hectáreas sembradas y consumo de diesel se podrían atribuir eventos que afectan la intensidad energética en este caso.

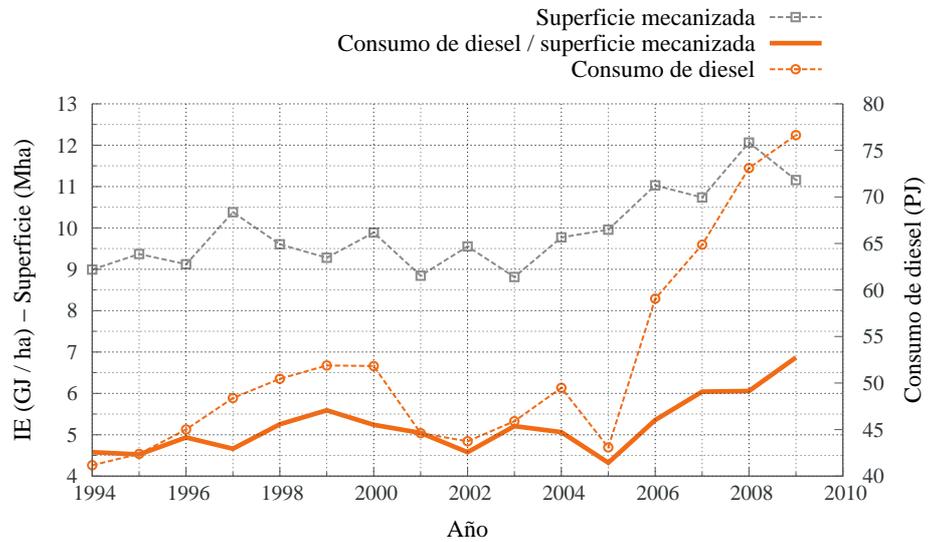


Figura 5.4: Intensidad energética. Consumo de diesel respecto a la cantidad de hectáreas mecanizadas, 1994-2010.

Fuente: Elaboración propia con datos del (INEGI11c) y (SIE12)

5.2.3. Consumo de energía eléctrica por hectárea irrigada

La cantidad de electricidad utilizada por hectárea irrigada creció 2.3 veces de 1980 a 2000, pasando de 2.6 a 5.9 GJ/ha. A pesar de que, como se observa en la Figura 5.5, el consumo de electricidad marca la tendencia en el valor de la intensidad, dado que el número de hectáreas irrigadas es un parámetro poco dinámico, en el año 200 se registró la menor superficie irrigada de 1980 a 2010. A partir de 2001 se restableció poco a poco el área irrigada hasta alcanzar los 5.6 millones de hectáreas en 2010; mientras que el consumo de electricidad tuvo un comportamiento a la baja desde 2001 hasta 2004. Bajo estas condiciones, el aumento en la intensidad del uso de energía eléctrica por hectárea irrigada no tuvo durante la década de 2000 el aumento observado en las dos décadas que le precedieron.

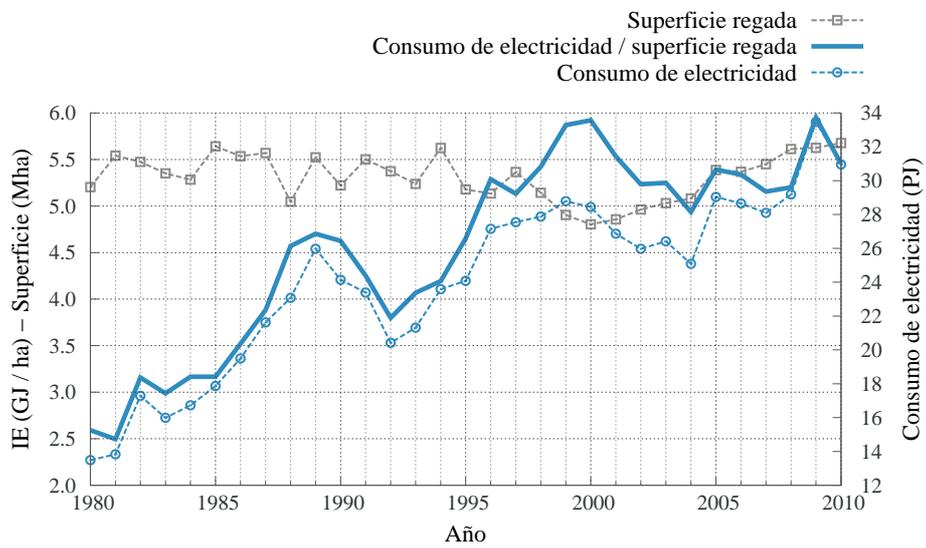


Figura 5.5: Intensidad energética. Consumo de electricidad respecto a la superficie irrigada, 1980-2010.

Fuente: Elaboración propia con datos de (SAG10b) y (SIE12)

Capítulo 6

Conclusiones

6.1. Conclusiones generales

El consumo directo de energía final en las actividades agrícolas del campo mexicano¹ aumentó 57.08 % de 1990 a 2010. El diesel aportó el 54.74 % de este consumo en 1990 mientras que en 2010 la proporción aumentó a 66.88 por ciento. Esto indica que la actividad que consume más energía es la operación de tractores y maquinaria agrícola, seguida del bombeo de agua para riego que representó el 33.70 y 27.51 % del consumo de energía en 1990 y 2010, respectivamente. El uso indirecto de energía a través de los fertilizantes, aumentó 17.61 % en el periodo estudiado, aunque su participación en el total de energía consumida (directa e indirecta) disminuyó en tres puntos porcentuales, de acuerdo con la estimación realizada.

En términos globales, aunque el diesel, la electricidad y el gas seco continúan siendo los tres principales energéticos utilizados de forma directa e indirecta, la participación del diesel ha crecido 12.28 puntos porcentuales a diferencia de los otros dos. Por otro lado, la participación de gas LP creció 3.16 puntos porcentuales, mientras que la del queroseno tiende a desaparecer, como en el caso del combustóleo.

La intensidad energética, calculada como consumo de energía entre PIB, aumentó tanto para el sector agropecuario (8.31 %) como para el subsector agrícola en las dos décadas

¹Considerando que todo el gas licuado y querosenos que consume el sector agropecuario son de uso agrícola y asumiendo los valores de diesel estimados en la subsección 3.1.1

pasadas. En el último caso, el aumento fue del 21.47% considerando el uso de energía directa, y de 17.39% incorporando el uso de energía indirecta que implica la producción aparente de fertilizantes. Esto podría suponer que el resto de las actividades agropecuarias tiene una menor intensidad energética, es decir, consumen menos energía por cada peso que aportan al producto interno bruto del sector. Sin embargo es necesario observar que tanto el consumo de energía del subsector ganadero para la producción de forraje es contabilizado como consumo agrícola y que, por otro lado, el posible consumo de electricidad de las instalaciones ganaderas (cercos, bombeo de agua) no está contemplado en los informes de la SENER como parte del consumo del sector. Los aumentos en la intensidad energética se deben básicamente al incremento en la intensidad energética del diesel. Esto coincide con la importancia que los programas del gobierno otorgan a la modernización del campo a partir de la adquisición de maquinaria que a su vez influye en el aumento del consumo del combustible.

En el caso de la electricidad, la IE se ha mantenido cercana a los 0.17 GJ por cada millón de pesos de 2010. Mientras el consumo de diesel tiene una alta correlación con el PIB y depende de los precios del diesel y de los alimentos, el consumo de electricidad presenta una correlación más débil con el PIB (sobre todo de 2000 a 2010) ya que la disminución o aumento de éste último está muy ligado al desarrollo de las zonas de temporal, de tal forma que el aumento del consumo de electricidad resguarda del mal temporal sólo la proporción de cultivos que depende de las zonas de riego que utilizan bombeo (alrededor del 12% del total de hectáreas sembradas) sin influir ampliamente en el PIB, pues el rendimiento de estos sistemas de cultivo es menos variable que los de temporal.

Sobre la IE de la producción aparente de fertilizantes, es importante indicar que aunque el ejercicio de estimar el consumo energético de esta industria nos permite evidenciar el importante aporte de energía a la agricultura mexicana a partir de usos indirectos, sería necesario considerar el consumo de las industrias de los países de donde proceden las importaciones para así poder indicar con mayor precisión la tendencia en la IE. La estimación realizada en este estudio indica que la IE en este caso, ha disminuido en un 9.05%, resultado acorde a la disminución en el consumo de energía que ha reportado la industria nacional.

Por otra parte, aunque la energía utilizada de forma directa por hectárea sembrada disminuyó de 1980 a 1994, desde 1995 hasta 2010 se ha presentado una tendencia a la alza, cuyo aumento global es de 55.83 % respecto a 1994. Los principales componentes de este indicador son el aumento en el uso de diesel y electricidad por hectárea sembrada, que fueron de 81 % y 88.13 % en el periodo de 1980 a 2010, y de 72.49 % y 15.24 % de 1990 a 2010, respectivamente.

En relación al consumo de diesel por hectárea mecanizada, es posible mencionar que los datos de 1994 a 2009 muestran una tendencia a la alza a partir de 2006, respondiendo al aumento en el consumo de diesel a partir de 2003 y así como al de la superficie mecanizada a partir de 2004.

Una de las conclusiones más importantes de esta tesis es que la intensidad en el consumo de electricidad por hectárea irrigada aumentó para 2010, 2.10 veces respecto a 1980 y 1.18 veces respecto a 1990. Es preciso recabar más datos que permitan corroborar si este aumento en la intensidad energética corresponde a factores asociados a la eficiencia del riego o tan solo a un aumento en la explotación de los cuerpos de agua.

El uso cada vez más intensivo de energía en el campo, ha repercutido en distintas formas de degradación de los recursos naturales, tales como suelo y agua.

Tal y como lo han señalado diversos autores desde hace décadas, “Lograr la sustentabilidad del sistema alimentario de México implicará cambios profundos en los patrones actuales de desarrollo agropecuario y agroindustriales, así como en los estilos de vida de la población. El impulso decidido a una producción agrícola verdaderamente ecológica y a un desarrollo agrícola basado en un mayor aprovechamiento de los recursos y sinergismos locales y regionales, son tareas indispensables para establecer una tendencia hacia esa sustentabilidad” (Masera96).

6.2. Recomendaciones

A lo largo del desarrollo de este trabajo se detectaron diversas carencias de información o dificultades para acceder esta. Al respecto se emiten las siguientes recomendaciones:

- A nivel global, es indispensable contar con mayor transparencia acerca de la proce-

dencia y captación de los datos.

- La falta de especificidad por usos finales en el Balance Nacional de Energía que publica la SENER. Aunque es claro que esta labor no es sencilla, es necesario hacer hincapié en la importancia de contar con este nivel de detalle para lograr un análisis más preciso de los sistemas económicos. Para el estudio del subsector agrícola, en particular, es indispensable desagregar la información referente al diesel agropecuario por usos finales, así como hacer más énfasis en los usos finales de gas l.p. y querosenos.
- De igual forma, dado el desarrollo heterogéneo de la tecnificación en las distintas zonas del país, resulta pertinente regionalizar los datos a fin de identificar las problemáticas y posibles soluciones de cada lugar.
- Debido a la forma en la que se llevan a cabo las actividades agrícolas, resultaría muy útil contar con una base de datos específica de los insumos que ésta consume por año agrícola, tales como agua, energéticos, además de algunos que ya se contemplan como fertilizantes y plaguicidas, entre otros. Esta medida permitiría obtener indicadores de manera más precisa, empatando la información que ya recopila la SAGARPA sobre producción, tecnificación y comercio.
- Resulta también recomendable, extender una parte del Censo Agropecuario que realiza el INEGI con el fin de obtener información básica sobre el uso de energía directa en las parcelas, que puede abarcar desde el acceso a los energéticos necesarios para el desarrollo de sus actividades hasta la implementación de dispositivos o sistemas que aumenten la eficiencia en su uso o que exploten alguna fuente renovable de energía.
- De igual forma, es preciso señalar que a partir de 2011, la SAGARPA publica a través del SIAP distintos datos que cubren casi por completo la tecnificación de la superficie agrícola, abordando la superficie mecanizada, fertilizada y que utilizó semilla mejorada, tanto para los distintos ciclos del año agrícola, como en las modalidades de riego y temporal, abarcando las distintas entidades federativas y cultivos. A este gran esfuerzo solo restaría sumarle información sobre los distintos sistemas de riego.

6.3. Trabajo futuro

- Cuantificar con mayor detalle el consumo de energía indirecta.
- Estudiar en qué grado los programas de apoyo han orientado a los productores hacia un uso más eficiente de la energía y mediante qué vías (ahorro, cambio tecnológico, etc., y cuáles son los factores limitantes.
- Identificar cómo y en qué medida han impactado los programas en materia de energéticos en los ámbitos social, ambiental y económico.
- Estimar el consumo de otras fuentes de energía renovable (solar fotovoltaica para riego).
- Estimar el potencial de ahorro de energía mediante el uso de tecnología adecuada y prácticas agroecológicas.

A largo plazo:

- Realizar estudios de la energía utilizada en el ciclo de vida de los alimentos más importantes para los mexicanos y para la economía nacional, así como de la huella de carbono de estos.

Referencias

- Arganis, J., Domínguez, M., Jiménez, E., y Guichard, R. *El agua en México: cauces y encauces*, cap. Eventos Extremos, págs. 563–594. Academia Mexicana de las Ciencias, México, 1^a ed., 2010.
- Arreguín, C., Alcocer, Y., Marengo, M., Cervantes, J., Albornoz, G., y Salinas, J. *El agua en México: cauces y encauces*, cap. Los retos del agua, págs. 51–78. Academia Mexicana de las Ciencias, México, 1^a ed., 2010.
- Birrichaga, D. *Legislación en torno al agua, siglos XIX y XX*, cap. Energía y sistema alimentario: aportaciones de la agricultura alternativa. CONAGUA, México, 2009.
- Calderón, H. *Sexto Informe de Gobierno*. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, México, 2010.
- Dovring, F. Energy use in United States agriculture: a critique of recent research. *Energy in Agriculture*, 4:79–86, 1985.
- Gaucín, P. S. D. y Torres, G. E. El Mercado de los Fertilizantes, 2011-2012. Informe técnico, FIRA-DAEC, México, D.F., noviembre 2011.
- Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., y Vera-Nuñez, J. A. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6):1261–1274, noviembre-diciembre 2012.
- Gómez, O. L. El papel de la agricultura en el desarrollo de México. Informe técnico, FAO-PLAN -27. Santiago de Chile, 1995.

- Heller, M. C. y Keoleian, G. A. Life cycle-based sustainability indicators for assessment of the U.S. food system. Informe técnico, Center for Sustainable Systems, 2000.
- INEGI, México. *Sistema para la consulta de Estadísticas históricas de México*, 2009. Sector Manufacturero; Producción de fertilizantes (1950 a 2008) URL: <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/ehm/ehm.htm>.
- INEGI, México. *Banco de Información Económica*, 2012. Cuentas Nacionales; Producto Interno Bruto URL: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie>.
- INEGI, México. *Banco de Información Económica*, 2012. Encuesta Industrial Mensual (1994 a 2008) y Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (2007 a la fecha) URL: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie>.
- Knox, J., Kay, M., y Weatherhead, E. Water regulation, crop production, and agricultural water management – Understanding farmer perspectives on irrigation efficiency. *Agricultural Water Management*, 108:3–8, 2012.
- Masera, C. O. *Crisis y mecanización de la agricultura campesina*. El Colegio de México, México, 1990.
- Masera, C. O. y Astier, M. *Ecología aplicada a la agricultura. Temas selectos de México*, cap. Energía y sistema alimentario: aportaciones de la agricultura alternativa. UAM-X, México, 1996.
- Medina, J., Vallejo, A., y Rocha, J. *Elementos a considerar para integrar las bases de política para la prevención de la contaminación del suelo y su remediación*. SEMARNAT, México, 2001. [En línea] URL: <http://www.ine.gob.mx/>.
- Moreno, V., Marañón, P., y López, C. *El agua en México: cauces y encauces*, cap. Los acuíferos sobreexplotados: origen, crisis y gestión social, págs. 79–116. Academia Mexicana de las Ciencias, México, 1^a ed., 2010.
- Ohmstede, E. A. *Legislación en torno al agua, siglos XIX y XX*, cap. Manejo del agua en México. Bosquejo de la evolución institucional federal 1926-2008. CONAGUA, México, 2009.

- Pimentel, D., Berardi, G., y Fast, S. Energy efficiency of farming systems: Organic and conventional agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 9(4):359-372, julio 1983.
- Ruelas, M., Chávez, C., Barradas, M., Octaviano, Z., y García, C. *El agua en México: cauces y encauces*, cap. Uso ecológico, págs. 237-264. Academia Mexicana de las Ciencias, México, 1ª ed., 2010.
- SAGARPA, México. ASERCA, 2010. Diesel agropecuario URL: http://www.aserca.gob.mx/artman/publish/article_1234.asp.
- SAGARPA, México. SIAP, 2010. Agricultura; Producción anual URL: <http://www.siap.gob.mx/>.
- SAGARPA, México. *Programas de apoyo de la SAGARPA 2012*, 2012. Programas por componente URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/programassagarpa/Paginas/default.aspx#>.
- Schnepf, R. Energy use in agriculture: Background and issues. Informe técnico, Congressional Research Service - The Library of Congress, EUA, Noviembre, 19 2004.
- SENER, México. *Sistema de Información Energética*, 2012. URL: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController> [Consulta: ene-oct 2012].
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., et al. Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Informe técnico.
- AQUASTAT. General summary Latin America and the Caribbean, water resources. Informe técnico, FAO, 2000. URL: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/lac/index3.stm.
- CONAGUA. Estadísticas del Agua en México, edición 2010. Informe técnico, México, D.F., Marzo 2010.
- CONAGUA. Atlas del Agua en México 2011. Informe técnico, México, D.F., Septiembre 2011.

- FAO. 6. Enseñanzas de la revolución verde: hacia una nueva revolución verde. *En Documentos técnicos de referencia*. 1996. Cumbre Mundial sobre Alimentación.
- FAO, CEPAL, y IICA. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe. Informe técnico, IICA, 2009.
- INEGI. *Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal [En línea]*. Aguascalientes, México, 2009. URL: <http://www.inegi.org.mx>.
- INEGI. *Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos*. Exportación e Importación (1990-2002). Aguascalientes, México, 2011. [En línea (datos a partir de 2000)] URL: <http://www.inegi.org.mx>.
- INEGI. *México en cifras*. Medio Ambiente - ambiente natural (suelo). 2011. [En línea] URL: <http://www.inegi.org.mx>.
- INEGI. *México en cifras*. Actividades primarias - superficie mecanizada. 2011. [En línea] URL: <http://www.inegi.org.mx>.
- INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas económicas y ecológicas de México, 2005-2009 [En línea]*. Aguascalientes, México, 2011. URL: <http://www.inegi.org.mx> [Consulta: 25-oct-2012].
- INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas económicas y ecológicas de México, 2006-2010 [En línea]*. Aguascalientes, México, 2011. URL: <http://www.inegi.org.mx> [Consulta: 25-oct-2012].
- SAGARPA. Programa sectorial de desarrollo agropecuario y pesquero 2007-2012, 2007.
- SEMARNAT. *Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México 2010*. México, 2012. [En línea] URL: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores_2010_cd/.
- SENER. Balance nacional de energía 2010. Informe técnico, México, D.F., 2011.
- SHCP. Acuerdo que autoriza el ajuste y reestructuración a las tarifas para suministro y venta de energía eléctrica. *Diario Oficial de la Federación* [En línea]. Fechas de publicación:

- [2003] 07-ene, 7-jul, 8-ago; [2005] 19-jul; [2006] 29-dic; [2007] 21-dic, 2012. Consultado el 20-09-2012, en URL: <http://dof.gob.mx/>.
- SIAMI. Sistema de Información Arancelaria Vía Internet v. 4 (2003-2011). Volumen de exportación e importación de fertilizantes (Partida: 3102 a 3105). *Secretaría de Economía*. México. URL: <http://www.economia-snci.gob.mx:8080/siaviWeb/siaviMain.jsp> [Fecha de Consulta: 20-09-2012].
- Toledo, V. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. *Agroecología e Desarrollo Rural Sustentável*, 3(2):27–36, abril-junio 2002.
- Turrent, F. A. y Cortés, F. J. I. Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: I. producción y sostenibilidad. *TERRA Latinoamericana*, 23(2):265–272, abril-junio 2005.
- Victoria, J. *Retos medioambientales de la industria alimentaria*, cap. La huella de carbono, págs. 27–54. Universidad de Burgos, Madrid, España, 2012.
- Willaarts, B. y C.A., G. *Retos medioambientales de la industria alimentaria*, cap. El papel de la huella hídrica en la seguridad alimentaria, págs. 55–63. Universidad de Burgos, Madrid, España, 2012.
- Winpenny, J., Heinz, I., Koo-Oshima, S., Salgot, M., Collado, J., Hernandez, F., y R., T. The wealth of waste: The economics of wastewater use in agriculture. *FAO water reports* 35, FAO, Roma, 2010.
- Ávila, J. A. El mercado de los fertilizantes en México/Situación actual y perspectivas [En línea]. *Problemas del Desarrollo*, 32(127):189–207, oct-dic 2001. URL: <http://www.ejournal.unam.mx/pde/pde127/PDE12708.pdf> [Consulta: 30-sep-2012].

Glosario

Año agrícola Extensión temporal de los ciclos productivos primavera-verano y otoño-invierno. Inicia el primer día de octubre de cada año n y concluye el último día de marzo del año $n + 2$, abarcando así 18 meses. En algunos casos (como es el de la CONAGUA el año agrícola abarca de octubre a septiembre del año siguiente). 17

Combustóleo Combustible residual de la refinación del petróleo. Se utiliza principalmente en calderas, plantas de generación eléctrica y motores para navegación. 47

Cuota Energética Volumen de consumo de electricidad (kilowatt-hora) o diesel (litros) determinado por la SAGARPA para los beneficiarios de subsidios. 56

Gas LP (Gas licuado de petróleo). Combustible que se obtiene de la destilación del petróleo y del tratamiento de los líquidos del gas natural. Incluye butano, iso-butano y propanos. Se utiliza principalmente en los sectores residencial, comercial y transporte. 52

Gas seco Hidrocarburo gaseoso obtenido como subproducto del gas natural en refinerías y en plantas de gas después de extraer los licuables. Se compone por metano y pequeñas cantidades de etano. Incluye gas residual y gas seco de refinerías. El gas seco es utilizado como materia prima en la industria petroquímica. 47

Queroseno Combustible líquido compuesto por la fracción del petróleo que se destila entre 150 y 300 °C. Los querosenos se clasifican en turbosina, combustible con un grado especial de refinación que posee un punto de congelación más bajo que el querosén

común y se utiliza en el transporte aéreo para motores de turbina; y en otros querosenos, que se utilizan para la cocción de alimentos, alumbrado, motores, equipos de refrigeración y como solvente para asfaltos e insecticidas de uso doméstico. 35

Subsector agrícola Es el conjunto de actividades orientado a la explotación de la tierra y agua para la producción de alimentos y fibras de origen vegetal. 7

Unidad de Producción Es el conjunto formado por los terrenos con o sin actividad agropecuaria o forestal en el área rural o con actividad agropecuaria en el área urbana, ubicados en un mismo municipio; los animales que se posean o críen por su carne, leche, huevo, piel, miel o para trabajo, independientemente del lugar donde se encuentren; así como los equipos, maquinarias y vehículos destinados a las actividades agrícolas, pecuarias o forestales; siempre que durante una temporada o año agrícola, todo esto se haya manejado bajo una misma administración. 15

Uso directo Un uso directo de energía es el que se realiza en la unidad de producción, tal como el uso de electricidad para bombeo de agua o el uso de diesel para labrar la tierra o recolectar la producción. 31

Uso indirecto Un uso indirecto de energía es todo aquel que se lleva a cabo fuera de la unidad de producción con la finalidad de fabricar los insumos que ésta requiere. 31