

FORO DE CONSULTA PERMANENTE



# El Agua y la Energía en la Cadena Alimentaria: Granos Básicos



**EL AGUA Y LA ENERGIA EN LA CADENA ALIMENTARIA**  
**Granos Básicos**

PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ENERGIA  
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ALIMENTOS  
COORDINACION DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONOMICAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FORO DE CONSULTA PERMANENTE**

**EL AGUA Y LA ENERGIA EN LA  
CADENA ALIMENTARIA**  
**Granos Básicos**

*Compiladores*

*Mariano Bauer*

*Isabel Chong*

*Ernesto Moreno*

*Juan Quintanilla*

*Felipe Torres*

**PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ENERGIA  
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ALIMENTOS  
COORDINACION DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONOMICAS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Primera edición: 1994

DR © 1994, Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria, 04510 México, D. F.

Programa Universitario de Energía

Programa Universitario de Alimentos

Instituto de Investigaciones Económicas

Impreso y hecho en México

ISBN 968-36-4052-4

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

## **Rector**

Dr. José Sarukhán Kermez

## **Secretario General**

Dr. Francisco Barnés de Castro

## **Secretario Administrativo**

Dr. Salvador Malo Alvarez

## **Abogado General**

Lic. Fernando Serrano Migallón

## **Coordinador de la Investigación Científica**

Dr. Gerardo Suárez Reynoso

## **Directora del Instituto de Investigaciones Económicas**

Dra. Alicia Girón González

## **Director del Programa Universitario de Alimentos**

Dr. Ernesto Moreno Martínez

## **Director del Programa Universitario de Energía**

Dr. Mariano Bauer Ephrussi



# **FORO DE CONSULTA PERMANENTE SOBRE EL AGUA Y LA ENERGIA EN LA CADENA ALIMENTARIA Granos Básicos**

## **Contenido**

Foros de Consulta Permanente	XIII
Prólogo	XV
Documento de Presentación del Tema	XXVII
Temario y Agenda	XLVII
Apertura y Presentación del Foro	XLIX
Conclusiones	LVII
Participantes	LXIX

## **Ponencias**

<b>Producción de Granos Básicos y Políticas Agropecuarias</b> Yolanda Trápaga Delfín	1
<b>La Política Agrícola en la Producción de Granos Básicos</b> Daniel Muñoz Ríos	11
<b>La Situación Alimentaria en México</b> Heleodoro Jiménez Trejo	29
<b>Cultivos Básicos: Cifras y Metodología</b> Angel Alcalde Blanco	39

<b>La Producción e Investigación de Frijol en México</b>	51
Abelardo Núñez Barrios	
<b>La Producción de Arroz y el Impacto de la Investigación Arroceras en México</b>	57
Leonardo Hernández Aragón	
<b>La Producción de Trigo y la Investigación en México</b>	91
Eduardo Villaseñor Mir Eduardo Espitia Rangel	
<b>Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica en Unidades de Riego por Bombeo</b>	105
Severo de la Cruz Campa	
<b>Diagnóstico para el Desarrollo de los Distritos de Riego</b>	123
Tomás Valenzuela Ruiz	
<b>El Agua y la Competencia Ciudad-Campo</b>	135
Javier Delgadillo Macías	
<b>Hidroelectricidad en la República Mexicana</b>	169
Leopoldo Arceo Tena	
<b>Tecnología Hidroagrícola para un Desarrollo Rural Sustentable</b>	177
Alvaro Aldama Rodríguez Poliopetro Martínez Austria Nahúm Hamed García Villanueva	
<b>Contribución de la Industria Petroquímica a la Cadena Alimentaria</b>	203
Manuel Mijares Bravo	
<b>Precio del Diesel para Uso Agrícola</b>	209
Jorge Villalobos Montalvo Yolanda Mendoza Medellín	
<b>Uso de la Energía Solar en el Secado de Maíz</b>	225
Felipe Muñoz	

---

<b>Situación de la Producción y el Consumo de Fertilizantes en México</b>	235
Jorge Bazúa Rueda	
<b>Ahorro de Agua y Energía en una Planta Enlatadora</b>	245
Amalia González Torres	
<b>El Almacenamiento de Granos dentro del Proceso de Comercialización en México</b>	253
Miguel Carrillo Villareal Joaquín Arias Velázquez	
<b>El Almacenamiento de Granos Básicos</b>	261
Jacobo Godínez Castillo	
<b>Almacenamiento y Conservación de Granos Básicos: El Maíz</b>	273
Ernesto Moreno Martínez	
<b>Los Procesos de Conservación y Transformación en la Industria Alimentaria</b>	291
José Luis Arjona Román	
<b>La Comercialización de Granos Básicos: Maíz y Frijol</b>	301
José N. Iturriaga	
<b>El Ferrocarril como Eslabón más Importante en la Cadena de Distribución de Granos Básicos</b>	305
José David Castro Serrato	
<b>El Transporte de las Importaciones de Graneles Agrícolas</b>	323
Margarita Camarena Lurhs Mario Salgado Viveros	
<b>Modelos Alternativos Energéticos</b>	343
Fernando Tudela	
<b>Etnoecología y Estrategia Campesina de Producción de Alimentos: Criterios para un Modelo Alternativo</b>	351
Víctor Toledo Manzur	

**La Agricultura Mexicana: un Modelo en Transición** 377  
Felipe Torres Torres

**La Biotecnología y su Aporte en la Producción de los Granos Básicos** 399  
Susana Azpíroz Rivero

**Biotecnología Agrícola** 419  
Federico Sánchez  
Ernesto Moreno Martínez

## FOROS DE CONSULTA PERMANENTE

El Programa Universitario de Energía se propone llevar a cabo una serie de foros de consulta sobre diversos temas en el área de la energía. El objetivo y el mecanismo general de desarrollo de estos foros se describen a continuación.

El objetivo fundamental es obtener información actualizada sobre el tema y confrontar las propuestas de acción que dé un grupo reducido de expertos de dentro y fuera de la UNAM, de tal manera que los resultados obtenidos constituyan una orientación para las actividades de la Universidad en estos campos.

Para conseguir este objetivo, se propone el foro de consulta como una sesión de trabajo de un día completo en la que, después de una exposición más o menos breve de la problemática, los especialistas invitados respondan preguntas específicas y hagan propuestas concretas para definir y orientar la labor universitaria apropiada y elucidar su vinculación con la de otros sectores.

Como resultado de la sesión, se elaborará un documento de trabajo guía que, después de ser revisado por los participantes, será difundido por el Programa Universitario de Energía.

El documento guía no debe considerarse ni exhaustivo ni definitivo, sino el inicio de una labor permanente. Su difusión tiene el propósito de despertar el interés de otras personas conocedoras del asunto cuya participación será bienvenida en foros de consulta subsiguientes.

Cada foro de consulta tiene uno o varios coordinadores que son los encargados de elaborar un documento de presentación del tema, así como las preguntas a cuya respuesta se abocarán los participantes. El foro se divide en dos partes: durante la primera, el grupo de expertos propondrá la información y hace las propuestas sobre problemas en cuestión; durante la segunda, se elabora el documento de trabajo guía.



## PROLOGO

En la actualidad tenemos cierto grado de evidencia sobre la seriedad de los problemas de población, recursos y medio ambiente a nivel mundial; problemas de pobreza y de hambre, deforestación y pérdida de especies, erosión de los suelos y desertificación, escasez del agua y contaminación del aire y agua, precipitación ácida y reducción de la capa de ozono así como el efecto invernadero y el cambio climático global.

Para muchos de estos problemas se han identificado potenciales soluciones y en cierta medida se está dando el surgimiento de un consenso de cómo implantarlas. Un creciente número de personas está comenzando a reconocer que sus objetivos y actividades de largo plazo son mutuamente dependientes y no mutuamente exclusivos. Es claro que las tensiones entre pobreza y medio ambiente están inextricablemente ligados; que muchos de los problemas ambientales globales tienen sus raíces en condiciones locales; que la conservación, la reducción de desperdicios y el reciclado pueden ser benéficos desde el punto de vista económico; que la acción a nivel local es, a menudo, el primer paso hacia la solución global.

Un primer paso hacia la acción lo constituye el mejor conocimiento y comprensión de las complejas interrelaciones entre los principales problemas globales y algunas de sus potenciales soluciones. Los temas que habremos de considerar y estudiar son muchos y entre ellos, seguramente, se habrán de encontrar los siguientes: la capacidad de proveer; el crecimiento poblacional; el desarrollo y el medio ambiente; alimentos y agricultura; diversidad biológica; selvas tropicales, océanos y recursos costeros; agua fresca; minerales no combustibles; energía; aire, atmósfera y clima; sustancias peligrosas; gestión de residuos sólidos y muchos otros.

A pesar de la creciente atención que se ha dado a la naturaleza y causas de estos problemas globales, existen obstáculos políticos, sociales y económicos que continuamente retardan el progreso hacia las soluciones. Quizás, una de las formas más constructivas hacia la solución de estos problemas sea el de ayudar a salvar estos obstáculos proporcionando informa-

ción básica de los problemas de población, recursos y medio ambiente; demostrando que están interrelacionados; cómo afectan las vidas de los ciudadanos de un país, región o provincia; cuáles han sido los esfuerzos exitosos para mitigar o resolver los problemas; proposición de soluciones alternativas basadas en la mejor información disponible; sugiriendo y recomendando cómo pueden participar los individuos y grupos en el logro de las soluciones y dando fuentes de información adicional y de asistencia.

En cierta forma podemos decir que la presente línea de desarrollo económico y social está causando serio daño ecológico al planeta, que está fallando en lograr cerrar la brecha en el ingreso per cápita entre norte y sur y que por ello no es sustentable en el largo plazo. Es claro que habrá que buscar y encontrar las oportunidades para un cambio de curso y movernos hacia nuevos esquemas de desarrollo que tengan, en el futuro previsible, mayores probabilidades de sustentabilidad.

Es bien claro que la gran mayoría, si no es que todos, de los temas mencionados tienen un alto grado de interdependencia, por ejemplo, pobreza contribuye al daño del medio ambiente y la degradación ambiental exacerba la pobreza. Así la producción de alimentos tiene relación e impacto en las selvas tropicales (aspectos de deforestación), en la disponibilidad de agua natural (como una de las causas principales del agotamiento y contaminación de la misma), en la población, etcétera.

Hasta muy recientemente, los problemas ecológicos y de recursos naturales presentaban la característica de ser más o menos localizados. Así, por ejemplo, la erosión de los suelos desde el punto de vista histórico ha sido un problema local y las civilizaciones afectadas han visto su agricultura disminuida por la erosión y pérdida de fertilidad del suelo y con ello han caído en el aislamiento o en el mejor de los casos emigrado a nuevas tierras. Sin embargo, en el mundo actual, de economía interdependiente, alimentos y energía se han convertido en mercancías de carácter global y por ello escasez y cambios de precio en una región tienen implicaciones de carácter global. Un país que pierde fertilidad de sus suelos se verá obligado a importar más alimentos y con ello causará presión sobre las tierras de labranza en otras regiones. Cambios en los precios del petróleo tendrán efectos en muy diversas áreas económicas de los países importadores en el mundo.

Paralela a la creciente interdependencia económica del planeta se encuentra la creciente interdependencia ecológica. Las ligas entre los sistemas naturales terrestres de agua, tierra, aire y materia viviente son de carácter global. La perturbación de cualquiera de ellos puede afectar a los restantes en formas complejas e inesperadas que pueden estar distantes en el espacio y el tiempo.

Los problemas sociales, ecológicos y de recursos a nivel terrestre son altamente interdependientes. Cuestiones de pobreza, rápido crecimiento poblacional, agotamiento de recursos y degradación ambiental están fuertemente relacionados. El creciente número de humanos y ampliación de las disparidades en poder económico y político contribuyen al agotamiento de los recursos y al daño ambiental, la degradación de los recursos y calidad ambiental afectan la vida de las personas. De aquí que la degradación ambiental y agotamiento de recursos puedan contribuir fuertemente a la inestabilidad económica y política en un país, región o macrorregión. Estos problemas, individual o colectivamente, ponen en peligro nuestra seguridad en forma tal que las políticas y estructuras de gobierno actuales pueden no dirigir adecuadamente e inclusive pueden empeorarla.

Estudios tales como el publicado en 1987 por el WCED (***World Commission on Environment and Development***) muestran aspectos positivos y negativos de la situación a nivel mundial. Por el lado positivo se dice que la esperanza de vida humana está creciendo, que la mortalidad infantil está disminuyendo, que la alfabetización está creciendo, que las innovaciones técnicas y científicas son prometedoras y que la producción global de alimentos está creciendo más rápidamente que la población mundial. Sin embargo, por el lado o aspecto negativo indica que la capa superficial del suelo se está erosionando y que los desiertos se están expandiendo, que las selvas están muriendo y desapareciendo, que la contaminación del aire está calentando la tierra y disminuyendo la capa de ozono, que los programas de desarrollo están fallando en su cometido de reducir la distancia entre ricos y pobres y que la industria y la agricultura están incorporando sustancias tóxicas en la cadena alimentaria y en los suministros subterráneos de agua.

Independientemente de lo atinado del panorama y el contenido y del análisis de la situación global, valiosa y bien documentada, su contribución

más relevante consiste en haber forzado e inducido un diálogo y debate global sobre el concepto de desarrollo sustentable. Diálogo que ha hecho posible la concurrencia de una amplia gama de experiencias, perspectivas, talentos e intereses en busca de soluciones creativas y exitosas a nuestros problemas comunes.

El crecimiento del número de humanos y sus impactos sobre los recursos de la tierra se han acelerado fuertemente desde fines de la Segunda Guerra Mundial. La producción de alimentos, energía y mercancías industriales está asociada con mucho al deterioro del sistema que soporta la vida en la tierra. Entre 1950 y 1986, la población mundial se duplicó, el consumo mundial de granos se incrementó 2.6 veces, el uso de energía creció en 3.6 veces, el producto económico se cuadruplicó y la producción de bienes manufacturados se incrementó en siete veces. Durante ese mismo período la producción de organoquímicos sintéticos (los que constituyen una de las mayores fuentes de contaminación de agua y aire) creció fuertemente a nivel mundial, a manera de ejemplo, en los Estados Unidos el crecimiento fue de nueve veces.

Cualquiera que sea la situación resulta bastante claro que el uso que hacemos los humanos de la tierra, agua, aire, selvas y otros recursos naturales que soportan la vida en la tierra está causando cambios irreversibles en esos recursos y que tales cambios están empujando a los recursos naturales a umbrales, más allá de los cuales estos recursos no podrán absorber tales usos sin daño permanente.

También resulta claro que no hay límites precisos al crecimiento de población o uso de los recursos más allá de los cuales el desastre sea inevitable, sin embargo, si tenemos claros los límites al uso de energía no renovable, tierra, agua y otros recursos en términos de costos crecientes, disminución de retornos y deterioro de la calidad más que en la forma de una súbita pérdida del recurso.

La mayoría de las naciones carecen de la habilidad para monitorear el cambio, para disponer de proyecciones de largo plazo de las tendencias y anticipar el impacto de interacciones entre factores tales como tamaño de la población, suministros de comida, agua, energía y otros recursos. Incluso

en muchas ocasiones, países que cuentan con esta capacidad no son muy exitosos en ligar los resultados de las proyecciones existentes con el proceso de toma de decisiones. Preveer no es predecir, ni planificación central o someterse a los modelos matemáticos o computacionales. Más bien, es un proceso de conectar la mejor información disponible en el proceso de toma de decisiones por medio de la *liason* del análisis y la decisión y con ello la obtención de la mejor descripción disponible de las implicaciones potenciales de diferentes cursos de acción y políticas.

Independientemente de la tendencia al crecimiento de los agregados globales en la producción de alimentos, cerca de mil millones de personas, casi una quinta parte de la población global, no consume suficientes calorías para llevar a cabo una vida activa de trabajo y recreación. La erosión, como ya se mencionó, está degradando las cosechas en casi todas las grandes y más importantes regiones agrícolas del mundo, la cantidad de hectáreas a nivel mundial se está reduciendo y la producción de granos *per cápita* en algunas regiones está disminuyendo (Africa, India y algunas regiones de América Latina). Por otra parte la ineficiente o inadecuada irrigación de los cultivos está agotando los suministros de agua subterránea y dañando los suelos en diversas áreas y los químicos en la agricultura están contaminando las aguas subterráneas y superficiales con la consecuente afectación de la vida humana y animal de las regiones. Aunado a esto se tiene el problema de las selvas tropicales que contiene más de dos tercios de todas las plantas y especies de animales y que es fuente de muchos alimentos, medicinas y productos industriales.

El sistema producción de alimentos de los Estados Unidos está considerado como una maravilla productiva ya que poco menos del tres por ciento de la población estadounidense vive de la actividad agrícola y produce suficiente para alimentar a los Estados Unidos y proporcionar el 85 por ciento del suministro mundial de alimentos. Se puede notar que el éxito del sistema está basado en el apoyo, que tienen los agricultores, proveniente de un extenso sistema educativo y de investigación. Los logros de su sistema educativo proporciona grandes cantidades de personal entrenado y en la parte de investigación los resultados han sido impresionantes en áreas de resistencia a las enfermedades, habilidad para incorporar los fertilizantes y resistencia a la sequía. Cualquiera que sea la situación, se puede concluir que el

éxito del sistema alimentario de los Estados Unidos se basa en cinco elementos centrales, a saber:

- a) Gran disponibilidad de tierras fértiles;
- b) Clima favorable para la agricultura;
- c) Disponibilidad de energéticos (crudo, gas, carbón e hidroelectricidad);
- d) Gran cantidad de personal con capacidad de trabajo; y,
- e) Tecnología agrícola avanzada.

Por cerca de dos siglos estos factores se han combinado para producir los resultados mencionados. Sin embargo, el sistema de suministro alimentario de este país presenta aspectos de vulnerabilidad. Los peligros y vulnerabilidad que presenta son de corto y largo plazo, por ejemplo, una huelga de los transportistas (corto plazo) puede privar de suministro de alimentos a toda la parte noreste del país. Otro aspecto que puede poner en peligro al sistema es la posibilidad de colapso económico del sector agrícola estadounidense debido a la deuda del sector, incluso algunos observadores americanos afirman que los agricultores están en bancarota, que no se ve posibilidad alguna para que ellos paguen sus deudas o que eviten endeudarse aún más. Dentro de los aspectos de vulnerabilidad de largo plazo se tienen los efectos provenientes de la erosión de la capa superficial del suelo, la pérdida de tierras de labranza, la dependencia en una fuente de energía que se está agotando y cuyo precio se incrementará, la dependencia en una base de minerales que se está agotando, el uso desmedido de pesticidas y fertilizantes sintéticos que afectan al suelo, el uso no sustentable del agua, etcétera. El sistema parece mantener la ilusión de éxito ilimitado, pero los fundamentos del sistema están siendo minados lenta, callada e inexorablemente. De hecho el peligro más grande que se presenta es que el problema resulte crítico antes de que se den cuenta de la seriedad del mismo.

Muchas de las características que hemos mencionado en el párrafo anterior para el sistema agrícola americano, se presentan en el caso del sis-

tema agrícola mexicano, desde luego, sin que este último, desde hace algún tiempo, pueda compartir el adjetivo de exitoso que se confiere al sistema americano.

En el aspecto de la transportación de los alimentos, México cuenta, básicamente, con tres medios para el movimiento de los alimentos: el auto-transporte, el ferrocarril y el marítimo. Con mucho, los movimientos por autotransporte dominan el panorama, seguidos por el ferrocarril y finalmente el marítimo. Con todo y que el ferrocarril y el marítimo son mucho más eficientes desde el punto de vista energético se emplea más comúnmente el auto-transporte, excepto para el transporte de granos a grandes distancias. El autotransporte domina, en muy altos porcentajes, el transporte de ganado, frutas y vegetales frescos, carne fresca y congelada, productos lácteos, bebidas y otros. Por ello podemos decir que el presente sistema de transportación de alimentos es crecientemente intensivo en energía. Algunas estimaciones indican que el autotransporte emplea, cuando menos, tres veces más energía por tonelada-km que el ferrocarril, que los combustibles representa del orden o poco más del 30 por ciento de los costos de operación. En cambio el ferrocarril tiene costos de operación menores y sin embargo maneja un porcentaje menor de la carga. Parte de las razones de la declinación del uso del ferrocarril se debe a la construcción de carreteras, que ayudaron a impulsar el uso del autotransporte de carga, y a los problemas crónicos del ferrocarril, esto es, grandes retrasos, inflexibilidad, dificultades financieras y falta de confiabilidad. Es de esperarse que el uso de sistemas de contenedores y otras modalidades de transportación por ferrocarril regresen parte de la carga de larga distancia al ferrocarril.

Excepto por los granos, muy pocos alimentos son enviados por barco, independientemente de su eficiencia energética estas grandes embarcaciones se ven limitadas en cuanto a las áreas que pueden servir y para máxima eficiencia deben transportar grandes cantidades de alimentos lo que hace que la refrigeración sea muy difícil.

Por otra parte la transportación de alimentos por medio de camiones presenta toda una gama de problemas asociados con el tamaño y peso de los vehículos cargados, problemas tales como daño a carreteras y vías de comunicación. Además, se presentan otra serie de costos, digamos costos

ocultos (putrefacción y daño durante la transportación a grandes distancias), que son más difíciles de evaluar. Independientemente de los aspectos mencionados es de considerarse que existen fuertes vulnerabilidades en esta parte de la cadena alimentaria.

En el aspecto energético, con la excepción de la energía solar empleada como fuente de energía por las plantas el sistema alimentario mexicano, en su totalidad o casi totalidad (agrícola, transporte, procesado y materia prima) está alimentado energéticamente por combustibles fósiles. Debido a que estos combustibles son finitos, a que sus precios se han estado incrementando y a que están sujetos a los cambios de política internacional, la dependencia es altamente riesgosa en gran número de países. Sin embargo, en el caso de México, este último aspecto no parece ser muy importante, por el momento, a menos que se tenga algún giro radical en la política energética del país.

El consumo energético (uso final) del país ha venido creciendo de manera sistemática como se observa en las Figuras 1 a 8 del documento de presentación. Se observa que el sector agropecuario es el menos demandante de los sectores en el uso final de energía. En 1991 representó el 2.7 por ciento del consumo final de energía a nivel nacional y también es el sector cuya demanda ha crecido más lentamente desde 1965 a la fecha, durante ese periodo su tasa promedio de crecimiento anual fue de 3.2 por ciento. Hasta 1973, la kerosina fue el principal combustible y a partir de ese año el diesel tomó el primer lugar como consecuencia de la importancia que adquirió la mecanización e irrigación en las actividades agrícolas. A partir de 1986 la electricidad sobrepasó la contribución proveniente de la kerosina y pasó a ser el segundo combustible en importancia como consecuencia de la penetración de la irrigación y de las bombas eléctricas. En cuanto a la intensidad energética, se observa que ésta ha ido creciendo a una tasa promedio de 1.4 por ciento en el periodo 1970-1991, en tanto que la contribución del sector agropecuario al producto interno bruto del país creció a una tasa de 1.75 por ciento en el mismo periodo.

Si bien las figuras mencionadas muestran el consumo de energía en los grandes sectores (industrial, transporte, agropecuario, residencial, comercial y público) no muestran, explícitamente, este consumo para toda la

cadena alimentaria ya que en el agropecuario se incluye el agrícola, el ganadero, la silvicultura y la pesca, en el industrial el procesado de alimentos y las restantes ramas industriales (siderurgia, minería, petroquímica, textil, bebidas, etcétera) y en el transporte se incluye no sólo el consumo por transporte de alimentos sino el de muchas otras actividades relacionadas con el sector transporte (todo el marítimo, ferroviario, autotransporte (no sólo carga sino también pasajeros y autos privados), el aéreo y eléctrico). De cualquier manera es de esperarse que se tenga un gasto energético, comparable al de los Estados Unidos o quizás más alto, de entre 7 y 9 unidades de energía por cada unidad de energía en el alimento (en los Estados Unidos algunos procesos requieren un mucho mayor número de unidades, tal es el caso de los vegetales procesados que requieren 16 unidades de energía por cada unidad de energía en estos productos). Para tener una idea real del consumo de energía en la cadena alimentaria se requeriría detallar los consumos en las actividades primarias así como en las de transportación, procesado, comercialización y distribución a lo largo de la cadena y por producto.

Finalmente, en el aspecto del recurso agua podemos decir que es esencial un suministro regular de agua para la supervivencia de plantas, animales y seres humanos. Si bien menos del uno por ciento del suministro total mundial de agua es agua fresca y disponible para su uso, esta cantidad debería en condiciones adecuadas ser más que suficiente para satisfacer nuestras necesidades. Individualmente requerimos de uno a dos litros de agua para satisfacer las necesidades biológicas esenciales, sin embargo, otras necesidades implican demandas adicionales de agua y buena parte de ella se desperdicia.

Uno de los grandes problemas de este recurso es su distribución geográfica, esto es, al igual que los alimentos el agua no siempre se ubica en donde se le requiere, en la calidad y cantidad necesarias. En cuanto a la calidad hay problemas de salinidad, de contaminación por contaminantes orgánicos, de contaminación por fertilizantes químicos, pesticidas e insecticidas.

Otro problema que se presenta con el recurso agua es su utilización para irrigación, que si bien es necesaria en muchas áreas también es extre-

madamente dispenciosa ya que con las técnicas actuales de irrigación menos de la mitad del agua distribuida es consumida por los cultivos, el resto se pierde en filtraciones, evaporación y sobreirrigación. Independientemente que se han desarrollado métodos de conservación de agua de irrigación en otros países, estos métodos no han sido adoptados de manera amplia aquí. Mucha del agua que se emplea para irrigación proviene de los acuíferos subterráneos, los cuales se han formado por acumulación del líquido a lo largo de decenas y posiblemente centenas de años. Si bien, desde el punto de vista teórico, estos acuíferos se recargarán de manera natural, los niveles de extracción o sea el ritmo de extracción están muy por encima de los niveles de recarga. Estas grandes extracciones de agua subterránea para propósitos de irrigación no agotarán totalmente nuestro suministro de agua en el corto plazo, sin embargo, conforme los niveles descienden y los precios de la energía aumentan, resultará cada vez más y más costoso el bombear agua para irrigación y en algún momento la actividad agrícola será económicamente inviable y la tierra tendrá que ser abandonada.

Es de esperarse que en los años venideros la demanda de agua por parte de la industria, los productores de energía y los usuarios residenciales se vea incrementada rápidamente y que estos grupos compitan fuertemente con los intereses agrícolas por el recurso disponible. Mientras tanto, las leyes de aguas a nivel municipal, estatal y federal y las políticas correspondientes, estaban, al parecer, hasta hace poco, mal diseñadas, sin coordinación y los programas de conservación, si existían, eran muy inadecuados.

El análisis previo, sin pretender ser exhaustivo y completo, muestra la diversidad de actitudes y posturas frente a los problemas que enfrenta el sector agrícola en México. Dentro de este contexto, los intentos para prevenir, modificar y controlar los impactos que presenta el uso de la energía, agua y fertilizantes, así como la transportación de los productos, su procesamiento, comercialización y distribución constituyen parte importante del objetivo y meta global para mejorar el desempeño del mismo en todos sus aspectos.

Los medios, recursos y acciones para lograr este fin difieren entre las diferentes regiones, zonas y culturas del país, por lo que los costos e intercambios involucrados son difíciles de evaluar. La consideración de estos

costos y beneficios ha llevado a cuestionar el estilo de desarrollo de muchas naciones industrializadas y en vía de desarrollo. En consecuencia, la amplitud del programa de las acciones reales que se inicien dependerán de la percepción que el país en su conjunto tenga de lo que es o significa mejorar la calidad de vida en general y de los costos e intercambios que la toma de decisiones y acciones futuras implique, así como de la toma de conciencia por parte de la población en general.

Ante esta situación el Programa Universitario de Energía propuso al Programa Universitario de Alimentos y al Instituto de Investigaciones Económicas la realización del Foro motivo de esta publicación, reuniendo a investigadores y representantes de instituciones relacionadas con el problema **del agua y la energía en la cadena alimentaria: granos básicos**, a fin de plantear, analizar y proponer soluciones a los problemas originados por la estructura del sector agrícola nacional y el uso de los recursos agua y energía en el mismo.

La coordinación del evento estuvo a cargo del Dr. Ernesto Moreno Martínez y la Mtra. Isabel Chong de la Cruz del Programa Universitario de Alimentos; del Dr. Felipe Torres Torres del Instituto de Investigaciones Económicas y de los Drs. Mariano Bauer Ephrussi y Juan Quintanilla Martínez del Programa Universitario de Energía, todos ellos de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Sin pretender que el material sometido a la reunión de trabajo aquí presentado sea exhaustivo, sí representa un primer perfil de las actividades que se han realizado o están en proceso en México. La publicación está constituida por el texto de las ponencias, y la relatoría general del evento, así como por documentos complementarios que no fueron presentados durante la sesión de trabajo, pero que representan contribuciones valiosas por razón de su contenido.

El Editor agradece la colaboración de los investigadores mencionados en la coordinación del evento y señala la valiosa participación de la Mat. Alma García García y las pasantes en ciencias de la comunicación Nancy del Carmen Oviedo Muro y Lina Mejenes durante la realización del evento. Asimismo, reconoce la colaboración de las dos últimas en el procesamiento en

computadora, revisión de estilo y corrección del material para publicación. Finalmente, agradece a la Srita. Elizabeth Juárez Amaya y la Sra. Guadalupe Velasco Cortés del Programa Universitario de Energía así como a la Srita. Enriqueta Olvera del Programa Universitario de Alimentos el apoyo secretarial y logístico.

Es opinión del editor que el material vertido en esta publicación representa un documento valioso por la información y directrices que proporciona a los grupos y sectores relacionados con la problemática del sector agrícola en México.

Dr. Juan Quintanilla Martínez  
El Editor

**FORO DE CONSULTA PERMANENTE SOBRE**  
**EL AGUA Y LA ENERGIA EN LA CADENA ALIMENTARIA:**  
**Granos básicos**

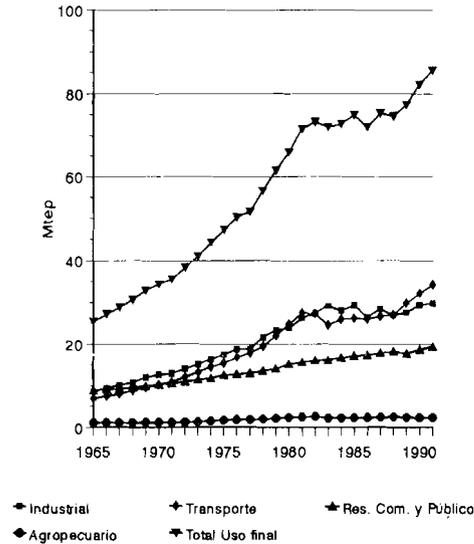
**PRESENTACION**

La cadena alimentaria en su conjunto, consume cantidades mayores de energía que las que el balance nacional de energía reporta bajo el rubro de "sector agropecuario" (Figuras 1 a 8). Este rubro contabiliza exclusivamente los combustibles utilizados para la producción en campo y la electricidad empleada en bombeo de agua de riego; queda fuera, por tanto, el consumo orientado al transporte de alimentos, el almacenamiento, la conservación y la transformación industrial (los consumos energéticos de estas ramas y actividades están contabilizadas en los sectores transporte e industrial del balance nacional de energía). Tampoco incluye la energía consumida en la producción de fertilizantes, ni la de materia prima necesaria para su fabricación y cuyo origen son los hidrocarburos (el consumo energético de esta actividad, producción de fertilizantes, y materia prima aparecen en el sector industrial como consumo energético y bajo el rubro de usos no energéticos en el balance nacional de energía).

De cualquier manera, todos los eslabones de la cadena alimentaria presentan una problemática particular que requiere ser tratada a profundidad, con el fin de plantear nuevos paradigmas alternativos y diseñar propuestas en relación al uso del agua y la energía dos recursos escasos por igual, pero imprescindibles a la producción de alimentos y a su disponibilidad en la mesa del consumidor final tomando en cuenta el nivel actual y el potencial de dichos recursos y sus escenarios futuros; todo ello tema central de este Foro.

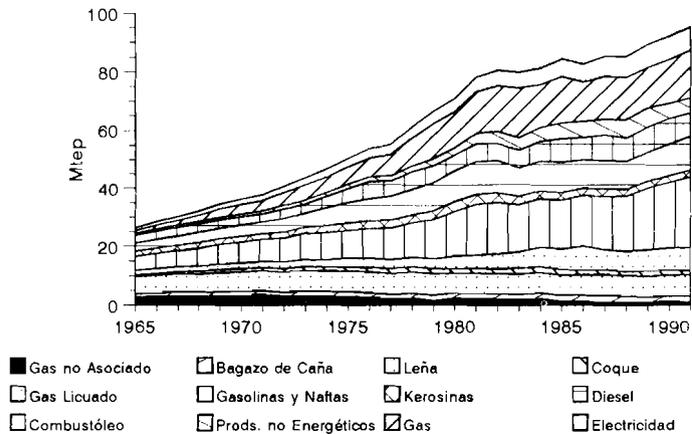
Una primera discusión girará en torno a la cuestión de la política agrícola del país. El territorio nacional cuenta con una superficie de 200 millones

**Figura 1**  
**México: Uso Final de Energía**  
 Consumo de Energía por Sector



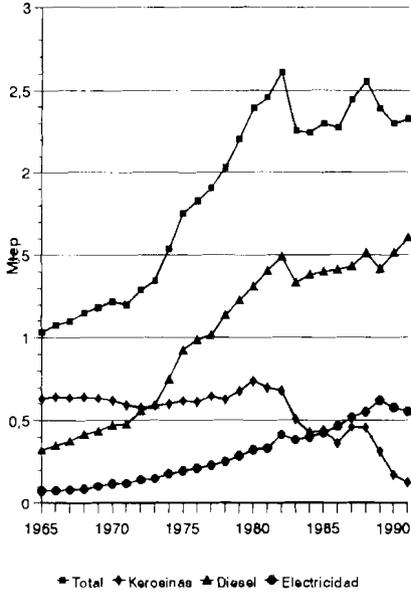
Fuente: JQM. Preparada con base en los Balances Nacionales de Energía, SEMIP, 1965-1991.

**Figura 2**  
**México: Consumo Total de Energía**  
 Consumo por Tipo de Combustible



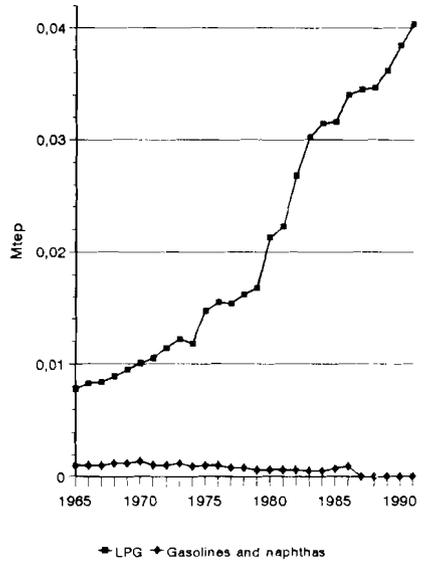
Fuente: JQM. Preparada con base en los Balances Nacionales de Energía, SEMIP, 1965-1991.

**Figura 3a**  
**México: Consumo del Sector Agropecuario**  
*Consumo por Tipo de Combustible*



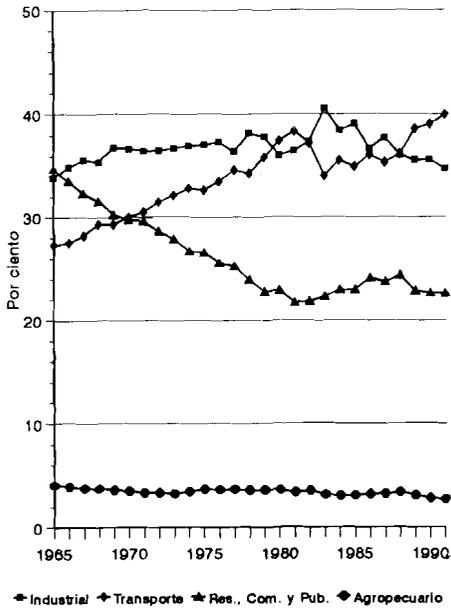
Fuente: JQM. Preparada con base en los Balances Nacionales de Energía, SEMIP, 1965-1991

**Figura 3b**  
**México: Consumo Final del Sector Agropecuario**  
*Consumo por Tipo de Combustible*



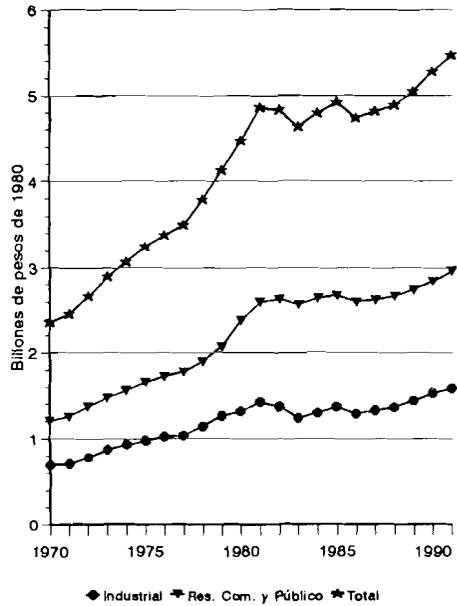
Fuente: JQM. Preparada con base en los Balances Nacionales de Energía, SEMIP, 1965-1991

**Figura 4**  
**México: Uso final en los Sectores**



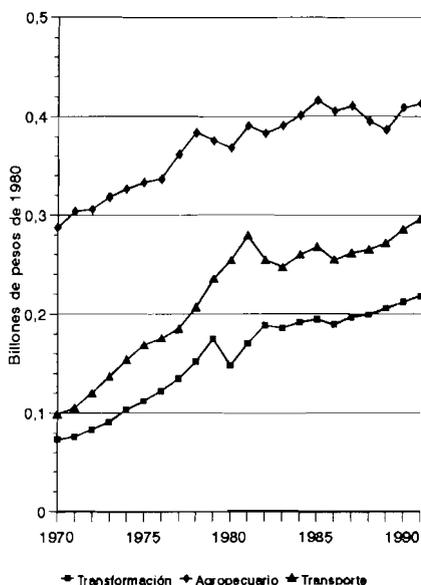
Fuente: JQM, Preparada con base en los Balances Nacionales de Energía, SEMR 1965-1991.

**Figura 5**  
**México: Producto Interno Bruto por Sector**



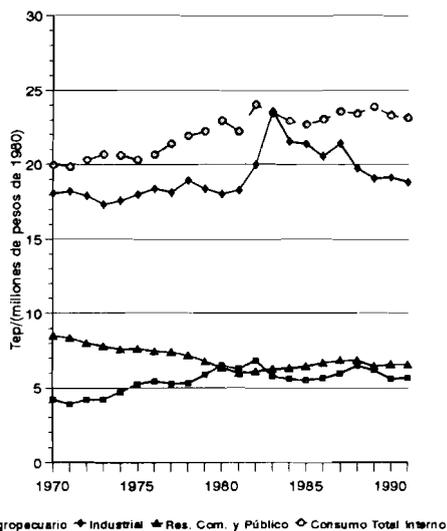
Fuente: JQM, Preparada con base en las Cuentas Nacionales, NEGI, 1970-1991.

**Figura 6**  
**México: Producto Interno Bruto por Sectores**



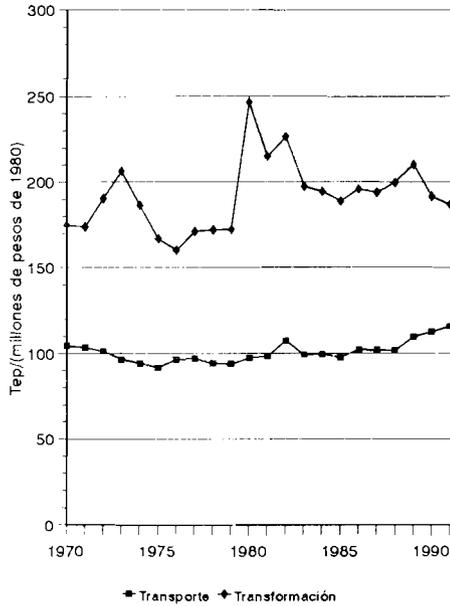
Fuente: JQM. Preparada con base en las Cuentas Nacionales, INEGI, 1970-1991.

**Figura 7**  
**México: Intensidad Energética por Sector**



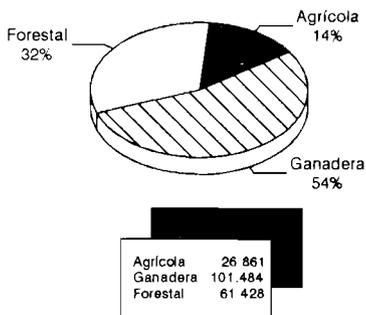
Fuente: JQM. Preparada con base en los Balances Nacionales de Energía, SEMIR, 1970-1991 y Sistema de Cuentas Nacionales, INEGI, 1970-1991.

**Figura 8**  
**México: Intensidad Energética por Sector**

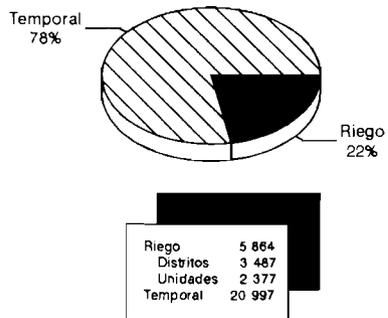


Fuente: JGM, Preparada con base en los Balances Nacionales de Energía, SEMIP, 1970-1991 y Sistema de Cuentas Nacionales, INEGI, 1970-1991

**Figura 10**  
**Uso del Suelo**  
 Miles de hectáreas



**Figura 9**  
**Superficie Agrícola**  
 27 millones de hectáreas



de hectáreas; 101 de ellos con características para la ganadería, 27 millones (Figura 9) a la agricultura y 61 millones para la actividad forestal (Figura 10).

El subsector agrícola representa el 14 por ciento de la superficie nacional, con 21 millones de hectáreas de temporal y seis millones con riego (Figura 11). Los cultivos de maíz, frijol, arroz y trigo cubren el 65 por ciento de la superficie sembrada (Figura 12).

La producción total de estos cuatro granos básicos fue en 1993 de 23 millones de toneladas (debido al incremento en la producción de maíz, por encima de la demanda interna de este grano) con una demanda global de 21.5 millones de toneladas, presentándose insuficiencias en trigo y arroz, que se cubrieron con importaciones (Figuras 13 y 14).

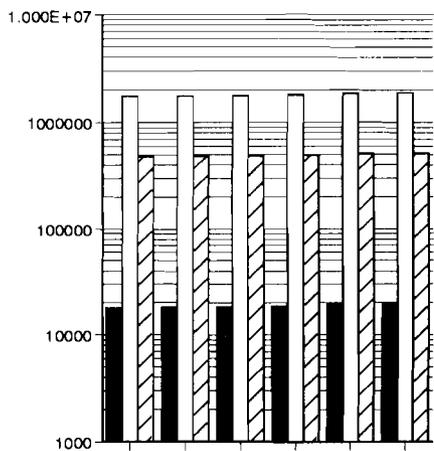
La producción de granos básicos se realiza en muy diversos entornos ecológicos, desde las zonas de muy baja precipitación hasta las zonas donde se cuenta con agua de riego, presas y bombeo y aún en áreas donde el problema es el exceso del elemento agua. Siendo el agua el elemento vital para la producción agropecuaria es importante analizar la problemática alrededor de este elemento y la producción de granos. Seguramente la disponibilidad del agua, la calidad de los suelos y las tecnologías disponibles están contempladas dentro de la política agrícola en la regionalización de la producción de granos básicos, la cual está considerada como una parte importante en la temática del Foro.

La producción de los granos básicos (Figura 15) se realiza principalmente bajo condiciones de temporal (particularmente en el caso de maíz y frijol).

El grueso de los productores de maíz y frijol, incluyendo algunos de arroz, poseen parcelas de tamaño inferior a las cuatro hectáreas (Figura 16), ubicándose mayoritariamente en tierras marginales y los niveles de rendimiento nacional son notablemente inferiores al promedio mundial.

El caso del trigo es una situación aparte, ya que a pesar de que los promedios de rendimiento (Figura 17) son equiparables al promedio mundial e incluso superior, ha existido una política interna de desaliento, en favor del

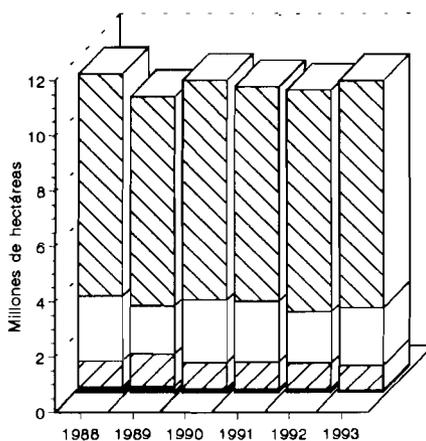
**Figura 11**  
**Registro Oficial de Unidades de Riego**



	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Unidades	17764	18048	18283	18661	19516	19866
Hectáreas	1754537	1756776	1771830	1791488	1848737	1861892
Usuarios	479524	481586	486173	481833	507384	512624

■ Unidades □ Hectáreas ▨ Usuarios

**Figura 12**  
**Superficie Sembrada de Básicos**

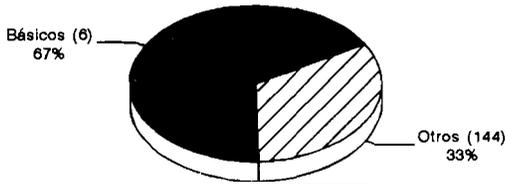


	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Maíz	8.029	7.564	7.918	7.73	8.003	8.205
Frijol	2.344	1.737	2.272	2.199	1.861	2.086
Trigo	0.965	1.205	0.969	1.007	0.954	0.902
Arroz	0.175	0.193	0.12	0.096	0.097	0.064

■ Arroz □ Trigo ▨ Frijol ▩ Maíz

**Figura 13**  
**Resultados 1992 de Siembras y Productividad**  
**Granos Básicos**

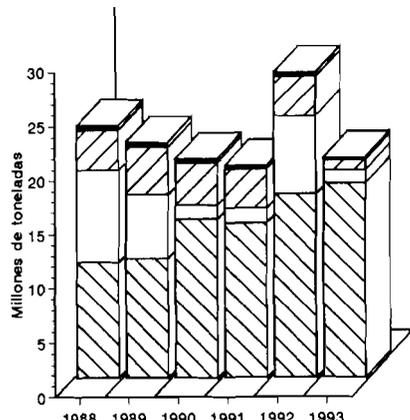
**Superficie Sembrada 1992**



Resultados 1992 de Granos Básicos			
Cultivos	Superficie Sembrada		Rendimiento
	Miles de Ha	%	Ton/Ha
Maíz	8 000	42.1	2.4
Frijol	1 900	10.0	0.6
Sorgo	1 500	7.9	3.6
Trigo	1 000	5.3	4.1
Cebada	300	1.6	2.2
Arroz Palay	100	0.5	4.5
Subtotal	12 800	67.4	
Hortalizas	800	4.2	
Frutales	1 000	5.3	
Otros	4 400	23.2	
Total	19 000	100.0	

Fuente: SARH.

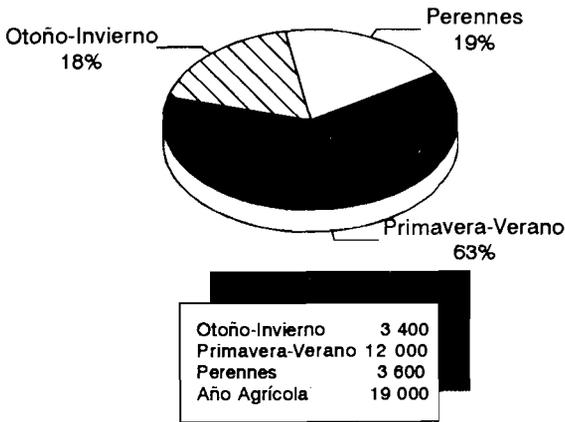
**Figura 14**  
**Producción Obtenida de Básicos**



Arroz	0.408	0.466	0.348	0.306	0.394	0.254
Trigo	3.665	4.375	3.931	3.621	3.633	0.902
Frijol	8.57	5.934	1.267	1.379	7.166	1.2
Maíz	10.6	10.853	14.635	14.252	16.929	17.953

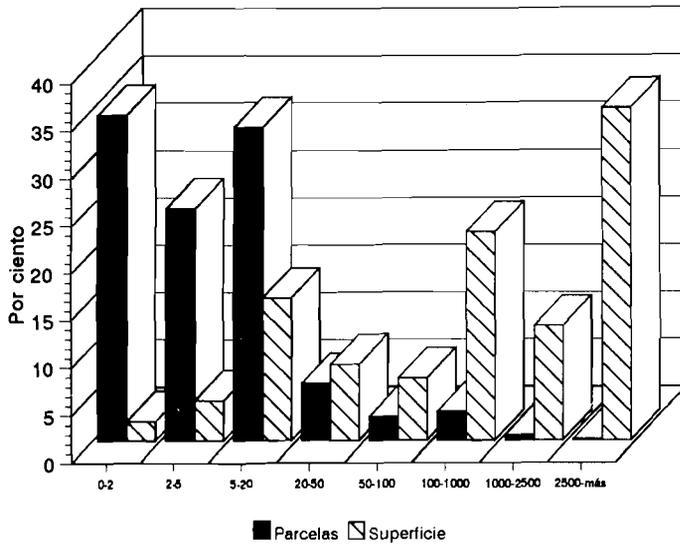
■ Maíz □ Frijol ▨ Trigo ■ Arroz

**Figura 15**  
**Superficie Cultivada en 1992**  
 Miles de hectáreas

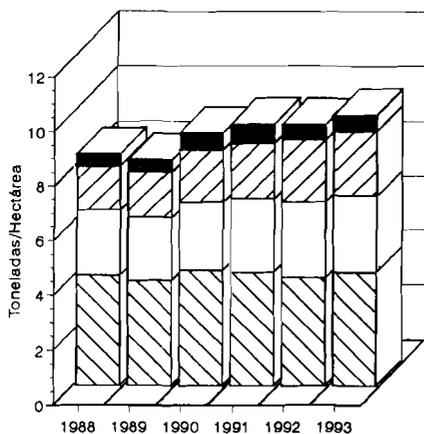


Fuente: SARH, Dirección General de Política Agrícola.

**Figura 16**  
**Superficie por Número de Parcelas Según Tamaño**



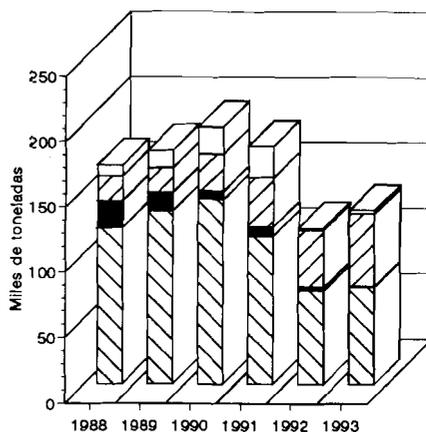
**Figura 17**  
**Rendimiento de Cultivos Básicos**



Frijol	0.44	0.449	0.615	0.694	0.551	0.587
Maíz	1.629	1.669	1.944	2.052	2.3	2.373
Arroz	2.389	2.305	2.475	2.694	2.765	2.794
Trigo	4.019	3.825	4.213	4.127	3.939	4.142

Trigo
  Arroz
  Maíz
  Frijol

**Figura 18**  
**Producción de Semilla Certificada en Básicos**



Frijol	8.408	13.497	20.533	23.988	1.86	2.871
Maíz	19.034	18.884	28.485	37.636	44.287	55.6
Arroz	20.734	14.138	6.224	7.128	2.739	0.815
Trigo	119.274	132.166	141.281	113.162	70.683	73.692

Trigo
  Arroz
  Maíz
  Frijol

maíz, debido a sus altos costos de producción en relación al precio internacional.

Desde principios de la década de los setenta, se reconoce en México la existencia de una crisis agrícola que, si bien no tiene un carácter generalizado ni es lineal en el tiempo, afecta en forma clara al rubro de granos básicos. Sin duda se han aplicado medidas para corregir dicha crisis, pero éstas aparentemente sólo han generado, hasta ahora, mayores desequilibrios intrasectoriales y una pérdida de expectativas al conjunto de los productores nacionales, situación que requiere ser analizada.

La crisis de los granos básicos (maíz, frijol, arroz, y trigo) tiene diversos orígenes, internos y externos, y también múltiples expresiones en las ya más de dos décadas de presencia.

Sin embargo, es a principios de la década de los noventa, con la extensión de la nueva política al campo cuando irrumpe al mismo tiempo, una crisis de incertidumbre ante la presencia de dos hechos:

- a) La liberalización comercial gradual en los productos agrícolas; y,
- b) La restricción de subsidios (vía precios, créditos, insumos, costos, entre otros,) al productor.

Por otra parte la política de privilegios a un determinado cultivo, particularmente en el caso del maíz, han provocado excedentes en este grano y déficit en otros, de tal forma que la sobreoferta temporal se convierte en factor de abatimiento de precios y en nuevo desestimulo a la producción agrícola por incosteable, configurándose así un círculo vicioso, al cual se le van sumando nuevos problemas, situación que se expone en este Foro, con miras a generar soluciones viables.

Si bien la dinámica interna e internacional de la economía juega un papel importante, los factores señalados inciden determinantemente en la desaceleración de la agricultura, la cual es tan clara que a lo largo de las dos décadas señaladas se desplomó a menos de la mitad su participación en el PIB nacional, el déficit de la balanza agropecuaria comercial ampliada se vi-

gorizó y crecieron las importaciones de granos, a excepción del maíz y frijol en los dos últimos años, aunque ello obedece a cuestiones de coyuntura que no pueden ser sostenidas por periodos más largos debido a la permanente presencia de problemas estructurales de la agricultura.

En suma, la desaceleración muestra que ciertas medidas económicas no pueden ser transportados de manera mecánica a la agricultura, ya que su naturaleza económica es distinta con respecto al conjunto de los sectores productivos y además el factor "riesgo" adquiere una connotación mayor debido al agotamiento gradual del suelo, los climas desfavorables y lo incierto de los ciclos de lluvia. En tal caso, también los bajos niveles de capitalización del sector agrícola deben ser tomados en cuenta para fomentar una política de soberanía alimentaria, considerando también que la variable TLC conlleva a una fuerte influencia sobre el esquema agrícola interno a través de dos vías:

- a) Aprovechando las asimetrías entre países en cuanto al costo de producción y a los precios para abastecer el mercado interno de granos; y,
- b) Transportando "paquetes" completos a las regiones de México para aprovechar ventajas climáticas, mano de obra, para abastecer nichos de mercado internacional.

Los factores internos y externos de la crisis agrícola y en particular la de los granos básicos, llevan a una disyuntiva inevitable: "hacer competitiva la producción interna y fomentar un esquema de precios atractivo a productores y consumidores". ¿Bajo qué estrategia puede lograrse ese propósito? Por la vía de abatimiento necesario de costos, aparecen dos elementos fundamentales, el uso racional de la energía y el agua a lo largo de toda la cadena alimentaria.

Estos factores tienen una importancia alternada a lo largo de la cadena. Por ejemplo, la energía tiene un peso menor que el agua en el caso de la producción primaria de granos básicos, en cambio la primera predomina en cuanto al transporte, la conservación y la comercialización; en el procesamiento y transformación de alimentos.

Por otra parte, el consumo de alimentos, además de estar condicionado a diversos factores que afectan su disponibilidad, está finalmente condicionado por el poder real adquisitivo del consumidor; que en el caso del sector rural está en íntima relación con el desarrollo socioeconómico del campo, de donde por tradición la producción de maíz ha sido la actividad económica que sustenta económicamente a esa población rural y la mantiene arraigada en el campo.

Por esas razones, es de suma importancia para el país, el fortalecimiento de los programas de apoyo a la producción y a la comercialización en nuestras comunidades rurales, típicamente productoras de temporal, a través de los diversos instrumentos que han existido, existen o deben de existir como: el Sistema Alimentario Mexicano, el Programa de Apoyo a la Comercialización Rural (PACE) y de PROCAMPO, entre otros, por medio de los cuales se han prestado los servicios de transporte interparcelario, de desgranado y de avío, entre otros.

En este caso, quizás más que en ningún otro, se justifica la aplicación de apoyos a la producción de granos básicos, apoyos de orden económico, a través de créditos o subsidios, así como asistencia técnica, como lo hacen los países avanzados, aún sin tener los problemas sociales que México tiene.

Es de suma importancia que el pequeño productor tenga las facilidades para producir un grano de buena calidad y esto se puede lograr con el adecuado apoyo al sector rural. En este contexto, un punto importante es la investigación agrícola que se requiere para seguir formando las variedades o híbridos que el pueblo requiere, desde el punto de vista de rendimiento, calidad nutricional e industrial.

Uno de los puntos débiles de la producción interna de los granos básicos es el bajo rendimiento promedio por cultivo, en relación al promedio internacional. Una estrategia importante para revertir el problema, debería estar sustentada en un programa de investigación y desarrollo tecnológico, considerando nuestras capacidades socioeconómicas reales para absorber tipos específicos de tecnología. Hay que definir la investigación que debe realizarse, considerando la viabilidad de aplicación inmediata de resultados,

ser congruente con los costos reales de producción interna y encaminarse al aprovechamiento de las ventajas naturales (suelos, clima y biodiversidad) como factores de competitividad internacional.

En tal caso, un posible esquema futuro de investigación para granos básicos debería estar orientado a optimizar el uso de recursos como la energía y el agua, considerando su impacto en los costos de producción, pero sobre todo considerando la escasez que puede presentarse en un futuro cercano.

En este contexto es importante y absolutamente indispensable analizar la conjunción de esfuerzos entre los fitomejoradores tradicionales, que para la agricultura nacional han tenido muy importantes logros, y el potencial de los biotecnólogos que manejan conocimientos y técnicas modernas, como lo es la ingeniería genética.

La disponibilidad de alimentos básicos no debe entenderse sólo como un problema de producción o de importación, ésto es algo más complejo que involucra una producción estratégica, la manera de preservar y hacer llegar oportunamente dicha producción a la industria o a la mesa del consumidor, lo cual depende de la infraestructura de producción, de almacenamiento, de la capacidad técnica de los almacenadores, del transporte y de la red de comunicaciones. ¿Cuál es nuestra situación actual en ésta área?

En el caso del maíz, se ejemplifica la problemática del transporte de los granos básicos. El maíz se produce en todas las entidades federativas del país y por lo tanto en los más diversos nichos ecológicos y bajo dos sistemas importantes de producción, el del nivel rural y el de alta tecnificación. Sin embargo, solamente algunas entidades que constituyen al país, son autosuficientes en este producto, entre ellas: Chiapas, Chihuahua, Colima, Estado de México, Tamaulipas, Sonora y Sinaloa. Al resto hay que abastecerlas de los excedentes que generan estos estados o, lo que es más frecuente, de las importaciones complementarias que desde hace 20 años se han realizado.

De acuerdo a lo anterior, es fácil entender el complicado esquema logístico que ha tenido que desarrollar el gobierno federal para garantizar el

abasto nacional de maíz, especialmente ante las adversas circunstancias naturales que provocan el carácter errático y aleatorio de su producción, tradicionalmente temporalera y que se refleja en las grandes oscilaciones de los volúmenes de importación.

Esto ha implicado grandes movilizaciones del grano, movilizando barcos con maíz importado de la costa este a la oeste, pasando por el Canal de Panamá; traslado de grandes volúmenes del grano de Chihuahua y Chiapas al área metropolitana, etcétera.

Esto ha demandado también, el establecimiento de grandes almacenamientos temporales o de paso; muchos de ellos a la intemperie, como consecuencia de la lejanía de las áreas de producción de las áreas de consumo, y a la carencia de la infraestructura de almacenamiento. Todo ello ha ocasionado costos económicos considerables, incluyendo las mermas y deméritos naturales de calidad, provocado por el excesivo manejo del grano y surtiendo además a la población con un grano de mala calidad, que además no es de su preferencia como lo es el maíz amarillo. En el mercado norteamericano, que es nuestro principal abastecedor, prácticamente sólo se consigue maíz amarillo que ellos utilizan como grano forrajero.

Así resulta lógica la necesidad de producir en algunas regiones determinadas el maíz necesario para satisfacer la demanda nacional, en especial para aquellas cuyo abastecimiento implica un mayor costo por tonelada de maíz importado, desde el punto de internación hasta el centro de consumo. Es necesario, por lo tanto, considerar el reordenamiento de la producción agrícola, considerando un criterio de autosuficiencia regional que impacte favorablemente en los costos totales de recepción, de almacenamiento, de conservación y distribución, vinculando la producción a la racionalidad logística de la comercialización.

Por otra parte, el almacenamiento de los granos básicos, se ha llevado a cabo en tres sectores: el social, el privado y el oficial; todos ellos con carencias graves. En materia de infraestructura del almacenamiento de granos básicos, afrontamos importantes rezagos tanto desde el punto de vista cualitativo, como cuantitativo. En los últimos 50 años, nuestro país se ha caracterizado por una etapa de gran crecimiento, en donde la intensidad de las

transformaciones económicas y sociales agravó problemas en algunos sectores; entre ellos el abasto de alimentos que se vio bruscamente modificado al incrementarse la población urbana.

En México, considerando a los sectores público, social y privado, actualmente disponemos de una inadecuada e insuficiente infraestructura de almacenamiento de productos agrícolas básicos para resolver con eficiencia las necesidades que plantea la regulación del mercado y el abasto nacional.

El déficit operacional en el almacenamiento de productos agrícolas básicos en México, se estima en cuatro millones de toneladas; déficit que se ubicaría por encima de esta cifra sin las medidas de modernización que requiere la infraestructura de almacenamiento.

Lo anterior se manifiesta en situaciones inconvenientes, como lo es la operación del sistema de distribución y de abasto, bajo condiciones permanentes de mermas y deméritos en la calidad de los productos.

La solución de esta problemática se antoja que debería partir de una estrategia global, que tenga como objetivo promover un Sistema de Almacenamiento de Granos Básicos que opere bajo las condiciones especiales de la producción regional y nacional, aportando la infraestructura de recepción, acondicionamiento, almacenamiento, conservación y transporte necesarios para realizar con eficiencia la regulación y el abasto nacional de estos productos, garantizando además de la calidad una adecuada conservación y una vinculación eficiente a los esquemas comerciales que son propios de cada producto y facilitando la modernización de los procesos industriales.

Este sistema de almacenamiento queda íntimamente ligado a las acciones colaterales de apoyo que se requieren de otros sectores; por ejemplo, el Sector Comunicaciones y Transportes y el apoyo y desarrollo de la Investigación Científica y Tecnológica.

En este último caso, la investigación y el desarrollo tecnológico para evitar las pérdidas postcosecha de granos y de los productos perecederos de origen animal y vegetal, no han recibido la adecuada atención, ni el apoyo económico para su realización. En el caso de granos actualmente se ma-

nejan pérdidas de un 10 por ciento del volumen de granos almacenados a nivel nacional, sin embargo, en 1974 la Dirección de Economía Agrícola, de la entonces Secretaría de Agricultura y Ganadería, y Almacenes Nacionales de Depósito, (ANDSA), realizaron un estudio de pérdidas de maíz en el medio rural, estimando que el 30 por ciento del grano que los campesinos almacenaban para su subsistencia se dañaba por la acción de insectos y hongos, lo cual en ese año representó aproximadamente 1.5 millones de toneladas.

La FAO estima que el cinco por ciento de la producción mundial de granos se pierde por la mala conservación durante su transporte y almacenamiento; pero ese cinco por ciento es promedio y resulta muy conservador para regiones tropicales y subtropicales en desarrollo, en donde frecuentemente se tienen pérdidas del 30 por ciento o mayores. Además de las pérdidas cuantitativas, existen pérdidas cualitativas, como lo es el problema del endurecimiento del frijol, y el enranciamiento del arroz, así como el problema de sanidad pública y animal por la contaminación de maíz con micotoxinas, aflatoxinas principalmente, tanto en el maíz de importación como en el nacional.

Esta es la situación en el manejo de granos básicos que ha prevalecido en nuestro país, por muchos años, aún cuando la situación económica no era tan difícil como lo es ahora; situación que hará más difícil la transferencia de tecnología del extranjero. Por lo tanto, se requiere organización y discusión política para enfrentar los problemas con el desarrollo de tecnologías propias para las condiciones económicas y sociales de nuestro país, donde la investigación y desarrollo de la tecnología en este campo son prácticamente nulos.

La interacción estrecha entre las instituciones de investigación y los sectores oficial, social y privado a cargo de la producción, comercialización, almacenamiento y conservación de granos permitirá la generación de tecnologías adecuadas para resolver los problemas de postcosecha de los granos básicos como el maíz, el trigo, el arroz y el frijol, entre otros productos agrícolas que también requieren atención de poscosecha. ¿Cómo debe generarse esa interacción entre Universidades y el sector productivo en esta área de vital importancia para la disponibilidad de alimentos?

Otro asunto muy importante es el de la tecnología alternativa. Existen diversas referencias sobre los impactos adversos que genera el modelo de producción agrícola derivado de la alta tecnología; este modelo se basa en un "paquete" conformado por insumos como semillas mejoradas (Figura 18), agroquímicos y maquinaria agrícola que constituyen, en su aplicación, una expresión de alto riesgo en el deterioro al medio ambiente, en la medida que contamina el agua, afecta los ecosistemas y genera residualidad tóxica en los alimentos, entre otros efectos no deseables.

El modelo de alta tecnología incrementa también el uso de la energía, ya que el esquema de producción hace uso más intensivo del agua y la maquinaria, en sustitución del trabajo humano y animal; ello a su vez, repercute en mayores costos de producción y en un desempleo agrícola significativo. Por tal razón, se considera importante en este Foro el análisis de las propuestas de sistemas alternativos de producción de alimentos.

Si bien el modelo de la alta tecnología no se encuentra agotado en el esquema de producción actual, es claro que existe ya un cuestionamiento abierto a su viabilidad, sobre todo si se toma en cuenta dentro de un contexto de convivencia de mantenimiento de los ecosistemas naturales. De cualquier manera, no existe un consenso definido sobre cuál puede ser un modelo alternativo de agricultura que revierta el deterioro ambiental, uso y ahorro de energía de la mejor manera y que abata los costos de producción.

Se han manejado dos vertientes aparentemente contradictorias. Por un lado, estará la biotecnología sustentada en el conocimiento y manejo del código genético con la incorporación de los avances científicos y tecnológicos de punta, y, por el otro, la agricultura tradicional y la orgánica que intentan redimensionar las prácticas tradicionales, prescindiendo del uso de los plaguicidas y los agroquímicos y haciendo un uso más intensivo de la energía animal y humana, para de esta manera, garantizar la protección de la naturaleza e incrementar al mismo tiempo el empleo agrícola. ¿Cuál es la alternativa más viable? ¿Cuál es el grado de balance o compatibilidad entre los sistemas alternativos para la producción de alimentos? La discusión está abierta.



## **TEMARIO Y AGENDA**

### **I. APERTURA Y PRESENTACION DEL FORO**

### **II. PONENCIAS**

1. La problemática del comercio mundial de granos
2. La política agrícola en la producción de granos básicos
3. Cultivos básicos: cifras y metodología
4. Uso eficiente del agua y la energía en unidades de riego por bombeo
5. El precio de los combustibles agrícolas y su competitividad internacional
6. El transporte de granos en México
7. Hidroelectricidad en la República Mexicana
8. Situación de la producción y el consumo de fertilizantes en México
9. Almacenamiento y conservación de granos
10. La comercialización de granos básicos: maíz y frijol
11. Ahorro de agua y energía en una planta enlatadora
12. Modelos alternativos energéticos
13. La estrategia campesina como base para el diseño de modelos alternativos en la producción de alimentos

### **III. DISCUSION Y SUGERENCIAS A LA UNIVERSIDAD**

### **IV. CLAUSURA**



**PALABRAS DE APERTURA DEL FORO  
EL AGUA Y LA ENERGIA EN LA CADENA ALIMENTARIA  
Granos Básicos**

*Dr. Mariano Bauer Ephrussi*  
Programa Universitario de Energía  
Universidad Nacional Autónoma de México

---

Bienvenidos a esta casa de estudios. Brevemente, explicaré lo que son los Programas Universitarios, que dan marco a este tipo de reuniones.

Los Programas Universitarios son acciones iniciadas hace 13 años conformando grupos de trabajo dependiendo de la Rectoría y de las Coordinaciones de la Investigación Científica y de Humanidades para fomentar la incidencia de la UNAM -con toda su capacidad- en una problemática específica. Así tenemos un Programa Universitario de Alimentos, uno de Investigación en Salud, uno de Energía, uno de Estudios Espaciales, uno del Medio Ambiente y uno de Estudios de Género.

Justamente para propiciar la incidencia de la UNAM en la problemática energética es por lo que el Programa de Energía inició estos Foros de Consulta. Tenemos que reunir a los expertos de dentro o de fuera de la Universidad, sobre todo para que se ilustre a la UNAM, sobre cuáles serían los campos de acción de más impacto en el área correspondiente. Sin esta asesoría, que buscamos en este tipo de reuniones, estaríamos en un momento dado un poco a la deriva.

En los "Foros de consulta", reuniones a puerta cerrada, se trata de plantear problemas, de discutir, de intercambiar ideas, de recibir opiniones y sugerencias.

Los llamamos permanentes porque obviamente en un día no se agota el tema, el mismo tema lo podemos retomar en una segunda, una tercera o cuarta sesión tratando de ser siempre bien precisos

*Dr. Ernesto Moreno Martínez*  
Programa Universitario de Alimentos  
Universidad Nacional Autónoma de México

---

Les voy a dirigir a ustedes unas palabras con relación a la temática de éste Foro. La producción de alimentos y en particular la de granos básicos como el maíz, el frijol, el arroz y el trigo está íntimamente ligada a las condiciones tecnológicas, socio-económicas y políticas del país. Por esta razón es que para los organizadores de este foro es grato contar con la presencia de distinguidos representantes del sector social y del sector industrial, relacionados con el agua, con la energía, con la producción, la conservación, el transporte, la industrialización, y la comercialización de los granos básicos. Igualmente nos es grata la presencia de los académicos que realizan investigación en las áreas antes mencionadas, así como en la importante área de investigación de los aspectos económicos de la producción agrícola y del abasto de alimentos.

En las últimas décadas, los avances científicos y tecnológicos en el campo de los alimentos, particularmente en la rama de la producción, del emvasado, la conservación, y el transporte han permitido una gran expansión de los mercados de los países de alta capacidad económica. Pero esa expansión no es exclusiva del área de los alimentos, sino que se ha dado en todos los ámbitos del sector productivo, entre ellos, la agricultura y en todas las demás actividades industriales y comerciales del hombre.

Esta comercialización ha provocado importantes cambios en la economía de todas las naciones con efectos muy especiales en los países poco industrializados en los que se ha hecho necesario llevar a cabo una reorganización profunda de las actividades productivas y económicas, siendo de primordial importancia las relativas al campo, fuentes primarias de la producción de alimentos.

El problema de los alimentos en México, ha sido y es una de las preocupaciones del gobierno; problema que requiere la atención, y la dirección constante de los sectores involucrados y responsables de la productividad

de alimentos, de tal manera que den soluciones a corto, mediano y a largo plazo, lo cual es motivo de este foro.

Para las instituciones de investigación es importante establecer canales de comunicación directos entre la investigación y la aplicación de ésta en el sector productivo de los alimentos; entre quienes hacemos un trabajo académico y quienes toman decisiones en la producción agropecuaria e igualmente con quien se encarga de almacenar, de transportar, y de industrializar y de comercializar los productos agrícolas.

En lo particular la UNAM tiene la capacidad y la disponibilidad de interactuar en estas actividades. Esperamos que de estos foros salgan inquietudes, ideas y opiniones que generan a su vez, a nivel nacional, aptitudes, planes y propuestas valiosas para todos aquellos que estamos involucrados y comprometidos con la problemática alimentaria en México.

*Dr. Angel Bassols Batalla*  
Instituto de Investigaciones Económicas  
Universidad Nacional Autónoma de México

---

Agradezco mucho que nuestra participación en éste foro sea posible, gracias precisamente a la invitación especial que recibió nuestro Instituto de Investigaciones Económicas, y que en buena medida, creo que, debe atribuirse a la reciente terminación de nuestra investigación sobre el abasto alimentario en México, que se llevó a cabo durante cuatro años, y que fue presentado recientemente, en el ámbito universitario.

El Instituto de Investigaciones Económicas ha publicado muchísimos trabajos sobre problemas de alimentación, tiene especialistas dedicados a estas labores. Por su propio campo de investigación está dedicado a conocer todos estos aspectos, y ha cooperado en muchos y diversos ángulos de esta problemática tan importante para nuestro país y para el mundo entero. Creo que el problema de los alimentos en México, obviamente tiene enorme

importancia y una relación directa, igual que el de la energía, con nuestro desarrollo como país, y además con problemas concretos, como el de la desnutrición en México, que es tan grave para una buena parte de nuestra población; incluso en algunas zonas rayando ya en problemas de hambre al nivel de lo que ocurre en estos momentos en África y en muchos otros lugares del mundo en gran escala.

Obviamente, con la baja productividad en diversas zonas de temporal, aquí en la presentación del foro se tratan con mucha propiedad problemas como el desnivel, la diferencia en recursos naturales, climáticos en este caso, de suelos también, e hidrológicos que conocemos y que hacen de nuestra agricultura, una agricultura bastante errática y llena de problemas incluso de carácter natural.

Obviamente, ésto se enfrenta a el problema de la globalización de las actividades económicas en este fin de siglo y a muchos otros aspectos y por lo tanto para nosotros no es meramente un problema técnico sino un problema económico y político de carácter universal.

Voy a tratar los diversos aspectos planteados en una de las páginas de esta presentación, sino muy poco de ello por falta de tiempo. Yo quisiera tocar el punto de que algunas cifras presentadas en este trabajo me parecen muy sujetas a discusión. Desde que empecé hacer mi libro de recursos naturales en México, ya hace algunos años, lo primero que había que hacer era cuantificar sobre los recursos naturales para la agricultura, ganadería y todos los demás aspectos económicos. Yo siempre traté de mostrar, que los famosos 27 millones de hectáreas para la agricultura, es una cifra que no corresponde a la realidad; y que la cifra que originalmente (antes incluso de que hubieran los famosos satélites, que ahora casi nos dan inmediatamente estas cifras, si es que están bien trabajadas) nos daban los libros de Durán Ochoa y muchos otros, nos daban de por lo menos 36 millones de hectáreas de posible trabajo agrícola, se enfrenta, tanto a los problemas de la utilización de los recursos naturales como a la variabilidad de los ciclos de lluvia y demás, de año en año.

Por otro lado, hablar de los 61 millones de hectáreas dedicadas a la actividad forestal, o posible utilización forestal, es otra cuestión bastante de-

batible, debido precisamente a la tala inmoderada y brutal de nuestros recursos naturales forestales.

En fin, creo por otro lado que el sistema de utilización de las aguas mexicanas para riego, están lejos todavía de haberse terminado. Falta mucho todavía por hacer en materia de pequeña irrigación, de tal manera que hablar de los seis millones de hectáreas dedicadas al riego como si fuera una cifra terminada y final, eso me parece a mi otra exageración, por lo menos muy digna de que se le someta a debate.

Se mencionan aquí problemas de la desertización de nuestro suelo de nuestra tierra, y que está creando problemas muy serios porque nuestro país es 50 por ciento un país de extrema aridez, de tal manera que, habría que volver sobre éste problema que afecta enormemente a la producción agrícola.

Ahora bien, se menciona aquí, también y sólo lo tomo de paso, el problema de los subsidios que efectivamente se otorgan en los países ricos, pero no podemos comparar nuestras condiciones agrícolas, ni nuestras condiciones económicas, sociales y políticas con los de los países ricos que tienen efectivamente la posibilidad de dar subvenciones, incluso para el control de la producción. Entre nosotros la situación es al revés, en lugar de subsidios para que no se produzca más, habría que hacer y entiendo que se está tratando de hacer, ya se mencionaba el proyecto PROCAMPO, que invirtiendo para 15 años, largo plazo, pero eso tiene que ver obviamente con un sostenimiento y una modernización a fondo de la agricultura nacional, pero el punto final que quiero mencionar dentro del escasísimo tiempo, es precisamente que se hace muy poca insistencia en esta presentación, no es el más importante, pero tiene una trascendencia y este punto es el de hasta dónde todas estas nuevas ideas sobre la agricultura sustentable, sobre el menor uso de la energía, sobre el menor uso de la mecanización, son aceptables.

¿Hasta dónde rechazar alta tecnología, es decir, la modernización verdadera de la tierra en zonas pobres? y que conste a que me estoy refiriendo, porque las zonas de riego ya la tienen; ¿hasta dónde es riesgoso? y yo diría perjudicial en alto grado, de acuerdo a los acontecimientos que estamos viendo en buena parte del país, el seguir descuidando a la agricultura de las

zonas pobres de temporal de México, disque con el pretexto de que se debe ahorrar la energía, con el pretexto de que no se deben utilizar fertilizantes et-cétera, porque nadie sabe de donde va a salir la alta productividad.

Personalmente, debo decir que el punto más importante de tipo político, no es la ayuda de los que ya tienen fertilizantes y todo aquello, que claro hay que saber usar, hay que evitar que perjudiquen a los suelos y que realmente tengan una mayor elevación de los niveles de productividad en las zonas de riego. Si, ¿pero dónde está la otra parte?; la parte pobre de México, la parte de las zonas indígenas sobre todo y de mestizos pobres y de minifundios donde todavía no se ha introducido, no digamos alta productividad ni ninguna prácticamente, ya se les quiere abandonar, pues vendrán los problemas políticos eso es seguro y armado, ¿por qué? porque esa gente no tiene no digamos la alta productividad para competir en el mercado americano que por el Tratado de Libre Comercio está prácticamente enfrentado a una verdadera lucha a nivel mundial, sino ni siquiera para su propia alimentación, ni para una mediana comercialización de éstos productos.

Por lo tanto planteo, que el aumento de la eficiencia en la zonas de temporal buenas, malas y sobre todo de las más malas, ahorro de energía, si, pero no a costa de una baja productividad y menos de una producción que se estanque.

La agricultura tradicional permitiendo el uso de plaguicidas y agroquímicos es buena, pero si está dirigida técnicamente también sobre la base del uso de técnicas tradicionales de las zonas indígenas sobre todo.

Si se abandona, repito, a las zonas indígenas en materia agrícola, lo único que puede haber son transtornos tremendos, porque los pobres se volverían más pobres y los ricos más ricos en el sentido agrícola y también en la riqueza de la producción y demás; por lo tanto, el Tratado del Libre Comercio, creo que es obvio, amenaza a las zonas más pobres de México, no solamente en el desarrollo regional general sino específicamente en la agricultura, en la productividad, en la competitividad, de otro modo ¿qué van a hacer? ¿se hundiran más en la pobreza, en la miseria?, por lo tanto, las soluciones tecnocráticas, las soluciones de planes políticos para campañas electorales no las considero la solución correcta, yo considero una solución que

lleve la justicia a las gentes del campo, sino se atiende, habremos de enfrentar las consecuencias, por una tecnocratización que no tiene nada que ver tampoco con el nuevo tiempo de la globalización mundial.

*Dr. Gerardo Suárez Reynoso*  
Coordinación de la Investigación Científica  
Universidad Nacional Autónoma de México

---

Quisiera reiterar la bienvenida que ya se les dió, particularmente aquellos que nos visitan de afuera. El Doctor Mariano Bauer mencionaba ya en su primera intervención algunas de las características de los Programas Universitarios y los motivos por los cuales la Universidad creó este mecanismo, para propiciar que una institución tan heterogénea y tan grande como la nuestra, a diferencia de instituciones especialistas en temas diversos, incida en problemas que son cruciales para nuestro país.

El hecho de que el Programa Universitario de Alimentos y el Programa Universitario de Energía hayan unido sus esfuerzos con el Instituto de Investigaciones Económicas, para que en un foro como éste se traten problemas que nos lleven a discusiones posteriores, es particularmente significativo. Creo que los que me han antecedido en la palabra han puesto énfasis y han planteado con gran claridad la problemática que encierra la producción primaria agropecuaria en México y su relación con los energéticos en un país como el nuestro.

Veo realmente con mucho gusto que además de esta misión de los programas universitarios, de poner en comunicación, de servir como enlaces, como puentes entre diferentes instituciones universitarias, los programas sirven también para reunir en una sala como esta, a un grupo de especialistas, no sólo de la propia Universidad sino también del sector público, que con diferentes puntos de vista y con diferentes responsabilidades abordan algunos de los problemas del país. Si examinan ustedes la lista de expositores, realmente la minoría son expositores de la Universidad, la gran

mayoría son de la Secretaría de Agricultura, de Petróleos Mexicanos, de la Secretaría de Minas e Industria Paraestatal, la Comisión Nacional del Agua, etcétera.

Espero que en este foro, que no es frecuente que se de, el intercambio de ideas sea de utilidad. De nuevo espero que este sitio, que es un remanso de tranquilidad en esta Universidad, sirva como un espacio para meditar; y como también mencionaban el Doctor Moreno y el Doctor Bauer, queremos que haciendo honor a su nombre, sean "foros permanentes" para discutir los aspectos más relevantes del problema de la cadena alimentaria.

## CONCLUSIONES

El evento sobre el uso del agua y la energía en la cadena alimentaria, con énfasis en los granos básicos, se realizó bajo la modalidad de **Foro**, mismo que se busca sea de carácter permanente. La discusión se desarrolló en un sólo día, a puerta cerrada, reunió a los principales expertos en cada uno de los temas tratados y estuvo permeada por diversas propuestas en el marco de un diálogo entre académicos, funcionarios públicos y productores directamente involucrados en la problemática. De 29 trabajos presentados como ponencia, por cuestión de tiempo, únicamente se expusieron 13 como representativos de cada uno de los temas, si bien recogemos en este apartado las conclusiones del conjunto.

Una preocupación central que quedó clara desde la inauguración misma del **Foro** estribó en plantear cómo debe reestructurarse la política agropecuaria interna, de tal manera que permita la sobrevivencia del conjunto de los productores en el marco de una economía abierta y globalizada, así como el tipo de racionalidad que se busca en el uso de los recursos naturales (principalmente del agua, la energía, el suelo y el germoplasma vegetal) de tal manera que se logre una producción económica y ecológicamente sustentable que revierta el deterioro del medio ambiente.

Sin embargo, y a pesar de que cada uno de los puntos de la agenda tenía un orden definido, al momento de su presentación se mezclan una serie de aspectos que ahora presentamos de manera más congruente, tomando en cuenta que nos alimentamos de las ponencias escritas. En tal caso consideramos apropiado partir de la discusión conceptual de "cadena alimentaria".

Al respecto se consideró que la cadena alimentaria generalmente se estructura de cuatro elementos: producción de insumos y maquinaria; producción agrícola, pecuaria y pesquera; procesos de transformación; y, distribución y consumo. A estos elementos se agregan otros propios de los sistemas de producción como son los servicios de crédito, asistencia técnica, servicios de tecnología e innovaciones tecnológicas. Especialmente impor-

tantes son la demanda creciente de alimentos por el incremento demográfico y los aspectos tecnológicos.

De acuerdo con su estructura económica, la cadena alimentaria se caracteriza por la heterogeneidad en cada una de las fases que la integran, así como por un desarrollo desigual que se expresa en la producción, disponibilidad y acceso a los alimentos, lo cual está relacionado con variables económicas, geográficas y socioculturales que prevalecen en el contexto nacional.

Los elementos anteriores implican para la industria alimentaria, retos de composición compleja al proyectarlos hacia el desarrollo de capacidades productivas y conquista de nuevos mercados.

Por otra parte, la conservación de alimentos se realiza por diferentes métodos (físicos, químicos, biológicos) que involucran una manifestación de energía, cuyas fuentes se originan por lo general en combustibles tradicionales. En los actuales sistemas de producción, la calidad, el costo y la productividad industrial tienen como premisa principal el control y la optimización de procesos. Para obtener mejoras continuas en la producción agroindustrial deben aplicarse técnicas básicas para la conservación o transformación de alimentos, el rendimiento de los equipos de proceso, la ejecución de operaciones en términos de especificaciones bajo control de principios, funcionalidad en los productos y cultura de calidad integradas al proceso productivo.

Sin embargo, por circunstancias históricas nuestra planta productiva depende de tecnología extranjera. Así, en un momento en que la competitividad de mercados internacionales se fortalece con el Tratado de Libre Comercio, la agroindustria nacional debe igualmente fortalecer su infraestructura tecnológica y generar tecnologías propias.

En el mismo tenor se centraron las discusiones posteriores. En cuanto al programa de modernización del campo se planteó que pretende reactivar la productividad con apoyos directos a los productores de básicos, así como elevar eficiencia y competitividad de los sectores relacionados con la producción agropecuaria. Un objetivo de este programa es el diseño de sistemas de información estadística para contribuir a la mejor operación de

mercados y permitir un conocimiento de la problemática socioeconómica del sector.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos se encarga de la recopilación e integración mensual de la información mediante un calendario estadístico que sigue el desempeño de la producción agrícola. La información recabada permite cuantificar la producción primaria y el conocimiento del potencial productivo basado en una estrategia regional y de parámetros observados en el ámbito de cada Delegación Estatal. El calendario estadístico tiene dos niveles:

1) Avance mensual que cuantifica las actividades de siembra y/o cosecha realizados en un mes determinado; y,

2) Cierre de cosechas que presenta la evaluación del ciclo agrícola del que se trate, ya sea otoño-invierno o primavera-verano.

Los tres grupos de cultivos: granos básicos, oleaginosas y otros granos han tenido en conjunto, durante el periodo 1989-1993 una evolución errática en su ciclo de crecimiento anual. La superficie sembrada tuvo una tasa de crecimiento de -1.6 por ciento ; la producción de 3.6 por ciento y el valor de la producción de 5.2 por ciento. Destaca aquí la participación del grupo de granos básicos, el cual presenta tasas de crecimiento de -1.3 por ciento y 8.9 por ciento en cuanto a superficie sembrada y producción obtenida respectivamente; y el 81 por ciento del valor de la producción total. En cambio los otros dos grupos tienden a disminuir en todos los rubros.

De cualquier manera es posible observar una desaceleración del conjunto del sector primario ya que durante el mismo periodo se ha mantenido en alrededor del 7.0 por ciento; mientras que la agricultura alcanza una participación de 59.6 por ciento dentro del sector con una tasa de crecimiento real del 2.5 por ciento.

Se desprende entonces que la crisis de la agricultura mexicana obedece a una declinación en la productividad, junto con costos de producción elevados y bajos precios, y por lo tanto requiere de un proceso de modernización respecto del cual existen dudas sobre el camino a elegir.

La modernización del campo mexicano implica contar con investigaciones que permitan conocer la problemática y necesidades reales de los productores para lograr seleccionar y aplicar modelos tecnológicos adecuados que incrementen la productividad agrícola, realicen un uso adecuado y conserven eficiente y racionalmente los recursos, como en el caso del agua.

Para la selección, diseño y operación de sistemas de riego más eficientes, se requiere tener conocimiento de las capacidades hidrológicas, edafológicas, topográficas y climatológicas; así como de los diferentes cultivos (variedades y evolución); y también de la tecnología de los sistemas de riego actuales, para alcanzar una agricultura autosustentable que permita la autosuficiencia alimentaria.

Es importante considerar la infraestructura de riego con que ya se cuenta; tal es caso del riego por gravedad que es el predominante. En algunos casos, una agricultura empresarial altamente rentable justifica grandes inversiones en una nueva infraestructura de riego, como el de baja presión y el presurizado.

Finalmente un aspecto a considerar en el diseño de equipos hidroagrícolas es la conservación y mantenimiento de la infraestructura con costos mínimos que permitan incrementar la vida útil de la misma.

La creación de nuevos diseños requiere experimentar tanto en laboratorios como en campo, con diferentes condiciones físicas. Igualmente se hace uso de modelos matemáticos y el apoyo de computadoras con el fin de que sean productivamente eficientes y no afecten el medio natural; también se piensa en alternativas energéticas como la solar y la eólica, así como la reutilización de aguas de drenaje.

Lo anterior es especialmente importante de considerar porque el agua es uno de los recursos empleados en la producción de granos básicos, del cual más se carece. De acuerdo a las precipitaciones pluviales, solo el 13 por ciento de nuestro territorio recibe lluvias abundantes en diferentes estaciones del año, mientras que el 50 por ciento de la superficie recibe lluvias escasas. El 27 por ciento de la precipitación pluvial se convierte en escurrimiento superficial que se capta en 320 cuencas hidrológicas.

La distribución espacial y temporal de los escurrimientos y las precipitaciones, en algunos casos se convierte en escasez y en otros provoca inundaciones. Por ejemplo, en el sureste se genera el 50 por ciento del escurrimiento superficial, y en la región norte que abarca el 30 por ciento del territorio se genera sólo el cuatro por ciento.

El agua subterránea constituye el recurso hídrico de mayor importancia para las regiones áridas y semiáridas del país, las cuales representan aproximadamente las dos terceras partes de nuestra superficie. México ocupa el décimo lugar en el mundo en cuanto a población y su crecimiento continúa siendo elevado, por lo que su demanda de crecimiento crece también en forma acelerada y requiere intensificar la actividad agrícola y un mayor uso del agua. Esto último es especialmente importante ya que de acuerdo a estimaciones hechas para detectar necesidades de riego, se ha encontrado que sólo el 1.5 por ciento del territorio no requiere riego, en 4.5 por ciento es conveniente, 31.4 por ciento lo requiere por necesidad y en 62.8 por ciento es indispensable.

La logística de distribución y comercialización de alimentos esta determinada por el alto costo del transporte y la falta de una red de almacenamiento especializada, lo que provoca considerables mermas y pérdidas, además de que condiciona al productor a sujetarse al precio que le imponen los intermediarios.

La producción nacional de graneles agrícolas y su comercialización se han visto influenciadas por la política agropecuaria que viene impulsando la producción de granos básicos con el fin de alcanzar la autosuficiencia.

Desde 1965 la CONASUPO jugó un papel muy importante en el mercado de los granos, pero a partir de que redefinió su estructura, tuvo una participación más selectiva, dando un mayor apoyo a los productos de consumo masivo y reducida transformación, básicamente el maíz y el frijol; mientras que los granos de consumo industrial, como trigo y forrajeros deben, desde entonces ser adquiridos por el propio industrial.

Las formas masivas más importantes en el transporte de graneles agrícolas son el marítimo y el ferroviario; sin embargo en ambos casos existe un

rezago en cuanto al transporte doméstico, mientras que lo referente al comercio exterior los volúmenes son más significativos. Lo anterior se debe a los cambios en la política de comercialización de graneles agrícolas.

La importación de granos básicos como trigo y maíz son internados a través de puertos, principalmente en el caso del maíz. En este grano, el modo de transporte utilizado en su internación es el autotransporte, sobre todo cuando se recoge de puertos marítimos, ya que cuando se realiza por vía frontera predomina el transporte ferroviario.

En el caso del trigo existe una clara tendencia hacia el autotransporte; esto tiene una importante consecuencia en el uso de energía (diesel), ya que el autotransporte consume más energía por encima del ferroviario, el marítimo y el aéreo; por ello es necesario promover el uso ferroviario, así como minimizar las distancias recorridas por los flujos de granos tanto importados como nacionales.

La disponibilidad de alimentos no debe entenderse sólo como un problema de producción, sino también de cómo preservarla y hacerla llegar a tiempo en cantidad y calidad suficiente al consumidor final; es entonces también un problema de logística que depende en buena medida de la infraestructura de almacenamiento, de la capacidad técnica de los almacenes, del transporte y de la red de comunicaciones. El consumo está condicionado por el poder adquisitivo real del consumidor y el desarrollo socioeconómico en el medio rural, por lo cual es importante atacar cada una de las fases de la cadena alimentaria.

El sector rural es el más desposeído en cuanto a infraestructura para la producción y conservación de los granos básicos en su finca. Esto es de primordial importancia ya que los campesinos producen maíz y frijol que el resto de la población consume; pero además ellos guardan para su autoconsumo esos granos en condiciones por demás inadecuadas, sufriendo considerables pérdidas cuantitativas y cualitativas.

El almacenamiento comercial en particular se ha visto sujeto a adecuaciones compulsivas dada la aleatoriedad de nuestra producción agrícola que provoca situaciones contrastantes de capacidad subutilizada en algunas re-

giones, así como de insuficiencia en otras. En México se dispone de infraestructura inadecuada e insuficiente, por ello se hace necesario reforzar la investigación para almacenamiento y conservación de granos y semillas. La infraestructura de almacenes existentes, requiere modernizar su equipo para garantizar un servicio y operación más eficientes, así como racionalizar los costos. En el rubro de la inversión, ésta debe dirigirse hacia las zonas donde mayor producción existe, así como al mantenimiento, consolidación y conservación de la misma.

Dentro de las tecnologías de conservación es necesario considerar el secado de granos. El secado es un proceso muy importante porque evita pérdidas considerables de grano, ya que el elevado contenido de humedad lo hace susceptible al ataque de plagas de hongos e insectos. De esta manera, el uso de la energía solar para secar, por ejemplo maíz, se presenta como una alternativa técnicamente factible, donde el uso de energéticos derivados del petróleo no es necesario.

Para dicha técnica de secado se requiere tener conocimientos de tres aspectos básicos: las características de la radiación solar (intensidad, radiación, etcétera); de las propiedades físicas de la superficie receptora de radiación (absortancia y emitancia); y de la capacidad física del grano para resistir las temperaturas de modo que no afecte las propiedades nutritivas de los granos.

Se han realizado ya experimentos de secado de maíz por medio de radiación solar con secadoras en forma de cilindros; los resultados han sido satisfactorios sin embargo, todavía no tiene el impulso necesario.

En tal caso, dicha tecnología tiene que ir acompañada de otras que hagan eficiente el uso de los recursos, particularmente de la energía. La energía eléctrica se produce en México básicamente por dos tipos de centrales: la termoeléctrica que representa el 79.2 por ciento y la hidroeléctrica con el 20.8 por ciento. La energía hidroeléctrica tiene una estrecha relación con la producción de alimentos, ya que se utiliza en riego consiguiendo una mayor eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, por lo general las centrales tienen problemas en cuanto a su ubicación, ya que las poblaciones inmediatas normalmente no reciben los beneficios de su instalación.

En la actualidad existen 8 097 MW hidroeléctricos y se proyecta la construcción de cinco centrales más en cinco diferentes Estados de la República que representarían 1 868 MW adicionales, lo cual permitirá un uso más óptimo de la infraestructura hidráulica y una mayor rentabilidad de las inversiones. Los proyectos están considerados a corto, mediano y largo plazo y toman en cuenta lo relativo al impacto ambiental.

Buena parte de la producción agrícola hace uso de los sistemas de riego en zonas donde se requiere extracción del líquido en pozos de diversas profundidades. En muchos casos la extracción implica el uso de bombas de pozo profundo y ello conlleva a la necesidad de altos consumos de energía eléctrica. Resulta, por ello, recomendable la rehabilitación de los pozos, la adecuación de las bombas y sobre todo normas de eficiencia de motores y bombas de extracción. Se considera que de implantarse estos aspectos los ahorros de energía y agua serían muy importantes, tal es el caso de la energía eléctrica, dada la cantidad de pozos que hay en el país.

En la misma lógica de racionalidad se encuentra el caso del diesel. El diesel tiene una importancia significativa en la agricultura mexicana ya que es el combustible de mayor uso, pero su distribución en los diferentes estados de la república no es homogénea. Ello se explica en los diferentes grados de mecanización del sector agrícola a nivel regional; la intensidad en el uso del diesel fluctúa según el cultivo.

Desde 1991 existe en México un Comité de Precios para todos los productos petroleros; dicho comité pretende equiparar los precios de los productos nacionales con los de los mercados internacionales. Los precios del diesel agrícola, a diferencia del automotriz, no tiene impuestos; de otra manera los agricultores mexicanos verían mayores ventajas con respecto a los de Canadá y Estados Unidos.

La producción agrícola debe dirigirse al mercado con base en las necesidades de los consumidores, para que pueda representar una actividad rentable considerando cantidades y épocas de cosecha. La apertura comercial exige producir alimentos de mayor demanda, que además sean de calidad y minimice costos; otro aspecto es desarrollar mercados regionales y fomentar unidades de producción en el campo. Adicionalmente, sería de

gran utilidad para el conjunto de los productores agrícolas tener acceso oportuno a la información sobre demandas de mercado y tendencias de precios, lo que le permitiría decidir con mayor seguridad cuándo cosechar, los mercados a que debe dirigir sus productos y la calidad de los mismos.

Una conclusión importante del presente foro es que la agricultura mexicana se orienta principalmente a la producción de granos básicos, por lo cual constituye un factor estratégico tanto desde la perspectiva económica como social. El cultivo maíz, frijol, trigo y arroz abarca el 65 por ciento de la superficie sembrada y es predominantemente de temporal, aunque se presentan insuficiencias en trigo y arroz. El maíz representa por sí solo el 40 por ciento de la superficie nacional, pero la rentabilidad es baja y negativa en algunos casos. Una propuesta para revertir esta tendencia es incorporar el agua de riego de manera óptima y racional, ya que alcanza rendimientos superiores en relación a los cultivos de temporal.

Para lograr un desarrollo competitivo del sector agropecuario mexicano es necesario reforzar la investigación básica con programas sólidos en fisiología vegetal y animal, en bioquímica, en genética y en biología molecular. También deben alentarse disciplinas agropecuarias como el fitomejoramiento, la entomología, la fitopatología y la relación planta-suelo-agua.

La propuesta anterior debe contemplar no sólo al maíz, sino al conjunto de los cultivos básicos, particularmente en el caso del trigo que hoy debe importarse en buena proporción. La producción de trigo en México cobra relevancia a mediados del presente siglo. A partir de 1955 con la apertura de áreas de riego en el Noroeste y la aplicación masiva de fertilizantes se incrementó la producción que para 1985 superó los cinco millones de toneladas. No obstante, la producción de trigo entró en crisis debido a que el cultivo requería una gran cantidad de insumos, lo cual se traduce en un excesivo gasto de energía y agua, subsidiados por el Estado que paulatinamente se retira y convierte al cultivo en poco rentable para el productor; ésta es una de las explicaciones por la cual el productor de áreas de riego se orienta más bien a la producción de maíz.

Un hecho que llama la atención es que a pesar de que la productividad del trigo en áreas de temporal sólo representa el 50 por ciento con respecto

al de riego, tiene mayor importancia socioeconómica porque no cuenta con apoyo gubernamental, en la práctica es más rentable que el de riego ya que demanda menor inversión financiera.

Especial importancia demanda el frijol. El 81.4 por ciento de las tierras donde se siembra frijol es de temporal; actualmente se busca un mayor mejoramiento genético con el objeto de obtener variedades de alto rendimiento. Uno de los problemas seculares del frijol es su bajo rendimiento, por ello la investigación ayudaría a lograr sistemas con alta productividad y sustentables a largo plazo.

De cualquier manera, ningún esquema de producción que busque una mayor eficiencia en el uso del agua y la energía en la cadena alimentaria puede funcionar si no considera los límites ecológicos de los recursos. La actual crisis ecológica fue desencadenada por la revolución urbano-industrial, la expansión de la economía de mercado y la aplicación exclusiva del pensamiento racionalista.

El desarrollo de un modelo alternativo induciría al paso de la sostenibilidad campesina de carácter premoderno a la sostenibilidad ecológica que la sociedad postmoderna está requiriendo.

La propuesta implica en el fondo la evolución del modelo campesino y no su sustitución por un modelo "moderno", social y ecológicamente destructivo e incapaz de garantizar la sostenibilidad de la producción de alimentos y materias primas.

La dimensión ecológica se encuentra ya presente en los programas de producción mundial. En los principales países productores de granos a nivel mundial existen programas de congelamiento de superficie bajo cultivo; además hay mercados en contracción que afectan la estructura de precios y tienen repercusiones sobre el medio ambiente al registrarse un control ecológico sobre la sexta parte de la superficie.

El esquema anterior entra de cualquier manera en contradicción con la política agrícola interna, ya que ésta promueve la sustitución de predios tradicionales por otros más rentables vinculados al mercado externo ante la

presión que se genera con la implementación del Tratado de Libre Comercio.

Sin embargo, tal esquema genera una serie de contradicciones internas y para tratar de solucionarse se vienen implementando programas tipo PROCAMPO que se supone tendrá una vigencia de 15 años. La característica de estos programas es que el Estado prácticamente ya no participa en la producción directa; ya no proporciona fertilizantes, se pasa de un seguro de crédito a un seguro de daño, el crédito se proporciona en función de la productividad, el productor decide sobre la contratación de servicios de asistencia técnica y el tipo de tecnología a emplear.

Finalmente, una política que reoriente la producción de granos básicos debe garantizar, ante todo, la soberanía alimentaria interna, la racionalidad en el uso de los recursos naturales, así como definir el tipo de acceso a recursos como el agua y la energía. Sobre estos dos últimos aspectos se insistió en si deben o no estar subsidiados por el Estado, al igual que otros componentes de la cadena alimentaria.

En el último punto se rescató la preocupación que existe sobre los productores y las regiones más atrasadas que, por ejemplo en el caso del maíz, se registran los mayores volúmenes de producción. En este caso deben instrumentarse políticas que garanticen su sobrevivencia y una adaptación gradual al cambio global.



# EL AGUA Y LA ENERGIA EN LA CADENA ALIMENTARIA

## Granos Básicos

### Participantes

**Ing. Julio Sergio Acosta Rodríguez**

Comisión Federal de Electricidad  
Río Mississippi N° 71, 11º piso  
Col. Cuauhtemoc  
06500 México D.F.  
Tel: 229 47 23

**Ing. Angel Alcalde Blanco**

Director General  
Información Agropecuaria, Forestal y de  
Fauna Silvestre  
Subsecretaría de Planeación  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
Ave. Benjamín Franklin N° 146, 1º piso  
Col. Escandón  
11800 México, D.F.  
Tel: 272 43 35 , 515 73 29  
Fax: 515 57 53 , 271 57 26

**Dr. Alvaro Alberto Aldama Rodríguez**

Vocal Ejecutivo  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
Paseo Cuauhnáhuac N° 8532  
Col. Progreso Jiutepec  
62550 Jiutepec, Morelos  
Tel: 91 (73) 19 37 42

**Ing. Leopoldo Arceo Tena**

Gerente Técnico de Proyectos Hidroeléctricos  
Subdirección de Construcción  
Comisión Federal de Electricidad  
Río Mississippi N° 71, 11º piso  
Col. Cuauhtemoc  
06500 México, D.F.  
Tel: 220 44 00 ext. 2824

**Ing. Joaquín Arias Velázquez**

Subdirector  
Subdirección de Conservación de Granos  
Bodegas Rurales CONASUPO, S. A de C. V.  
Valencia N° 36, 3º piso  
Col. Insurgentes Mixcoac  
03920 México, D. F.  
Tel: 563 65 63 , 611 18 63 ext. 2116  
Fax: 563 95 10

**Dr. José Luis Arjona Román**

Jefe de Laboratorio Experimental  
Depto. de Ingeniería Tecnológica  
FES-Cuautitlán  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Quetzalcoatl s/n, Cuautitlán Izcalli

54720 Estado de México  
Tel: 623 20 41, 623 19 69

**Dra. Susana Azpíroz Rivera**

Programa de Biotecnología  
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas,  
Forestales y Agropecuarias  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
Campo Experimental Valle de México  
Km 37.5 Carretera México-Texcoco  
56230 Chapingo, Edo. de México  
Tel: 91 (595 ) 4 65 28, 4 27 77 ext. 142,  
91 (595) 4 66 52 ext. 5362 y 5795

**Dr. Mariano Bauer Ephrussi**

Director  
Programa Universitario de Energía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Edificio de la Dirección General de Servicios de  
Cómputo Académico, Planta Baja  
Circuito Exterior  
Ciudad Universitaria  
04510 México, D. F.  
Tel: 622 85 33, 550 09 31, 622 82 36  
Fax: 622 85 32

**Ing. Jorge Alberto Bazúa Rueda**

Director  
Gas y Petroquímica Básica  
Comisión Nacional de Petróleo, Gas y Petroquímica  
Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal  
Francisco Márquez N° 160, 4º piso  
Col. Condesa  
06140 México, D.F.  
Tel: 553 91 30

**Dra. Margarita Camarena Lurhs**

Centro de Investigaciones Sociales  
Edificio de Rectoría  
Universidad Autónoma de Querétaro  
Cerro de las Campanas, Querétaro.  
76010 Querétaro, Qro.  
Tel y Fax: 91 (42) 16 32 42 ext. 122

**Dr. Francisco Carreón Apel**

Desarrollo Industrial y Técnico  
Molinos Azteca S. A. de C. V.  
Grupo Industrial MASECA  
Ave. Rufz Cortines N° 2002 Ote.  
Esq. Privada Roberto M. González  
67110 Ciudad Guadalupe, Nuevo León  
Tel: 91 (8 ) 377 63 59 y 379 92 90

**Ing. Miguel Carrillo Villareal**

Director General  
Bodegas Rurales  
CONASUPO, S. A. de C. V.  
Valencia N° 36, 3º piso  
Col. Insurgentes Mixcoac  
03920 México, D. F.  
Tel: 611 52 80 , 611 57 00  
Fax 598 26 24

- Ing. José David Castro Serrato**  
Gerente de Logística y Servicios Diversos  
Ferrocarriles Nacionales de México  
Ave. Jesús García N° 140, 10º piso, Ala C  
Col. Buena Vista  
06358 México, D. F.  
Tel: 547 47 85  
Fax 541 35 80
- Ing. Manuel Contijoch Escontria**  
Subdirector General  
Subdirección de Infraestructura Hidroagrícola  
Comisión Nacional del Agua  
Ave. Insurgentes Sur N° 2140, 2º piso  
Col. Chimalistac San Angel  
01070 México, D. F.  
Tel: 661 46 80, 661 30 56  
Fax 661 20 60
- Mtra. Isabel Chong de la Cruz**  
Programa Universitario de Alimentos  
Coordinación de la Investigación Científica  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Circuito Exterior  
Ciudad Universitaria  
04510 México, D. F.  
Tel: 622 41 57, 622 41 55  
Fax: 622 41 94
- Ing. Severo de la Cruz Campa**  
Coordinación del Uso Eficiente del Agua y  
la Energía Eléctrica  
Comisión Nacional del Agua  
Ave. de la República N° 157, Desp. 402  
Col. Tabacalera  
06030, México, D. F.  
Tel: 592 72 70  
Fax 566-45-85
- Dra. María del Carmen del Valle**  
Area Sector Primario y Economía Agrícola  
Instituto de Investigaciones Económicas  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Torre II de Humanidades, 2º piso  
Ciudad Universitaria  
04510 México, D. F.  
Tel: 623 00 70
- Dr. Javier Delgadillo Macías**  
Secretario General Académico  
Instituto de Investigaciones Económicas  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Torre II de Humanidades, 5º piso  
Ciudad Universitaria  
04510 México, D. F.  
Tel: 623 00 86 y 623 00 87
- Centro de Ciencias de Sinaloa  
Ave. de las Américas N° 2771 Norte  
80010 Culiacán, Sinaloa  
Tel: 91 (67) 12 31 50, 12 29 32  
Fax 16 93 83

- Lic. Patricia Ogaz Díaz Alamillo**  
Difusión General de Política Agrícola  
Departamento de Control y Seguimiento  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
Lope de Vega 125, 9<sup>a</sup> piso  
Col. Del Valle  
03100 México, D. F.  
Tel: 254 51 82 y 254 59 26  
Fax: 250 94 60
- Ing. Enrique Espinosa de León**  
Subgerente de Transferencia  
Comisión Nacional del Agua  
Mier y Pesado N° 26  
Col. Del Valle  
03100 México, D. F.  
Tel y Fax: 687 58 99
- M. en C. Eduardo Espitia Rangel**  
Coordinador del Sistema Producto-Trigo  
Región Centro  
CICAP- Instituto Nacional de Investigaciones,  
Agrícolas, Forestales y Agropecuarias  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
Campo Experimental Valle de México  
Km 37.5 Carretera México-Tezcoco  
56230 Chapingo, Edo. de México  
Tel: 91 (595) 468 24  
Fax: 4 65 28
- Dr. Luis Fanjul Peña**  
Coordinador de Asesores  
Instituto Nacional de Ecología  
Secretaría de Desarrollo Social  
Río Elba N° 20, 11<sup>a</sup> piso  
Col. Cuauhtémoc  
06500 México, D.F.  
Tel: 553 94 72  
Fax: 266 66 72
- Lic. Ignacio Fuentes Gómez**  
Director de Difusión de Proyectos  
Dirección General de Información Agropecuaria,  
Forestal y de Fauna Silvestre  
Subsecretaría de Planeación  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
Benjamín Franklin N° 146, 1<sup>er</sup> piso  
Col. Escandón  
11800 México, D.F.  
Tel: 272 42 15, 272 45 81  
Fax 515 04 94
- Ing. Jacobo Godínez Castillo**  
Gerente  
Centro Nacional de Investigación,  
Capacitación y Certificación  
Almacenes Nacionales de Depósito, S. A.  
Ave. Presidente Juárez N° 13  
Tlanepantla, Edo. de México  
Tel: 390 14 34, 390 12 71  
Fax 390 45 39 (provisional)

- Ing. Jorge González Montesino**      Asesor Técnico  
 GOBIMP S. A. de C. V.  
 Grupo SAMEXCO  
 Boulevard Adolfo López Mateos N° 111  
 Col. Mixcoac  
 03910 México, D. F.  
 Tel y Fax: 611 44 00
- Q. I. Amalia González Torres**      Gerente  
 Servicios Técnicos y Desarrollo de Nuevos Productos  
 Productos del Monte S. A. de C. V.  
 Boulevard Paseo Solidaridad N° 11251  
 Col. Esfuerzo Obrero  
 36680 Irapuato, Gto.  
 Tel: 91 (462) 6 12 36, 6 16 30 y 6 12 59  
 Fax 671 72
- M. en I. Filiberto Gutiérrez Martínez**      Investigador  
 Instituto de Ingeniería  
 Universidad Nacional Autónoma de México  
 Edif. 5, 2º piso  
 Circuito Exterior  
 Ciudad Universitaria  
 04510 México, D. F.  
 Tel: 622 33 24, 622 33 25
- Biól. Héctor Gutiérrez Haces**      Director  
 Programas Alimentarios  
 Comisión Nacional Alimentaria  
 Ave. Insurgentes Sur N° 1228, 4º piso  
 Col. Tlacoquemécatl Del Valle  
 03900 México, D.F.  
 Tel: 575 99 03 y 575 97 32  
 Fax 575 98 23
- Ing. Leonardo Hernández Aragón**      Coordinador  
 Programa de Arroz, División Agrícola  
 Instituto Nacional de Investigaciones, Agrícolas,  
 Forestales y Agropecuarias  
 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
 Campo Experimental Zacatepec  
 Km 0.5 Carretera Galeana- Zacatepec  
 Apdo. Postal N° 12  
 62780 Zacatepec, Morelos  
 Tel: 91 (734) 3 07 99, 91 (734) 3 03 31
- Lic. José N. Iturriaga de la Fuente**      Subdirector  
 Comercialización, CONASUPO S. A. de C. V.  
 Ave. Insurgentes Sur N° 489, 16º piso.  
 Col. Hipódromo Condesa  
 06100 México, D. F.  
 Tel: 271 46 52, 271 10 00 ext 177  
 Fax 272 98 55
- Lic. Heleodoro Jiménez Trejo**      Director General de Planeación  
 Comisión Nacional Alimentaria

Ave. Insurgentes Sur 1228, 4º piso  
Col. Tlacoquemécatl Del Valle  
03900, México, D. F.  
Tel: 559 95 39, 575 97 31, 575 57 32

**Dr. Alfonso Larque Saavedra**

Instituto de Recursos Genéticos Productividad  
Programa de Botánica  
Colegio de Postgraduados  
km 34.5 Carretera México-Texcoco  
56230 Montecillo, Edo. de México

**Dr. Polioptro Martínez Austria**

Coordinación de Tecnología de Sistemas Hidráulicos  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
Paseo Cuauhnáhuac N° 8532  
62550 Jiutepec, Morelos  
Tel: 91 (73) 19 36 63, 19 37 42

**Dr. Jaime A. Matus Gardeas**

Jefe Centro de Economía Agrícola  
Colegio de Postgraduados  
km 35.5 Carretera México-Texcoco  
56230 Montecillo Edo. de México  
Tel: 91 (595) 5 07 12

**Masayuki Narumi**

Investigador del Programa de Arroz  
Instituto Nacional de Investigaciones, Agrícolas,  
Forestales y Agropecuarias  
Campo Experimental Zacatepec  
Apdo. Postal N° 12  
62780 Zacatepec, Morelos  
Tel: 91 (734) 3 07 99  
Fax 91 (734) 3 03 31

**Lic. Yolanda Mendoza Medellín**

Superintendente General  
Gerencia de Estudios Económicos  
Petróleos Mexicanos  
Ave. Marina Nacional N° 329  
Torre Ejecutiva 36º piso  
Col. Huasteca  
11800 México, D. F.  
Tel: 250 81 64, 254 39 24, 250 26 11  
ext. 29010; 29009

**Lic. Manuel Mijares Bravo**

Director  
Evaluación y Promoción Industrial  
Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal  
Francisco Márquez N°160, 4º piso  
Col Condesa  
06140 México, D. F.  
Tel: 553 90 94

**M. en C. Mariano Mora Vargas**

Director  
Coordinación de Unidades Foráneas  
Instituto Nacional de Investigaciones, Agrícolas,  
Forestales y Agropecuarias  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
Serapio Rendón N° 83

- 
- Col. San Rafael**  
06470 México, D. F.
- Dr. Ernesto Moreno Martínez**      Unidad de Investigación en Granos y Semillas  
Instituto de Biología  
Universidad Nacional Autónoma de México  
km 32.5 Carretera Panamericana  
Aguascalientes-Zacatecas  
20660 Pabellón de Arteaga, Ags.  
Tel y Fax: 91(495) 8 01 61
- Ing. Daniel Muñoz Ríos**      Director  
Dirección General de Política Agrícola  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
Lope de Vega N° 125 P. H.  
Col. Chapultepec Morales  
11570 México, D. F.  
Tel: 254 22 86, 250 95 97  
Fax 250 78 82
- M. en I. Felipe Muñoz Gutiérrez**      Investigador  
Coordinación de Mecánica, Fluidos y Térmica  
Instituto de Ingeniería  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Edif. 5, 2º piso  
Circuito Exterior  
Ciudad Universitaria  
04510 México, D. F.  
Tel: 622 33 24, 622 33 25
- Dr. Abelardo Nuñez Barrios**      Director Coordinación y Vinculación  
Región Norte-Centro  
Instituto Nacional de Investigaciones, Agrícolas,  
Forestales y Agropecuarias  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
km 0.5 Carretera Durango- Mezquital  
Apdo. Postal 186  
34000 Durango, Dgo.  
Tel: 91 (18) 12 11 55 , 12 10 44  
Fax 91 (18) 12 11 33
- Dr. Joaquín Ortiz Cereceres**      Profesor Investigador Titular  
Centro de Genética  
Colegio de Postgraduados  
km 35.5 Carretera México- Texcoco  
56230 Montecillo Edo. de México  
Tel y Fax: 91 (595) 4 52 65
- Ing. Arturo Ortiz Cornejo**      Centro Nacional de Investigación,  
Certificación y Capacitación  
Almacenes Nacionales de Depósito, S. A.  
Av. Presidente Juárez N°13  
Tlalnepantla, Edo. de México
- Lic. Rosario H. Pérez Espejo**      Instituto de Investigaciones Económicas  
Universidad Nacional Autónoma de México

Torre II de Humanidades, 2º piso, cubículo 505  
Circuito Interior  
Ciudad Universitaria  
04510 México, D. F.  
Tel: 623 00 75 y 623 00 76  
Fax: 616 07 30

**Dr. Juan Quintanilla Martínez**

Subdirector  
Programa Universitario de Energía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Edificio de la Dirección General de  
Servicios de Cómputo Académico, Planta Baja  
Circuito Exterior  
Ciudad Universitaria  
04510 México, D. F.  
Tel: 622 85 33, 550 09 31, 622 82 36  
Fax: 622 85 32

**Dra. Teresa Reyna Trujillo**

Instituto de Geografía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Circuito de la Investigación Científica  
Ciudad Universitaria  
04510 México, D. F.  
Tel: 622 43 35 y 622 43 36  
Fax 616 2145

**Dr. Rafael Rodríguez M.**

Director  
Instituto de Recursos Genéticos y Productividad  
Colegio de Postgraduados  
km 34.5 Carretera México-Texcoco  
56230 Montecillo, Edo. de México

**Ing. Elías Saad Adar**

Gerente Regional  
Gerencia de Agua del Valle de México  
Comisión Nacional del Agua  
Río Churubusco N° 65, 2º piso  
Col Carlos Zapata Vela  
08040 México, D. F.  
Tel: 654 17 47  
Fax 650 57 98

**M. I. Mario Salgado Viveros**

DEP- Facultad de Ingeniería  
Edif. de la Dirección de la Facultad de Ingeniería  
Universidad Autónoma de Querétaro  
Cerro de las Campanas  
76010 Querétaro, Gro.  
Tel: 91 (42) 16-35-99

**Dr. Federico Sánchez**

Investigador  
Instituto de Biotecnología  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ave. Universidad 2100  
Col. Chamilpa  
62271 Cuemavaca, Mor.  
Tel: 91 (73) 11 49 00 ext 277  
Fax 91 (73) 13 97 88

**Lic. Jorge Terrones López**

Director  
Dirección de Comercialización Agropecuaria  
CONASUPO S. A. de C. V.  
Ave. Insurgentes Sur N° 489, 6° piso  
Col. Hipódromo Condesa  
06100 México, D. F.  
Tel: 5 84 17 82  
Fax 5 64 07 75

**Dr. Víctor Toledo Manzur**

Investigador  
Centro de Ecología  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Tel: 6 22 90 10  
Fax: 616 19 76

José Ugarte N° 275, Depto. 2  
Esq. Aristeo Mercado  
Col. Nueva Chapultepec  
58280 Morelia, Mich.  
Tel y Fax: 91 (43) 24 16 55

**Lic. Carlos Torres Manzo**

Coordinador General  
Comisión Nacional Alimentaria  
Ave. Insurgentes Sur N° 1228, 4° piso  
Col. Tlacoquemécatl Del Valle  
03900 México, D. F.  
Tel: 559 86 12, 559 73 67  
Fax 575 98 23

**Dr. Felipe Torres Torres**

Investigador  
Instituto de Investigaciones Económicas  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Torre de Humanidades II, 5° piso  
Circuito Interior  
Ciudad Universitaria  
04510 México, D. F.  
Tel: 623 30 86 y 623 30 87

**Dra. Yolanda Trápaga Delfín**

Investigadora  
División de Estudios de Posgrado  
Facultad de Economía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Circuito interior  
Ciudad Universitaria  
04510 México, D.F.  
Tel: 622 21 57 y 622 21 60

**Dr. Fernando Tudela Abad**

Director  
Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo  
Sustentable y Medio Ambiente  
El Colegio de México  
Camino al Ajusco N° 20  
Col. Pedregal de Santa Teresa  
01000 México, D. F.  
Tel: 645 59 55 exts 4174 y 4223  
Fax 645 04 64

**Ing. Tomás Valenzuela Ruiz**

Comisión Nacional del Agua  
Antonio Caso N° 19, 4º piso  
Col. Tabacalera  
06030 México D. F.  
Tel: 591 06 56 y 591 03 10

**Ing. Luciano Vidal García**

Dirección de Extensión Agrícola  
Dirección General de Política Agrícola  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
Lope de Vega N° 125, 9º piso  
Col. Chapultepec Morales  
11570 México, D. F.  
Tel: 250 79 96  
Fax 250 94 60

**Ing. Jorge Alberto Villalobos Montalvo**

Subgerente de Sistemas de Precios  
Dirección Corporativa de Operaciones  
Petróleos Mexicanos  
Marina Nacional N° 329  
Torre Ejecutiva, piso 36º  
Col. Huasteca  
11311, México, D. F.  
Tel: 250 81 64

**M. en C. Héctor Eduardo Villaseñor Mir**

Investigador  
Programa de Trigo  
CICAP- Instituto Nacional de Investigación  
Forestales y Agropecuaria  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
Campo Experimental Valle de México  
km 37.5 Carretera México-Texcoco  
Apdo. Postal 10  
56230 Chapingo, Edo. de México  
Tel: 91 (595) 4 68 24  
Fax 4 65 28

# PONENCIAS

**Nota al Lector:** En la publicación de esta ponencias se han respetado íntegramente los textos proporcionados por los autores.



# PRODUCCION DE GRANOS BASICOS Y POLITICAS AGROPECUARIAS<sup>1</sup>

Yolanda Trápaga Delfín\*  
Facultad de Economía, UNAM

---

## I. Introducción

El comercio mundial de alimentos, y específicamente el de los principales granos básicos -trigo, maíz y arroz- expresa fielmente la situación de asimetría imperante en las relaciones entre los países. Por un lado nos referimos a la creciente división entre países desarrollados, quienes en lo fundamental son los productores dominantes de dichos bienes, y las naciones del Hemisferio Sur que muestran una situación ya crónicamente deficitaria en términos de su producción.

Este panorama nos obliga, por tanto, a centrarnos en el análisis de las políticas de los países industrializados. De cuya oferta depende el aprovisionamiento adecuado de los importadores netos y cuyo nivel de precios marca no sólo la capacidad de compra de los deficitarios, sino -más importante aún- el nivel de competencia que enfrentan los agricultores subdesarrollados y las posibilidades nacionales de mantener niveles determinados de autoabastecimiento, estabilidad interna de precios, viabilidad económica de los productores agropecuarios y, finalmente, autonomía relativa en el terreno alimentario.

Si nos atenemos al desarrollo de las grandes civilizaciones de la historia, el maíz, el trigo y el arroz han constituido los alimentos por excelencia de la humanidad y su producción sigue hoy marcando estilos de vida, de consumo y hasta de dependencia económica.

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido elaborado en el marco del proyecto de investigación: ***Agricultura Sustentable en México y sus vínculos con el mercado Internacional***, financiado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.

\* Profesor Titular de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía, UNAM.

Sin embargo, la estructura productiva y comercial gestada en la posguerra ha modificado los esquemas ancestrales ligados a estos alimentos. De tal suerte, los Estados Unidos, la Unión Europea (UE), Canadá, Australia y Nueva Zelandia se convierten en los exportadores dominantes de trigo, maíz y arroz. Y marcan simultáneamente nuevos esquemas de producción y de consumo.

La década de los 80 estableció en ese sentido una frontera definitiva que arraigó la división internacional entre exportadores e importadores netos de alimentos.

Esta fue una tendencia sostenida a la sobreproducción, con una baja sostenida en los precios internacionales que resultó en el desmantelamiento de estructuras de producción agrícola familiar en los países en desarrollo y que posteriormente originó la coordinación de las políticas agropecuarias de los países productores (1987, OCDE) con el objetivo de abaratar el costoso esquema de generación de voluminosos excedentes subsidiados, sin afectar con ello los intereses comerciales de los exportadores.

En este marco se propone, se desarrolla y concluye la Ronda de Negociaciones más larga y conflictiva desde la creación del GATT en 1948. Y cuya conclusión no cambia en lo fundamental las condiciones de asimetría imperantes en los mercados internacionales, sino que da mayores elementos para su profundización al basarse en el esquema de las ventajas competitivas que perjudican en lo fundamental a los países importadores de alimentos.

### **II. Condiciones en los mercados de trigo, maíz y arroz**

A pesar de los acuerdos tomados en el seno de la OCDE en mayo de 1987 sobre el control de la producción agropecuaria de los países miembros, los desarrollados registran en general un alza constante de productividad agropecuaria cuyo producto no puede ser absorbido por sus economías y que vuelve crítica la expansión de los mercados agrícolas.

En los estados Unidos, por ejemplo uno de cada tres acres de tierra cultivada se dedica a la exportación.

## **Trigo**

De acuerdo a datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, las proyecciones iniciales del mes de junio indican una producción mundial mayor de maíz y arroz que en 1993-94, mientras que la de trigo bajará en uno por ciento (entre los mismos exportadores como Canadá y Australia, así como en la antigua Unión Soviética, China y el Sudeste asiático), así como los stocks finales. Sin embargo, la demanda de trigo sigue siendo baja y la competencia entre exportadores muy fuerte. El consumo registra proyecciones ligeramente a la baja en relación a 93-94, sobre todo debido a las dificultades financieras en la exURSS y a un uso menor de trigo para la alimentación animal en países como Corea del Sur y México, debido a que los precios relativos comienzan a favorecer el consumo de maíz.

Las proyecciones relativas a los stocks finales de los principales exportadores son de que permanecerán altos, siendo los principales exportadores: Estados Unidos con una participación en el mercado mundial de 35 %, Canadá 20 por ciento, la Unión Europea 18 por ciento, Australia 13 por ciento y Argentina cinco por ciento. Los principales importadores: exURSS 17 por ciento, China 12 por ciento, Egipto ocho por ciento y Japón seis por ciento.

## **Maíz**

El comercio mundial de maíz, por su parte, proyecta una tendencia ligera al crecimiento, pero se mantiene en lo general poco dinámico. La producción va en aumento (13 % proyectada), pero el consumo sólo aumentará cuatro por ciento; lo que dará mayores stocks finales. Siendo los Estados Unidos el principal exportador, con una participación de 59 por ciento del total del mercado. China ocupa un lugar importante en los últimos años esperándose un cuarto record consecutivo con 112 millones de toneladas exportables y recientemente Sudáfrica, además de exportadores tradicionales como Argentina.

Los principales exportadores son: Estados Unidos (59%), Argentina (7%), Sudáfrica (3.5%) y Tailandia (3%); en tanto que los principales importadores son: Japón (26%) y la exURSS (19%).

Por el lado de las importaciones, si bien se prevé una contracción de las compras en la exURSS, las proyecciones indican que las importaciones de Corea del Sur, México (TLC y aumento en la ganadería, sustituyendo sorgo por maíz) y Brasil (industria avícola en expansión) compensarán ampliamente este hecho, así como las del mayor importador mundial que es Japón.

Tanto en el caso del trigo como en el del maíz la situación no difiere de manera importante de la que ha dominado por una década: oferta estable o en expansión y mercados en contracción, con excedentes acumulándose y presionando sobre la oferta del siguiente ciclo agrícola.

### **Arroz**

El mercado mundial del arroz también ha seguido las tendencias marcadas en los 80 de mercados saturados con precios a la baja, pero con la particularidad de que uno de los factores de estrechamiento de los mismos es que en muchos países consumidores se promovieron con éxito políticas de autosuficiencia, a diferencia de lo sucedido con los consumidores de maíz y trigo en el Hemisferio Sur.

Coyunturalmente, sin embargo, las expectativas de precios estables son aparentemente viables, debido a una demanda extraordinaria que Japón ha venido ejerciendo en función de la devastadora sequía que acabó con el 26 por ciento de su cosecha de arroz en 1993, al grado en que los stocks con que contaban no fueron suficientes para compensar las pérdidas.

Los principales exportadores de arroz son: Tailandia, con el 39 por ciento del mercado mundial, los Estados Unidos (20%), Pakistán (8%), China (5.3%). Pero Australia, Italia y los Estados Unidos son los principales exportadores del arroz de alta calidad Japónica, siendo sólo los Estados Unidos los que tienen capacidad de incrementar su producción de manera substancial para compensar una mayor demanda.

En cuanto a las importaciones, los principales importadores son: la Unión Europea (10%), Irán (6%), Irak (4%) y Hong Kong (3%); cifras que corresponden al año de 1993.

En función de ello, el segundo exportador mundial de arroz, los Estados Unidos, registra un incremento de las tierras cultivadas, la segunda superficie más grande plantada en su historia con arroz, en respuesta al alza de precios originada por el fenómeno acontecido en Japón y por la apertura negociada dentro del marco de la Ronda Uruguay del GATT de los mercados arroceros de Japón y Corea del Sur. Proyectándose con ello un aumento en la producción, en los stocks y una baja en los precios resultado del aumento en la superficie cultivada y las expectativas de que Japón importe menos arroz del previsto inicialmente, calculándose inclusive que esta brecha entre producción y consumo se cierre en 1994-95, llegándose a una contracción del comercio mundial de este producto.

Es importante señalar que dada la estabilidad en los rendimientos desde la década pasada en los Estados Unidos, los aumentos en la producción están determinados fundamentalmente por la superficie plantada. Alcanzando con ello cero por ciento la superficie de arroz incluida en el programa de Reducción de la Superficie Cultivada (Acreage Reduction Program, ARP) en 1994, incluyendo probablemente otras tierras que previamente eran cultivadas con otros productos, obedeciendo con ello más a las señales del mercado que a los programas gubernamentales. Siendo además de interés señalar que entre los estados productores de arroz se encuentran Texas y California, con serios problemas en su dotación de agua.

### **III. Políticas agropecuarias**

La situación descrita para el maíz, el trigo y el arroz y que ha tenido vigencia por más de 10 años ha sido representativa de lo que sucede en general con los mercados de alimentos como la carne, la leche y los granos. Frente a esto, el intento de controlar la sobreproducción y las exportaciones subsidiadas de estos productos por parte de los países desarrollados los lleva a buscar distintas soluciones generalizables a las distintas economías de la OCDE, con el fin de que el objetivo de abaratar este esquema productivo se diera de manera coordinada, no afectando con ello los intereses individuales de uno u otro.

Estas soluciones recorren una serie de alternativas que van desde buscar cultivos y usos alternativos para los productos convencionales (etanol),

el intento por abrir nuevos mercados (Ronda Uruguay), hasta disminuir expresamente la superficie dedicada a estos productos, ya sea de manera definitiva (Conservation Reserve Program, CRP) o flexible (ARP).

La política en el seno de los países de la OCDE en este sentido arranca en la segunda mitad de los ochenta con la voluntad expresa de controlar los crecientes gastos que implicaba la generación de volúmenes de excedentes de alimentos que no encontraban salida en los mercados internacionales, implicando con ello nuevos gastos de manejo y almacenamiento. Para ello se buscó cumplir los siguientes objetivos:

1. Orientar la producción agropecuaria en función de las llamadas señales del mercado, reduciendo progresiva y concertadamente la ayuda al agro. Ello con el objetivo de obtener una mejor distribución de los recursos y un subsecuente beneficio de los consumidores y de la economía en general.
2. Sólo en este marco de la reforma agrícola de largo plazo -de control de la oferta y liberalización de los precios-, los países desarrollados consideran que se podrán tomar en consideración cuestiones sociales y de otro tipo tales como: la seguridad alimentaria, la protección al medio ambiente o el empleo global.
3. Evitar que se agravara el desequilibrio imperante en ese momento en los mercados.
4. Apoyar los ingresos agrícolas por la vía de las ayudas directas, y enfocado a sectores específicos de productores.
5. Apoyar el ajuste en medidas que estimulen el desarrollo de diversas actividades en zonas rurales, con el fin de que los agricultores encuentren fuentes de ingresos complementarios o de reemplazo.

No obstante esta voluntad de coordinación que se confirma con los resultados de la Ronda Uruguay del GATT, estas políticas están determinadas por la competencia entre los principales protagonistas en los mercados internacionales de básicos. En Estados Unidos, por ejemplo, la superficie cul-

tivada con los principales productos de programa aumentará, dado que los niveles del ARP están en cero salvo para algodón. Lo que significa que, además de los 36 millones de acres del CRP no cultivables, menos de 15 millones de acres serán inscritos en programas de congelamiento voluntario de tierras, obedeciendo a un alza doméstica en los precios de los básicos que oscila entre dos y 10 por ciento. Cuando en 1992-93 los programas gubernamentales mantenían fuera de la producción 16 millones de acres, más los 36.4 millones del CRP, significando todo alrededor de un sexto de la superficie histórica fuera de la producción.

Esto demuestra cuan vulnerable es una política de racionalización en el uso de los recursos naturales frente a la lógica del mercado.

La Unión Europea mantiene una política similar de congelamiento de tierras agropecuarias, como parte de la reforma de la política agrícola común (PAC), 10.6 millones de acres se mantienen congelados anualmente, además de otras tierras que salen de la producción por cinco años, pero que en una proporción del 15 % pueden volverse nuevamente productivas dependiendo de los incrementos en los precios internacionales.

Todo lo cual significa que si bien hay en marcha políticas que actúan positivamente sobre un uso racional de los recursos productivos naturales en los países industrializados, siendo una de las razones de fondo para ello el control de excedentes de alimentos en el marco de mercados restringidos, una protección de largo plazo de los suelos agropecuarios no está garantizada pues depende de la situación de los precios internacionales.

Si tomamos nuevamente el ejemplo estadounidense podemos observar que desde 1985 se avanza significativamente en el cuidado de los suelos de uso agrícola, del agua y del aire. Expresándose una política conservacionista y de protección por primera vez en la Ley agrícola de 1985, donde se establece directamente la manera de recuperar y proteger los suelos fácilmente erosionables y se asignan fondos para ello. La Ley agrícola de 1990 despliega disposiciones más amplias que llegan hasta sancionar formas alternativas de producción como un mecanismo legalmente avalado y económicamente estimulado por el gobierno como parte de un esquema nuevo de producción.

Actualmente está a debate la Ley que habrá de aprobarse para entrar en vigor en 1995 y hasta 1999, y cuyo centro de discusión lo constituye la forma en que ha de independizarse la reproducción de los agricultores de la productividad creciente que está en la base de la generación de excedentes antieconómicos y de una presión abusiva sobre los suelos y los recursos hídricos dedicados a la producción agropecuaria.

Si bien las políticas desarrolladas por los países industrializados en el periodo de posguerra han tenido como objetivo fundamental arraigar a los productores en el campo garantizándoles ingresos remuneradores, éstos han estado ligados directamente a la productividad. Sin lo cual no se comprendería el avance logrado por esas economías en el terreno agropecuario.

La situación imperante hoy en los mercados de básicos, junto con la constatación de que los recursos naturales que sirven de base a la agricultura están siendo incontestablemente afectados, tiene como resultado el diseño de políticas que vuelvan a los agricultores guardianes de los recursos que poseen, mediante la garantía de un ingreso que no implica necesariamente la sobrexplotación de su parcela.

Estaríamos ante la idea de una especie de red de seguridad diseñada a nivel estatal que evite un desplome de los ingresos de los productores y su consecuente expulsión del campo. A diferencia de lo que había venido sucediendo en el sentido de que el productor tenía que evaluar los riesgos de su actividad y programar su participación en los distintos programas gubernamentales.

Y si bien la modalidad específica de ello no se ha definido en los Estados Unidos, en Canadá viene funcionando ya un programa de este corte, así como en la Unión Europea los programas dirigidos a los agricultores de las regiones menos favorecidas (52% de la superficie agrícola de la Unión Europea), de montaña o en edad de tomar la jubilación anticipada, en la sección de las Medidas de Acompañamiento de las Reformas de la PAC.

En todo caso, el que los recursos naturales estén seriamente presionados, aún cuando en unas regiones del mundo más que en otras, y con una brecha significativa entre los que tienen excedentes de alimentos y los que

padecen enormes carencias, implica que no se puede aplicar un rasero con validez universal para lograr un uso racional de los recursos básicos en el planeta.

Y habría que tomar en consideración la combinación de ciertos factores fundamentales para diagnosticar la situación específica en las distintas economías, a saber:

- el crecimiento demográfico y la distribución de la riqueza;
- la base de recursos naturales con que se cuenta; y,
- las políticas agropecuarias y de autosuficiencia alimentaria.

Sin embargo, es evidente que las asimetrías existentes entre el Norte y el Sur rebasan la voluntad de los gobiernos para coordinar o establecer políticas agropecuarias. Es necesario contar con el apoyo económico internacional que permita a los subdesarrollados remontar las condiciones macroeconómicas negativas, así como las presiones propias del rezago en que se encuentran.

Las solas políticas de los países industrializados tampoco podrán progresar mucho si no incorporan en su radio de acción a sus vecinos del Sur.

## **Bibliografía**

- OCDE, *Politiques, Marchés et Echanges Agricoles*, Paris, 1992.
- Rapport Cyclope, *Les Marchés Mondiaux*, Economica, Paris, 1993.
- USDA, *U. S. Agricultural Trade Update*, 1994.
- USDA, *International Agriculture and Trade*, 1994.
- USDA, *World Agricultural Supply and Demand Estimates*, 1994.
- USDA, *The Conservation Reserve Program: Enrollement Statistics for Signup Periods 1-11 and Fiscal Years 1990-92*, 1992.



# LA POLITICA AGRICOLA EN LA PRODUCCION DE GRANOS BASICOS

*Daniel Muñoz Ríos*

Dirección General de Política Agrícola, SARH

---

## I. Introducción

### *El contexto de las políticas*

Existen lineamientos específicos de política agrícola en materia de producción de maíz, frijol, trigo y arroz, que plantearemos partiendo de las directrices señaladas en el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, el Programa Nacional de Modernización del Campo 1990-1994, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte y PROCAMPO, pero haciendo hincapié, desde el punto de vista de esos mismos documentos, en que esas líneas de política no deben verse en forma aislada sino en el contexto de toda una política global de modernización de la agricultura mexicana.

Después de una breve presentación de datos sobresalientes, abordaremos las líneas que se han seguido para la concreción en acciones y programas de la modernización de la agricultura, señalando el cambio en el marco jurídico, las estrategias de la modernización, el cambio estructural institucional y las expectativas del cambio correspondiente en los productores, para concluir en el resumen de las políticas de producción de granos básicos.

### *La producción de granos básicos en el conjunto de la agricultura mexicana*

México cuenta con una superficie de 196 millones de hectáreas, de las cuales 101 millones se destinan a la ganadería, 61 millones a la forestería y 27 millones son de uso agrícola. El subsector agrícola representa el 14 por ciento de la superficie nacional, con 21 millones de hectáreas de temporal y seis millones de riego.

Los cultivos de maíz, frijol, trigo y arroz cubren el 65 por ciento (11.2 millones de hectáreas) de la superficie sembrada. En el ciclo otoño-invierno 1992/1993, se sembraron 993 mil hectáreas de maíz y se obtuvo una producción de 3.8 millones de toneladas; mientras que en el ciclo primavera-verano 93/93 se sembraron 7.2 millones de hectáreas, de donde resultó una producción de 14.9 millones de toneladas. En el caso del frijol, en el ciclo otoño-invierno 1992/1993 se sembraron 289 mil hectáreas, con una producción de 350 mil toneladas; mientras que el ciclo primavera-verano 93/93 se sembraron 1.7 millones de hectáreas con una producción de 899 mil toneladas.

Como puede verse, la superficie que se destina a estos cultivos es predominantemente de temporal, en el ciclo primavera-verano.

El trigo muestra una situación diferente; en el ciclo otoño-invierno 1992/1993 se sembraron 741 mil hectáreas, con una producción de 3.3 millones de toneladas, mientras que en el ciclo primavera-verano 1993/1993 se sembraron 162 mil hectáreas, para una producción de 264 mil toneladas. El trigo es, pues, un cultivo predominantemente de riego y del ciclo otoño-invierno.

Por su parte, el arroz se sembró en el ciclo otoño-invierno 1992/1993 en 8 490 hectáreas, de las cuales se obtuvo una producción de 43 500 toneladas; mientras que en el ciclo primavera-verano 1993/1993, se sembraron 57 700 hectáreas y se obtuvo una producción de 263 mil toneladas.

Es de destacar que sólo el maíz (ocho millones de hectáreas) representa el 40 por ciento de la superficie agrícola sembrada anualmente en nuestro país.

La producción total de estos cuatro granos básicos en 1993 fue de 23 millones de toneladas (debido al incremento en la producción de maíz, por encima de la demanda interna de este grano) con una demanda global de 21.5 millones de toneladas, presentándose insuficiencias en trigo y arroz, que se cubrieron con importaciones.

La producción de granos básicos se realiza en muy diversos entornos ecológicos, desde las zonas de muy baja precipitación hasta las zonas don-

de se cuenta con agua de riego, presas y bombeo y aun en áreas donde el problema es el exceso del elemento agua.

El grueso de los productores de maíz y frijol, incluyendo algunos de arroz, poseen parcelas de tamaño inferior a las cuatro hectáreas, ubicándose mayoritariamente en tierras de mediano y bajo potencial productivo y aun marginales. Los niveles de rendimiento nacional son notablemente inferiores al promedio mundial (rendimientos medios de 2.4 ton/ha en maíz, 0.6 ton/ha en frijol). El caso del trigo es una situación aparte, ya que a pesar de que los promedios de rendimiento (4.1 ton/ha) son equiparables al promedio mundial e incluso superior, los costos de producción, en relación con el precio internacional, son altos.

Por consiguiente, la rentabilidad del cultivo de granos básicos es generalmente baja y en algunos casos negativa. Por ejemplo, en 3.1 millones de hectáreas de maíz en las que se analizó, desde el punto de vista económico, la tecnología aplicada, se encontraron en el 13 por ciento rendimientos buenos (cinco o más toneladas por hectárea) y relación beneficio-costos buena (1:1.5 ó superior).

En un 16 por ciento se encontraron rendimientos regulares (por debajo de cinco ton/ha) y relación beneficio-costos buena debido a menores costos de producción. Sin embargo en un 54 por ciento se encontraron rendimientos y relación beneficio-costos regulares y en un 12 por ciento rendimientos deficientes y relación beneficio-costos francamente negativa.

## **II. La política de granos básicos en los documentos sectoriales más importantes**

En estos documentos la política de producción de granos básicos se encuadra dentro de la política general de modernización del campo.

### ***El Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994***

El Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, plantea la necesidad de alcanzar la suficiencia y soberanía alimentaria, y garantizar el abasto nacional, en un contexto de eficiencia productiva.

- **Soberanía alimentaria:** Citando el documento:

"La soberanía alimentaria es propósito esencial de la estrategia agropecuaria, y será apoyada mediante aumentos de la producción fincados en una mayor productividad en el uso de los recursos".

- **Suficiencia alimentaria:** El Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 textualmente dice:

"El deterioro rural ha implicado, además de niveles decrecientes de bienestar, el fuerte incremento de las importaciones de alimentos. Se buscará una mayor suficiencia alimentaria mediante acciones encaminadas prioritariamente a incrementar la producción de maíz, frijol, arroz..."

"Ante el deterioro de la balanza comercial agropecuaria, en especial en lo referente al incremento de las importaciones de productos para la alimentación, la suficiencia alimentaria ha cobrado una prioridad fundamental".

- **Abasto nacional:**

"La política alimentaria - se dice en el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994- tiene como objetivo asegurar el abasto de alimentos a la población en condiciones adecuadas de calidad y precio, sobre todo a los grupos de más bajos ingresos". Estos propósitos se conseguirán a través de la modernización de la agricultura.

El Plan Nacional de Desarrollo define como objetivo fundamental del sector agrícola aumentar la producción y la productividad del campo. Los propósitos de proveer de alimentos y materias primas en las condiciones que demanda una economía cada vez más competitiva con el exterior, sólo serán compatibles en la medida que aumente la productividad.

Afirma que se propiciará la explotación agrícola con criterios técnicos y de organización productiva, en el marco de la ley, así como la compactación de superficies que correspondan a una misma capacidad productiva para aumentar los rendimientos mediante la aplicación de equipos y técnicas modernas.

Llega a decir que evitar el minifundio disperso e improductivo, es uno de los requisitos indispensables para impulsar e incrementar la productividad en el campo.

***El Programa Nacional de Modernización  
del Campo 1990-1994***

El objetivo fundamental del programa es aumentar la producción y la productividad del campo llevando justicia a la familia de los productores.

Esto garantizará el abasto nacional y permitirá al país alcanzar la soberanía alimentaria. La estrategia a seguir consiste en modernizar la agricultura, que implica:

- Establecer el marco propicio para las inversiones del sector;
- Garantizar la certidumbre en la tenencia de la tierra;
- Desincorporar actividades que el Estado realiza en materia de procesamiento y comercialización de productos;
- Promover cambios en el sistema financiero para permitir la eficiente canalización de recursos al campo;
- Desarrollar y consolidar la investigación básica;
- Vincular el desarrollo tecnológico con el productor, mediante esquemas integrados de extensionismo;
- Reducir costos de producción mediante desgravación arancelaria de insumos, uso de esquemas eficientes de comercialización, así como impulso a la transferencia de tecnología y a la asistencia técnica que incrementen la productividad;
- Transformar los subsidios generalizados en estímulos dirigidos, que consideren las diferencias estructurales entre regiones y productores.

- Establecer estímulos para fomentar la inversión de los productores y de los sectores social y privado en la infraestructura de riego;
- Desarrollar sistemas de información estadística, financiera y de mercados; y,
- Apoyar la organización de los productores para consolidar su estructura interna y su transformación en unidades que puedan superar las limitaciones productivas, así como facilitar la comercialización.

El Programa establece las siguientes directrices específicas en cuanto a granos básicos.

- El fortalecimiento de la producción de básicos requiere inducir una mayor productividad de los insumos agrícolas, bienes de capital, materias primas, servicios y crédito. Para ello, es preciso racionalizar la aplicación de estos recursos e inducir incrementos en la producción y productividad a partir de la aplicación diferenciada de instrumentos de fomento rural, aumentando el nivel de bienestar de los productores de estos cultivos. Por este motivo, las medidas de política para productores de tipo comercial serán diferentes de las que se apliquen a productores de bajos ingresos pero con potencial productivo, y a aquellos con niveles de productividad muy reducidos.
- Para incrementar la producción y productividad de básicos en zonas temporaleras se promoverán unidades de explotación intensiva, que contarán con asistencia técnica en la preparación de tierras, siembra, cosecha, transformación y comercialización. Asimismo, se realizarán obras de conservación de suelo y agua y se establecerán programas permanentes de sanidad vegetal. La transformación de estas unidades de producción será financiada conjuntamente por la SARH, los gobiernos estatales involucrados y los propios productores.
- De esta manera, se pretende aumentar la productividad, mediante la

utilización de estímulos temporales, selectivos y transparentes en la preparación, uso y conservación de suelos, así como en la transferencia y adopción de tecnologías específicas que incrementen su productividad y fortalezcan la rentabilidad del campo. Con este fin, se integrarán paquetes tecnológicos de acuerdo a las condiciones que existan en cada zona; se otorgarán servicios de asistencia técnica y capacitación permanente y se promoverá la utilización de semillas mejoradas. Asimismo, se fomentará la mecanización a nivel parcelario, considerando áreas compactadas.

- El máximo aprovechamiento de la superficie cosechable promoverá e inducirá alternativas de producción en las regiones caracterizadas como críticas y de alta siniestralidad, mediante la realización de estudios que identifiquen, formulen y ejecuten proyectos integrados de desarrollo.
- Esto sucederá con la participación directa de los productores, articulando los recursos de inversión pública, crédito, estímulos y servicios por medio del Programa Nacional de Solidaridad.
- Paralelamente, con el fin de promover la producción de básicos de mejor calidad se establecerá una norma que distinga entre productos de diferentes calidades. En el caso del maíz, esto significará que el precio del blanco tendrá una prima sobre el precio del amarillo.

### ***El Tratado de Libre Comercio de América del Norte***

Entre los objetivos de las negociaciones del TLC se encuentran:

- Promover la sustitución de cultivos de los segmentos tradiciones, de baja productividad, a favor de productos con un potencial mayor orientados al mercado externo, para así poder elevar los ingresos de los productores agropecuarios.
- Establecer plazos de apertura adecuados con la suficiente gradualidad para lograr la conversión y ajuste de la producción agropecuaria del país.

En las negociaciones del TLC México defendió la libertad de aplicar apoyos a la oferta alimentaria y para compensar los subsidios de Estados Unidos y Canadá en productos sensibles como maíz, frijol y trigo.

Asimismo, se consiguieron plazos amplios de desgravación arancelaria para permitir la reconversión productiva.

### ***PROCAMPO***

Este programa de apoyos directos a los productores, propicia a la vez una distribución clara, transparente y equitativa de los subsidios que otorga el gobierno federal a los productores del país, propiciando mejores niveles de rentabilidad en la actividad agropecuaria, la modernización de la comercialización, y la competitividad de las cadenas productivas relacionadas con el sector agrícola.

Entre los objetivos más importantes de este programa de apoyos directos a los productores, por parte del gobierno federal, se pueden destacar los siguientes:

- Brindar apoyo directo a 2.2 millones de productores de autoconsumo.
- Fomentar la reconversión de aquellas superficies en las que sea posible establecer actividades que tengan una mayor rentabilidad.
- Compensar los subsidios que otorgan a algunos productores agrícolas otros países.
- Estimular la organización de los productores del sector social y del privado para así modernizar la comercialización de productos agropecuarios.
- Lograr que los consumidores nacionales tengan acceso a alimentos a menores precios, lo cual tendrá un importante efecto sobre el bienestar de las familias de bajos ingresos, sobre todo en las que viven en zonas rurales.

### **III. Instrumentación de la política de modernización de la agricultura**

Si las políticas de producción de granos básicos están inmersas en la política general de modernización de la agricultura, es necesario hacer un breve repaso de la misma.

#### ***Concepto de la modernización***

La Modernización de la agricultura tiende a transformar la actividad y optimizar el uso de los recursos naturales para lograr un mayor nivel de producción, productividad y rentabilidad, impulsando la reconversión de aquellas superficies en las que sea factible establecer actividades que tengan una mayor rentabilidad, en estricto apego a la conservación del entorno ecológico y el desarrollo sustentable del sector. Para transformar la agricultura y hacer un uso óptimo de los recursos naturales, es necesario conocer su nivel actual de productividad y rentabilidad según la línea de producción, la región y la tecnología empleada, a fin de evaluar la capacidad para enfrentar la competencia. La transformación de la agricultura se inicia, con un cambio de actitud, para que sea posible modernizar los sistemas de producción que permitan alcanzar mayores y mejores niveles de productividad e ingreso. Deben identificarse sistemas que disminuyan costos e incrementen volúmenes de cosecha y que esto se traduzca en un mayor ingreso para el productor.

#### ***Transformación del marco legal***

La instrumentación de la modernización de la agricultura arranca con la transformación del marco jurídico, que tenía trabada la posibilidad de desarrollo del sector y que propiciaba el enfrentamiento entre los productores con diferente forma de tenencia de la tierra y de éstos con la autoridad.

La reforma al Artículo 27 constitucional busca impulsar la modernización del campo, favoreciendo un clima de justicia, libertad y seguridad para trabajar la tierra, para la asociación productiva y la capitalización gradual del sector. Estamos tan acostumbrados a litigar entre nosotros y con la autoridad que va a llevar muchos años para que la gente se acostumbre a un régimen de seguridad, certidumbre y libertad en esta materia.

## ***Estrategias de la modernización***

### ***1ª: La producción debe orientarse al mercado***

La producción agrícola y en general la producción agropecuaria debe responder a las demandas del mercado. La identificación de la demanda establece las bases para la planeación de la producción.

### ***2ª: Realizar una producción competitiva***

La **calidad** es un factor de máxima importancia para acceder a los mercados, tanto internos como externos, pero es necesario conservarla a fin de alcanzar la competitividad que permita consolidarlos.

### ***3ª: Bajar costos y elevar rendimientos***

La tecnología se constituye hoy en el factor más importante para alcanzar la **rentabilidad** de la agricultura, a través de ella es posible abatir los costos de producción y elevar los rendimientos. Es necesario estimular en los productores la búsqueda de la eficiencia para maximizar su utilidad. Debemos recordar que en materia de precios, éstos en lo general se rigen por la oferta y la demanda.

### ***4ª: Formación de cuadros técnicos***

Es indispensable fortalecer los cuadros técnicos que apoyen y garanticen el desarrollo de las empresas agropecuarias, en ese sentido la **capacitación** y **actualización** permanente de los extensionistas es una función constante del gobierno federal, a la vez que se apoya el surgimiento de despachos de reconocida capacidad que presten asistencia técnica a los productores desde la planeación hasta la comercialización y transformación de sus productos.

### ***5ª: Formación de unidades de producción en el campo***

La explotación agrícola en las condiciones en que se desarrolló en los últimos años de minifundio y desorganización, dificultó, pese a

los esfuerzos realizados, la modernización y tecnificación de la agricultura. Es necesario crear conciencia de que la alternativa es la **formación de unidades de producción**, para que mediante la **organización**, los productores estén en posibilidad de hacer una explotación común de sus recursos, compactar áreas, aprovechar las economías de escala para la adquisición de insumos con el propósito de reducir costos, aplicar tecnologías innovadoras, realizar su comercialización en bloque y hacer uso de información y servicios que de otra manera no estarían a su alcance. La organización, asimismo, facilita su acceso al crédito

#### **4. Componentes y estudios tecnológicos**

Para consolidar la modernización de la agricultura en la realidad inmediata del país hace falta información actualizada. Para obtener esta información, se realizaron una serie de **estudios** que cumplen con la función de motivar el cambio en los productores y apoyar su proceso de toma de decisiones.

Estos estudios, que se han definido como el primer componente en el proceso modernizador, son los siguientes:

- a) Estudios de regionalización edafoclimatológica por cultivo y por región;
- b) Identificación de la tecnología disponible y necesaria por cultivo y microrregión;
- c) Estudios de niveles de erosión actual, potencial y permisible;
- d) Estudios de viabilidad económica; y,
- e) Estudios por sistema-producto.

##### *a) Estudios agroclimatológicos*

La regionalización edafoclimatológica, permite la identificación de *zonas de alto, mediano y bajo potencial productivo por cultivo y por región.*

Hoy se tienen identificadas las zonas con *potencial productivo* para determinados cultivos, sobre todo los básicos, en función de sus requerimientos de suelo y clima.

*b) Identificación de la tecnología necesaria*

Al identificar el potencial productivo de un cultivo en una región, se determina también el *paquete tecnológico* que maximiza ese potencial, estableciendo fechas de siembra, densidad de siembra, variedades recomendadas y fertilización entre otros factores.

*c) Estudios de erosión actual, potencial y permisible*

Para conservar el potencial productivo de los suelos y cimentar una agricultura sustentable, se realizaron *estudios de niveles de erosión actual, potencial y permisible* que permiten ofrecer a los productores las prácticas culturales necesarias para mantener e incrementar los niveles de productividad.

*d) Estudios de viabilidad económica*

No basta con identificar las zonas con potencial, la tecnología y contrarrestar la erosión, es necesario conocer los niveles de rentabilidad de los cultivos y para tal fin se realizaron los estudios de *viabilidad económica*, a través de los cuales se determina la rentabilidad actual, potencial y bajo escenarios de apertura comercial de los diferentes cultivos.

*e) Estudios por Sistema-Producto*

Estos estudios se refieren al análisis de las ventajas comparativas y de las oportunidades de mercado que los diferentes productos poseen. Los análisis por sistema producto hacen posible determinar volúmenes, calidades y calendarios, que apoyan los procesos de comercialización.

Los resultados de estos estudios, además de proporcionar información a los productores para la toma de decisiones, sirven para que el gobierno esté en posibilidad de efectuar *recomendaciones* en función de tendencias

de producción, tendencias de consumo, ventajas comparativas, oportunidades de mercado y alternativas productivas, así como definir políticas nacionales sobre precios, apoyos, financiamiento, seguro y comercialización.

***Modificación de la participación del estado en el desarrollo del campo***

La modernización de la agricultura implica, asimismo, un cambio estructural en las instituciones y en su forma de actuar en apoyo del campo.

• ***Manejo del instrumento agua***

Por la escasez de este recurso, quien lo maneje, distribuya y administre tiene una extraordinaria herramienta para impulsar el desarrollo. Ahora, el gobierno deja la administración, conservación, cobro de cuotas y aplicación de los recursos para mejoramiento de la infraestructura en manos de los productores.

• ***Manejo de otros insumos***

- En los fertilizantes, el gobierno federal termina su monopolio, no participa más en el manejo y producción de fertilizantes, y se libera su importación.
- En semillas, se libera la producción, comercialización y la certificación de las semillas hacia los particulares, bajo las normas que fije la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

• ***Crédito***

Deja de prestarse en función de una cuota; ahora, se presta en función de la capacidad de pago del productor, lo que ha significado un cambio dramático, pero indispensable, en el sector agropecuario.

• ***Seguro***

Otro cambio total de los instrumentos de fomento agropecuario consis-

tió en pasar de un seguro de crédito a un seguro de daños, como funciona en todo el mundo.

- ***Planeación agrícola en los Comités Directivos de los Distritos de Desarrollo Rural***

Este instrumento de planeación agropecuaria del gobierno debe dejar de hacer varias cosas de las que venía haciendo, como fijar cuotas de crédito, coberturas de riesgo, decidir lo que se debe sembrar, qué insumos utilizar, etcétera.

Todos estos instrumentos que el gobierno tenía de inducción del desarrollo han tenido que ser modificados totalmente para dar cabida a la libertad de decisión de los productores.

- ***Modificación en los apoyos directos al campo***

- ***Investigación***

Hasta ahora el gobierno decía qué investigar, fijaba los objetivos, los horizontes y las redes de investigación. La participación del productor era prácticamente nula. Ahora los productores están participando en la validación de las líneas de investigación, lo que implica un cambio radical al ser consultados en algo en lo que nunca tuvieron injerencia, al igual que para los investigadores cuyo trabajo estará ahora amarrado a resultados en el corto o mediano plazo y ya no podrán investigar sobre aspectos de su interés particular.

- ***Transferencia de tecnología***

En este aspecto se presentan varias vertientes: compartir riesgos con productores validadores de innovaciones; estimular la adopción de tecnología principalmente en cultivos básicos a través de estímulos a la productividad y apoyo para el pago de asistencia técnica; apoyo a zonas muy pobres donde se pueda inducir algún elemento tecnológico para mejorar sus rendimientos o reducir sus costos de producción; programa de capitalización para productores que van a cambiar a otra actividad.

- ***Servicio de extensión agrícola***

Que informe a los productores, a nivel de sus organizaciones, qué es conveniente sembrar, qué tecnología existe, qué rentabilidad se alcanzaría; que proporcione información actualizada de mercados, precios, financiamiento.

- ***Servicio de asistencia técnica privada***

Si el productor requiere asesoría técnica a nivel particular y en el predio, tendrá cuatro alternativas: o la contrata y paga con sus recursos; o recibe un seis por ciento del monto del crédito para pagarla; o se le reembolsa un porcentaje decreciente con recursos de los gobiernos federal y estatal. Al participar en programas de inducción tecnológica; o en las zonas muy pobres recibe apoyo de los gobiernos federal y estatal en forma decreciente, pero a más largo plazo.

- ***Servicio de capacitación a productores***

Se hará conciencia de la necesidad de organizarse, se adiestrará en el manejo de los instrumentos de fomento (crédito, seguro, comercialización, etcétera.), se capacitará a los que tienen avance en su organización para que se transformen en empresarios agropecuarios.

- ***Sanidad vegetal***

Los centros de fomento y apoyo a la sanidad, los laboratorios se transfieren a los productores. Conforme los productores van madurando se van apropiando de estos sistemas, que son la base para mejorar la sanidad agropecuaria.

### ***Modificación de las formas participativas de las organizaciones con el gobierno***

Antes, las organizaciones estaban hechas para solicitar tierras o para defenderse de que no se las quitaran; fueron muy pocas las que evolucionaron hacia compra de insumos, venta en conjunto de productos, manejo de

crédito y seguro, hacia donde se debe caminar ahora. La organización de productores debe ser por sistema-producto, para discutir sus precios con los compradores, discutir sus costos de producción con los bancos para negociar la capacidad de pago que tienen, discutir con las compañías de seguro las coberturas del seguro, discutir con las empresas de fertilizantes sobre sus mezclas, y con las áreas de investigación y las áreas educativas qué investigación necesitan y qué formación de cuadros requieren.

### ***Modernización de los productores***

Todo lo hasta aquí expuesto, tiene como finalidad propiciar un sustento de información y estructuras necesarias que apoyen a los productores en su proceso de cambio, en su ***modernización***.

Para que ésta pueda concretarse, los productores deben adoptar tres acciones básicas:

- 1º *Organizarse* para la adquisición de insumos y servicios, lo que les permitirá el acceso a economías de escala, a la aplicación de mejores tecnologías y la posibilidad de integración horizontal como la que se ha dado con la creación de los centros integrales de servicios agropecuarios. *Organizarse* para la producción, para acceder a mayores niveles de capacitación, planeación de su producción, asistencia técnica y control y combate de plagas y enfermedades participando en las campañas fitosanitarias. *Organizarse* para comercializar su producción, posibilitando el acceso a mejores alternativas y sistemas de comercialización.
- 2º *Planear* su producción, orientándola hacia las demandas del mercado, utilizando para la toma de decisiones de qué producir, la información disponible en los estudios señalados.
- 3º Utilizar *Tecnología* innovadora que les permita optimizar el uso de los insumos y el manejo de sus cultivos.

Al adoptar estas acciones básicas, podemos esperar los siguientes resultados:

- Materialización de *proyectos productivos* rentables, con una visión empresarial de la agricultura.
- Acceso a mayores niveles de *capacitación* en torno al manejo de las empresas agrícolas con el apoyo del INCA-RURAL.
- Mayor posibilidad de *tecnificación* de sus explotaciones y de optimización en el uso de equipo, maquinaria e insumos, en superficies de mayores dimensiones al compactar áreas, suprimiendo linderos o barreras físicas.
- Acceso a las fuentes de *financiamiento, crédito o inversión* al garantizar mediante proyectos rentables la recuperación de la inversión.
- Al *organizarse* en unidades de producción es factible la contratación de servicios de *asistencia técnica privada* de alta calidad para la planeación y operación de proyectos productivos.
- La *organización* de los productores en torno a proyectos productivos específicos les otorga, asimismo, la posibilidad de acceder a *economías de escala* en la compra en bloque de insumos, contratación de servicios y venta de sus productos.
- El conocimiento de las demandas de mercado y su consideración en el establecimiento de proyectos productivos coadyuva a la eliminación de problemas de *comercialización* de su producción.

Todo lo anterior hace posible la *modernización de la agricultura* y alcanzar niveles de eficiencia productiva aceptables, aprovechando al máximo los recursos de la producción para lograr los niveles de productividad que el país requiere en un ámbito de competencia internacional.

#### IV. Conclusiones

- En torno a los granos básicos, existe una firme política de búsqueda de la autosuficiencia, soberanía alimentaria y de abasto suficiente de alimentos para la población.

- Estos objetivos se deben lograr a través del incremento de la producción y productividad, mediante la aplicación de tecnología eficiente y rentable.
- Por lo tanto, la producción de granos básicos no escapa a las políticas generales de modernización de la agricultura.
- La producción de estos granos tendrá que ser rentable, competitiva, cubriendo, en primer lugar, la demanda regional, en la cual estará mayormente en ventaja respecto a los mismos productos provenientes de otras regiones del país o del exterior.
- En consecuencia, la producción competitiva de estos granos se desarrollará en áreas con potencial productivo muy bueno y bueno.
- Se estimula actualmente la producción de estos cultivos y su tecnificación en las áreas con muy bueno y buen potencial productivo, a través de los Programas de Inducción Tecnológica que buscan acelerar el desarrollo tecnológico de esas áreas con el apoyo de estímulos a la productividad y servicio privado de asistencia técnica. Mientras que , por otro lado, deben buscarse alternativas de cultivo más rentables para las áreas de mediano y bajo potencial. A esto deberá ajustarse también la planeación de la producción.
- Seguirá habiendo producción de autoconsumo en predios muy pequeños o de bajo potencial, toda vez que el productor no vive de la venta de los excedentes. Los cambios en este estrato tendrán que darse a largo plazo.

## LA SITUACION ALIMENTARIA EN MEXICO

*Heleodoro Jiménez Trejo\**

Comisión Nacional de Alimentación, CONAL

---

El tema que nos ocupa tiene una variada gama de expresiones a nivel nacional, regional, y local, dada la complejidad de los factores que interactúan en su configuración. Por ello, en esta exposición se abordarán sólo los rasgos generales que caracterizan la problemática alimentaria y nutricional prevalente en nuestro país a fin de aportar, a la comunidad universitaria, una visión global de su naturaleza y alcance.

La situación alimentaria y nutricional en nuestro país, o más concretamente el bienestar alimentario de la población, se encuentra estrechamente relacionado con las características y comportamiento histórico y actual de la cadena alimentaria. Esta, en su acepción más general, se constituye por el proceso integrado de producción primaria e industrial de alimentos, por la distribución y comercialización de los mismos, así como por su consumo y sus efectos en el estado nutricional de la población. La cadena alimentaria implica la interacción y complementariedad de los diversos agentes económicos y sociales involucrados en el proceso y, por lo tanto, su dinámica global está determinada por el grado de integración y por las relaciones específicas que se establecen entre las fases que la conforman.

En términos generales, en nuestro país, la cadena alimentaria se caracteriza por la heterogeneidad y escasa vinculación de las fases que la integran; así como por un desarrollo desigual que se manifiesta en diversas expresiones de producción, disponibilidad y acceso a los alimentos, las que están estrechamente relacionadas con las variables económicas, geográficas y socioculturales que prevalecen en el contexto nacional.

En el sector agrícola existe una polaridad productiva, resultado de la concurrencia de unidades altamente tecnificadas orientadas a la producción

\* Director General de Evaluación de Programas Alimentarios y Nutricionales de la Comisión Nacional de Alimentación (CONAL).

de alimentos para la exportación, en especial hortifrutícolas, las cuales se ubican en tierras de riego; y un amplio espectro de unidades económicas agrícolas, en tierras de temporal, destinadas a la producción de granos básicos (maíz, frijol, arroz y trigo) con tecnologías tradicionales, lo que da como resultado contrastantes niveles de rendimiento por hectárea. Los rendimientos de granos básicos y oleaginosas muestran tendencias de caída o de no incremento a largo plazo en el periodo 1970-1990, lo cual refleja problemas tanto en insumos como en técnicas de producción<sup>1</sup>.

A ello, se agrega la falta de vinculación de las técnicas de producción con las medidas apropiadas para la preservación y protección de los ecosistemas. La erosión, desertificación y empobrecimiento de las tierras, por el uso inconveniente de fertilizantes y pesticidas, el monocultivo, así como la deforestación se han revertido en demérito del potencial de las unidades de explotación rural.

El agro mexicano manifiesta, asimismo, una alta descapitalización y presenta fuertes restricciones para incorporar a la producción nuevas áreas de cultivo.

Lo anterior, expresa la alta vulnerabilidad del sistema de explotación agrícola, ya que aproximadamente el 80 por ciento de los 30 millones de hectáreas de la superficie cosechable<sup>2</sup> se encuentra subordinada a factores aleatorios, principalmente a fluctuaciones climáticas y de precipitación pluvial.

En la década pasada, estos factores impactaron negativamente los niveles de producción agrícola. En el período 1982-1987 la tasa de crecimiento anual de la agricultura fue de uno por ciento, muy inferior al índice de crecimiento demográfico estimado en 2.4 por ciento, originando la necesidad de acudir al mercado internacional para adquirir 5.4 millones de toneladas promedio anual de granos básicos, que representó alrededor del 20 por ciento del consumo interno<sup>3</sup>, a efecto de garantizar la suficiencia y el abasto nacional.

En efecto, la evolución de la producción de granos básicos en el período 1983-1988 tuvo una caída del 3.1 por ciento; registrándose, asimismo,

una disminución en la producción de algunas oleaginosas y caña de azúcar, así como de carne de bovino y porcino, huevo y leche<sup>4</sup>.

Por ello, en el marco de la estrategia de modernización del país y de los cambios estructurales que la Administración Pública Federal ha impulsado a partir de 1989, se adoptaron una serie de medidas que tienen por objetivo capitalizar al sector agropecuario e incrementar la producción y la productividad de las unidades económicas con el propósito de mejorar el nivel y la calidad de vida de los productores agrícolas de más bajos ingresos.

Dentro de las medidas adoptadas destaca, por un lado, una mayor canalización de recursos presupuestales para apoyar la instrumentación de programas especiales de estímulo a la producción agrícola, los cuales propician la incorporación de tecnologías modernas y la compactación de tierras; y, por otro, un proceso de reformas constitucionales que permitirán en el mediano plazo capitalizar el campo mexicano, a través de la asociación de los inversionistas privados con los productores agrícolas.

La estrategia de apoyos y estímulos al campo, aunada a la concertación de políticas y acciones con campesinos y productores y la presencia de condiciones climatológicas favorables propició, a partir de 1990, la recuperación en los niveles de producción de granos básicos, en particular de maíz y frijol, en los que se ha logrado sostener su autosuficiencia, con base en cosechas récord, superiores a 14 millones y un millón de toneladas respectivamente<sup>5</sup>, y se busca obtenerla en trigo y arroz ya que son productos fundamentales en la dieta de la población.

Es de destacar, asimismo, que se incrementó la producción de carne de bovino y leche, y se mantuvo la autosuficiencia en la producción de huevo<sup>6</sup>.

En el marco de los programas de estímulos a la producción se inició en octubre de 1993 un nuevo programa de subsidios directos a la agricultura denominado Procampo<sup>7</sup>, el cual tendrá una duración de 15 años.

Tiene como objetivos brindar apoyo directo a más de 3.3 millones de productores rurales, de los cuales 2.2 millones no han tenido oportunidad de

acceder a financiamientos ni a los precios de garantía ya que son campesinos que siembran para autoconsumo; compensar los subsidios que otros países otorgan a sus productores agrícolas; dar acceso a los consumidores a alimentos más baratos; fomentar la reconversión productiva de aquellas superficies en las que sea posible establecer actividades que tengan una mayor rentabilidad; y frenar la degradación del medio ambiente.

Procampo tiene dos etapas. La transitoria comprende los ciclos agrícolas otoño-invierno 93/94 y primavera-verano de 94. La definitiva quedará establecida a partir del ciclo otoño-invierno 94/95, en la que el subsidio por hectárea será diferenciado en función de las particularidades agronómicas y comerciales de cada región. Habrá un pago mínimo para asegurar el nivel de ingreso de los productores de subsistencia y un pago máximo para permitir que las tierras de alto rendimiento sean rentables.

Como eslabón intermedio del proceso alimentario, el desarrollo y comportamiento de la industria alimentaria se encuentra vinculado directamente con la situación que guarda la producción primaria de alimentos, en cuanto a la disponibilidad y estacionalidad de las materias primas, así como a la variación en la calidad de las mismas.

También está relacionada con las fluctuaciones y requerimientos de la demanda efectiva, la complejidad de los sistemas de distribución y comercialización y los patrones dominantes de consumo.

En esta actividad existe un amplio número de pequeños establecimientos con una elevada movilidad en su ingreso y desplazamiento del mercado, insuficiencias en el abastecimiento de insumos, tecnologías de baja rentabilidad que impiden economías de escala y escasa integración al sistema de producción primaria. Este sector de la industria alimentaria contribuye a la satisfacción de la demanda de dos alimentos fundamentales en la dieta del mexicano: la tortilla y el pan.

En contraposición, opera un reducido grupo de empresas altamente tecnificadas, con esquemas integrales para el acopio de materias primas y modernos sistemas de mercadeo, que orientan sus líneas de producción a satisfactores de alto costo por unidad de nutrimentos, y que influyen sustancialmente en la modificación de hábitos alimentarios y tradiciones de consu-

mo. Debido a su estructura y características, la gran industria alimentaria no responde plenamente a las necesidades básicas de la población, en particular de los estratos de menores ingresos.

Por lo que se refiere al sistema de distribución y comercialización de alimentos, éste más que un elemento articulador ha operado frecuentemente como un componente desintegrador del proceso alimentario.

En efecto, la logística de distribución y comercialización de alimentos está determinada por el alto costo del transporte y la falta de una red de almacenamiento especializado, lo que provoca considerables mermas y pérdidas, además de que condiciona al productor a supeditarse a los precios que le imponen los intermediarios.

El aparato de distribución y comercialización en zonas urbanas a pesar de que se han construido modernas centrales de abasto, se caracteriza por la existencia de una densa red de intermediarios y transportistas, que se benefician con márgenes significativos del valor final de los productos, castigando los precios de los productores primarios e incrementándolos al distribuidor al detalle y al consumidor.

El abasto de alimentos a las zonas rurales enfrenta altos costos de transportación por las dificultades de acceso físico y la alta dispersión geográfica de las localidades, debido fundamentalmente a la insuficiente infraestructura de canales de abasto para mantener el flujo regular de los productos alimenticios en dichas zonas; por lo que paradójicamente la población rural que es la de menores recursos y la generadora de productos, agropecuarios, paga precios más elevados por los alimentos de consumo generalizado.

En el ámbito urbano la tendencia predominante es la de mantener la estabilidad y la regularidad en los niveles de ingesta, mayores márgenes de oferta, una red de comercialización más amplia y diversificada, así como mejores oportunidades de acceso a programas de asistencia alimentaria.

En el medio rural, en cambio, el consumo alimentario se encuentra expuesto a oscilaciones estacionales de la producción agrícola, temporalidad

en los niveles de ocupación, ausencia de canales alternos para el abastecimiento y limitaciones para acceder con oportunidad y eficacia a programas asistenciales.

El contraste entre las condiciones de insuficiencia alimentaria en el medio rural y áreas urbano marginadas, con los amplios márgenes de mermas y desperdicios ocasionados por el manejo y consumo inadecuado de alimentos en el medio urbano, constituyen otra referencia al desequilibrio que presentan las relaciones de oferta y demanda de alimentos. Lo anterior, es resultado de que la cadena alimentaria ha venido confrontando deficiencias estructurales en la articulación, capacidad y cobertura de los procesos de producción primaria, transformación, distribución y comercialización.

Por lo que se refiere al consumo de alimentos y sus efectos en la nutrición, los altos índices de inflación en los primeros dos tercios de la década de los ochentas disminuyeron el poder adquisitivo de los asalariados y, elevaron los precios de los alimentos dificultando su acceso, lo que aunado a los niveles de ingreso familiar, la estructura del gasto, el aislamiento geográfico de algunas comunidades y la modificación observada en el consumo de alimentos, han deteriorado la situación alimentaria y nutricional de la población<sup>8</sup>.

Así, en tanto un amplio sector de la población no alcanza a cubrir sus requerimientos nutricionales básicos, debido a una dieta deficiente o desequilibrada; un reducido estrato de población con ingresos medios y altos ha adoptado dietas en las que se identifican consumos excesivos de proteína animal, harinas y azúcares refinadas, las que influyen en la reorientación del sistema productivo y provocan cambios en el aprovechamiento de los recursos locales, regionales y nacionales en detrimento de la producción de alimentos tradicionales, además que afectan su estado nutricional y son factores de riesgo para la incidencia de enfermedades crónico degenerativas. En este sentido, se puede afirmar que el consumo de alimentos básicos tradicionales de alto contenido de fibra natural ha disminuído, mientras se consume en exceso alimentos elaborados con un alto contenido de azúcar y grasas saturadas, así como productos animales. Con base en datos de la Encuesta Nacional de Ingreso-Gasto de los Hogares realizada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), los dos deciles

superiores de ingreso mantenían un consumo medio diario *per cápita* que rebasaba las recomendaciones internacionales.

Estudios realizados, entre 1985 y 1988, por el Instituto Nacional del Consumidor (INCO)<sup>9</sup>, concluyen que los cambios y variaciones en el nivel de ingreso promedio familiar, junto con la inflexibilidad de otros rubros de gasto, se tradujeron en una reducción generalizada del gasto destinado a la compra de productos alimenticios; y su magnitud estuvo determinada, en primera instancia, por el monto absoluto de recursos que cada estrato de la muestra destinaba a la compra de alimentos.

Es importante destacar que aún cuando el gasto alimentario se contrajo en todo el período de estudio, las familias lograron que la cantidad de alimentos que adquirieron no se redujera en la misma proporción que el gasto, debido a que modificaron su estructura de gasto y sus hábitos alimentarios, tendiendo a dejar de comprar alimentos caros y sustituirlos por otros más baratos. De esta manera, se apreció una tendencia generalizada a la disminución en la compra de alimentos como: bistec de res, pescado y mariscos, huevo y verduras; y un incremento de compras de pulpa, retazo y vísceras de res, leche, tortilla de maíz, pan blanco, pastas, frijol, pollo en piezas y frutas de temporada.

Entre agosto de 1988 y febrero de 1991<sup>10</sup> se revirtió la tendencia señalada, observándose que en términos generales el gasto en alimentos creció para todos los estratos. Como proporción del ingreso familiar el gasto destinado a la compra de alimentos mostró una alta participación cercana o superior al 40 por ciento.

Los efectos de esta problemática alimentaria en el estado nutricional de la población mexicana, estimados con base en una serie de encuestas y estudios de caso, presenta el siguiente panorama:

- Los resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición 1988, levantada por la Secretaría de Salud, indican que de acuerdo al indicador compuesto de peso para la talla y talla para la edad (Waterlow) utilizado en una muestra probabilística de niños menores de cinco años, la prevalencia global de la desnutrición fue del 29.2 por ciento.

- Sus resultados demostraron, también, que las principales deficiencias nutricionales afectan a la población del medio rural y urbano marginado ubicada en las regiones sur, sureste, golfo y centro norte del país. Permitió observar que el siete por ciento de los menores de un año presentó bajo peso al nacer o prematurez, debido fundamentalmente a la condición nutricional de la madre.
- De acuerdo a la encuesta, sólo el 79 por ciento de los menores de un año iniciaron la lactancia materna; sin embargo, en el 72 por ciento de éstos, la duración es menor o igual a tres meses.
- La mencionada encuesta determinó, asimismo, que el 2.2 por ciento de los niños menores de cinco años sufre de obesidad y el 7.2 por ciento de sobrepeso; y estimó que de la población femenina de 12 a 49 años no embarazada, el 10.2 por ciento padecía sobrepeso y el 14.6 por ciento obesidad.
- A diferencia de la desnutrición, la obesidad y el sobrepeso en los niños menores de cinco años no presenta diferencias regionales importantes. Por lo que se refiere a la población femenina de 12 a 49 años no embarazada, a nivel geográfico se observa que mientras que en las regiones centro y sur la prevalencia de la desnutrición es mayor al promedio nacional; en las regiones norte y ciudad de México los porcentajes de obesidad rebasan al promedio del país.
- De acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional de Alimentación en el Medio Rural<sup>11</sup>, entre 1979 y 1989 el estado nutricional de los niños de uno a cuatro años, medido según el perímetro mesobraquial/talla-edad, presentó el siguiente comportamiento: el porcentaje de los desnutridos severos se duplicó al pasar de 7.7 a 15.1 por ciento, en tanto que el de los clasificados como agudos se redujo de 28.3 a 11.3, y los porcentajes de los considerados normales y adaptados se incrementaron ligeramente, de 47.4 a 49.1 por ciento y de 21.1 a 24.5 por ciento, respectivamente.
- En relación con el promedio nacional dicha encuesta indica una mayor prevalencia de desnutrición severa en las regiones sur, golfo y

sureste, en tanto que la aguda se localiza en las regiones norte y centro occidente del país.

Con el propósito de mejorar la situación alimentaria y nutricional imperante en nuestro país, se creó la Comisión Nacional de Alimentación como instancia de coordinación y concertación entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, los Gobiernos Estatales y Municipales y los sectores social y privado que participan en el proceso alimentario, para la definición de políticas, estrategias y acciones en materia de alimentación y nutrición.

La Comisión, presidida por el Presidente de la República e integrada por los titulares de ocho Secretarías de Estado, (SHCP, SEDESOL, SECOFI, SARH, SSA, SRA, SEPESCA y SEP), de cuatro entidades paraestatales (CONASUPO, INNSZ, DIF y PROFECO) y del Departamento del Distrito Federal, formuló el Programa Nacional de Alimentación 1990-1994 que contiene los objetivos, prioridades, estrategias y políticas para la articulación, reordenamiento y modernización del proceso alimentario.

El Programa, aprobado con carácter especial por su naturaleza multi-sectorial mediante acuerdo presidencial publicado el 22 de agosto de 1990, establece que el objetivo general de la política alimentaria nacional es asegurar el abasto de alimentos a la población, en condiciones adecuadas de calidad y precio, sobre todo en beneficio de los grupos de más bajos ingresos.

En este sentido, postula como objetivos específicos: apoyar la *soberanía alimentaria nacional* y garantizar la *seguridad alimentaria* a la población en términos de suficiencia, disponibilidad y acceso.

Reconoce el valor estratégico del maíz, frijol, trigo, arroz, azúcar, semillas oleaginosas, carnes, leche, huevo, así como especies pesqueras de consumo popular, en razón de su importancia y función en la dieta habitual de los mexicanos.

Para avanzar en el cumplimiento de los propósitos señalados, postula estrategias y líneas de política tanto para articular el proceso alimentario na-

cional y regional con las necesidades sociales y los recursos disponibles, como para cada una de las fases del proceso alimentario a efecto de superar las deficiencias estructurales que inhiben su dinámica y frenan su expansión productiva.

Los sectores de la Administración Pública Federal son los responsables de aplicar las estrategias, políticas y acciones relativas a la alimentación dentro de su ámbito de competencia.

Lo expresado hasta aquí da una idea de la gran magnitud del reto alimentario y de los considerables esfuerzos que la sociedad organizada, los centros de enseñanza superior, los institutos de investigación y los distintos niveles de gobierno deben continuar realizando para cumplir una aspiración básica, que es reclamo de justicia social y desafío a la capacidad creativa de los mexicanos.

## Referencias

1. Téllez Kuenzler, Luis, *El Sector Agropecuario Frente al Tratado de Libre Comercio*, en memoria del Seminario Nacional Técnico para la Actualización del Diagnóstico de la Situación Alimentaria y Nutricional, Documentos Básicos I, CONAL, noviembre de 1991.
2. Téllez Kuenzler, Luis, *op. cit.*
3. Grupo de trabajo del Balance Nacional Producción-consumo, *Metodología para la formulación del Balance Nacional Disponibilidad-Consumo de los Granos Básicos y Oleaginosas*, (Documento para Discusión), diciembre de 1989.
4. CONAL, México: *Diagnóstico de la Situación Alimentaria y Nutricional*, febrero de 1992.
5. INEGI-CONAL, *El Sector Alimentario en México*, edición 1993.
6. Poder Ejecutivo Federal, *Informe de Ejecución 1992 del Plan Nacional de Desarrollo, 1989-1994*. Marzo de 1993.
7. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, *PROCAMPO, Vamos al Campo para Progresar*, octubre de 1993.
8. CONAL, México: *Diagnóstico de la Situación Alimentaria y Nutricional*, febrero de 1992.
9. INCO, *Seguimiento del Gasto Alimentario de la Población de Escasos Recursos del Área Metropolitana de la Ciudad de México*, Primer Panel de Familias (junio de 1985, febrero de 1988), noviembre de 1988.
10. INCO, *Seguimiento de la Situación Alimentaria de la Población de Bajos Ingresos*, noviembre de 1991, en Memoria del Seminario Nacional Técnico para la Actualización del Diagnóstico de la Situación Alimentaria y Nutricional, Documentos Básicos I, CONAL, noviembre de 1991.
11. Registrada en 1989 con la participación coordinada de CONAL, INNSZ, SSA, DIF, INI, CONASUPO, INCO UNICEF y Programa IMSS-Solidaridad.

## CULTIVOS BASICOS: CIFRAS Y METODOLOGIA

*Ing. Angel Alcalde Blanco*

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

---

### I. El programa nacional de modernización del campo

La problemática de rezago en la producción y comercialización del sector primario se agudizó en los últimos años. Por ello se buscaron medidas para impulsar la productividad del campo y lograr su reactivación, apoyándose en una planeación que permita producir más con menos recursos. Con este objeto en la presente administración se implementó el ***El Programa Nacional de Modernización del Campo***, cuyo principal objetivo es fomentar la producción y lograr un uso más eficiente de los recursos productivos por medio de la instrumentación de medidas encaminadas a estimular la producción agropecuaria y como consecuencia elevar el nivel de vida de los productores del campo. Para estar en posibilidades de proporcionar apoyos directos a los productores de cultivos básicos, fue necesario levantar un directorio de productores de granos y oleaginosas actualizado y realista, para ello se desarrolló un sistema de información confiable y oportuna que facilite la toma de decisiones del Sector, seleccionando región y tipología de productores.

Entre los principales objetivos del Programa de Apoyos Directos a los Productores de Cultivos Básicos destacan:

- a) Promover mayor seguridad brindando apoyo directo a más de 2.2 millones de productores que están al margen de los sistemas actuales;
- b) Fomentar la reconversión de superficies a actividades que tengan una mayor rentabilidad;
- c) Compensar los subsidios que otros países otorgan a sus productores agrícolas;

- d) Estimular la organización de los productores del Sector para modernizar la comercialización;
- e) Lograr que los consumidores nacionales tengan acceso a alimentos a menor precio;
- f) Incrementar la competitividad de las cadenas productivas relacionadas con el Sector Agrícola; y,
- g) Frenar la degradación del medio ambiente.

## **II. Integración de la información**

Uno de los objetivos particulares del Programa Nacional de Modernización del Campo es el de diseñar un sistema de información estadística, financiera y de mercados para apoyar la toma de decisiones de autoridades, productores y comercializadores, para la operación eficiente de los mercados.

A través de la información estadística es posible conocer y caracterizar la problemática económica y social del sector agropecuario y forestal, lo cual permite el análisis y la toma de decisiones para alcanzar el objetivo mencionado.

Para el logro de estos objetivos, el Reglamento Interior de la SARH establece como competencia de la Dirección General de Información Agropecuaria, Forestal y de Fauna Silvestre, diseñar y operar el Sistema Nacional de Información del Sector Agropecuario y Forestal. Bajo estos lineamientos elabora las estadísticas agropecuarias y forestales, mismas que difunde tanto al interior de la propia Secretaría como a otras dependencias e instituciones, así como a estudiosos del sector y público en general.

Basado en lo anterior, la integración de la estadística agrícola es producto del conjunto de esfuerzos coordinados de las diferentes áreas involucradas de la SARH y de los productores del país a través de las etapas de recopilación, integración, análisis, validación y difusión de la información que lo constituye.

Con el propósito de conocer el desempeño de la Producción Agrícola, las Delegaciones Estatales de la SARH realizan el seguimiento mensual, delegando en los Distritos de Desarrollo Rural y Centros de Apoyo la recopilación de la información necesaria (Diagrama 1).

A fin de lograr una mejor comunicación entre cada uno de los niveles, entendiéndose por tales a los Centros de Apoyo, Distritos, Delegaciones y Oficinas Centrales, se cuenta con un Calendario de Acopio y Concentración de la información mensual de los resultados de la actividad agrícola, cuya función es definir el tiempo y los niveles que deberá seguir la información. Dicho calendario, define no sólo los tiempos, sino la trayectoria de los datos estadísticos; su objetivo es homogeneizar el flujo y los tiempos, desde los Centros de Apoyo hasta las Oficinas Centrales para lograr su integración de manera más rápida, así como de garantizar su veracidad.

En este sentido y a fin de hacer más operativa y ágil la canalización de información, se utilizan formatos simplificados que permiten a la Dirección General de Información Agropecuaria, Forestal y de Fauna Silvestre, integrarla en forma oportuna. Por sus características, dichos formatos dan corresponsabilidad a la información estadística de la Secretaría, en sus distintos niveles.

Los formatos básicos para el envío de información, tienen la finalidad de cuantificar la producción primaria, así como conocer el potencial productivo del Subsector Agrícola, en función de una estructura regional y de parámetros observados en el ámbito de acción de cada Delegación. La información que remiten las Delegaciones a Oficinas Centrales, es analizada en un contexto global, con el fin de asegurar la congruencia interna de los datos.

Como ya fue comentado, la información se integra mensualmente de acuerdo a un calendario preestablecido, tiene dos niveles: avance mensual y cierre de cosechas, el primero cuantifica las actividades de siembra y/o cosechas que se realizan en un mes determinado, en tanto que el segundo presenta la evaluación del ciclo agrícola de que se trate. Los ciclos agrícolas se definen de acuerdo a la fecha que se realizan las labores principales y son dos:

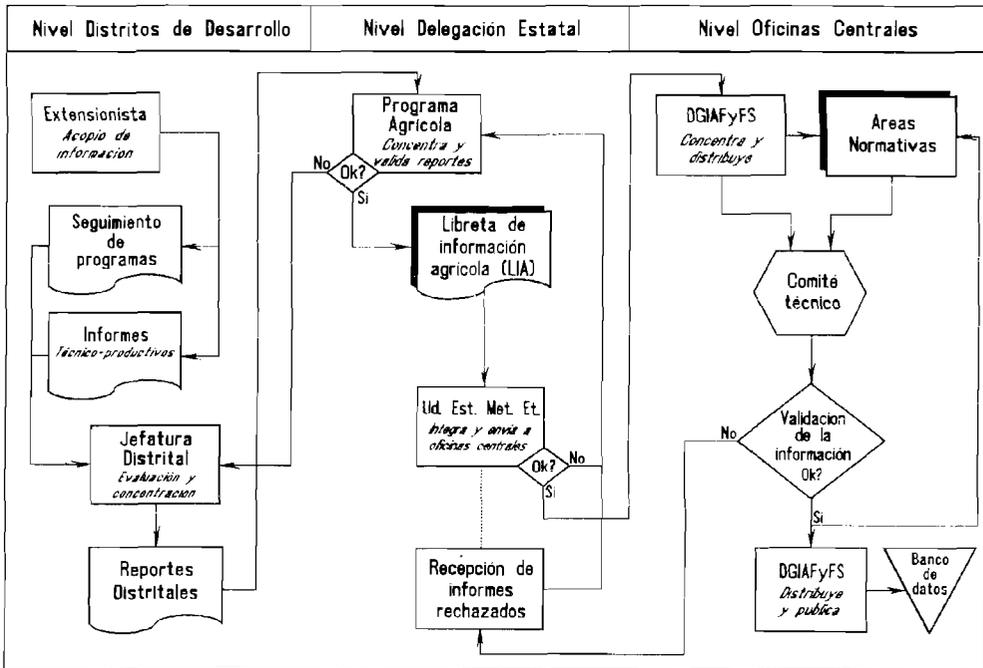


Diagrama 1. Flujo de información agrícola.

- *Ciclo Otoño-Invierno, (O-I)*. Su período de siembra comienza en octubre y finaliza con siembras postreras en marzo del año siguiente, las cosechas inician de manera general en marzo y concluyen en septiembre.
- *Ciclo Primavera-Verano, (P-V)*. Su período de siembras comienza en abril y finaliza en septiembre; las cosechas inician de manera general en septiembre y las últimas cosechas se recogen en marzo del año siguiente.

A la agregación de los ciclos mencionados se le denomina Año Agrícola, el cual inicia con las siembras del O-I en el mes de septiembre del año "x" y finaliza con las últimas cosechas del P-V en el mes de marzo del año "x + 2".

El formato de **Avance Mensual** consigna para cada cultivo las variables siguientes:

- Ciclo al que pertenece: O-I o P-V;
- Modalidad del cultivo: riego o temporal;
- Superficie: en hectáreas;
  - Sembrada
  - Cosechada
  - Siniestrada y su causa
- Rendimiento: toneladas por hectárea;
  - Estimado
  - Obtenido
- Producción: toneladas;
  - Estimada: en función de la superficie cosechable
  - Obtenida

El formato de **Cierre de Cosechas** contiene la totalidad de cultivos y consigna para cada uno las mismas variables, conteniendo valores ya depurados y se adiciona el precio medio rural ponderado, con el que se valora la producción.

### III. Publicaciones

Con la información agrícola recabada, a través de la metodología previamente reseñada, la DGI AFyFS elabora y difunde tres publicaciones periódicas que son:

- **Sistema Ejecutivo de Datos Básicos (SEDAB)**. Contiene información agrícola, pecuaria y forestal a nivel de entidad federativa. Publicación mensual.
- **Boletín Mensual de Información Básica del Sector Agropecuario y Forestal**. Contiene información a nivel nacional agrícola, pecuaria y forestal, así como también de otras variables importantes del subsector agropecuario. Publicación mensual.
- **Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos**. Contiene la información definitiva de la producción agrícola de la totalidad de los cultivos de un año  $x$ , presentada por estado, cultivo, ciclo agrícola, etcétera. Publicación anual.

Debido al tiempo requerido para realizar el acopio, consolidación, sistematización e impresión de información mensual, que como se mencionó con anterioridad es de alrededor de 20 días hábiles, las publicaciones relativas al mes "y" se difunden la primera semana del mes "y + 1"; en tanto que los anuarios, que contemplan la totalidad de los cultivos, su consolidación, validación, sistematización y edición, se realiza tres meses después del cierre de cosechas del año agrícola correspondiente.

#### **IV. Cultivos básicos: evolución reciente**

##### **IV.1 Superficie sembrada de granos básicos 1989-1993**

Los diez cultivos principales se engloban en tres grupos:

- Granos básicos: arroz, frijol, maíz y trigo;
- Oleaginosas: ajonjolí, algodón semilla, cártamo y soya; y,
- Otros granos: cebada y sorgo.

Durante el período 1989-1993 la superficie sembrada de los diez cultivos principales ha tendido a decrecer (Tabla 1), reflejando una tasa media de crecimiento real de -1.6 por ciento, pasando de 13.8 a 12.9 millones de

**Tabla 1**

**Superficie sembrada: años agrícolas 1989-1993**  
*miles de hectáreas*

<b>Cultivo</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<b>Granos básicos</b>	<b>10 699</b>	<b>11 269</b>	<b>11 032</b>	<b>10 915</b>	<b>11 281</b>
Arroz	193	120	96	97	66
Frijol	1 737	2 272	2 199	1 861	2 080
Maíz	7 564	7 918	7 730	8 003	8 230
Trigo	1 205	959	1 007	954	904
<b>Oleaginosas</b>	<b>969</b>	<b>855</b>	<b>807</b>	<b>535</b>	<b>394</b>
Ajonjolí	91	131	90	55	37
Algodón(s)	190	224	271	50	41
Cártamo	180	203	98	103	75
Soya	508	297	348	327	242
<b>Otros granos</b>	<b>2 104</b>	<b>2 184</b>	<b>1 805</b>	<b>1 766</b>	<b>1 258</b>
Cebada	294	268	296	308	284
Sorgo	1 810	1 916	1 509	1 458	974
<b>Total</b>	<b>13 772</b>	<b>14 308</b>	<b>13 644</b>	<b>13 216</b>	<b>12 932</b>

hectáreas. Sin embargo; la tendencia decreciente no es generalizada en los tres grupos, así el grupo de granos básicos, que en el período participa en promedio con el 81 por ciento de la superficie sembrada, crece a razón de 1.3 por ciento anual, siendo sus valores extremos 10.9 y 11.3 millones de hectáreas y su crecimiento para el último año del período es de 3.4 por ciento. En el grupo de oleaginosas la tendencia a disminuir su superficie sembrada es constante y generalizada en todos sus cultivos, en tanto que en el grupo otros granos, solamente el sorgo presenta mayor tendencia a la baja.

#### **IV.2 Producción**

En lo referente a la producción obtenida de los diez principales cultivos, durante el período de referencia, presenta altibajos y valores extremos (1989 y 1993) de 23.3 y 26.8 millones de toneladas; con lo que la tasa de crecimiento promedio anual es de 3.6 por ciento (Tabla 2).

La producción de granos básicos crece a razón de 8.9 por ciento anual, al pasar de 16.4 a 23.1 millones de toneladas en 1989 y 1993 respecti-

Tabla 2

**Cultivos básicos: producción en los años agrícolas 1988-1993***miles de toneladas*

Cultivo	1989	1990	1991	1992	1993
<b>Granos básicos</b>	<b>16 448</b>	<b>20 247</b>	<b>20 039</b>	<b>21 663</b>	<b>23 102</b>
Arroz	527	394	347	394	298
Frijol	593	1 287	1 379	719	1 250
Maíz	10 953	14 635	14 252	16 929	17 962
Trigo	4 375	3 931	4 061	3 621	3 593
<b>Oleaginosas</b>	<b>1 437</b>	<b>1 087</b>	<b>1 157</b>	<b>708</b>	<b>623</b>
Ajonjolí	46	60	37	23	23
Algodón(s)	257	293	307	50	40
Cártamo	142	159	88	41	59
Soya	992	575	725	594	501
<b>Otros granos</b>	<b>5 437</b>	<b>6 470</b>	<b>4 888</b>	<b>5 903</b>	<b>3 126</b>
Cebada	435	492	580	550	546
Sorgo	5 002	5 978	4 308	5 353	2 579
<b>Total</b>	<b>23 322</b>	<b>27 804</b>	<b>26 084</b>	<b>28 274</b>	<b>26 850</b>

vamente; la aportación media anual de este grupo a la producción de los principales cultivos es el 77 por ciento; la producción de oleaginosas presenta una tendencia decreciente, en tanto que en otros cultivos únicamente el sorgo tiene una tendencia a disminuir su producción.

Cabe destacar que en 1993 el frijol registra un incremento significativo de 73.8 por ciento con respecto a 1992, alcanzando una producción de 1.25 millones de toneladas. Por otra parte el maíz en 1992 y 1993 también ha logrado incrementos de producción importantes, registrando 16.9 y 17.9 millones de toneladas respectivamente, lo que significa crecimientos respecto al año anterior de 18.8 y 6.10 por ciento en el orden citado.

### IV.3 Valor de la producción a precios de 1990

#### IV.3.1 Aspectos metodológicos

La valuación a precios corrientes de cualquier aspecto económico significa que los resultados numéricos que lo expresan se encuentran calcula-

dos a los precios vigentes en cada año. Esta valuación confiere homogeneidad a las magnitudes de bienes y servicios, permite su agregación en clasificaciones de distinta índole, así como relaciones de equivalencia con otros fenómenos.

Sin embargo esto puede no ser suficiente, sobre todo cuando se busca analizar los hechos económicos ocurridos dentro de un período considerable (tres, cuatro, cinco años por ejemplo), debido a que los cambios pueden originarse por alzas importantes en los precios de los bienes y servicios, en lugar de responder a aumentos efectivos en los volúmenes producidos o consumidos.

Para aislar los efectos que introducen las fluctuaciones en el nivel y estructura de los precios, se expresan los volúmenes a precios de un año determinado o año base, es decir, a precios constantes, con lo cual se busca detectar el flujo real de bienes y servicios

Hay dos maneras de expresar los agregados a precios constantes: por deflación de los valores corrientes con un índice de precios que resulte apropiado para la variable de que se trate, o bien por extrapolación del año base del cálculo, con un índice de volumen físico que refleje el movimiento de las cantidades que componen el agregado

#### ***IV.3.2 Evolución del valor bruto de la producción a precios de 1990***

El valor de la producción a precios de 1990 para los diez principales cultivos (Tabla 3) ha crecido a razón de 5.2 por ciento anual, registrando las cifras de 14 050 y 17 212 millones de nuevos pesos en 1989 y 1993, respectivamente. El crecimiento ha sido impulsado por la aportación de los granos básicos, que en el período su promedio ha sido del 81 por ciento; entre los cultivos de este grupo destacan el frijol y el maíz, que en 1993 presentan crecimientos con respecto al año anterior de 73.9 y 6.1 por ciento, respectivamente.

En lo referente a los grupos oleaginosas y otros granos, su participación en el valor de la producción se ha visto disminuida constantemente, registrando tasas medias de crecimiento anual de -23 y -11.7 por ciento

**Tabla 3**

**Cultivos principales**  
**Valor de la producción: años agrícolas 1989-1993**  
*rniles de nuevos pesos a precios de 1990*

<b>Cultivo</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993*</b>
<b>Granos básicos</b>	<b>10 361 426</b>	<b>13 687 598</b>	<b>13 674 898</b>	<b>13 797 466</b>	<b>15 415 548</b>
Arroz	287 595	215 178	189 457	214 978	162 462
Frijol	1 179 528	2 558 796	2 739 977	1 428 255	2 483 820
Maíz	6 675 410	8 919 832	8 685 833	10 317 892	10 947 100
Trigo	2 218 894	1 993 793	2 059 631	1 836 341	1 822 165
<b>Oleaginosas</b>	<b>1 737 955</b>	<b>1 542 337</b>	<b>1 610 955</b>	<b>702 816</b>	<b>609 550</b>
Ajonjolí	92 947	121 006	74 790	46 038	45 474
Algodón (hueso)	740 906	845 917	886 103	145 297	116 237
Cártamo	94 569	106 066	58 677	27 306	39 196
Soya	809 532	469 348	591 385	484 174	408 643
<b>Otros granos</b>	<b>1 950 459</b>	<b>2 315 337</b>	<b>1 795 254</b>	<b>2 134 811</b>	<b>1 186 823</b>
Cebada	244 492	276 473	326 073	309 084	307 116
Sorgo	1 705 967	2 038 864	1 469 181	1 825 727	879 707
<b>Total</b>	<b>14 049 840</b>	<b>17 545 273</b>	<b>17 081 107</b>	<b>16 635 093</b>	<b>17 211 921</b>

\*/ Preliminar

respectivamente; así en 1993 su participación conjunta alcanza solamente 1.8 millones de nuevos pesos, es decir el 11 por ciento del valor de la producción de los cultivos principales.

## V. El sector primario en el PIB

La participación del sector primario en el PIB durante el período 1989-1993 se ha mantenido en alrededor del 7.0 por ciento, siendo su aportación más alta en 1990 con 7.8 por ciento, año en el cual la gran división creció 5.9 por ciento y la economía en su conjunto creció en 4.4 por ciento. En 1993 la Gran División 1, participó con el 7.4 por ciento, presentando un incremento de 0.4 por ciento respecto a 1992 (Tabla 4). La actividad agrícola dentro de esta división tiene una participación del 59.6 por ciento en promedio y presenta una tasa de crecimiento real del 2.5 por ciento. Por otra parte

el comportamiento de la agricultura en 1993 registra una dinámica de crecimiento favorable del 3.1 por ciento respecto al año anterior.

**Tabla 4**

**Producto interno bruto nacional y del sector primario**  
*variación porcentual*

Concepto	TMAC		Variación		
	1993/89	90/89	91/90	92/91	93/92 *
Total nacional	2.8	4.4	3.6	2.8	0.4
Sector primario	1.9	5.9	1.0	-1.0	1.8
Agricultura	2.5	9.4	0.2	-2.4	3.1
Ganadería	1.7	2.0	2.8	1.2	0.8
Silvicultura	(3.9)	-3.4	-0.2	-0.5	-11.3
Caza y pesca	1.5	-1.1	0.1	1.6	5.3

Fuente: *Sistema de Cuentas Nacionales de México 1989-1992*, INEGI.

\* Estimado con las variaciones que presenta el Informe Anual 1993 de Banco de México.



# LA PRODUCCION E INVESTIGACION DE FRIJOL EN MEXICO

*Abelardo Núñez Barrios*  
Coordinación y Vinculación Región Norte-Centro  
INIFAB, SARH

---

## **Introducción**

El frijol, dentro de las leguminosas comestibles, es una de las especies más importantes tanto por su amplia distribución en diferentes zonas ecológicas como por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia de la vasta mayoría de agricultores de bajos recursos.

México ha sido aceptado como uno de los más probables centros de origen del frijol, o al menos como uno de los centros de diversificación primaria, ya que se han encontrado en Tehuacán, Pue., residuos de este cultivo con una edad superior a los 5,000 años antes de Cristo<sup>1</sup>.

El frijol, junto con el maíz, el sorgo y el trigo, se encuentra entre los cuatro cultivos más importantes del país, ocupando el segundo lugar en cuanto a superficie cosechada (15.7% del total), es el tercero en cuanto a valor de la producción (13.4% del total) y el cuarto a la producción (4.6% del total).

En la actualidad se siembran en México poco más de dos millones de hectáreas, de las cuales el 81.4% son de temporal y el 18.6% de riego, con el 71.2% y 28.8% de la producción, respectivamente. De la superficie temporalera más de un millón de hectáreas se siembra en la zona semiárida del país, la que comprende principalmente los Estados de Zacatecas, Durango y Chihuahua con 700 mil, 275 mil y 210 mil hectáreas, respectivamente.

Sin embargo sólo el 60% de esa área tiene potencial para producir frijol de una manera económicamente costeable.

## **Investigación**

La investigación de frijol en México se inició de una manera más formal, durante la década de los 60's con trabajos de mejoramiento genético y manejo de cultivo, sin embargo en los últimos 15 años ésta investigación se ha intensificado en áreas como fisiología, fijación de nitrógeno, plagas y enfermedades, y calidad del grano.

### ***Mejoramiento genético***

Los trabajos de mejoramiento genético tienen como objetivo obtener variedades de frijol de más alto rendimiento, más estables a las variaciones climáticas que se presentan año tras año, con resistencia múltiple a enfermedades e insectos y con mayor tolerancia a la sequía. Las nuevas variedades no sólo deben producir más altos rendimientos por hectárea, sino tener tamaño de semilla y color de grano preferente por los agricultores de la región. Por ejemplo, para la región semiárida de altura se han generado variedades de tipos negros, bayos, pintos, flores de mayo y ojo de cabra, las cuales con excepción del ojo de cabra, tienen una amplia aceptación por los productores del altiplano<sup>2</sup>.

Estas variedades se han generado con el tiempo en los programas de mejoramiento genético donde, a través de cruza, selección y avances de generaciones se obtienen líneas con características superiores y más uniformes en la expresión de caracteres como son tipo de planta, de grano, días a madurez y resistencia a enfermedades. De esta etapa pasa a ensayos uniformes y ensayos preliminares de rendimiento, donde se confirma la resistencia a enfermedades, se evalúan otras características como la habilidad para fijar nitrógeno, los niveles de rendimiento y la calidad del grano en términos de tiempo de cocción. Finalmente, se hace una validación comercial con productores para después ser puesta en el mercado.

### ***Estudios de crecimiento y fisiología***

El objetivo de estos trabajos es ampliar el conocimiento sobre la respuesta del frijol a diferentes condiciones de clima y suelo. Estas respuestas incluyen aspectos fenológicos relacionados con la plasticidad y sensibilidad

al fotoperiodo, lo cual parece darle a la planta una mayor capacidad de adaptación a la variabilidad ambiental y, por lo tanto, un rendimiento más estable como se ha observado en variedades como Pinto Villa.

Otros estudios nos indican que existen diferencias significativas en la distribución de materia seca entre la raíz y la parte aérea cuando los genotipos son sometidos a estreses de sequía.

En general, los genotipos que tienden a translocar más carbohidratos a la raíz en condiciones deficitarias de humedad, son los que producen menos bajo sequía.

El tipo de raíz es otro factor importante de adaptación del cultivo a suelos poco profundos y con baja capacidad de retención de humedad<sup>3</sup>. Variedades como flor de Mayo Bajío (FMB), con un crecimiento rápido de raíz principal y poco crecimiento de raíces secundarias y terciarias suelen presentar mayores síntomas de marchitez durante períodos de sequía. En cambio, otros genotipos como Pinto Villa y BAT-477 con mejor adaptación, presentan un número significativamente mayor de raíces secundarias y terciarias.

La translocación de carbohidratos ha sido otro factor de estudio en frijol donde se ha observado que variedades como FMB, tienen una gran capacidad de translocación cuando son sometidos a sequía. Este es un mecanismo de escape que se está considerando en el programa de mejoramiento genético<sup>4</sup>.

La fijación de nitrógeno es importante debido a que los suelos de las áreas temporaleras del altiplano donde se siembra frijol, tienen un bajo contenido de nitrógeno y la superficie fertilizada no llega al 10 por ciento. El uso de cepas introducidas como *Rhizobium phaseoli* (2-203A-20) han tenido influencia con el incremento del rendimiento, sin embargo, existe una competencia fuerte con las cepas nativas que no han permitido que cepas introducidas manifiesten su máximo potencial. Al igual que la floración se considera la etapa más susceptible del cultivo a sequía, la nodulación también se ve afectada severamente en este estado fenológico para la mayoría de las variedades estudiadas<sup>5</sup>.

### ***Plagas y enfermedades***

Dentro de las enfermedades del frijol de temporal, las pudriciones de raíz causadas por hongos son las más generalizadas, ya que entre otras cosas las prácticas de monocultivo han influido en el incremento de las poblaciones fungíferas. Las enfermedades más comunes son las causadas por *Rhizoctonia solani* y *Fusarium spp.* Sin embargo, no se ha encontrado aún entre los materiales genéticos evaluados, fuentes que muestren una aceptable tolerancia a estas enfermedades.

Otras enfermedades como mosaico común, mosaico dorado y antracnosis, también pueden influir en un decremento significativo del rendimiento por lo que en la selección de variedades se está buscando fuente de resistencia<sup>6</sup>.

### ***Calidad del grano***

La calidad de los tipos bayos y pinalidad del grano es un área de investigación que está tomando importancia debido a que existe una mayor competitividad por obtener mejores productos en mercados más abiertos<sup>7</sup>. Entre los estudios de calidad está lo de tiempo de cocción y aceptación sensorial. Los genotipos con tiempo de cocción más prolongado han sido los granos, como por ejemplo: el Bayo Victoria y Pinto Villa, y los de menor tiempo de cocción fueron los de Flor de Mayo y Flor de Junio. Las pruebas de aceptación sensorial indican que se presentó muy poca variación entre genotipos y entre localidades.

### **Conclusiones**

México tiene un gran potencial para ser autosuficiente en la producción de frijol, aún sembrando un 25 a 35 por ciento menos de la superficie que se siembra actualmente, siempre y cuando se utilicen las variedades con mejor adaptación en las áreas con regular y buen potencial.

La investigación en frijol está generando suficiente información para sistemas con alta productividad y sustentables a largo plazo. Calidad, post-cosecha e industrialización son aspectos que requieren de una atención mu-

cho mayor en la investigación para que los productores puedan ser más competitivos con este producto a medida que progresa la apertura de las economías y los mercados a nivel mundial.

## Bibliografía

1. CIAT (1985), *Investigación y Producción de Frijol*, Editores, López, M. y Fernández, F., PNUD-CIAT.
2. Acosta, G. J. A., (1988), *Selection of common bean Phaseolus Vulgaris L. genotypes with enhanced drought tolerance and biological fixation*, Ph. D. Thesis, Michigan State University, pp. 55-86.
3. Núñez, B. A., (1991), *Morfología de raíz y parte aérea de plántulas de frijol bajo diferentes condiciones de humedad*, **Phaseolus**, Publicación Especial, N° 8, pp. 33-40.
4. Núñez, B. A. y G., J. A. Acosta, (1991), *Distribución de materia seca en diferentes variedades de frijol bajo condiciones de sequía*, **Phaseolus**, Publicación Especial, N° 8, pp. 41-50.
5. Castellanos, J. Z. y J. J. Peña Cabrales, (1991), *Análisis de 12 años de investigación de campo en México sobre inoculantes a base de cepas élite en frijol*, Memoria del III Congreso Nacional de la fijación biológica del nitrógeno, Cuemavaca, Mor. p. 30.
6. Acosta, G. J. A., F. Delgadillo, M.R. Ochoa, (1991), *Introducción de genotipos de frijol resistentes al virus del mosaico común*, **Phaseolus**, Publicación Especial, N° 8, pp. 109-116.
7. Guzmán Maldonado, H. y J. Z. Castellanos, (1992), *Efecto de dos sales comerciales sobre la calidad de cocción en tres variedades de frijol común (Phaseolus Vulgaris)*, **Phaseolus**, Publicación Especial, N° 9, pp. 89-96.



# LA PRODUCCION DE ARROZ Y EL IMPACTO DE LA INVESTIGACION ARROCERA EN MEXICO

Leonardo Hernández Aragón\*  
Leticia Tavitas Fuentes\*

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias

---

## I. Introducción

El centro de origen del arroz asiático (*Oryza sativa* L.) se ubica en las áreas inundables comprendidas entre los ríos Ganges y Yangtzé<sup>1</sup>, y su domesticación pudo haber sucedido hace unos siete mil años. De acuerdo con estudios arqueológicos efectuados en la aldea Hemudu, provincia de Zhejiang en China Continental, en donde en 1973 fueron desenterrados restos de arroces carbonizados, permiten suponer que el arroz ya se cultivaba en esa región hace 6 700 a 6 900 años<sup>2</sup>. *O. sativa* L. es descendiente directa de las especies silvestres *O. rufipogon* y *O. nivara*, que son perenne y anual, respectivamente, y antes de su domesticación (hace unos siete mil años más o menos) se efectuó una hibridación introgresiva con un zacate anual de la especie *O. spontánea*<sup>3</sup>.

De acuerdo con las regiones y climas donde fue domesticado el arroz asiático (*O. sativa* L.), éste se diferenció en tres sub-especies o razas geográficas, que son:

### **Indica:**

Arroz de clima tropical cuyas principales características son:

1. Perfil facial superior o igual a tres;
2. Granos largos y con alto porcentaje de amilosa y poca amilopectina;

\* Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Sede Campo Experimental Zacatepec-CIRCE; Apdo. Postal 12; C. P. 62780, Zacatepec, Mor., Tel: (91 + 734) 3 07 99.

3. Glumas y hojas levemente pubescentes; y,
4. Limbo verde pálido e inclinado.

***Japónica:***

Se cultiva en zonas de climas templado; sus principales características son:

1. Perfil facial entre 1.4 y 2.9;
2. Pubescencia larga y dura sobre las glumillas;
3. Limbos de las hojas, rectos y de color verde oscuro; y,
4. Granos cortos y con alto contenido de amilopectina y poca amilosa.

***Javánica:***

Así se identifica a un grupo de arroces de Indonesia, los cuales se cultivan principalmente en Bali, Lombok, Java, Sumatra y en Célebes; sus características generales son: poco amacollamiento, tallos fuertes, resistencia al desgrane, hojas anchas, poca sensibilidad a la duración diaria de la luz, frecuente presencia de arista en el grano el cual es corto y delgado.

De China Continental y de otras regiones del Sureste de Asia el arroz asiático fue llevado a Asia Menor, al norte de Africa y a la parte sur de Europa, de donde fue traído al Continente Americano después de su descubrimiento.

Aunque la primera introducción del arroz a México fue de la raza Japónica durante la época de la Colonia, como este tipo de grano no fue del agrado de los primeros mestizos que poblaron la Nueva España, fue hasta el siglo XVII cuando se introdujo el arroz de la raza Indica mediante las travesías del Galeón Español que navegaba de Manila, Filipinas al Puerto de Acapulco, Guerrero; este tipo sí fue del agrado de la población mexicana de esa

época, y se tienen referencias de que para el año de 1800 este cereal ya se sembraba en pequeñas parcelas de Guerrero y Veracruz, pero fue hasta el año de 1836 cuando el Sr. Ricardo Sánchez introdujo su cultivo al estado de Morelos, de donde se extendió paulatinamente a otras entidades del país<sup>4</sup>.

## II. Principales métodos de cultivo

- ***Trasplante bajo riego***

Este método está concentrado principalmente en la zona Centro-Sur (Morelos, Puebla, Guerrero y México) y un poco en la parte central de Veracruz (Piedras Negras-Actopan), así como en el área tropical seca de Michoacán (Valle de Apatzingán) y en la zona central de Jalisco (Ameca).

El riego en la zona Centro-Sur se efectúa con agua de manantiales, y a través de pequeñas presas en Piedras Negras-Actopan, Apatzingán y Ameca. En la zona Centro-Sur y Ameca el cultivo se maneja en el ciclo Primavera-Verano, y en Piedras Negras-Actopan y Apatzingán, además del ciclo de Verano este sistema también se conduce en el de Otoño-Invierno.

Casi todas las labores del cultivo todavía se efectúan a mano, desde el establecimiento de los almácigos hasta la cosecha, aunque recientemente en el estado de Morelos se ha validado maquinaria y equipo para su mecanización.

- ***Siembra directa bajo riego***

Este sistema se tiene establecido en el Noroeste (Sinaloa y Nayarit), Noreste (Tamaulipas, San Luis Potosí y norte de Veracruz) y Occidente (costas de Jalisco y Colima). El agua para el riego del cultivo proviene de grandes presas de almacenamiento; su manejo se realiza en el ciclo de Primavera-Verano y un poco en el Otoño-Invierno ("soca" y cultivos *per se* en Sinaloa y Nayarit y cultivos *per se* en el Noreste).

La siembra se efectúa con máquinas sembradoras terrestres en líneas, o al "voleo" con máquinas "voleadoras", a mano y con avión; todas las operaciones restantes son mecanizadas.

- **Arroz de temporal**

Este tipo de cultivo se estableció en los estados del Sureste (trópico húmedo): Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Campeche y Quintana Roo; un poco de arroz temporalero también se tenía en Yucatán (Cono Sur), en Colima (Occidente) y Nayarit (Noroeste).

Obviamente este cultivo se ha manejado durante la temporada de lluvias en el ciclo Verano-Otoño. La siembra se efectúa tanto al "voleo" en forma manual, con máquinas "voleadoras" o con avión, así como en líneas con sembradoras terrestres. El resto de las operaciones incluyendo la cosecha también son mecanizadas.

- **Arroz de temporal con riegos de auxilio**

En algunas áreas de los estados de Tabasco y Campeche en el Sures-te se está estabilizando la humedad en el arroz de temporal a través de riegos de auxilio mediante el establecimiento de unidades de riego para derivar por gravedad el agua de algunas corrientes superficiales a los campos arro-ceros, o como en Quintana Roo donde se ha hecho uso del agua de pozos que anteriormente estuvieron abandonados o subutilizados; los avances son promisorios, ya que en algunos casos se han obtenido dos cosechas de arroz en el mismo año.

### **III. Factores limitantes de la producción**

En este aspecto, podemos decir que los problemas de mayor impor-tancia y que, a su vez, limitan la obtención de mejores rendimientos, son los siguientes:

- **Riego trasplante**

Restricciones de agua en la época de trasplante y en la mayoría de las fases fenológicas del cultivo en la Región Central (Morelos, Puebla, Guerrero y estado de México); incidencia de *Pyricularia oryzae* que en esas entidades produce "avanamiento del grano"; infestaciones de malezas, y altos costos de producción por realizarse casi todas las labores a mano.

- **Riego siembra directa**

Frecuentemente la escasez de agua, sobre todo en Sinaloa, los altos índices de salinidad y/o alcalinidad de los suelos; incidencia de *P. oryzae* que en la región de las Huastecas causa "quema del follaje", y daños de "mancha café" (*Bipolaris oryzae*); infestaciones de malezas de diferentes especies incluyendo "arroz rojo" (*Oryza rufipogon*), así como ataques de algunas plagas de insectos.

- **Temporal**

Ocurrencia de sequía intraestival en las áreas de precipitación irregular; incidencia de enfermedades: *P. oryzae* como "quema del follaje", *B. oryzae*, *Gerlachia oryzae* y "manchado del grano" causado por la bacteria *Pseudomonas fuscovaginae*; altas infestaciones de varias especies de malezas, además de "arroz rojo" (*O. rufipogon*); fuertes daños de plagas tanto en etapa vegetativa como reproductiva y diferentes grados de toxicidad de aluminio en los suelos ácidos de sabana. Recientemente en Tabasco, han sido detectados daños mecánicos de la chicharrita *Sogata oryzicola* en cultivos comerciales de la variedad "Milagro Filipino Depurado" que en 1991 causaron una considerable reducción de los rendimientos.

- **Temporal con riegos de auxilio**

Con excepción de daños por sequía que se han venido resolviendo con riegos en las etapas críticas del cultivo, el resto de los factores limitantes son similares a los del cultivo de temporal común.

#### **IV. Evolución de la producción nacional**

La política del Gobierno Federal había sido, en sexenios anteriores, la de cultivar la superficie necesaria para producir el arroz que demandaba la población nacional. Sin embargo, en los últimos años, el área y la producción de éste cereal se han reducido drásticamente, de tal forma que ha tenido que recurrirse a la importación para satisfacer las necesidades de este grano básico en la alimentación del pueblo mexicano. Por lo que se refiere a la frontera tecnológica, de 1961 a 1993, los rendimientos medios de arroz

palay en México se incrementaron de 0.9 a 4.4 toneladas por hectárea equivalente al 488 por ciento con una media anual de 109 kilogramos, como consecuencia de nuevas tecnologías desarrolladas por la investigación agrícola. Las medias de superficies, la producción y rendimientos registrados durante el período de referencia, por quinquenios se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1**

**Superficie, producción y rendimientos de arroz palay en México (1961-1993)**

*(promedios quinquenales y el trienio 1991-1993).*

Quinquenios	Superficie miles de ha	Producción miles de ton	Rendimiento ton/ha
1961-1965 <sup>*</sup>	324	292	0.9
1966-1970 <sup>*</sup>	158	389	2.4
1971-1975 <sup>*</sup>	176	493	2.8
1976-1980 <sup>*</sup>	147	502	3.4
1981-1985 <sup>*</sup>	220	673	3.0
1986-1990 <sup>**</sup>	126	445	3.5
1991-1993 <sup>**</sup>	73	323	4.4

**Fuentes:** <sup>\*</sup> Dirección General de Economía Agrícola, SAG, SARH, México, D. F.  
<sup>\*\*</sup> Dirección General de Políticas de Producción Agropecuaria y Forestal, SARH, México, D. F.

## V. Calidad del arroz mexicano

La calidad del grano de arroz es el conjunto de características (que responden muchas veces a criterios subjetivos), admitidas por los diferentes usuarios: longitud, tamaño, homogeneidad, blancura, translucidez, sabor, aptitudes culinarias (aumento de tamaño, velocidad de cocción, resistencia a la excesiva cocción, separación de los granos después de la cocción, etcétera). Se trata de una expresión fenotípica sometida a los factores ambientales pero bajo la dependencia de factores hereditarios. El dominio de la calidad puede constituir un índice de civilización<sup>5</sup>.

De acuerdo con las características del grano en México se producen dos tipos de arroces, el grano "tipo Sinaloa" que es de tamaño mediano de

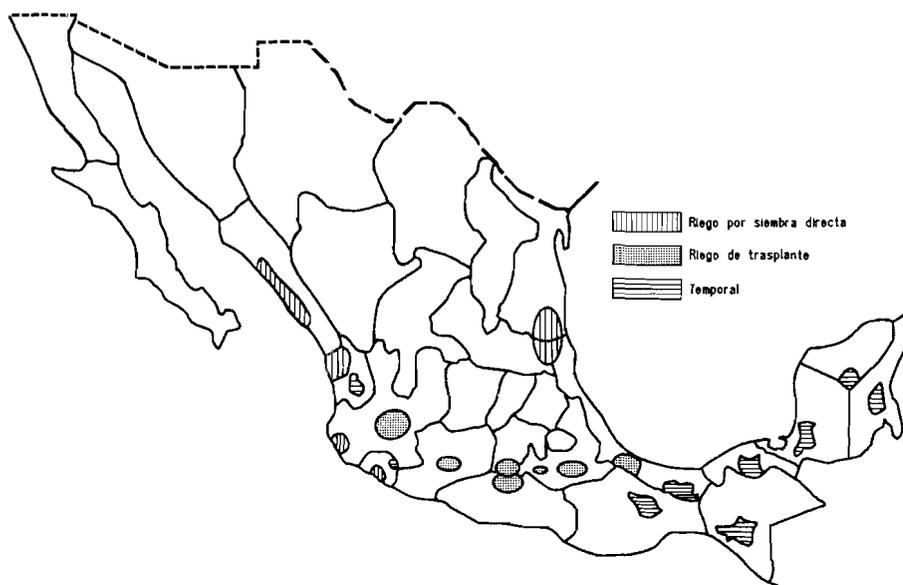
forma alargada y cristalino, y el grano "tipo Morelos" que es de tamaño grande de forma oblonga y con centro yesoso que popularmente se le conoce como "Panza blanca"; este tipo de arroz solamente se produce en los estados de Morelos, México, Puebla y norte de Guerrero; el "tipo Sinaloa" se produce en el resto de las entidades del país, tanto bajo riego de siembra directa como de temporal.

Por la calidad de "cocimiento suave" del grano, que requiere de menos tiempo y menor cantidad de combustible que el "tipo Sinaloa", y por su alto rendimiento en el plato, el arroz "tipo Morelos" ha recibido de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), la autorización para ser vendido a un precio superior al grano de "tipo Sinaloa". Este sobreprecio en la década de los 80's osciló del 19 hasta el 53 por ciento, y de 1991 a 1993 ha sido del 38 al 48 por ciento<sup>6</sup>.

Hasta 1989 los precios de garantía para el arroz palay y para otros productos agrícolas, los fijaba el Gabinete Agropecuario del Gobierno Federal; sin embargo a partir de 1990 el precio para el arroz palay fue liberado, y de esta forma se integró al grupo de productos que están sujetos a la ley de la oferta y la demanda.

Como puede observarse en la Tabla 1, el arroz en México se había constituido en un cultivo importante, ya que a través de los tres sistemas principales de producción: riego de siembra directa, riego por trasplante y temporal, en el quinquenio 1981-1985 ocupó una superficie media de 220 mil hectáreas anuales. Durante la década de los 70's y la mayor parte de los 80's el área de temporal cubrió alrededor del 50 por ciento del área arroceras nacional.

Debido a los altos costos de producción, causados por la carestía de los precios de los insumos, de la mano de obra, de la maquila en la siembra y cosecha, así como el alza de los intereses bancarios, la superficie del cultivo de arroz comenzó a reducirse a partir de 1988 como consecuencia de la disminución de su rentabilidad, aunado a que los precios del arroz palay no aumentaron en la misma proporción en que se registraron los costos de producción, y de esta manera las áreas de cultivo se redujeron drásticamente, (Figuras 1 y 2).

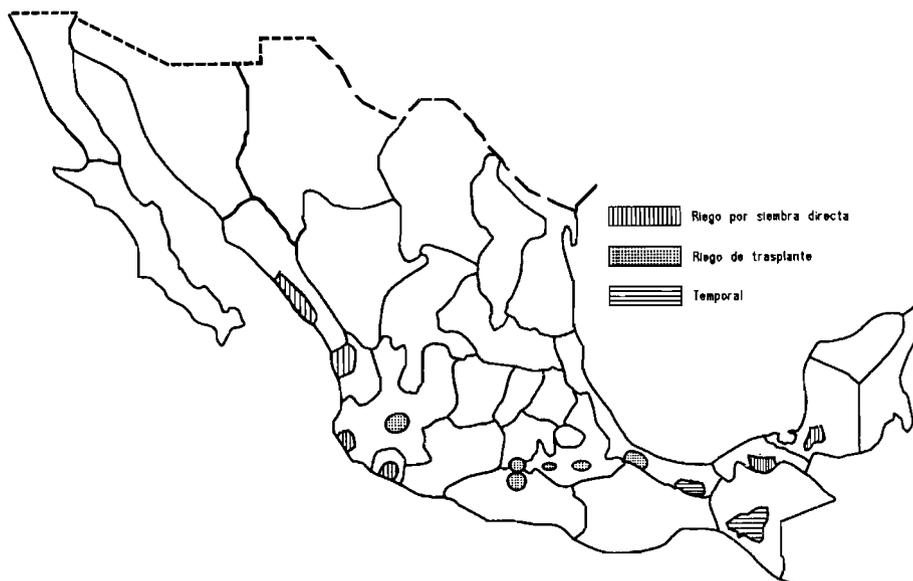


**Figura 1.** Areas productoras de arroz en México a través de los tres sistemas principales de producción. En el quinquenio 1981-1985 se cultivaron 220 mil hectáreas anuales.

## VI. Importaciones de arroz

Por otro lado, como a partir de 1989 se abrieron las fronteras a la importación de arroz, ésto se reflejó de inmediato en la reducción de los precios del arroz palay producido en México, lo cual causó grandes decepciones en los agricultores quienes no obtuvieron los márgenes de utilidad en proporción a sus inversiones en la producción de este cereal; estas importaciones causaron una sobre-oferta en el mercado mexicano.

El arroz importado se adquiere a menor precio que el que se produce en México, ya que proviene de países asiáticos donde la abundancia de agua para el riego, la mano de obra barata y la biofertilización del cultivo a base de *Azolla spp.* disminuyen considerablemente los costos de producción y si este grano se importa de Estados Unidos, aparte de que el 100 por



**Figura 2.** Situación actual del cultivo del arroz en México, en donde en los últimos cinco años la superficie media anual fue de menos de 100 mil hectáreas, habiéndose reducido tanto las áreas de riego de siembra directa como de temporal.

ciento de la producción es mecanizada, por lo que sus costos de cultivo son bajos, los agricultores estadounidenses reciben un subsidio de su gobierno equivalente al 48 por ciento de los costos de producción; bajo estas condiciones es difícil que el arroz mexicano compita con los arroces que se manejan en el mercado internacional. La información de que se dispone en México con relación a las importaciones de arroz, se muestra en la Tabla 2.

## VII. Sistema producto-arroz

El arroz en México, al igual que la mayoría de los cultivos, con excepción del maíz y el frijol, están atravesando actualmente por una tremenda crisis económica; para su solución a corto y mediano plazos, es necesario implementar nuevas estrategias de producción y comercialización de los productos agrícolas.

Tabla 2

**México: Importaciones de arroces blancos\* "tipo Sinaloa"**

<b>Años y períodos</b>	<b>Volúmenes ton</b>	<b>Procedencia</b>
1989	164 500	Tailandia
1990	73 800	Vietnam
1991	92 000	Vietnam
Nov.91 - Agto. 92	224 816	Tailandia, Vietnam, China Popular
Dic.92 - Ene. 93	100 000	China Popular, Estados Unidos
1993	180 000	Estados Unidos
1994	200 000	Vietnam vía Uruguay**

\* El arancel que se ha impuesto a las importaciones de arroces blancos es del 20% y del 10% para arroz palay.

\*\* En Vietnam, el cultivo de este cereal es atacado por varias enfermedades que no se tienen en México como bacteriosis (*Xanthomonas oryzae pv. oryzicola* y *X. oryzae pv. oryzae*).

Fuente: Dirección General de Sanidad Vegetal, SARH, México, D. F., comunicación 411.02.01.02/13679 del 20 de septiembre de 1993.

En el caso del arroz en 1992 fue establecido el Sector "Sistema-Producto" por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), que tiene los objetivos de establecer los mecanismos de coordinación y concertación entre los agentes de los sectores (privado y social) que participan directa o indirectamente en las fases de la cadena de producción, mercado y consumo de este cereal, y así poder elevar la productividad y la eficiencia en su comercialización en beneficio de los organismos que estén involucrados en esta cadena<sup>7</sup>.

Se ha pretendido que el "Sistema producto-arroz" se constituya en el foro para la concertación de las acciones correspondientes a la producción y consumo de este grano, desde la investigación hasta su comercialización, y que tenga el carácter de órgano de consulta sobre la política arrocera nacional.

Esta estrategia se ha estructurado tanto a nivel nacional como regional y estatal, para lo cual se cuenta con programas para la integración de comités estatales mixtos de participación, y se considera que a través de su funcionamiento, habrán de utilizarse las diferentes estructuras organizativas para promover la participación de las instituciones y de los comités para que incidan en la investigación, producción, industrialización y mercado del grano de este cereal.

Se trata de que estos comités se responsabilicen de la organización y capacitación de los productores arroceros con el fin de propiciar la adecuada utilización de los recursos para el aumento de la producción y mejoramiento de la industrialización y comercialización de este grano en México.

No obstante que el sistema producto-arroz ha contado con el apoyo del Gobierno Federal para su operatividad, sin embargo a la fecha aún no se han notado los resultados esperados ya que el repunte del cultivo aún es incierto lo cual se refleja en los bajos volúmenes de este grano que fueron cosechados en los años de 1992 y 1993 a nivel nacional. La baja producción arroceras implica seguir importando este grano con la consecuente fuga de divisas, reducción de fuentes de trabajo en el campo y molinos arroceros, así como en las empresas colaterales de producción de semillas para siembra, de fertilizantes, de parasiticidas, etcétera.

### **VIII. Sistemas de investigación**

La investigación del arroz en México comenzó en 1949, la cual inicialmente estuvo concentrada sobre la formación de variedades apropiadas para los sistemas de cultivo bajo riego (trasplante y siembra directa) para áreas de los estados de Morelos y de Sinaloa, respectivamente.

Fue en 1974 cuando se inició la investigación sobre arroz de temporal en el Sureste y hasta a fines de los 80's cuando se comenzaron los estudios sobre riegos de auxilio en arroz de temporal en los estados de Tabasco, Campeche y Quintana Roo.

- ***Mejoramiento genético para la formación de variedades puras***

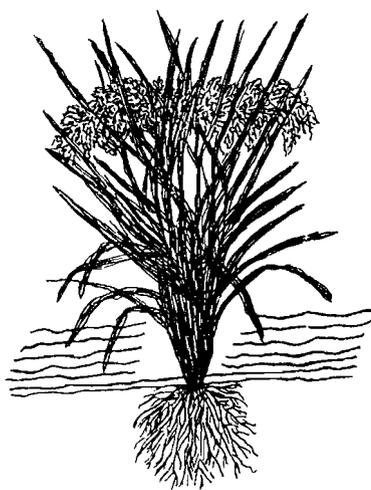
El mejoramiento genético del arroz en México se basa en la manipulación de un solo genoma, a diferencia de otros cereales como el trigo y el maíz. En el caso del trigo se manejan tres genomas, y en el maíz se aprovecha el vigor híbrido de las introgresiones del teosinte.

La utilización de los genes semi-enanos d35, d47 (Dee Geo Woo Gen) y sd-1, se ha traducido en el establecimiento de un ideotipo en arroz de riego con alto rendimiento, debido al incremento del índice de cosecha, de

1:0.75 en las variedades antiguas como Morelos A70, a 1:1.35 en las modernas como Morelos A92.

En México las nuevas variedades semi-enanas para condiciones de riego se caracterizan porque tienen hojas erectas, follaje denso y con numerosas panículas.

Una característica importante de los genes de semi-enanismo consiste en su inactivación durante la etapa vegetativa de la planta y su activación al inicio de la etapa reproductiva, aspecto que disminuye el crecimiento de los entrenudos inferiores y de las tres o cuatro hojas superiores; estos factores conforman una planta compacta resistente al acame que se muestra en la Figura 3.



- Regular sistema radicular
- No amacollan tallos improductivos
- Hojas verde oscuro, erectas y sólo algunas caídas
- Tallos muy fuertes
- 80 a 90 cm de altura
- Ciclo vegetativo de 120 a 150 días
- Resistencia a enfermedades
- 15-20 panículas por planta
- 150-200 granos por panícula
- Potencial de rendimiento de 8 a 10 ton/ha
- Buena calidad de grano

**Figure 3.** Ideotipo de las variedades de arroz para riego en México.

En la formación de variedades puras los fitomejoradores eligen a una serie de progenitores para involucrarlos en varios tipos de cruzamientos y así reunir las características deseables de dos o más variedades en la generación de diversas progenies en cuya generación  $F_2$  se produce una gran variabilidad; entonces los fitomejoradores cultivan esas progenies a través de

cinco o seis generaciones y por diferentes métodos de selección obtienen líneas uniformes con los caracteres combinados de sus progenitores. Por medio de este proceso se han generado diversas líneas puras, mismas que posteriormente al ser sometidas a evaluación de rendimiento y de estabilidad, así como de calidad del grano, las de mejor respuesta han sido liberadas como nuevas variedades.

Los fitomejoradores se han apoyado en el Laboratorio de Calidad de Arroz que se tenía en Chapingo, Méx., donde se evaluaban los materiales generados para condiciones de riego y temporal desde generaciones tempranas ( $F_3$  y  $F_4$ ) para calidad culinaria (pruebas de álcali y gel, y temperatura de gelatinización), mientras que en generaciones avanzadas ( $F_5$  y  $F_6$ ) se determina la calidad molinera (apariencia física, tamaño y porcentaje de granos pulidos enteros); mediante esta interacción de actividades en campo y en laboratorio, el INIFAP ha liberado las siguientes variedades puras<sup>8</sup>.

*a) Para trasplante bajo riego*

Jojutla Mejorado, Zapata A70, Morelos A70, Morelos A83, Apatzingán A88, Morelos A88 y Morelos A92; esta última es resistente a *Pyricularia oryzae* y al acame, y es la variedad de más alto rendimiento de todas las que se han cultivado y liberado en México con productividad de más de 10 ton/ha en condiciones de riego y a nivel comercial; la calidad de su grano es el "tipo Morelos", similar al de Morelos A70 la cual se ha cultivado en la región central de México por más de 20 años, misma que fijó la calidad "Morelos" en el mercado nacional.

*b) Para siembra directa bajo riego*

Sinaloa A64, Sinaloa A68, Navolato A71, Juchitán A74, Bamoa A75, Sinaloa A80, Huastecas A80, Culiacán A82 y Humaya A92. La variedad Navolato A71 es la más popular en México por su versatilidad de cultivo (en siembra directa bajo riego y de temporal *per se* y con riegos de auxilio) y ha sido sembrada en más de dos millones de hectáreas desde su liberación en 1971 a la fecha. La nueva variedad Humaya A92 es de reciente liberación, la cual es de mayor potencialidad de rendimiento que sus antecesoras, es tolerante a suelos alcalinos y de mejor calidad de grano ("tipo Sinaloa").

*c) Para arroz de temporal*

Macuspana A75, Campeche A80, Cárdenas A80, Chiapas A84, Palizada A86, Chetumal A86, Huimanguillo A88 y Cotaxtla A90; la variedad Campeche A80 es la más conocida de las variedades temporales en el Sureste de México, pero debido a su ciclo largo tiende ya a ser substituida por otras de ciclo intermedio.

La introducción de la variedad IR8 del Instituto Internacional de Investigaciones Arroceras (IRRI) de Filipinas (conocida en México como "Milagro Filipino") que ocurrió en 1968, ha sido usada como progenitor en el programa de mejoramiento varietal principalmente como donador de paja corta y de alto rendimiento; como variedad comercial causó gran impacto por su alta productividad a fines de los años 60's pero dejó de cultivarse en 1976 debido a la baja calidad molinera de su grano. Sin embargo de acuerdo con la solicitud de varios productores, en 1986 esta variedad fue reseleccionada por INIFAP en Veracruz, donde se mejoró la calidad de su grano, habiéndose denominado: "Milagro Filipino Depurado"; no obstante la planta sigue siendo susceptible a *P. oryzae*. Actualmente se siembra en el estado de Veracruz tanto en condiciones de riego por trasplante (localidades de Piedras Negras-Actopan) como de temporal con precipitación regular en la Cuenca del Papaloapan, y un poco en los estados de Tabasco y Campeche; también en áreas de lluvias uniformes y con riegos de auxilio con agua de gravedad.

*d) Genotipos temporales "RHS"*

Considerando que en el trópico húmedo al Sureste el cultivo de arroz temporal a mediados de los 80's comenzó a ser afectado por sequía intraestival, como consecuencia de la deforestación, de la irregularidad de las lluvias y del abatimiento de los mantos freáticos debido a la construcción de obras de drenaje efectuadas a principios de esa década en los Cuxtepeques, Chis., Balancán, Tab. y Yohaltún, Camp., principalmente, el INIFAP en esa época inició investigaciones para la formación de nuevas variedades temporales con mayor eficiencia biológico-fisiológica en el uso del agua; estos materiales se han clasificado como genotipos "RHS" en los cuales se han combinado dos caracteres de interés agrícola: tolerancia a sequía (factor ambiental) y resistencia estable a *Pyricularia oryzae* (factor biótico)<sup>9</sup>.

La inestabilidad de los rendimientos en el arroz de temporal en el Sureste, además de las causas anteriores, también se debió a que las variedades que actualmente se cultivan en esa región son susceptibles a sequía, fenómeno que al asociarse con la enfermedad "quema o avanamiento" causada por *P. oryzae*, su interacción se tradujo en daños de bastante consideración; a esto hay que agregarle los costos que implica la adquisición y aplicación de fungicidas para el control químico de dicha enfermedad. Esta asociación sequía-*Pyricularia* ha sido un problema muy importante en el arroz de temporal en el trópico y en varios países del mundo.

Con el desarrollo de nuevas variedades con resistencia combinada a sequía y a *P. oryzae* para condiciones de temporal, aspecto que aunque por su complejidad no es fácil, sin embargo, a la fecha se cuenta con avances y experiencias que permiten vislumbrar un futuro promisorio.

Con la liberación de nuevos genotipos con esta combinación genética se buscará conformar mejores y más económicos paquetes tecnológicos que los que se han venido aplicando en arroz de temporal, por lo que su manejo será más rentable por parte de los productores. El ideotipo de los materiales "RHS" se representa en la Figura 4.

- ***Nuevas alternativas en el mejoramiento genético del arroz***

- a) *Arroces híbridos*

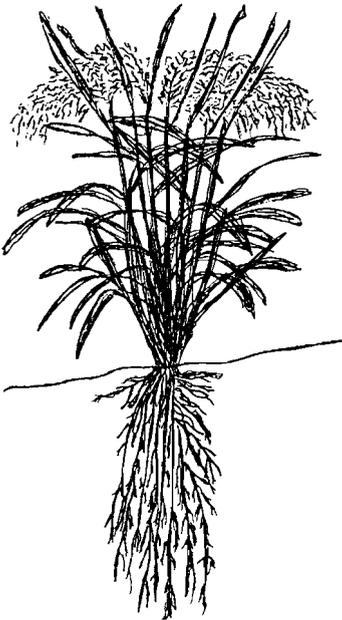
Los métodos para desarrollar híbridos  $F_1$  en las especies autógamias como el arroz, son completamente diferentes a los que se aplican en la formación de variedades puras; en este caso el mejoramiento de una línea pura para que acumule genes de alto rendimiento se basa en la homocigosidad, mientras que en el mejoramiento de híbridos se reúnen genes que sólo funcionan bajo condiciones de heterocigosidad ( $F_1$ )<sup>10</sup>.

Si se tratara de desarrollar híbridos  $F_1$  en el arroz a nivel comercial a través del método convencional de cruzamientos que se usa en los programas de mejoramiento de líneas puras, este sistema resultaría imposible de aplicar por lo laborioso y costoso, de ahí que para la formación de arroces híbridos, especie estrictamente de autofecundación, se recurre al uso de la

esterilidad citoplásmica genética masculina y a la restauración de la fertilidad. En la actualidad, aparte de la República Popular China y Vietnam, que producen arroz híbrido a nivel comercial, son pocos los países que están explorando la potencialidad de esta nueva tecnología.

En México, se estima que es necesario impulsar el proyecto sobre arroces híbridos, que en forma preliminar el INIFAP desarrolla a través del Campo Experimental "Zacatepec" a partir de 1990, partiendo de la selección de progenitores con alta habilidad combinatoria general y específica tanto en materiales nativos con tipo de grano "Morelos" como materiales de introducción<sup>11</sup>. Los trabajos subsecuentes se estima que podrían acelerarse si se cuenta con el apoyo institucional, ya que es necesario desarrollar los tres tipos de progenitores siguientes:

**Líneas "ECM" (A).** Sus anteras serán anormales, ya que dentro de ellas no se producirá polen o si hubiera en existencia éste será abortivo, lo que quiere decir que estas líneas no producirán semilla por autopolinización,



- Raíces gruesas, profundas y activas
- Moderado a buen amacollamiento
- Hojas superiores erectas y hojas inferiores caídas y lisas
- Tallos muy fuertes
- 110 cm de altura
- Ciclo vegetativo 110-120 días
- Resistencia a *Pyricularia* y a otras enfermedades
- Resistencia a sequía
- 8-10 panículas por planta
- 150-200 granos por panícula
- Potencial de rendimiento de cuatro a cinco ton/ha
- Buena calidad de grano "tipo Sinaloa"

**Figura 4.** Nueva planta de arroz de temporal (RHS) para áreas propensas a sequía (precipitación media de 1 000 mm).

pero sus pistilos serán normales y podrán producir semillas cuando sean polinizados por el polen de otra variedad normal.

**Líneas mantenedoras (B).** Serán variedades polinizadoras que se usarán para fertilizar a las líneas "ECM" (A) y por lo tanto producirán progenies que mantendrán la esterilidad masculina; si se careciera de estas líneas "B", las líneas "ECM" (A) no podrán mantenerse y multiplicarse.

**Líneas restauradoras (R).** Serán variedades polinizadoras que serán usadas para polinizar las líneas "ECM" (A) y así producir los híbridos F<sub>1</sub> que serán fértiles (polen), los cuales serán los que producirán la semilla por autotfecundación.

Además del desarrollo de los tres tipos de progenitores descritos, también deberá llevarse a cabo la determinación de la heterosis o vigor híbrido. Las características esenciales que se desean incorporar en los futuros arroces híbridos mexicanos son las siguientes:

- Adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales;
- Buena habilidad combinatoria;
- Aceptables características florales que permitan incrementar la polinización cruzada y la producción de semilla;
- Buen potencial de rendimiento (30% más que las mejores variedades puras de riego); y,
- Calidad molinera y culinaria del grano de acuerdo con las preferencias del público consumidor ("tipos Morelos y Sinaloa").

Considerando las enormes posibilidades que representan para México la formación de arroces híbridos, para aumentar la producción arroceras bajo riego, próximamente se planea llevar a cabo los siguientes trabajos:

- Continuar seleccionando materiales con alta aptitud combinatoria general;

- Obtención de líneas restauradoras a partir de germoplasma nacional;
- Obtención de líneas androestériles también a partir de germoplasma mexicano;
- Introducción de germoplasma foráneo (de China Popular o del Instituto Internacional de Investigaciones Arroceras de Filipinas) con esterilidad masculina; y,
- Formación de híbridos y evaluación de la heterosis.

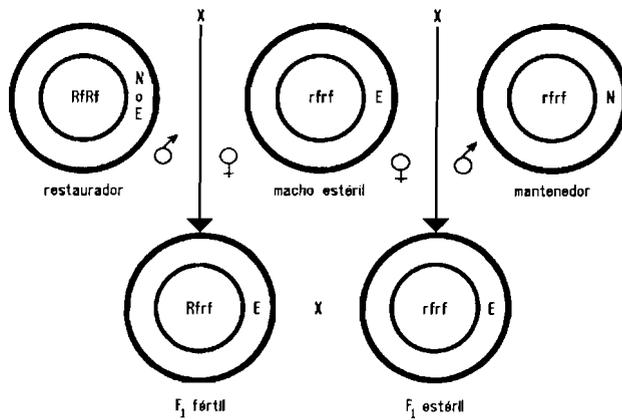
Los híbridos experimentales serán evaluados conjuntamente con las mejores variedades puras a través de ensayos de rendimiento, de donde los híbridos F<sub>1</sub> que sean consistentemente superiores a las variedades puras testigo, deberán ser probados a mayor escala para su posible liberación.

En la Figura 5 se representan los mecanismos del arroz híbrido.

#### *b) Posibles aplicaciones de la Biotecnología*

Los cultivos *in vitro* y sus aplicaciones en Fitomejoramiento ya tienen un importante lugar en los programas de investigación en algunas partes del mundo. Varios métodos biotecnológicos tienen ya implicaciones muy importantes en el mejoramiento de plantas de diversas especies, y seguramente su participación aumentará en los próximos años; desde luego que las investigaciones que se efectúen en los laboratorios deberán ser adoptadas para propósitos de Genotecnia en el campo<sup>12</sup>.

Los cultivos de tejidos y de células son más recientes y se han obtenido avances promisorios en arroz más que en otras gramíneas. Los cultivos de células y tejidos actualmente se realizan en varias instituciones tanto en algunos países industrializados como en otros en vía de desarrollo. Las aplicaciones en micropropagación de plantas y de conservación de germoplasma todavía son limitadas, pero se estima que en el futuro jugarán un papel muy importante en el mejoramiento genético del arroz, aunque su eficiencia podría ser muy diferente de acuerdo con los genotipos de que se trate.



**Figura 5.** Esterilidad genética en la planta masculina de arroz y sistema de restauración de la fertilidad; E = citoplasma inductos de la esterilidad; N = citoplasma normal; Rf = alelo dominante para la fertilidad del polen en el núcleo de las células; rf = alelo recesivo para la fertilidad del polen en el núcleo. La cruce natural de las dos líneas F<sub>1</sub> (fértil X estéril) producirán arroz híbrido.

El aislamiento de mejores líneas de arroz a partir de células y plantas, por medio de la selección *in vitro*, es un modo muy interesante pero todavía poco utilizado. La tolerancia a sales es un carácter muy importante en el cultivo de arroz; su selección es bastante fácil ya que depende factores de herencia simple; a la fecha la República de Corea del Sur ha logrado avances espectaculares al respecto; actualmente en aquel y otros países asiáticos están trabajando para incorporar resistencia a enfermedades y a herbicidas.

En México hace algunos años se pensó que a través de la Androgénesis, los fitomejoradores podrían ahorrarse de cuatro a cinco generaciones (F<sub>2</sub>-F<sub>6</sub>) en la obtención de las líneas homocigotas sin recurrir a los trabajos de selección en poblaciones segregantes; se estima que la inducción de plantas haploides por medio del cultivo de anteras y la duplicación del número de cromosomas, puede acelerar el aislamiento de nuevas líneas estables a partir de híbridos heterocigóticos.

Las aplicaciones de este método han sido espectaculares, especialmente en China Popular, donde algunas variedades desarrolladas por esta

técnica ya están siendo cultivadas en gran escala. El cultivo de anteras también puede ser usado en México si se mejoran estas y otras metodologías biotecnológicas en el cultivo de arroz de donde se espera que a mediano plazo se obtengan resultados concretos sobre rescate de embriones, fusión de protoplastos y embriogénesis somática, como auxiliares en el mejoramiento genético de este cereal.

### **3. Estudios agrotécnicos**

#### *a) Arroz de riego por trasplante*

Este sistema de cultivo se estableció en la región central del país desde hace más de 160 años, y desde entonces se ha venido conduciendo de manera tradicional mediante la siembra del almácigo, adecuación del terreno (aborde), trasplante y cosecha en forma manual. No obstante que a través de este método se obtienen los más altos rendimientos de grano por hectárea, el cultivo enfrenta los problemas de frecuente falta y carestía de mano de obra durante la adecuación del terreno para el manejo del agua de riego, el trasplante y la cosecha, de ahí que los costos de producción se incrementen significativamente con la consecuente baja de la rentabilidad de este sistema de cultivo; por esta razón se estimó que con la mecanización de dichas actividades se reducirían los costos de producción lo cual se reflejaría en una mejor rentabilidad del mismo.

Los resultados obtenidos a través de cuatro años de validación de maquinaria japonesa, indican que a través de la mecanización del trasplante y la cosecha los costos de producción se reducen en un 35 por ciento; no obstante para efectuar el trasplante sin que las máquinas trasplantadoras se deterioren se requiere que el suelo esté completamente nivelado, aspecto sobre el cual ya se trabaja para una mayor adecuación del terreno.

Con relación a la cosecha, ésta ya se realiza con máquinas combinadas con las que se reduce el tiempo de operación y costos de los mismos en forma significativa. Estas actividades se han realizado en coordinación con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)<sup>13,14</sup>. Conjuntamente con estos trabajos, también se han efectuado investigaciones sobre fertilización de las variedades modernas, control de malezas, control de pla-

gas y enfermedades, así como sobre manejo post-cosecha, con cuyos resultados se han conformado las nuevas fórmulas de producción.

*b) Arroz de riego por siembra directa*

En el Noreste las prácticas agronómicas más importantes que se han investigado son sobre fórmulas y fechas de aplicación de fertilizantes, manejo de agua y control de malezas incluyendo el "arroz rojo" (*O. rufipogon*). Los trabajos más recientes en agronomía han sido concentrados en la reducción del consumo del agua en el arrozal debido a la gran competencia de otros cultivos más renumerativos como hortalizas y soya.

Una técnica que ha tenido mucho éxito consiste en dar al cultivo riegos intermitentes combinados con inundaciones estáticas llamadas "entables", y así el consumo total del agua se ha reducido de 3.00 a 1.30 m de lámina neta (más del 50%) en comparación con el manejo tradicional del cultivo a través de la inundación permanente.

*c) Arroz en temporal*

En el Sureste, las primeras tecnologías para el establecimiento del cultivo de arroz de temporal fueron derivadas de las investigaciones realizadas en el sistema de siembra directa bajo riego en el Noroeste, ya que durante el período de 1973 a 1979 se cultivaron las variedades Sinaloa A68 y Navolato A71 con algunas de sus prácticas de manejo; sin embargo estas variedades particularmente la Sinaloa A68 produjeron bajos rendimientos debido a deficiencias de humedad en los suelos y a la alta presión de enfermedades.

En Veracruz, Tabasco, Campeche y Chiapas, donde se concentró más del 90 por ciento del arroz de temporal, dichas variedades de riego con potenciales de rendimiento de más de cinco ton/ha no producían más de tres ton; la sequía y la "quema del follaje" del arroz (*P. oryzae*) representaron desde entonces una seria barrera en la producción de arroz de temporal en el trópico.

Posteriormente los trabajos de mejoramiento genético incluyeron la identificación de materiales resistentes y a principios de los 80's fueron libe-

radas las primeras variedades con buen nivel de resistencia a *P. oryzae*, tales como Campeche A80 y Cárdenas A80. Los trabajos de investigación en Agrotecnia para condiciones temporeras, han consistido en generar recomendaciones sobre preparación de suelos y métodos de siembra, fertilización, control de malezas, manejo del agua de lluvia y control de plagas y enfermedades.

#### *d) Arroz de temporal con riegos de auxilio*

Ya se ha mencionado que en algunas áreas de Tabasco y Campeche se está buscando estabilizar la humedad en el arroz de temporal a través de riegos de auxilio mediante el establecimiento de unidades de riego para derivar por gravedad el agua de algunas corrientes superficiales a los campos arroceros; por otro lado en Quintana Roo se ha hecho uso del agua de pozos que anteriormente estuvieron abandonados o subutilizados. Los resultados que se obtuvieron fueron bastantes promisorios, los que consistieron de dos cosechas de arroz en el año (una en Primavera-Verano y otra en Otoño-Invierno).

### **IX. Importancia del agua en el cultivo de arroz**

El arroz tuvo su origen en ambientes hídricos altamente favorables, por lo que se considera una especie hidrófila por excelencia, por ello cuando se cultiva en condiciones de riego expresa su máximo potencial de rendimiento<sup>15</sup>, tal como ocurre en la mayoría de los países arroceros del mundo incluyendo nuestro país.

Las necesidades de agua de la planta de arroz han sido motivo de controversia ya que algunos investigadores aseguran que los requerimientos hídricos de esta especie son mayores que las del resto de los cereales, mientras otros sostienen que son similares; no obstante se ha determinado que esas necesidades son más fuertes en la etapa reproductiva que en la vegetativa de las plantas, y que están relacionadas directamente con su ciclo vegetativo<sup>16</sup>.

De todas formas el agua en el cultivo del arroz ya sea de riego o temporal es un insumo determinante en la estructuración de la planta a través

de la formación de sus tejidos; interviene en la asimilación de los nutrimentos y en las funciones de reproducción; de ahí que este elemento sea de suma importancia en los rendimientos de grano. En cultivos bajo riego la lámina de agua ayuda a reducir en cierto grado la infestación de varias especies de malezas, a excepción de las de hábito acuático como el "zacate pinto" (*Echinochloa colona*) y otras.

En arroz de riego la cantidad de agua que consume el cultivo está determinada por el tipo de suelo, la topografía, cercanía a canales de drenaje, profundidades del nivel freático, superficie de otros lotes arroceros contiguos, mantenimiento de los bordos, fertilidad del suelo y del subsuelo, etapa de desarrollo de las plantas, métodos de preparación del suelo, y sobre todo de la demanda evapotranspirativa de la estación del año en la que se establece el cultivo<sup>17</sup>.

De acuerdo con las investigaciones realizadas en diversas partes del mundo, así como en algunas regiones de la República Mexicana, donde el arroz se cultiva bajo condiciones de riego por trasplante o de siembra directa, o de temporal con riegos de auxilio, esta especie puede soportar deficiencias de humedad durante su desarrollo sin que los rendimientos se vean afectados en forma considerable; en base a ésto, es necesario valorar la gran importancia que tiene hacer un uso racional del agua en el arroz en las áreas de riego por lo que debe seguirse investigando la forma de abatir la lámina neta de agua en este cultivo sin detrimento de los rendimientos en campo ni de la calidad del grano en el molino.

A continuación se presentan los resultados y avances de algunos de los trabajos hidroagrotécnicos realizados en México sobre el cultivo del arroz.

1. En un principio el arroz en el Noroeste se regaba con el agua de las avenidas de los ríos que atraviesan los estados de Sonora y Sinaloa. Más tarde se construyeron presas para el almacenamiento de este recurso en ambas entidades; sin embargo, el cultivo de este cereal tuvo que competir con el de otras especies respecto al consumo de agua y el uso eficiente de este recurso, en que se determinó que en Sonora el arroz requería de una lámina de 3.5 m; por

consiguiente el cultivo de este cereal tuvo que salir de los patrones de producción agrícola porque consumía grandes volúmenes de agua. En 1966 en Sinaloa se presentó el mismo problema con el agua, por eso en ese año se iniciaron los estudios para desarrollar técnicas sobre manejo de este recurso que permitiera reducir su consumo en este cultivo sin detrimento de los rendimientos y de la calidad del grano, con el objetivo de que el cultivo del arroz pudiera competir con la siembra de otras especies en los diferentes Distritos de Riego del país.

Los resultados de estos trabajos indican que el arroz bajo riego se puede manejar con una lámina de agua de 120 cm a través de la aplicación de riegos intermitentes combinados con inundaciones estáticas; esta técnica ya se ha aplicado con éxito en Sinaloa<sup>18</sup>.

2. Por otra parte, en la Cuenca Baja del Río Pánuco, durante el período de 1979 a 1983, al cultivo de arroz de riego por siembra directa se sometió a siete regímenes de riego; los resultados obtenidos reportaron que los dos mejores tratamientos fueron el de riego cada 10 días con 20 días de inundación, y el de tres riegos con inundaciones estáticas de 10 días, intercaladas con suspensiones de 10 días; en ambos tratamientos los rendimientos de grano fueron de 8.83 y 6.58 ton/ha, respectivamente, los cuales al compararse con el testigo de riego tradicional, el tratamiento de regímenes de riego cada 10 días con 20 días de inundación, reportó un ahorro del 66% de agua, y los rendimientos de grano en ambos casos fueron similares<sup>19</sup>.
3. En el estado de Morelos la creciente escasez de agua en la época de trasplante durante el establecimiento anual de este cultivo, podría obligar a mediano plazo a substituir la práctica de inundación permanente del arrozal por la de riegos periódicos; por otro lado, la falta de presas de almacenamiento y debido al minifundismo que prevalece en esta entidad (promedio 1.5 ha), hacen necesaria la determinación de un menor gasto de agua en el cultivo del arroz, lo cual se podría lograr mediante la aplicación de calendarios de riego o de otras prácticas que incidan a corto plazo en un notable ahorro

de este recurso, lo que equivaldría a hacer un uso racional del agua.

Por esta razón a partir de 1990 se han intensificado estos estudios en que se han investigado diferentes tratamientos de manejo del agua, como: 1) riego cada siete días; 2) riego diario durante una semana en semanas alternas; 3) riego cada siete días, excepto los riegos diarios suministrados durante una semana al inicio del amacollamiento activo, al inicio del primordio de la panícula, de la floración y del llenado del grano; y, 4) riego cada siete días excepto riegos diarios durante la etapa reproductiva. Los resultados de esta investigación indicaron que no hubieron diferencias significativas en cuanto a rendimiento de grano, ya que éstos fluctuaron entre 8.8 y 9.1 ton/ha, con los cuales se reforzó la idea de que puede ser posible cultivar arroz de riego por trasplante mediante calendarios de riego con menores consumos de agua que los tradicionales por inundación permanente<sup>20</sup>.

4. En Quintana Roo, se llevó a cabo una minuciosa investigación en arroz de temporal con riegos de auxilio, habiéndose encontrado que los volúmenes consumidos por el cultivo, fluctuaron entre 8 764 y 19 948 m<sup>3</sup>, siendo éstos volúmenes suficientes en todos los casos para completar las necesidades de agua por las plantas; éstos volúmenes incluyeron las aportaciones de la lluvia<sup>21</sup>.
5. Hernández, M. *et. al.*<sup>22</sup> estudiaron la respuesta de la variedad de arroz Morelos A92 de riego por trasplante, a tres niveles de humedad aprovechable en el suelo (70, 50 y 30%), en comparación con el riego tradicional de inundación permanente; para la medición de los caudales de riego emplearon vertedores rectangulares de pared delgada y los contenidos de humedad los verificaron a las profundidades de 0-30 y 30-60 cm. Los resultados obtenidos mostraron que el mejor tratamiento fue el de 50% de humedad aprovechable cuyo consumo de agua fue de 13 300 m<sup>3</sup>/ha con una lámina total de riego igual a 1 330 mm cuya producción fue de 7 500 kg/ha de arroz palay, la cual superó al testigo que produjo 7 000 kg/ha con un consumo total de agua de 35 700 m<sup>3</sup>/ha y una lámina de 3 570 mm.

6. Actualmente los Institutos Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en Coordinación con la Comisión Nacional del Agua (CNA) y del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), realizan estudios de validación en Cuautla y Jojutla, Mor., sobre riegos de auxilio y trasplante en surcos en arroz, con los objetivos de eficientar el uso del agua y reducir los costos de producción para hacer más rentable el cultivo. Un estudio similar lo conduce la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) en Tepalcingo, Mor., con asesoramiento del INIFAP para producción de semilla certificada variedad Morelos A92.
7. Por otra parte, también el INIFAP y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) en 1994 llevan a cabo en Zacatepec, Mor., otro estudio que involucra roturación del suelo a diferentes profundidades y nivelación con diferentes implementos y calendarios de riego para mantener el suelo a diferentes niveles de humedad, cuyos objetivos son los de eficientar el uso de las máquinas trasplantadoras y el gasto de agua en la variedad Morelos A92.

Los resultados al igual que los trabajos de validación interinstitucional, se obtendrán en noviembre de 1994 y se darán a conocer a principios de 1995. Además de los estudios hidroagrotécnicos de referencia, se estima que si se quieren aprovechar las actuales áreas de riego, también es necesario el desarrollo de variedades puras y/o híbridos que sean más eficientes en el uso del agua, los cuales deben poseer un sistema radicular grueso y funcional para que puedan explorar el agua en los horizontes profundos del suelo; de esta forma con el cultivo de estos genotipos podrían ampliarse los intervalos de riego de los arrozales sin mermas significativas de los rendimientos ni reducción de la calidad del grano.

## **X. Arroz de temporal en suelos bajos inundables ("rainfed")**

En los dos capítulos anteriores se trataron con detalle los logros y avances de la investigación arrocera en México, con énfasis en el mejoramiento genético y sobre el uso y manejo del agua en cultivos de este cereal en condiciones de riego, tanto por trasplante como de siembra directa.

En los Distritos de Riego del Noroeste, en la década de los 80's se había venido substituyendo el cultivo del arroz por otras especies menos exigentes de agua, más rentables o de exportación; esta substitución se tornó drástica en el presente sexenio sobre todo en Sinaloa donde el arroz fue substituido por el cultivo del maíz, con el fin de lograr la autosuficiencia en este grano.

El cultivo del arroz por siembra directa en el Noroeste se estableció en la década de los 50's en donde llegó a formar parte importante de los patrones de producción por tres razones básicas: lavado de suelos salinos de esa región, participación en la rotación de cultivos arroz-hortalizas, con lo que se reducían las incidencias de plagas y enfermedades sobre todo del jitomate, y desarrollo de la industria arrocera que fijó la calidad del arroz "tipo Sinaloa" que es alargado mediano, simétrico y cristalino, que se consume en el resto del país con excepción de la región central donde predomina el "tipo Morelos".

Aunque los resultados de los estudios sobre manejo del agua que se han efectuado en diversas áreas arroceras de riego, indican que este cereal puede cultivarse con volúmenes equivalentes a la mitad de los que se aplican por el sistema tradicional de inundación permanente; sin embargo se estima que estas técnicas de manejo del agua podrán tener mayores aplicaciones si se interaccionan con el cultivo de nuevas variedades puras y/o híbridos que sean más eficientes en el uso del agua para que puedan completar su ciclo de vida con láminas mínimas de riego y con las lluvias de verano.

No obstante el desarrollo de nuevas técnicas en el uso y manejo del agua en el cultivo del arroz, este insumo-recurso gradualmente ha venido escaseándose y encareciéndose, de tal manera que es necesario analizar otras alternativas que garanticen el cultivo del arroz bajo riego en aquellas áreas donde se dispone de agua en abundancia, que en forma natural se capta durante la temporada de lluvias, como sucede en varios de los países arroceros de Asia, entre éstos China Popular, Vietnam, Indonesia, Tailandia y otros, en donde a través de este sistema de cultivo que denominan "rainfed", han calculado que para producir un kg de arroz palay se requiere una tonelada de agua<sup>23</sup>; cantidad de este recurso-insumo que en los Distritos de Rie-

go de México cada día será más difícil de proporcionar al cultivo del arroz, máxime que últimamente se requiere más agua para usos domésticos e industriales.

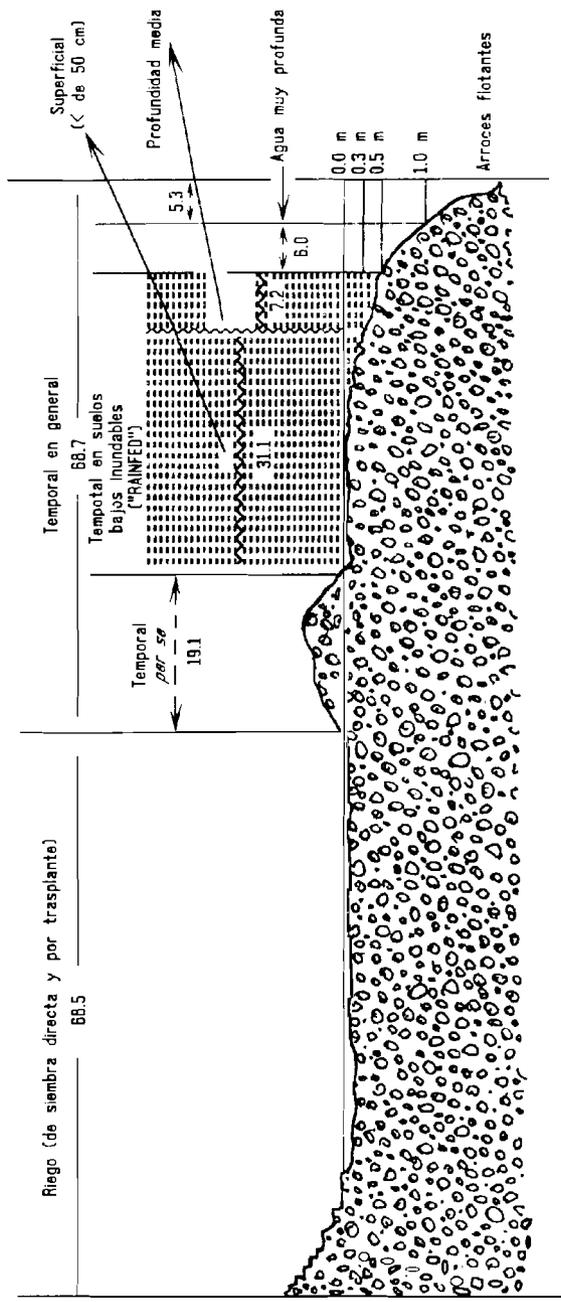
El término "rainfed" se aplica al cultivo del arroz que se efectúa en suelos bajos que se inundan en forma natural en la época de lluvias, en que los factores útiles a las plantas de arroz consisten en el régimen hidrológico, topografía plana, y características físicas y químicas del suelo, que permiten mantener una lámina de agua de 50 cm de promedio durante el desarrollo del cultivo<sup>13,14</sup>.

Actualmente se cultivan en Asia alrededor de 38 millones de hectáreas de arroz "rainfed" de las cuales proviene el 28 por ciento de la producción mundial (más de 146 millones de toneladas)<sup>24</sup> tal y como se muestra en la Figura 6. En México todavía es muy reducida el área donde este cereal se cultiva bajo el sistema "rainfed".

En el Sureste, nuestro país cuenta con dos áreas con suelos bajos inundables, una en las riveras del Río Coatzacoalcos y la otra en el delta del Río Usumacinta.

La primera se localiza al poniente de la ciudad de Jáltipan en el sur de Veracruz, cuya zona incluye a las poblaciones de Texistepec, Minatitlán e Hidalgotitlán, la cual se caracteriza por su alta precipitación con una media anual de 1 800 mm y cuyos suelos son vertisoles y la topografía es plana; en esta zona, donde el área arrocera actualmente cubre una superficie de unas 2 000 hectáreas y el potencial es de alrededor de 100 mil hectáreas, el cultivo de este cereal es muy rentable porque requiere de pocos insumos y su manejo es por el sistema "rainfed".

La segunda zona, la cual es más amplia, se ubica cerca de la Laguna de Términos, y ha recibido el nombre de "Asia Mexicana" por algunos expertos visitantes debido a sus condiciones apropiadas para el desarrollo del arroz "rainfed". Ahí hay abundante tierra (alrededor de un millón de hectáreas de suelos planos e inundables), y los recursos hidráulicos y climatológicos son apropiados para este cultivo durante todo el año. Actualmente la mayor superficie de la zona, está cubierta por arbustos y pastos típicos de



**Figura 6.** Areas arroceras en el mundo en base a sus regímenes hidrológicos; las representaciones horizontales de cada categoría equivalen proporcionalmente a sus respectivas superficies (en millones de hectáreas).

sabana y se cuenta con agua dulce en diversas lagunas en diferentes profundidades y superficies.

Algunas de estas tierras (Figura 7) por ahora son usadas como pastizales y muy pocas áreas se aprovechan para el cultivo del arroz de riego o "rainfed".

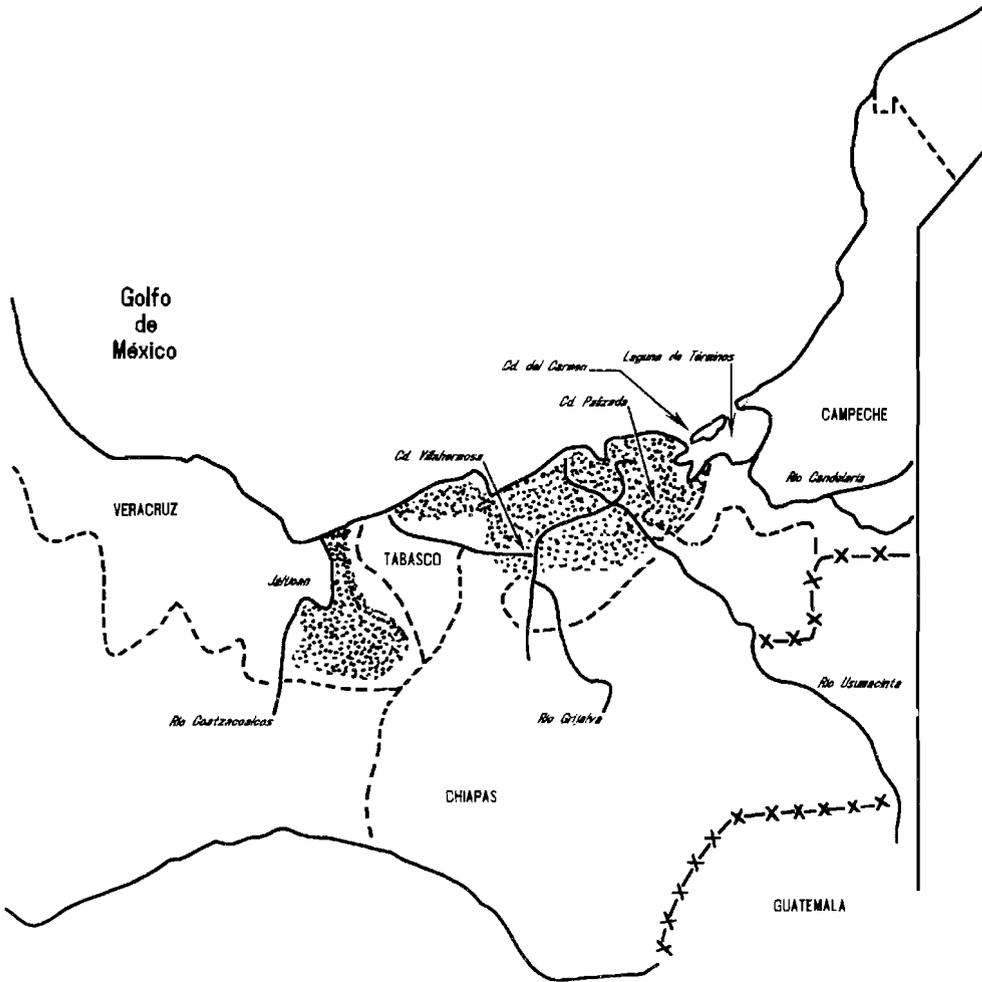


Figura 7. Parte del Sureste de México, mostrando las áreas de suelos bajos inundables donde el cultivo del arroz por el sistema "rainfed" tiene gran potencialidad.

En varias ocasiones, se ha manifestado la conveniencia de que se aproveche esta zona para cultivar arroz tipo "rainfed"; las ventajas sobre su desarrollo son numerosas, entre otras:

El INIFAP dispone de variedades apropiadas para riego, y a través de su validación podrían adaptarse al sistema "rainfed" y así obtener dos cosechas de arroz por año, o una de arroz y otra de otro cultivo como sorgo. Mediante una adecuada programación de uno y otro cultivo podría lograrse mayor eficiencia de la maquinaria y equipo a través del año, y de esta forma se podrá substituir una posible falta de gente para realizar los trabajos en el campo.

Si este sistema de producción se llegara a establecer, en el futuro sería posible cosechar hasta 10 toneladas de arroz por año o de cinco toneladas de este cereal y el mismo volumen de sorgo, y de esta forma la tasa de retorno sobre la inversión en la implementación de este sistema podría ser bastante aceptable. De esta forma se podrá recuperar a corto y mediano plazos la autosuficiencia del arroz en México, ya que se estima que por ningún motivo nuestro país debe seguir dependiendo de las importaciones de este cereal, las cuales aparte de beneficiar sólo a algunas personas, se corre el riesgo de introducir nuevas enfermedades, se propicia la fuga de divisas, aumenta la desocupación en el campo y falta materia prima en la industria arroceras nacional.

Desde luego que en ambas zonas (áreas de los Ríos Coatzacoalcos y Usumacinta) se carece de obras de infraestructura; por lo tanto es necesario que el Gobierno Federal construya canales, drenes, diques y caminos, para el transporte de insumos y de la producción a las áreas de procesamiento molinero.

## Referencias

1. Vavilov, N. I., 1951, *The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants*, The Ronald Press Company, New York, 364 p.
2. FAO, 1984, *La política arroceras en China*, XXVII Reunión del Comité de Problemas de Productos Básicos, Grupo Intergubernamental sobre Arroz, Roma, Italia, p. 2.
3. Chang, T. T., 1976, *Rice*, In: *Evolution of Crops Plants*, Ed. N.W Simmonds Longman Group Ltd., London, pp. 98-104.
4. Osuna, C. F. de J., 1993, *Estudios agronómicos en arroz de transplante en Morelos*, En: **Mod-**

- ernización de la Tecnología de Producción de Arroz**, Seminario INIFAP-JICA, Zacatepec, Mor., p. 37.
5. Delgado, L. L., 1988, *Física y química del grano de arroz y metodología para la evaluación de la calidad del arroz*, Manual de uso interno, Laboratorio de Calidad del arroz del INIFAB-SARH, Chapingo, Mex., 38 p.
  6. Vázquez, A. J. M. P. e S. Inoue, 1993, *Oferta y demanda del arroz "Calidad Morelos" (análisis econométrico)*, INIFAP-SARH-JICA, Campo Experimental "Zacatepec", Mor., Folleto Técnico N° 10, 21 p.
  7. SARH, 1992, *Sistema Producto: Arroz (Agenda de datos básicos)*, México, D. F., mimeógrafo, 11 p (con anexo).
  8. Hernández, A. L., 1992, *La investigación del arroz en México*. SARH-INIFAP-JICA, CIFAP- Morelos, CE "Zacatepec" . Mor., pp. 7-24.
  9. Tavitas, F. L. y Hernández, A. L., 1993, *Mejoramiento genético del arroz de temporal para combinar tolerancia a sequía y a resistencia estable a Pyricularia oryzae*; SARH-INIFAP-CIRCE-CEZACA, Zacatepec, Mor., Informe Técnico, 46 p.
  10. Yuan, L. P. and Virmani, S. S., 1988, *Organization of a hybrid rice breeding program: In: Hybrid Rice*, Proceedings of the International Symposium on Hybrid Rice, Changsha, Human, China, The International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Laguna, Philippines, pp. 33-37.
  11. Salcedo, A. J., 1994, *Aptitud combinatoria en el arroz, una fase en el mejoramiento de arroz híbridos*, SARH-INIFAP-CIRCE-CEZACA, Zacatepec, Mor., Informes Técnicos correspondientes a los años 1990-1993.
  12. Scowcroft, W. R. and P. J. Larkin, 1982. *Tissue culture research, Status and Potential*, Rice Tissue Culture Conference, The International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines, pp. 15-24.
  13. Hernández, A. L., 1993, *Glosario de mejoramiento genético y producción de arroz*, SARH-INIFAP-JICA, Zacatepec, Mor., Publicación especial N° 8, pp. 57-58.
  14. Hernández, A. L., 1993, *Mini-proyecto INIFAB-JICA: Modernización de la tecnología de producción de arroz*, SARH-INIFAB-CIRCE-CEZACA, Zacatepec, Mor., Informe Final, mimeografía 25 p.
  15. Swaminathan, M. S., 1984, *Rice*; Scientific American 250(1):80-85 and 90-93, Washington, D. C.
  16. Tavitas, A. L., 1987, *Necesidades hídricas de la plata de arroz*, trabajo presentado en el curso sobre Producción de Arroz en el Trópico Húmedo de México, INIFAP-CIAT, Campeche, Cam., 30 pp.
  17. De Datta, S. K., 1986, *Water use, management and practices for rice*, In: **Principles and practices of rice production**, John Wiley & Sons, Ney York- Chichester, Brisbane, Toronto, pp. 297-347.
  18. Manjarrez, J. R. y O. Bueno, 1991, *Manejo del agua para arroz de riego por siembra directa en el Noroeste de México*, VIII Conferencia Internacional de Arroz en América Latina y el Caribe, Villahermosa, Tab., México, p. 230.
  19. Aguirre, A. E., 1991, *Regímenes de riego en la Cuenca Baja del Río Pánuco*, VIII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe, Villahermosa, Tab., México, p. 226.
  20. Osuna, C. F. de J., 1991, *Calendarios de riego para arroz de transplante en Morelos*, VIII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe, Villahermosa, Tab., México, p. 231.
  21. Sánchez, O. S., 1991, *Número óptimo de riegos para tres variedades de arroz de temporal cultivadas bajo fanguero en Quintana Roo*, Tesis Profesional de Ingeniero Agrícola, UNAM, Campus Izcalli, Estado de México, 115 p.
  22. Hernández, M. I., K. Yagi y M. Narumi, 1992, *Comportamiento del arroz (Oryza sativa L.) variedad Morelos A92, bajo tres niveles de humedad*, SARH-INIFAP-CAZACA, Resúmenes de activi-

dades de Investigación, p. 25.

23. Ingram, K. T., 1988, *Drought resistance in rice, Rice Genetic Evaluation*, The International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Laguna Philippines, *mimeo.*, 12 p.
24. Garrity, D. P., L. R. Oldeman, and R. A. Morris, 1986. *Rainfed lowland rice ecosystems, characterization and distribution*, In: ***Progress in Rainfed Lowland Rice***, The International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Laguna, Philippines, pp. 3-23.



# LA PRODUCCION DE TRIGO Y LA INVESTIGACION AGRICOLA EN MEXICO

*Eduardo Villaseñor Mir*<sup>1</sup>  
*Eduardo Espitia Rangel*<sup>1</sup>  
Región Centro, INIFAP-SARH

---

## I. Introducción

El trigo es un grano originario de Asia Menor, lugar a partir del cual se ha diseminado y cultivado en casi todo el mundo. Un aspecto importante de este cereal, es el papel que jugó en la civilización humana y el desarrollo cultural, ya que por su fácil cultivo, valor nutricional, largo tiempo de almacenamiento y diversidad de usos fue fundamental en el cambio del hombre nómada a sedentario; por otra parte, investigaciones de genetistas sobre evolución indican que paralelamente fueron evolucionando nuestros ancestros con el género *Triticum*<sup>1</sup>.

La importancia del trigo no sólo queda plasmada en la historia, ya que también se remonta a nuestros días, donde se ubica como el grano que se cultiva en mayor superficie en el mundo, su producción supera a la de cualquier otro grano, en la dieta mundial contribuye con más calorías y proteínas y su comercio mundial excede la comercialización de todos los demás granos combinados<sup>2</sup>, y por si fuera poco, ha sido estratégico en la oferta y demanda a nivel mundial con miras al control político y económico de ciertas naciones.

En México la importancia del trigo no pasa desapercibida, y sigue ganando preferencia en la alimentación humana, además de ser el cultivo anual extensivo más tecnificado. La creciente preferencia por los productos elaborados con trigo es consecuencia de la mayor cantidad de productos industriales de alta calidad<sup>3</sup>, aunado también a todo un desarrollo tecnológico como consecuencia de la investigación que ha logrado ubicar al país en los

<sup>1</sup> Investigadores del *Programa de Mejoramiento Genético de Trigo* del INIFAP-SARH en la Región Centro

primeros sitios de productividad a nivel mundial y consecuentemente la obtención de grano de buena calidad, producto de su cosecha bajo condiciones de riego respaldada por grandes obras de ingeniería hidráulica que dan idea de grandes gastos de energía para su producción, a diferencia de su contraparte, la cosecha bajo temporal, donde sí la productividad llega a ser tan sólo el 50 por ciento que la obtenida en áreas irrigadas su gasto de energía es mínimo<sup>4</sup>.

## II. El cultivo durante cuatro siglos

Los españoles introdujeron a México el trigo a principios de la década de 1520, poco después de su llegada. No obstante, el maíz que ya era cultivado extensamente por los indígenas cuando llegaron los españoles, se mantuvo el trigo como el único cereal para la elaboración de pan<sup>5</sup>.

Los frailes y jesuitas difundieron el trigo ampliamente en el territorio nacional con el objetivo de dar a conocer este nuevo grano, sus usos, sus principales características y su cultivo para que los conquistadores satisficieran sus necesidades y así evitar importaciones desde España.

Los cultivares introducidos fueron mezclas de plantas de diferentes características, como por ejemplo el porte, duración del ciclo y el grano, incluso diferentes especies del género donde los tipos más hábiles fueron predominando después de muchos ciclos de cultivo, y así se fueron aclimatando a las condiciones de siembra y que posteriormente la gente identificó como criollos. Los cuales fueron ampliamente cultivados y con bastante éxito bajo condiciones de temporal en las regiones de los Valles Altos de México; Puebla, Hidalgo, México y Tlaxcala; y del Bajío desde el siglo XVI hasta mediados del siglo XX.

Los agricultores identificaban los mejores tipos de plantas o semilla y poco a poco mejoraron sus criollos, de esta forma se empezaron a cultivar criollos específicos para determinadas condiciones de siembra lo cual permitió incrementar la productividad y convertirse las regiones antes señaladas en las principales zonas abastecedoras de trigo en la colonia. Los nombres más comunes de las variedades criollas eran: Candeal, Mentana, Pelón Rojo, Barrigón Yaqui, Barrigón Bajío, Barba Negra, Tehucán, Pelón

Colorado, etcétera<sup>3</sup> y se cultivaron bajo un gasto mínimo de energía, ya que las tierras se laboraban poco, el agua no costaba y no se utilizaban insumos agrícolas, aunque también la productividad era baja (800 kg/ha).

La superficie cosechada durante las primeras cinco décadas del presente siglo fue alrededor de 500 mil hectáreas y la productividad se aumentó ligeramente, lo cual repercutió en importar mayores volúmenes de grano, por ejemplo, fueron importadas 62 mil toneladas en 1925, mientras que en 1950 se compraron 277 mil toneladas como consecuencia de un consumo nacional de 690 toneladas en ese año<sup>3</sup>. En aquellos tiempos los cultivos de trigo cada vez fueron más afectados por las enfermedades conocidas como "chahuixtles", principalmente el del tallo que en ocasiones llegaba a debastar campos completos, mientras que la demanda nacional de este grano cada vez era mayor como consecuencia del crecimiento de la población y del consumo *per capita*.

### **III. Producción moderna de trigo**

Para fines de la década de los cuarenta el panorama triguero nacional era muy crítico; las enfermedades arruinaban las cosechas, las prácticas culturales eran primitivas, por ejemplo en la mayoría de las regiones se empleaba el arado egipcio, la trilla se hacía con paso de animales generalmente y se tenía desconocimiento de uso de los fertilizantes<sup>5</sup>; sin embargo, una ligera esperanza se tenía, ya que en la región del Noroeste el cultivo de trigo estaba un poco más tecnificado y se estaban incorporando grandes extensiones de tierras al riego gracias a la construcción de obras de ingeniería hidráulica y a la nivelación de terrenos factores de gran importancia en la Revolución Verde.

En la Tabla 1 se presenta cuál fue la evolución de la superficie cultivada de trigo en el país, producción total y la productividad de 1945 a 1990 donde se observa como prácticamente de 1945 a 1950 tanto superficie cosechada como productividad no sufrieron cambios. Para 1955 el impacto de apertura de tierras al cultivo de riego en el Noroeste se reflejó en el incremento de la superficie cultivada en casi 250 mil hectáreas y en la duplicación de la producción mientras que para 1960 fue notoria la mayor productividad de las nuevas variedades (90 por ciento mayor) lo cual permitió cosechar

cerca de 1.2 millones de toneladas y lograr la autosuficiencia nacional. Para el año de 1965 se dió un incremento espectacular en la producción gracias a la mayor productividad de las variedades sobre todo por su mejor respuesta a las aplicaciones altas de fertilizantes sin mostrar susceptibilidad al acame, impacto que de 1970 a 1990 se fue minimizando con tendencia a alcanzar un máximo de productividad conocido como techo de producción

**Tabla 1**

**Superficie, producción y rendimiento del trigo en México  
1945-1990**

Año	Superficie cosechada ha	Producción total ton	Productividad ton/ha	Por ciento
1945	468 491	346 757	740	-
1950	498 921	417 981	838	13
1955	749 887	849 988	1 063	44
1960	839 814	1 189 979	1 417	91
1965	858 259	2 150 354	2 505	338
1970	886 169	2 676 451	3 020	408
1975	778 237	2 798 219	2 596	485
1980	723 804	2 784 914	3 848	520
1985	1 218 253	5 208 085	4 275	577
1987	1 049 210	4 388 390	4 182	565
1990	920 100	3 735 200	4 060	548

En el año de 1985 se obtuvo la producción récord del país con poco más de 5.2 millones de toneladas cosechadas en 1.2 millones de hectáreas, año que marcó la diferencia de un cultivo en expansión altamente tecnificado que causó la Revolución Verde en el Noroeste de México y en varias partes del mundo, hacia un cultivo en crisis por su baja rentabilidad, sobre todo por el excesivo gasto de energía en toda su cadena productiva y en todos sus procesos de comercialización e industrialización hasta llegar a su destinatario en productos elaborados.

#### IV. Problemática en áreas irrigadas

Es conveniente indicar a expensas de que el gasto de agua y energía se desarrolló la indicada producción moderna de trigo en México que bas-

tante eco hizo en el mundo triguero: por principio, a diferencia del grueso de la producción mundial de trigo, ese gran desarrollo se dió bajo condiciones irrigadas plenamente fortalecidas por gran infraestructura hidráulica que ocasiona inmensos gastos al país, además de lo complejo de su operatividad, para que finalmente al usuario le saliera casi regalado aplicar una lamina de riego a su cultivo. En el peor de los casos, el gasto de energía fue aún mayor cuando se trató de riego por bombeo, como lo es en partes de Noroeste y Bajío ya que el riego por bombeo en general requiere de mayor gasto de ésta que el rodado o de almacenamiento.

Además de las láminas de riego, la alta productividad se obtuvo con grandes aplicaciones de insumos como fertilizantes y plaguicidas que a final de cuentas se traducen en empleo de energía. Por si fuera poco aún más, la región del Noroeste cosechaba casi el 75 por ciento de la producción nacional, volumen que tenía que movilizarse hasta 2 000 km al centro del país donde se localizaba más del 70 por ciento de la demanda nacional, lo cual también se traducía en gran cantidad de energía utilizada en el transporte y también en el almacenamiento, porque cerca del 85 por ciento de la producción nacional se cosechaba durante los meses de abril y mayo, y en ocasiones había grano que se almacenaba más de un año.

Como puede observarse, detrás de esa producción nacional de trigo había un gran derroche de agua y energía que era subsidiada por el gobierno federal, acción que aproximadamente a partir de mediados del ochenta se ha ido retirando paulatinamente hasta convertir al trigo bajo riego en un cultivo poco rentable para el productor, además de gastar cada vez más agua y energía para obtener la misma productividad, ya que las tierras y aguas cada vez son de menor calidad y las plagas, malezas y enfermedades son más agresivas y requieren mayor uso de insumos, además del alto gasto de energía en el transporte que actualmente es cerca de N\$ 150.00 por kilo.

## **V. Proyección del cultivo**

A raíz de la apertura de tierras irrigadas al cultivo de trigo en el Noroeste de México, las siembras de trigo temporalero fueron perdiendo importancia y prácticamente a raíz de lograr la autosuficiencia nacional en 1957, éstas tendieron a desaparecer. Sin embargo, a finales de la década de los

setenta y durante la de los ochenta se incrementó la superficie cultivada bajo temporal de 62 mil hectáreas a poco más de 120 mil y la productividad de 1 300 kg/ha a cerca de 2 000 kg/ha (Tabla 2). Un aspecto importante en el incremento de la superficie cosechada de trigo temporalero durante ese período, es que éste se logró sin ningún apoyo federal o estatal que promoviera su cultivo, sino más bien fue consecuencia de su mayor rentabilidad que los cultivos tradicionales, basada ésta fundamentalmente en su buena productividad y baja inversión, además de ser un cultivo altamente mecanizado se requiere poco uso de mano de obra, la cual es cada vez más escasa y de alto costo.

A pesar de que la productividad obtenida bajo temporal llega a ser el 50 por ciento de la lograda en riego, es conveniente indicar que en la actualidad es más rentable producir trigo temporalero, ya que el gasto de energía en todo su proceso productivo hasta llegar a los molinos es mucho más bajo que en riego, además el agua bajo temporal no cuesta y las tierras son baratas.

La proyección de trigo en México es que éste se deberá cultivar tanto en riego como en temporal. Bajo riego se reducirá aun más la superficie cultivada y progresarán los productores que aprovechen al máximo el agua y energía utilizada para obtener rendimiento alrededor de ocho ton/ha, o aquellos que hagan un uso eficiente de agua y energía, esto es, suministrar lo mínimo posible y obtener rendimientos de cuatro a cinco ton/ha, situaciones que convertirán este cereal en una actividad rentable. Se considera que el trigo temporalero deberá producirse principalmente en temporales deficientes donde los cultivos tradicionales no tienen un buen comportamiento debido a que no completan sus requerimientos termoplumiométricos<sup>6</sup>.

Mientras que en temporal se proyecta que se pueden cultivar más de un millón de hectáreas en los 16 estados del país donde actualmente se siembra, sobre todo por su rentabilidad y bajo gasto de agua y energía.

Un ejemplo sobre la expansión del cultivo en temporal es el estado de Tlaxcala, entidad de baja extensión agrícola a nivel nacional y es la que produce mayor cantidad de trigo temporalero gracias a su incremento de 2 500 a 51 000 hectáreas de 1981 a 1990 y con un rendimiento medio superior a

dos ton/ha<sup>7</sup>, además de que el trigo cosechado en este estado se transporta cuando más 200 kilómetros a su destino final para la industrialización y llega a estar almacenado cuando más seis meses. Con lo anterior, se concluye que el trigo bajo temporal tiene las ventajas de usar eficientemente un recurso natural tan importante como es el agua, y el consumo de energía en su proceso productivo, de transporte, almacenamiento e industrialización se minimiza lo suficiente como para tener un apoyo mayor<sup>8</sup>.

**Tabla 2**

**Superficie, producción y rendimiento de trigo de temporal en México 1976-1990**

Año	Superficie cosechada ha	Producción total ton	Productividad ton/ha	Por ciento
1976	2 110	80 743	1300	-
1978	111 067	158 826	1430	10
1980	134 395	186 929	1341	3
1982	180 411	231 648	1284	-1
1984	157 647	267 054	1694	30
1986	179 170	308 172	1720	32
1988	199 150	360 461	1810	39
1990	236 150	462 854	1960	51

**VI. Los primeros trabajos de investigación y la investigación en forma continua**

Los primeros trabajos de mejoramiento de cultivares de trigo en México no precisamente fueron realizados por agrónomos o genetistas, estos fueron efectuados por los mismos productores sobre sus criollos, los cuales seleccionaban las mejores plantas o semillas que cosechaban, sin embargo, esta estrategia no produjo cambios substanciales en la productividad ya que sus plantas no respondían a mayor suministro de insumos y cada día fueron más susceptibles a las nuevas razas de chahuixtles.

Durante la década de los años veinte del presente siglo el efecto de las enfermedades cada vez fue mayor sobre los criollos cultivados, razón por la cual afines de esa década se empezó a trabajar con introducciones de trigo

provenientes de Estados Unidos, Canadá, Italia, Argentina y España. Entre las que destacaron la variedad Marquis de Canadá, Hope de Estados Unidos, Mentana de Italia, White Federation y Federation de Australia y Marroquí 588 de África<sup>9</sup>.

Las introducciones fueron evaluadas por varios ciclos y localidades, se conformaron grupos de progenitores y se realizaron las primeras cruces a inicios de los treinta, sin embargo, por la falta de continuidad esos trabajos pasaron desapercibidos, mientras que las royas o chahuixtles siguieron devastando campos completos lo que se reflejó en cada vez mayores importaciones de trigo y fuga de divisas por ese concepto.

Dada la problemática, el Gobierno Mexicano pidió auxilio al de Estados Unidos de Norteamérica y como respuesta la Fundación Rockefeller envió investigadores a México en 1945. El Dr. Norman E. Borlaug como fitopatólogo especialista en trigo junto con algunos agrónomos mexicanos inició los primeros trabajos de investigación de trigo en forma continua, con lo cual se constituye en el país la Oficina de Estudios Especiales<sup>9</sup>.

Para 1948 se tenían las primeras variedades mexicanas producto de los trabajos de investigación, el enfoque inicial fue reducir el efecto de las enfermedades con variedades resistentes.

Posteriormente se valoró el potencial productivo que tenía la región del Noroeste a expensas de gran consumo de agua y energía, y se idealizó en variedades que respondieron a suministros altos de agua y agroquímicos, y fue así como se redujo la altura de la planta y se incrementó la productividad substancialmente para 1960 (Tabla 1), sin embargo, el medio era tan propicio que fue necesario reducir aún más la altura de la planta, para lo cual se incorporó en las variedades mexicanas la fuente de enanismo Norim-10 y fue así como en forma espectacular se incrementó la productividad en 1965 hacia 1970. Después, se fueron perfeccionando las prácticas de cultivo, se intensificaron los riegos, se incrementaron y fraccionaron las fórmulas de fertilización y se aplicaron, en forma más generalizada e intensa, nuevos plaguicidas, lo cual también causó progresos en la productividad, aunque éstos ya fueron mínimos, incluso con la tendencia a disminuir a finales de los ochenta<sup>3</sup>.

Un aspecto importante en la obtención de los resultados de la investigación continua de trigo en México fue la organización que se tuvo y tiene actualmente. La investigación se inició a la llegada de la Fundación Rockefeller y la formación de la Oficina de Estudios Especiales (OEE).

En el año de 1947 por decreto presidencial se formó el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) que junto con la OEE dieron mayor impulso a la investigación de trigo en el país. Posteriormente en 1960 nace el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), el que posteriormente pasó a conformar al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), y a fines de los sesenta se instaló en México el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), instituciones todas ellas que tuvieron como objetivo principal mantener la continuidad de la investigación de trigo, lo cual a sus casi 50 años de haberse iniciado ha producido cerca de 100 generaciones en los trabajos de mejoramiento genético y alrededor de 200 variedades y diversos paquetes tecnológicos para las variadas condiciones de producción con el objetivo de obtener mayor cosecha.

## **VII. Programa de investigación para temporal**

El Programa de Mejoramiento Genético de Trigo para Temporal en México se inició en 1969 y pocos años después se iniciaron las investigaciones en torno a prácticas de cultivo<sup>10</sup>.

El pionero en los trabajos de investigación de trigo temporalero en el país fue el Ing. Rodolfo Moreno Galvez, notable genetista mexicano que reflexionó sobre los siguientes principios:

- La tala inmoderada de bosques está llevando al mundo a la desertificación;
- Los lagos, ríos y lagunas se estan desecando rápidamente;
- El nivel freático del agua año con año se abate más;
- En general, no se registra aumento en el caudal de agua en zonas de almacenamiento o nacimiento de manantiales y arroyos; y,

- La lluvia cada vez es más irregular en su distribución en el espacio y el tiempo.

Lo anterior obligó a razonar, que en un futuro la escasez de agua para la siembra de los cultivos sería una limitante y que únicamente progresarían aquellas especies altamente rústicas o aquellas que mediante mejoramiento genético fuera posible conjuntar los genes de tolerancia a sequía.

La concepción que se marcó sobre la variedad y el cultivo temporalero, dada las condiciones marginadas donde tendría más proyección, es en torno a la eficiencia en el sentido más amplio, lo cual se relaciona íntimamente con menor gasto de agua, energía y tiempo, reflejado en mayor rentabilidad. Dentro de los aspectos que se plantearon se tienen los siguientes:

- Más kg por unidad de tiempo;
- Más kg por unidad de agua;
- Más kg por unidad de fertilizante;
- Más kg por unidad de plaguicida;
- Más kg por unidad de espacio; y,
- Menos costo de transporte y almacenamiento por kg.

En contraparte del enfoque concebido para riego, en temporal la filosofía fue siempre mayor eficiencia, la cual se reflejó en los programas de investigación. Primeramente, a diferencia del programa para riego, se redujo el número de riegos de cuatro a tres en germoplasma segregante y fue así como se obtuvieron las primeras variedades para temporal que fueron Chapingo VF-74, Narro VF-74, Cleopatra VS-74 y Zacatecas VT-74.

En segundo término se trabajó más intensamente en temporales críticos tanto con poblaciones segregantes como en ensayos de rendimiento y se obtuvieron las variedades México M-82 y Mixteco S-82, enseguida se evaluaron poblaciones segregantes con solamente dos riegos y en temporales

críticos para liberar las variedades Galvez M-87, Temporalera M-87 y Verano S-91, y finalmente se incorporó la prueba de genotipos bajo humedad residual, condición extrema de sequía, dando como resultado la línea experimental Biznaga "S" y otras más<sup>4</sup>.

A medida que se fue reduciendo el número de riegos o que las condiciones de humedad en el suelo fueron más adversas para el cultivo, también se fue limitando el suministro de fertilizante y en general de agroquímicos. estrategia que se ajustó a los objetivos planteados en torno al menor consumo de agua y energía en el cultivo, lo cual fue confirmado al hacer una evaluación sobre los avances del programa, ya que los progresos en rendimiento de grano han sido más evidentes en temporales deficientes en los cuales la cantidad de lluvia ocurrida y el suministro de agroquímicos es mínimo<sup>11</sup>.

Por otra parte, al crecer la producción de trigo temporalero en el país también se tiene un ahorro considerable de energía por cada kilogramo, ya que se abate el gasto de ésta por los conceptos transporte y almacenamiento, aspectos importantes en la eficiencia y en la sostenibilidad de estas actividades.

### **VIII. La investigación a futuro**

El reto de la agricultura en el futuro será cada vez más difícil, ya que día a día la demanda de alimentos es mayor, y si en los últimos años la tasa de crecimiento de la demanda de estos ha sido mayor que la oferta, que pasará en un futuro cuando se tengan más gentes que alimentar.

Por otra parte, mediante las técnicas convencionales de investigación y en los ambientes propicios para la agricultura se esta llegando a un estancamiento en la productividad que difícilmente podrá superarse, por lo cual surge la necesidad de utilizar nuevas metodologías de investigación y explotar áreas marginadas con el enfoque de ser altamente eficientes en el aprovechamiento de los cada vez más deteriorados recursos naturales y de la energía en general.

En la actualidad existen diversas técnicas como las mutaciones inducidas por irradiaciones, la biotecnología, la ingeniería genética, las cruas in-

terespecíficas y las cruzas intergenéricas entre otras, que dan una serie de alternativas para producir plantas con mayor productividad y altamente eficientes en el uso de los recursos y de la energía. La obtención de esas plantas es posible con la formación de grupos interdisciplinarios con el objetivo de conjuntar esfuerzos de toda índole, ya que en la actualidad no se han explotado las ventajas de tales técnicas por trabajar aisladamente grupos que por lo general caen en la duplicidad.

Las áreas marginadas de México y del mundo son abundantes y en constante crecimiento que difícilmente se detendrá. La característica principal de éstas es su gran desproporción entre el agua precipitada y la evaporada y la pobreza en los recursos suelo y vegetación, para crear un ambiente de desertificación. Ante este panorama, el hombre tienen que pensar en su futura alimentación. Es necesario rescatar los genes de resistencia a la sequía de los trigos originarios de zonas semidesérticas, así como investigar e implementar técnicas de cultivo enfocadas a la eficiencia en el sentido más amplio, esto hará posible el cultivo del trigo en las áreas marginadas, las que están destinadas a ser los futuros graneros de México y del mundo.

## IX. Referencias

1. Lelley, J., 1976, *Wheat breeding*, Akademiai Kiado, Budapest, Hungary.
2. Hanson, H., N. E. Borlaug y G. Anderson, 1982, *El trigo en el tercer mundo*, CIMMYT, México.
3. Rodríguez, V. J., 1992, *Importancia del trigo en la producción de alimentos en México*, 1<sup>er</sup> Conferencia Nacional de Trigo, SARH-INIFAP-CIFAP-Sonora.
4. Moreno, G. R. y H. E. Villaseñor, 1991, *Tendencia del cultivo del trigo en México y mejoramiento genético para temporal*, 4<sup>a</sup> Reunión de Investigación. SARH-INIFAP-CIFAP-Aguascalientes.
5. Borlaug, N. E., 1969, *Mejoramiento del trigo, su impacto en el abastecimiento mundial de alimentos*, Sobretiro N<sup>o</sup> 2, CIMMYT, El Batán, México.
6. Villaseñor, M. H. E. y R. Moreno G., 1991, *Trigo: 10 años de investigación agrícola en La Región Central de México*, Publicación Especial N<sup>o</sup> 4, SARH-INIFAP-CEVAMEX.
7. Villaseñor, M. H. E. y R. Moreno G., 1991, *Guía para cultivar trigo en el estado de Tlaxcala*, Folleto para Productores N<sup>o</sup> 1, SARH-INIFAP-CIFAP-Tlaxcala.
8. Moreno, G., R. y H. E. Villaseñor, 1990, *La problemática del cultivo de trigo y su producción*, Simposium sobre orientación de cultivos, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
9. Hernández, S. A., 1984, *Antecedentes del mejoramiento genético de trigo en México*, Gemen, Boletín N<sup>o</sup> 4, SOMEFI, pp. 32- 46.
10. Moreno, G. R., 1992, *La obtención de variedades de trigo para siembras de temporal*, 1<sup>er</sup> Conferencia Nacional de Trigo, SARH-INIFAP-CIFAP-Sonora.
11. Villaseñor, M. H. E. y R. Moreno G., 1990, *Evaluación del programa de trigo para temporal*, XIII Congreso Nacional de Fitogenética, p 213.

## **X. Bibliografía**

1. SARH, 1989, *Serie histórica de superficie y producción de trigo en México*, Información preliminar no publicada.



# USO EFICIENTE DEL AGUA Y DE LA ENERGIA ELECTRICA EN UNIDADES DE RIEGO POR BOMBEO

*Severo de la Cruz Campa*

Coordinación de Uso Eficiente del Agua y Energía Eléctrica  
Comisión Nacional del Agua

---

## **Recursos agua y energía eléctrica**

- **Agua**

En México, los asentamientos humanos y las actividades agrícolas e industriales, no se ubican en proporción a la distribución que la naturaleza hizo de los recursos hidráulicos, ya que en la porción norte y el altiplano del país, donde sólo se registra el 19 por ciento del escurrimiento medio anual, habitan las dos terceras partes de la población, se dispone del 40 por ciento de tierras con potencial agrícola y se realiza el 70 por ciento de la actividad industrial. Al no disponerse de agua superficial suficiente en esta región, a mediados de los años cuarenta, se inició la explotación formal del agua subterránea, que vino a satisfacer en su momento los requerimientos apremiantes para el desarrollo agropecuario, comercial, industrial, habitacional y de servicios.

Dos décadas más tarde, la región empezó a sentir los efectos del abuso en la perforación de pozos, que por el abatimiento progresivo de los niveles de extracción, requirieron de la instalación de sistemas de bombeo cada vez más potentes.

En mayor o menor grado, desde hace 30 años se inició la sobreexplotación de muchos de los acuíferos principales, acumulándose a la fecha en esa condición cerca de 90 de ellos que sustentan a actividades económicas fundamentales y de bienestar en gran parte de los estados de Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Región Lagunera, Coahuila, Durango, Nuevo León, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí, Guanajuato, Michoa-

cán, Querétaro y Puebla, entre otros. Aún cuando, para establecer el control de las extracciones de agua de los acuíferos ubicados en estos estados, se han iniciado concertaciones entre la Comisión Nacional del Agua (CNA) y los usuarios del agua, lo cierto es que por este procedimiento no se avanza lo necesario, prevaleciendo la tendencia a bombear de los acuíferos mayores volúmenes de los que anualmente proporciona la naturaleza como recarga.

El agua, garantía de subsistencia para todos los seres vivos e insumo para la realización de todas las actividades humanas, tiene prioridad en el reordenamiento de su aprovechamiento para no poner en peligro el desarrollo sostenible, sobre todo en las zonas áridas y semiáridas donde gran parte de las actividades económicas se sustentan en la extracción de agua subterránea.

#### • **Energía Eléctrica**

En la industria eléctrica no es posible el almacenamiento del producto (kW), sin embargo, el usuario sólo tiene que solicitar el suministro de energía bajo las condiciones que establece la ley para que el sector eléctrico esté obligado a proporcionarlo en lugar, cantidad y por el tiempo requerido, por lo tanto, la capacidad del sistema tiene que ser tan grande como para poder afrontar la demanda máxima en todos los usos.

El incremento de la potencia instalada, necesario para poner a disposición inmediata cualquier carga nueva o adicional solicitada por los usuarios, requiere de grandes inversiones asociadas a un alto costo financiero para el proceso de generación y distribución. Es por esto que el costo del servicio eléctrico, esta determinado en una mayor proporción por las inversiones para crear la infraestructura, que la participación por operarla.

El equilibrio relativo entre la oferta y la demanda, sostenido aún en el reciente período de crisis, con escaso margen para mantener el suministro de energía eléctrica a una economía sobreprotegida, obligó al Gobierno Federal a retirar subsidios, a hacer ajustes en las tarifas y a establecer programas ahorradores de energía, induciendo la participación de la sociedad, a fin de terminar con los dispendios evidentes en todos los usos.

El informe de operación emitido por la Comisión Federal de Electricidad en 1992, consigna (Tabla 1) que México cuenta con una potencia real instalada de 27 068 MW, para una generación bruta de 121 697 GWh.

**Tabla 1**

**Potencia real instalada y generación bruta de energía eléctrica**

Tipo de Generación	Número de Centrales	Número de Unidades	Potencia real	Generación Bruta de Energía	
			Instalada MW	GWh	%
Hidroeléctrica	75	212	7 932	26 095	21.4
Vapor	32	108	12 788	69 829	57.4
Ciclo combinado	6	26	1 817	7 214	5.9
Turbogas	34	87	1 777	281	0.2
Combustión interna	12	102	149	237	0.2
Geotermo-eléctrica	5	22	730	5 804	4.8
Carbo-eléctrica	1	4	1 200	8 318	6.8
Núcleo-eléctrica	1	1	675	3 919	3.2
<b>Total</b>	<b>166</b>	<b>562</b>	<b>27 068</b>	<b>121 697</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Comisión Federal de Electricidad

De acuerdo a datos aportados por la Comisión Federal de Electricidad, durante el Período 1987-1991 y 1992 las ventas de energía eléctrica por tipo de servicio guardaron las proporciones que se registran en la Tabla 2.

Al comparar el promedio anual de las ventas de energía eléctrica, publicadas por Comisión Federal de Electricidad para el período 1987-1991, con las ventas anuales para 1992, se observa que los incrementos mayores se dieron en los servicios residenciales y comerciales, siendo muy moderados para los servicios industriales y para el alumbrado y agua potable.

En cuanto a las ventas de energía eléctrica para riego por bombeo agrícola, se observa que al comparar el reporte para el promedio anual del período 1987-1991, con las ventas del año 1992, el incremento resulta negativo (-14%). Este efecto es en respuesta al retiro parcial de subsidios, mediante el ajuste tarifario hacia la alza, al mejoramiento de eficiencias electro-mecánicas en los sistemas de bombeo que se encuentran operando y a las lluvias más abundantes que se registraron en 1992.

Tabla 2

## Mercado Eléctrico: Período 1987-1992

Tipo de servicio	Ventas de energía eléctrica <i>GWh</i>					Usuarios <i>miles</i>		
	Promedio 1987-91	%	1992	%	Incremento %	Promedio 1987-91	1992	Incremento %
Residencial	18 745	21	24 051	25	28	13 364	15 504	16
Comercial	7 819	9	9 222	9	18	1 642	1 884	15
Alumbrado público, agua potable y servi- cio temporal	4 533	5	4 922	5	8	65	74	14
de media y alta tensión que in- cluye a los gran- des comercios	49 289	57	53 704	55	9	53	63	19
Riego Agrícola	6 567	8	5 672	6	-14	72	78	8
<b>Total</b>	<b>86 953</b>	<b>100</b>	<b>97 571</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>15 196</b>	<b>17 603</b>	<b>16</b>

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

En base a los parámetros hidráulicos y eléctricos medidos en los sistemas de bombeo instalados en más de 10 000 pozos de los que para riego agrícola se encuentran operando en el país, fue posible determinar la demanda media (kW) y el caudal medio (*lps*), para un modelo de pozo en cada entidad federativa, a partir de los cuales se determinó un índice energético cuya expresión matemática utilizada fue:

$$\frac{\text{m}^3}{\text{kWh}} = \frac{3.6 Q}{\text{kW}}$$

Los índices energéticos así determinados y los reportes anuales proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad, relativos a la energía anual consumida (kWh) en la extracción de volúmenes para el riego agrícola, permitieron estimar (Tabla 3) con bastante aproximación los volúmenes anuales de aguas subterráneas que en cada entidad federativa se utilizan en

**Tabla 3**  
**Consumo de energía eléctrica y volúmenes estimados**  
**de agua subterránea bombeados para riego agrícola**

Entidad	Valores promedio CFE periodo 1987-1991		Valores reportados CFE 1992		Productividad eléctrica <i>m<sup>3</sup>/KWh</i>	Volúmenes bombeados millones de m <sup>3</sup>		Diferencias <i>millares m<sup>3</sup></i>
	Ventas	Demanda máxima	Número de Usuarios	Ventas		Promedio 1987-1991	1992	
	<i>GWh</i>	<i>MW</i>		<i>GWh</i>				
Sonora	1 203.6	257.0	3 318	928	1.82	2 191	1 689	(502)
Guanajuato	1 179.6	237.8	14 004	1 191	2.53	2 984	3 013	29
Región Lagunera	628.6	113.8	2 287	467	1.72	1 081	803	(278)
Chihuahua	619.0	174.6	6 803	644	3.73	2 309	2 402	93
Querétaro	498.2	88.8	1 432	212	2.59	1 290	549	(741)
Aguascalientes	414.4	82.8	2 035	205	1.69	700	346	(354)
Zacatecas	256.8	69.8	5 466	374	2.03	521	759	238
Michoacán	206.4	48.4	4 365	149	3.11	64	463	169
Baja California Sur	202.0	42.0	1 009	173	2.15	434	372	(62)
San Luis Potosí	193.2	43.6	3 246	196	1.80	348	353	5
Puebla	190.8	45.2	3 050	176	2.43	464	428	(36)
Jalisco	190.8	42.8	5 139	220	3.29	628	724	96
Baja California Norte	188.4	65.6	1 538	125	3.83	637	423	(214)
México	103.2	23.8	1 447	63	2.02	208	127	(81)
Coahuila	86.0	23.6	2 332	86	2.23	192	192	0
Nuevo León	73.8	11.8	2 947	88	3.35	247	295	48
Colima	47.2	10.6	691	47	4.34	205	204	(1)
Tamaulipas	45.0	10.4	1 292	59	4.47	201	264	63
Sinaloa	41.6	12.8	778	31	3.40	141	105	(36)
Morelos	32.0	17.0	433	19	2.63	84	50	(34)
Chiapas	31.6	10.4	584	59	4.50	142	266	124
Durango	31.0	7.2	999	31	4.69	145	145	0
Yucatán	27.6	12.0	3 826	26	3.44	95	89	(6)
Oaxaca	16.2	6.0	5 779	19	2.44	40	46	6
Veracruz	15.6	4.4	519	10	4.24	66	42	(24)
Tlaxcala	14.8	4.0	439	13	2.37	35	31	(4)
Guerrero	10.2	5.4	616	6	4.25	43	26	(17)
Hidalgo	6.6	2.0	484	42	2.49	16	105.8	9
Campeche	6.2	3.8	779	5	4.40	27	22	(5)
Nayarit	3.2	1.0	225	5	3.80	12	19	7
Quintana Roo	1.2	1.2	211	2	3.14	4	6	2
<b>Total</b>	<b>6 564.8</b>	<b>1 479.6</b>	<b>78 073</b>	<b>5 671</b>	<b>2.457</b>	<b>16 132</b>	<b>14 358</b>	<b>(1 774)</b>

la agricultura de riego por bombeo. Debe hacerse notar que la diferencia de unidades de bombeo que existe entre los reportados para riego agrícola por la Comisión Federal de Electricidad (78 078) y los que estima la Comisión Nacional del Agua (47 505), se debe a lo siguiente:

- El 36.6 por ciento (28 575) de las unidades de bombeo registradas por la Comisión Federal de Electricidad sólo consumen en promedio de cero a 100 kWh por mes, debido a lo cual la Comisión Nacional del Agua no las considera como potenciales para incluirlos en el Programa de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica; y,
- El otro 2.56 por ciento (1 998) se estima, corresponde a rebombes para alcanzar niveles adicionales o para presurizar sistemas de riego.

Siendo los recursos agua y energía eléctrica insumos limitantes del desarrollo nacional, resulta vital reordenar su aprovechamiento para obtener de ellos:

- Ahorros, al hacer un uso más eficiente y racional;
- Mayor productividad;
- Expansión de la oferta; y,
- Competitividad y diversificación de los productos con la aplicación adecuada de ambos recursos.

En las zonas áridas y semiáridas que constituyen aproximadamente el 36 por ciento del territorio nacional, gran parte del desarrollo de las actividades humanas se sustentan en la extracción de agua subterránea mediante sistemas de bombeo accionados con energía eléctrica. Partiendo de los datos que se tienen sobre la energía consumida en la Tarifa 09, los volúmenes de agua bombeada con fines de riego agrícola y los porcentajes estimados por la Comisión Nacional del Agua para los distintos usos, fue posible estimar el agua bombeada y la energía consumida; estimaciones que se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4**

**Agua subterránea bombeada**

Tipo de uso	Extracción anual <i>millones m<sup>3</sup></i>				Energía consumida <i>GWh</i>			
	Promedio 1987-1991	%	1992	%	Promedio 1987-1991	%	1992	%
Agrícola	16 130	72	14 360	70	6 565	72	5 671	69
Público urbano	4 480	20	4 480	22	1 824	20	1 824	22
Industrial	1 120	5	1 120	5	456	5	456	6
Doméstico	670	3	670	3	274	3	274	3
<b>Total</b>	<b>22 400</b>	<b>100</b>	<b>20 630</b>	<b>100</b>	<b>9 118</b>	<b>100</b>	<b>8 225</b>	<b>100</b>

En el Período 1987-1991, el promedio anual de agua bombeada para riego agrícola, fue por un volumen estimado de 16 130 millones de m<sup>3</sup>, utilizando 6 565 GWh de energía eléctrica, en contraste con los 14 360 millones de m<sup>3</sup> de agua bombeada en 1992, que consumieron 5 671 GWh. Estas reducciones de los volúmenes bombeados y de la energía consumida, como ya se citó, fue consecuencia del ajuste a la tarifa eléctrica, del mejoramiento de eficiencias electromecánicas en los sistemas de bombeo, de los trabajos de desarrollo parcelario realizados y de las lluvias que fueron abundantes en 1992.

Al ser el riego por bombeo agrícola el que utiliza mayor volumen de agua subterránea (72%), se presenta como el uso de mayor oportunidad para el ahorro de los recursos agua y energía eléctrica, para lo cual es conveniente instrumentar la estrategia siguiente:

- Concientizar, orientar y capacitar a los usuarios de riego por bombeo agrícola en relación al ahorro de agua y energía eléctrica;
- Concertar con los usuarios de riego por bombeo agrícola, acciones a realizar en materia de ahorro de los recursos agua y energía eléctrica;
- Aplicar políticas tarifarias y sanciones por no acatar disposiciones legales, que induzcan al ahorro de agua y energía eléctrica;

- Aplicar puntualmente, las leyes, reglamentos y normas que coadyuven en el uso eficiente del agua y la energía eléctrica;
- Proporcionar apoyos, incentivos y créditos para promover la inversión en la rehabilitación y/o sustitución de sistemas de bombeo y de riego;
- Fomentar la utilización de tecnologías ahorradoras de agua y de energía eléctrica; y,
- Propiciar y apoyar la reconversión productiva.

La capacidad rectora del Estado, relativa a la distribución y uso de los recursos agua y energía eléctrica a través de sus respectivas autoridades, se sustenta en instrumentos económicos, jurídicos, técnicos y de control como son:

- Tarifas e incentivos;
- Legislación, reglamentación y normalización;
- Comunicación social; concertación; educación y capacitación; y,
- Análisis y evaluación.

Al ya no poder soportar el Gobierno Federal la carga de subsidios en precios, créditos e insumos. A partir de 1987 se vió en la necesidad de irlos suprimiendo, situación que ha venido contribuyendo en una disminución en los márgenes de utilidad de la mayoría de los productores, en algunos casos a tal grado que han tenido que salirse del mercado por quiebra o por falta de crédito debido a las carteras vencidas con los bancos.

En especial, los productores de riego por bombeo, han sufrido en forma más aguda esta situación, acostumbrados a consumir energía eléctrica barata no estimaron en su verdadero valor, ni de este recurso ni el agua que extraían del acuífero, manteniéndose durante mucho tiempo, operando sistemas de bombeo, así como, conduciendo y aplicando el agua a los cultivos

con baja eficiencia. A través del tiempo, esto contribuyó en buena medida a provocar graves distorsiones como son:

- Uso irracional de la energía eléctrica y del agua bombeada para riego;
  - Disminución acelerada de las reservas subterráneas de agua al sobreexplotar los acuíferos;
  - Abatimiento acelerado de los niveles de bombeo y deterioro de la calidad del agua;
  - Deterioro progresivo de las unidades de producción agrícola, por utilizar agua bombeada a mayor profundidad que resulta de menor calidad y mayor costo; y,
  - Establecimiento de cultivos cuyo costo no podrá competir con los precios internacionales debido a la operación de equipos electromecánicos a baja eficiencia.
- ***Estrategia***

Para corregir tales distorsiones, el 29 de mayo de 1990 la federación inició una modificación en las políticas tarifarias de la energía eléctrica utilizada en los sistemas de riego por bombeo agrícola (tarifa 09). Esto significó un incremento inmediato del 148 por ciento en el costo del kilowatt/hora consumido.

El 12 de noviembre del mismo año, fue modificada nuevamente la Tarifa 09, a un ritmo acumulativo del tres por ciento mensual que duró hasta el 24 de febrero de 1993, fecha en que el incremento se redujo a sólo el 0.5 por ciento mensual. En octubre de 1993 se suspendió el deslizamiento de la tarifa, quedando finalmente como se muestra en la Tabla 5. Para atenuar en lo posible, el impacto que ocasionó el incremento en la tarifa eléctrica a los productores de riego por bombeo agrícola, en septiembre de 1990 el Gobierno Federal puso en marcha el Programa de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica.

Tabla 5

## Tarifa 09 vigente a partir de octubre de 1993

Intervalo de consumo <i>kWh</i>	Tarifa <i>N\$</i>
0 - 5 000	0.10496
5 001 - 15 000	0.12548
15 001 - 35 000	0.13850
35 001 - a más	0.15378

Los usuarios de pozos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua o los que aún no lo han hecho pero que legalmente tienen derecho a hacerlo, son elegibles para participar de los beneficios del Programa. A los usuarios elegibles que operan pozos cuya producción hidráulica ha venido a menos, así como sistemas de bombeo con baja eficiencia (menor o igual al 40 por ciento) el Gobierno Federal los apoya con el 50 por ciento del monto que dichos usuarios inviertan hasta por 100 mil nuevos pesos para mejorar la productividad hidráulica del pozo y elevar la eficiencia electromecánica del sistema de bombeo.

A los usuarios elegibles que operan pozos con buena productividad hidráulica y sistemas de bombeo con eficiencia electromecánica superior al 40 por ciento, el Gobierno Federal los apoya con el 50 por ciento de la inversión que dichos usuarios realicen hasta por 100 mil nuevos pesos en obras de desarrollo parcelario, tales como: estanques reguladores en pozos de bajo gasto, revestimiento de canales, conducciones entubadas y nivelación de tierras, así como en la adquisición e instalación de sistemas de riego por tubería de compuertas y presurizados. En el caso de que en una misma unidad de riego, los usuarios que participen en la rehabilitación del conjunto pozo-sistema de bombeo, así como en trabajos de desarrollo parcelario, reciben como apoyo federal una bonificación del 50 por ciento de la inversión que realicen hasta por 150 mil nuevos pesos.

- **Objetivo**

El propósito específico del Programa de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica, es alcanzar el rendimiento óptimo de los pozos y de los

sistemas de bombeo para riego agrícola, así como introducir sistemas modernos de riego que propicien el ahorro de los recursos agua y energía eléctrica, con beneficios al medio ambiente.

- ***Ejecución del programa***

Para determinar la eficiencia electromecánica de los sistemas de bombeo instalados en los pozos con fines de riego agrícola, la Comisión Nacional del Agua realiza mediciones en campo de los parámetros hidráulicos y eléctricos; los primeros precisan el nivel estático, el nivel dinámico, la carga total a vencer y el gasto; y los eléctricos, el voltaje, el amperaje y el factor de potencia.

Si la eficiencia electromecánica del sistema de bombeo resulta inferior o igual al 40 por ciento, la Comisión Nacional del Agua recomienda a los usuarios hacer un diagnóstico detallado de las condiciones que guardan: el equipo de bombeo, el pozo, el motor, la instalación eléctrica y la obra civil.

El resultado del diagnóstico proporciona al usuario elementos que le permiten decidir sobre los trabajos que deberá realizar para mejorar la producción hidráulica del pozo y la eficiencia electromecánica del sistema de bombeo. Estos trabajos los contrata el usuario con empresas de servicio previamente seleccionadas por la Comisión Nacional del Agua como confiables.

El alcance de los trabajos de rehabilitación en los pozos y sistemas de bombeo en cuanto al incremento de la productividad hidráulica del pozo, así como a la elevación de la eficiencia en el sistema de bombeo, es responsabilidad del usuario y la empresa que le realiza los trabajos. Por su parte, la Comisión Nacional del Agua asesora al productor y le otorga la bonificación del 50 por ciento de la inversión que hasta por 100 mil nuevos pesos haya realizado. Esto, condicionado a la verificación por parte de la Comisión Nacional del Agua, de lo siguiente:

- a) Que la limpieza, desincrustación y/o reforzamiento del ademe del pozo, se haya realizado adecuadamente. Verificándolo mediante la revisión de dos videograbaciones tomadas a toda la longitud del

pozo, una antes y otra después de que los trabajos se encuentren terminados.

- b) Que los sistemas de bombeo rehabilitados, cumplan con los valores mínimos acordados de eficiencia (60%). Verificándolo mediante la revisión de los parámetros hidráulicos y eléctricos, una vez que los equipos reparados y/o sustituidos, se hayan instalado y puesto en operación.
- c) Que las empresas contratadas por el usuario cobren precios unitarios menores o iguales a los determinados por la Comisión Nacional del Agua como máximo aceptable para cada concepto de trabajo.

- ***Rehabilitación de pozos y sistemas de bombeo***

Desde que se inició el Programa, en junio de 1990 hasta diciembre de 1993, se han realizado trabajos de rehabilitación en 3 009 pozos y sus respectivos sistemas de bombeo, con los siguientes beneficios estimados:

- Incremento de un 25 por ciento en la producción hidráulica del pozo;
- Mejoramiento del riego en una superficie aproximada de 105 000 hectáreas; y,
- Ahorro de hasta un 45 por ciento en los consumos de energía eléctrica.

- ***Trabajos de desarrollo parcelario***

A partir de enero de 1992 y hasta diciembre de 1993, se apoyó a los productores de riego por bombeo agrícola en la ejecución de trabajos de desarrollo parcelario consistentes en construcción de estanques en pozos de bajo gasto, revestimiento y/o entubamiento de canales, nivelación de tierras, establecimiento de riegos por tubería de compuertas y de riegos presurizados. Con estos trabajos se apoyaron a 1 752 pozos, estimándose los siguientes beneficios:

- Ahorro de un 25 por ciento de agua aplicada por hectárea;
- Mejoramiento del riego en una superficie de 61 000 hectáreas;
- Ahorro de 140 millones de metros cúbicos de agua; y,
- En este proceso los ahorros de energía son mínimos ya que la energía eléctrica que se economiza al dejar de bombear 140 millones de metros cúbicos de agua es utilizada para presurizar el riego.

• **Inversiones**

En el período 1990-1993 las metas e inversiones programadas y alcanzadas son las que se muestran en la Tabla 6. Para 1994 se tiene programado apoyar la rehabilitación de 1 072 pozos y sus respectivos sistemas de bombeo, así como a otros 715 donde se realizarán trabajos de desarrollo parcelario.

**Tabla 6**

**Metas e inversiones: programadas y alcanzadas**

Año	Metas programadas			Metas alcanzadas					
	Pozos N°	Trabajos Desarrollados parcel. N°	Inversión CNA 10 <sup>6</sup> N\$	Pozos N°	Trabajos Desarrollados parcel. N°	Mezcla recursos aplicados millones N\$			
						CNA	Usuario	Gobierno Estado	Total
1990	546		50	221		17.35			17.35
1991	576		27	439		22.70	22.70		45.40
1992	565	135	35	526	301	31.30	31.30		62.60
1993	1 288	432	100	1 823	1 451	100.00	50.00	50.00	200.00
Total	2 975	567	212	3 009	1 752	171.35	104.00	50.00	325.35

• **Resultados de la Rehabilitación de Pozos en el acuífero de Caborca, Son. y ajustes deseables para mantener un desarrollo sostenido**

De un potencial de 831 pozos operando en el acuífero, se rehabilitaron 213 ademes azolvados, incrustados y/o rotos, así como sus respectivos sis-

temas de bombeo, en los primeros para incrementar la productividad hidráulica de los pozos y en los segundos para elevar la eficiencia electromecánica. En otros 38 pozos se realizaron trabajos de desarrollo parcelario a fin de mejorar la eficiencia de conducción y aplicación del agua.

Como se citó anteriormente, en el acuífero operan 831 pozos, el modelo de finca medio que actualmente se tiene en explotación, es de 50 hectáreas por pozo, el volumen de agua que los usuarios bombean para el riego del patrón y proporción de cultivos establecido es de 807 millares de  $m^3$  anuales por pozo, contra 429 a que tiene derecho por concesión y contra 361 millares que corresponden a cada pozo por la recarga estimada de 300 millones anuales que recibe el acuífero.

Para evaluar eficiencias en el uso de los recursos agua y energía, en este estudio se analizaron cuatro modelos de finca, de los cuales dos fueron para el riego por gravedad de 50 y 30 hectáreas y los otros dos riego presurizado de 50 y 40 hectáreas. Las características medias determinadas al medir los parámetros hidráulicos y eléctricos de 251 pozos que fueron rehabilitados en el acuífero de Caborca, Sonora, se registran en las Tablas 7 y 8.

- ***Riego por gravedad***

Como se puede observar, el volumen utilizado en riego por gravedad del área cultivada en un pozo con patrón y proporción de cultivos establecidos en un modelo de finca de 50 hectáreas es de 807 millares de  $m^3$  anuales; si en el modelo de finca se dejan de cultivar 20 hectáreas para regar por gravedad sólo 30 hectáreas, el resultado es que el volumen anual bombeado por pozo, será de 489 millares de  $m^3$ , muy cercano al volumen concesionado que es de 429 millares de  $m^3$  por pozo. El ajuste de la superficie del modelo de finca de 50 a 30 hectáreas permite eliminar el bombeo de 318 millares de  $m^3$  anuales por pozo, que significan 264.3 millones de  $m^3$  anuales ahorrados en los 831 pozos, para beneficio de la recuperación del acuífero en el que actualmente se están bombeando 670.6 millones de  $m^3$  anuales, aún cuando los productores de riego por bombeo, sólo tiene concesionados extraer del acuífero 356, volumen un poco superior a la recarga estimada de 300 millones de  $m^3$  anuales.

**Tabla 7**

Concepto	Unidad	Riego por gravedad			
		<i>Modelo de finca de 50 ha</i>		<i>Modelo de finca de 30 ha</i>	
		Antes de rehabilitar el pozo	Después de rehabilitar el pozo	Antes de rehabilitar el pozo	Después de rehabilitar el pozo
Productividad hidráulica del pozo	$m^3/h$	158.4	284.4	158.4	284.4
Volumen anual bombeado por pozo	$10^3 m^3$	807	807	489	489
Tiempo anual de bombeo por pozo	$h$	5 094	2 837	3 084	1 718
Eficiencia electromecánica del Sistema de bombeo	%	32.4	67.8	32.4	67.8
Demanda de energía eléctrica	$kW$	118.8	115.5	118.8	115.5
Productividad eléctrica del sistema de bombeo	$m^3/kWh$	1.33	2.46	1.33	2.46
Consumo anual de energía por pozo	$MWh$	606.7	328.0	367.3	200.2
Costo anual de energía por pozo	$N\$$	84 256	42 665	48 502	24 667

• **Riego presurizado**

En los modelos de finca de 50 y 40 hectáreas analizados para riego presurizado, ocurre que el volumen bombeado para el área cultivada en un pozo, con patrón y proporción de cultivos característicos de la zona es como sigue:

- a) Para modelo de finca de 50 hectáreas, el volumen anual bombeado por pozo es de 573 millares de  $m^3$ , 234 menos que el volumen necesario para el riego por gravedad de la misma superficie. Este modelo de finca no resulta suficiente para reducir el volumen bombeado al que cada pozo tiene concesionado. En cuanto a la energía eléctrica, solo se tiene ahorros al rehabilitar el sistema de bombeo, llevándolo de una eficiencia del 32.4 por ciento al 67.8 por ciento (278.7 MWh/pozo), ya que el ahorro de energía que pudiera obtenerse al dejar de bombear 234 millares de  $m^3$  por pozo es utilizada en vencer la carga de presurización.

**Tabla 8**  
**Evaluación de resultados al rehabilitar pozos y sistemas de bombeo**  
**Pozo del tipo acuífero del distrito de riego N° 037 Altar-Pitiquito, Sonora**

Escenarios	Carga de bombeo		Gasto		Volumen bombeado		Volumen bombeado		Volumen anual en		Horas anuales		Eficiencia sistema		
	Antes rehabil.	Después rehabil.	Antes rehabil.	Después rehabil.	Antes rehabil.	Después rehabil.	Antes rehabil.	Después rehabil.	Bom- beado	Conce- sionado	Estimado	Antes rehabil.	Después rehabil.	Antes rehabil.	Después rehabil.
	m	m	lps	lps	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /pozo	Antes rehabil.	Después rehabil.	Antes rehabil.	Después rehabil.				
<b>Modelo Finca 50 ha</b> regado por gravedad	89	101	44	79	158.4	84.4	807	429	361	5 094	2 837	32.4	67.8	32.4	67.8
<b>Modelo Finca</b> <b>ajustado 30 ha</b> regado gravedad con volumen concesionado	89	101	44	79	158.4	284.4	489	429	361	3084	1718	32.4	67.8	32.4	67.8
<b>Modelo Finca 50 ha</b> riego presurizado	101	141	79	79	284.4	284.4	361	429	361	2 837	2 016	67.8	67.8	67.8	67.8
<b>Modelo Finca</b> <b>ajustado 40 ha</b> riego presurizado utilizando volumen concesionado	101	141	79	79	284.4	284.4	459	429	361	2 272	1 614	67.8	67.8	67.8	67.8

(Continuación Tabla 8)

### Características medias de los parámetros hidráulicos y eléctricos de un pozo en operación

Escenarios	Demanda energía eléctrica kW		Volumen bombeado $m^3/kWh$		Energía anual consumida MWh/pozo		Ahorro energía rehabilit. MWh pozo	Eficiencia electromecánica pozos operando en el acuífero		Pozos rehabilit. en el acuífero	Ahorro energía pozos rehabilit. MWh	Potencial ahorro energía pozo no rehabilit. MWh
	Antes rehabilit.	Después rehabilit.	Antes rehabilit.	Después rehabilit.	Antes rehabilit.	Después rehabilit.		> 40% N° pozo	< 40% N° pozo			
	<b>Modelo Finca 50 ha regado por gravedad</b>	118.8	115.5	1.33	2.46	606.7		328	278.7			
<b>Modelo Finca ajustado 30 ha regado gravedad con volumen concesionado</b>	118.8	115.5	1.33	2.46	367.3	200.2	167.1	216	615	213	35 592	67 174
<b>Modelo de Finca 50 ha riego presurizado</b>	115.5	161.3	2.46	1.76	328	325.3	2.7	216	615	38	103	2 033
<b>Modelo Finca ajustado 40 ha riego presurizado utilizando volumen concesionado</b>	115.5	161.3	2.46	1.76	262.7	260.5	2.2	216	615	38	84	1 657

#### Notas

1. El potencial de pozos en donde es necesario elevar la eficiencia para ahorro de energía eléctrica es:  $615 - 213 = 402$ .
2. Informes de distrito de riego, indican que de los 831 pozos que se encuentran operando en el acuífero, 78 tienen establecidos sistemas de riego presurizados o semipresurizados, siendo por lo tanto el potencial de pozos que requieren trabajos de desarrollo parcelario de:  $831 - 78 = 753$ .

b) Para modelo de finca de 40 hectáreas, el volumen anual bombeado por pozo es de 459 millares de m<sup>3</sup>, 348 menos que el volumen que actualmente se extrae en el modelo de finca de 50 hectáreas regado por gravedad. Este modelo de finca es el más apropiado, por acercarse a utilizar volúmenes anuales por pozo, cercanos a los concesionados. En cuanto a la energía eléctrica ahorrada, solo fue la que se obtuvo al rehabilitar el sistema de bombeo, llevándolo de una eficiencia del 32.4 por ciento al 67.8 por ciento (278.7 MWh/pozo), ya que el ahorro de energía que pudiera obtenerse al dejar de bombear 187 millares de m<sup>3</sup> por pasar de un riego por gravedad a uno por presión, es utilizada en vencer la carga adicional de presurización.

## **Bibliografía**

- *Informe de Operación 1992*, Comisión Federal de Electricidad.
- *Desarrollo del mercado Eléctrico 1987-2001*, Subdirección de Programación, Comisión Federal de Electricidad.
- *Estadísticas por Entidad Federativa 1992*, Comisión Federal de Electricidad.
- *Resultados de Explotación 1992*, Comisión Federal de Electricidad.
- *Normas y procedimientos para bonificar a los usuarios de la áreas de bombeo*, Programa Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica.
- Reportes estatales de parámetros hidráulicos y eléctricos medidos para determinar eficiencias en los sistemas de bombeo.
- *Datos relativos al agua subterránea*, Subdirección General de Administración del Agua, Comisión Nacional del Agua.

# DIAGNOSTICO PARA EL DESARROLLO DE LOS DISTRITOS DE RIEGO

*Tomás Valenzuela Ruíz*  
Gerencia de Distritos de Riego  
Comisión Nacional del Agua

---

## 1. Antecedentes

Las condiciones climáticas y edafológicas de la mayor parte del país, no son favorables para una agricultura intensiva de temporal, los estudios sobre la aridez del país indican que casi dos terceras partes del territorio nacional es árido o semiárido.

La información disponible sobre lluvia, de los últimos 47 años, indican que la precipitación pluvial media con probabilidad de un 50 por ciento, es de 684 mm anuales distribuidos generalmente en los meses de verano, siendo en la mayoría de los estados de la república entre junio y septiembre. Sin embargo la demanda evapotranspirativa media, es superior a los 1 400 mm por año, o sea, más del doble de la lluvia.

En cuanto al aspecto edafológico, debe aseverarse que de los casi dos millones de km<sup>2</sup> de superficie, el 64 por ciento son áreas montañosas o colinéferas con pendientes mayores de 10 por ciento, solamente 30 millones de ha, tienen pendientes del dos por ciento o menos, es decir son aptas para la agricultura sin graves riesgos de erosión.

Estas condiciones de clima y edafología adversas de por sí para la agricultura, se ven agravadas con la circunstancia de que las tierras aptas para la agricultura se encuentran distribuidas en las regiones del país que cuentan con menos agua, en donde la lluvia apenas rebasa los 400 mm/año, como son los estados fronterizos del norte, incluyendo los dos de la Península de Baja California. Estas razones han propiciado que desde la época prehispánica se esté desarrollando la irrigación, sobre todo apartir de que

terminaron los movimientos armados, se inició un fuerte incremento de la población y la demanda de alimentos empezó a ser superior a la producción.

## 2. Importancia de la agricultura de riego

Los datos estadísticos indican que actualmente el promedio de siembras es de 16 millones de ha por año. De esta superficie, 3.2 millones están comprendidos en 80 distritos de riego y 2.8 millones de ha están integradas por 40 000 pequeñas unidades de riego, lo cual arroja una superficie total de riego de seis millones de ha (Tabla 1).

**Tabla 1**

### **Areas de riego en el país**

*Superficie cultivada en el país*

- Distritos de riego	3.2 millones de ha
- Unidades de riego para el desarrollo rural	2.8 millones de ha
- Areas temporales	10.0 millones de ha
Total Cultivado Anual	16.0 millones de ha

Para los 3.2 millones de ha de Distritos de riego para fué necesario extraer 32 500 millones de m<sup>3</sup> de agua, de las fuentes de abastecimiento, los cuales equivalen al 7.9 por ciento del volumen total anual del país, que es estimado en 410 000 millones de m<sup>3</sup>.

Esto quiere decir que el área agrícola de riego del país representa el 37.5 por ciento del total del área cultivada, pero con la circunstancia de que la producción que se obtiene en estas áreas representa más del 50 por ciento de la producción agrícola total, por tanto, está claro que la agricultura de riego es de capital importancia dado que ese más del 50 por ciento de la producción agrícola anual, prácticamente está asegurada puesto que el elemento principal de la producción del campo, que es el agua, está manejada a voluntad con la infraestructura hidroagrícola disponible. En abundancia de lo anterior debe decirse que las obras de referencia representan un enorme

beneficio social, toda vez que con ellas se ven beneficiadas más de un millón trescientas mil familias (Tabla 2).

**Tabla 2**

**Cantidad de usuarios en las áreas de riego**

Áreas de riego	Cantidad	Usuarios
- Distritos de riego	80	529 516
- Unidades de riego para el desarrollo rural	40 000	800 000
Total		1 329 516

**3. Problemática**

Es indudable la importancia que tienen las áreas de riego del país, pero desafortunadamente el beneficio que aportan está muy por debajo del que potencialmente tienen, lo cual se puede inferir apartir de los rendimientos actuales (Tabla 3) que se obtienen en los principales cultivos básicos como son: maíz, frijol, arroz, trigo, sorgo, soya, cártamo, algodón, etcétera.

**Tabla 3**

**Cultivos básicos y rendimientos en los distritos de riego**

Cultivo	Rendimiento <i>ton/ha</i>	cultivo	Rendimiento <i>ton/ha</i>
Maíz	4.655	Sorgo	3.519
Frijol	1.375	Soya	1.627
Arroz	4.176	Cártamo	1.101
Trigo	4.482	Algodón	1.369

Estos rendimientos son muy bajos comparados con los obtenidos en otros países más tecnificados y tradicionalmente exportadores de estos productos, como Estados Unidos, Canadá, Korea, Tailandia, Argentina, etcétera, además, esta situación se agrava al resultar costos de producción muy superiores a los precios internacionales, lo que nos impide ser competitivos.

Esto se debe a que los distritos de riego confrontan la siguiente problemática:

a) Tradicionalmente no se ha instrumentado y apoyado una política específica y decidida para el desarrollo de éstas áreas, sino que se terminan de construir las obras, se entregan a los técnicos y a los usuarios para su operación sin que esto lleve consigo un componente netamente desarrollista.

*b) Bajo nivel tecnológico de producción*

Los usuarios no disponen de un servicio de asistencia técnica ni extensiva ni menos aún intensiva, que los oriente en la mejor forma de hacer cada una de las tareas que integran el proceso productivo, incluyendo por supuesto el riego, que es en lo que menos asistencia técnica hay. Si acaso hay un servicio de tipo divulgativo, pero de poca efectividad y sobre todo, muy deficiente en el aspecto riego.

El productor de los distritos de riego, con las honrosas excepciones sobre todo en Sonora y Sinaloa, en general, no sabe cómo resolver en la práctica, pero con bases técnicas, las interrogantes fundamentales del riego de cultivos, o sea el cuánto, el cuándo y el cómo regar. México ocupa el sexto lugar mundial por la superficie que tiene bajo riego, pero es uno de los que menos usa el riego presurizado (aspersión, microaspersión, goteo, etcétera ).

Además, está muy lejos de generalizarse el uso de semillas mejoradas y la fertilización todavía se hace con base en formulaciones muy genéricas de alcance regional y no de acuerdo con las condiciones físicas y químicas del suelo y en concordancia con la demanda del cultivo por establecer.

*c) Aplicación deficiente del agua de riego*

Como consecuencia de lo anterior el agua se aplica deficientemente a los suelos, tanto en cantidad como en oportunidad, lo cual trae como consecuencia:

- Baja de rendimiento de los cultivos;
- Elevación de niveles freáticos y empantanamiento de los suelos;
- Ensalitramiento de los suelos;
- Pérdida de suelos o de superficie por regar; y,
- Disminución de volúmenes de agua disponible y por tanto de superficie de riego.

*d) Conservación deficiente de la infraestructura*

Normalmente los distritos de riego no cuentan con presupuesto suficiente para realizar oportunamente y en la cantidad necesaria, las actividades de conservación de la infraestructura, lo cual en general se lleva entre el 50 y el 60 por ciento del presupuesto total anual de cada distrito.

Consecuentemente las obras se han estado deteriorando a un grado tal que propician una conducción del agua y su entrega a los usuarios de manera muy deficiente y además, también se propician los problemas de drenaje y salinidad al aumentar las pérdidas de agua por conducción y funcionar deficientemente el sistema de drenaje mal conservado.

*e) Crédito deficiente e inoportuno*

Históricamente el crédito en nuestro país ha sido insuficiente para cubrir la demanda nacional en su conjunto, pero también ha sido insuficiente, el que reciben los productores para cubrir todos los aspectos de la producción. Además, el recurso financiero que reciben no les llega con la debida oportunidad, razón por la cual muchas veces ejecutan diversas labores de campo, fuera de tiempo, de mala calidad o incompletas.

*f) Poca tecnología disponible*

En virtud de que la investigación agropecuaria en nuestro país tiene apoyos muy limitados, especialmente financiero además de que los progra-

mas de investigación no están en su mayoría orientados a la búsqueda de la solución de los problemas sentidos por los productores, se genera muy poca tecnología de aplicación inmediata, sobre todo casi no se hace investigación en riego, aspecto que generalmente se infiere de experimentos planteados con otros objetivos, por estas razones no se generan los calendarios óptimos económicos de riego de los cultivos, no se tienen las variedades de cultivos propias y en cantidad suficiente para cada condición agroclimática de los distritos, etcétera.

*g) Tierras no preparadas para el riego*

Salvo algunos casos especiales, como el DR-017 (Región Lagunera), el DR-051 (Costa de Hermosillo), el DR-014 (Río Colorado), en los que se han realizado programas masivos de nivelación de tierras, la mayoría de los suelos de riego del país, están desnivelados, lo cual aunado al deterioro de las obras y a la falta de asistencia técnica al usuario para el riego parcelario, hace que se tengan fuertes pérdidas de agua tanto en la red de canales como en las propias parcelas.

La ejecución del plan de riego de 1993 arroja una eficiencia de conducción a nivel nacional de 64 por ciento aproximadamente y la eficiencia parcelaria de 65 por ciento, esto arroja una eficiencia total de 41.6 por ciento, lo cual significa que se pierde o se deja de usar más del 50 por ciento del agua que se extrae de las fuentes de abastecimiento.

*h) Deficiente organización de los productores*

En general, con las honrosas excepciones, los productores no están organizados para producir o para integrar empresas agropecuarias que por lo menos comprendan todo el proceso productivo hasta la comercialización, de allí las dificultades que confrontan en el logro de crédito, de los insumos e incluso en la venta de sus productos.

*i) Deficiente comercialización*

Es necesario señalar que como problema fundamental en la agricultura de riego, que también lo es para la agricultura de temporal, la defectuosa

comercialización de los productos, de tal manera que no sólo perjudica al productor que generalmente vende su producción a menor precio de lo justo, sino que también afecta al consumidor, al cual le llegan los productos a precios muy elevados.

*j) Subutilización de la infraestructura*

En gran parte de los distritos, se riega prácticamente toda el área que benefician sus obras, incluso se establece cierto porcentaje de segundos cultivos, sin embargo de ello, hay un grupo integrado por 19 de ellos, casi el 25 por ciento del total, que conjuntan una superficie de 650 000 ha, aproximadamente, en los que más del 40 por ciento del área dominada por las obras no se riega y en algunos de ellos la situación es más dramática, como sucede en los distritos 104 (Cuajinicuilapa, Gro.), 102 (Río Hondo, Q. R.) y 092 (Río Pánuco), en los que el uso de la infraestructura y del suelo es de el 20, 24 y 29 por ciento, respectivamente.

**4. Acciones Prioritarias (alternativas de solución)**

Ante la problemática de tipo muy general señalada, a continuación, se mencionan también en forma muy general algunas acciones que se estiman muy necesarias para su solución.

*a) Crédito*

Es necesario poner en práctica una política crediticia para el campo, considerando a la fuente de crédito como impulsora del desarrollo y no propiamente como financiera, de tal manera que preste dinero a los usuarios con bajos intereses. Además, el crédito debe ser suficiente y oportuno.

*b) Rehabilitación*

Las condiciones de deterioro de las obras son de tal magnitud y gravedad, que lo necesario es realmente su rehabilitación.

El financiamiento debe hacerse con la participación del Gobierno Federal, de los Gobiernos de los Estados y de los productores.

*c) Nivelación de tierras*

El enemigo principal para la aplicación eficiente del agua de riego por gravedad, que es la práctica más usual en México, es la irregularidad de la topografía de los suelos, por tanto, es urgente realizar un programa de nivelación de tierras en prácticamente todos los distritos.

*d) Asistencia técnica*

La orientación técnica a los productores del campo, siempre será necesaria, ya que del nivel tecnológico con que se practique la actividad productiva dependerán los rendimientos.

La asesoría técnica, que no extensionismo propiamente dicho, en los aspectos agrícolas netamente, es de capital importancia, pero en este caso que nos ocupa, por tratarse de agricultura de riego, debe ir imprescindiblemente acompañada de un programa intensivo al principio y posteriormente extensivo, que oriente de manera práctica, pero con bases técnicas a los usuarios para que apliquen adecuadamente el agua de riego a sus terrenos.

*e) Promoción de tecnologías avanzadas de riego*

Es necesario que se haga una campaña nacional intensiva de promoción para el uso de técnicas modernas de riego, que no sólo permiten ahorrar agua, sino que aumentan los rendimientos de los cultivos, mejoran la calidad de los productos, permiten disminuir costos de producción, etcétera. Entre estas tecnologías se pueden mencionar la aspersión, microaspersión, el goteo, etcétera y la plasticultura.

*f) Mecanización*

La falta de mecanización del campo mexicano es un mal tradicional que afecta a la producción agrícola, ya que sin maquinaria e implementos adecuados y suficientes no se pueden realizar convenientemente todas las tareas de campo en un buen proceso productivo y por lo tanto no se obtendrán los mejores resultados, de allí la necesidad de considerar prioritariamente este aspecto en un afán de impulsar al campo.

*g) Establecimiento de cultivos de acuerdo con las condiciones agroecológicas de cada región*

En muchos de los distritos de riego gran parte de los cultivos como trigo, caña de azúcar, maíz, frijol, sorgo, arroz, etcétera, se establecen sin tomar en cuenta de manera estricta las condiciones agroclimatológicas que necesita cada uno de ellos para rendir al máximo, incluso en algunos casos variedades de riego se siembran en condiciones de temporal, o variedades de verano se establecen en invierno o a la inversa. Es indudable que este proceder se debe de cambiar para lo cual, se sugiere darle aplicación al estudio elaborado por el INIFAP al respecto.

*h) Establecimiento de cuotas suficientes y de acuerdo con el volumen de agua que se consume*

Sistemáticamente las cuotas por servicio de riego que paga el usuario no son suficientes para cubrir todos los gastos que implica la conducción y entrega del agua al pie de su parcela, la conservación de las obras, las actividades de ingeniería de riego y drenaje y las netamente administrativas de un distrito de riego.

El alcance de estas cuotas va desde un mínimo porcentaje hasta cerca de la autosuficiencia, por tanto, se necesita hacer un estudio técnico que permita fijar cuotas justas aunque no sean autosuficientes pero que tomen en cuenta el potencial de producción, el valor de esta producción y el volumen de agua que utilice el usuario, pues normalmente paga por hectárea regada.

*i) Fomento a la ganadería*

Durante muchos años se ha dicho que los distritos de riego deben de ser preferentemente agrícolas, pero un concepto elemental del uso racional de los recursos naturales, indica que se ha estado en un error, por el contrario se estima que debe fomentarse la ganadería en estas unidades de producción agropecuaria, en beneficio de un mejor aprovechamiento de los recursos, para darle mayor consistencia a la producción de alimentos y mejorar el ingreso de los usuarios de manera más estable.

*j) Investigación tecnológica*

Es necesario reforzar los apoyos a la investigación agropecuaria específica para los distritos de riego, incrementando el recurso financiero y considerando de manera preponderante el riego.

Además en la elaboración de los programas de investigación y su financiamiento se debe involucrar la participación efectiva de los productores.

*k) Transferencia de tecnología*

Como base de apoyo a la asistencia técnica, además de la investigación, es necesario establecer un programa, protagonizado por el gobierno federal intensivo y a la vez extensivo, de transferencia de tecnología productiva que comprenda debidamente vinculadas las etapas de validación, demostración y divulgación de los conocimientos de aplicación que se vayan liberando en los campos experimentales o los que se seleccionen sensatamente de otros países. Este programa podrá estar apoyado, por los productores, en la medida en que se los permitan los rendimientos de los cultivos y los precios de los productos, pero su soporte fundamental debe provenir del gobierno federal y de los gobiernos estatales.

*l) Agroindustrialización*

Hasta ahora en general, los usuarios sólo han sido abastecedores de materia prima para la industria o para autoconsumo, de esta manera aún con los mejores rendimientos, dado el tamaño medio de la parcela ejidal o pequeña propiedad, que no rebasa las 10 ha a nivel nacional, no podrán mejorar considerablemente su nivel de vida por lo cual es necesario fomentar el establecimiento de agroindustrias tanto de acción primaria como de transformación, lo cual les permitirá crear nuevos empleos y dar valor agregado a sus productos, repercutiendo necesariamente en la mejora de su economía.

*m) Capacitación de los productores*

Ante el bajo nivel de conocimientos que en general tienen los usuarios de su actividad productiva, es necesario establecer un real y efectivo siste-

ma de capacitación a los productores para que mejoren sus conocimientos en los diversos aspectos de su quehacer productivo.

*n) Organización de productores*

Se estima de fundamental importancia que los usuarios de los distritos de riego se organicen de tal manera que su estructura organizativa les sirva para diversos propósitos incluyendo la comercialización de insumos y productos.

*o) Comercialización*

La comercialización de los productos agrícolas por parte de los usuarios, actualmente constituye uno de los aspectos que más repercute en su estado de ánimo. Como ya se ha explicado en la parte de problemática, de allí que es necesario diseñar y establecer un sistema de comercialización bien pensado e instrumentado de tal manera que apoye a los productores para que reciban el pago justo de sus productos.

*p) Política decidida de apoyo al campo*

Todo lo señalado hasta aquí y otros aspectos menos connotados, pero también importantes en la medida en que en los altos niveles de administración pública se le de al sector agropecuario el lugar preponderante que debe de tener como apoyo a nuestra economía sobre todo porque se basa en el aprovechamiento de recursos naturales renovables, de tal manera que la producción agropecuaria del país sea eficiente, autosostenida y permanente.

**5. Acciones actuales del gobierno federal por vía de la Comisión Nacional del Agua**

Durante el presente sexenio y especialmente por vía de la Comisión Nacional del Agua en debida coordinación en su caso con la SARH, el gobierno federal a estado realizando diversos programas de apoyo a las áreas de riego como son:

- Transferencia de los distritos de riego a los usuarios;

- Programa de modernización y rehabilitación de los distritos;
- Programa de Reconversión productiva;
- Proyecto de desarrollo Parcelario y de Redes pequeñas de Riego "PRODEP";
- Programa de Uso Eficiente del Agua y Energía; y,
- Programa para el Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola.

Todas estas acciones tienen el propósito primordial de hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles en las áreas de riego, mejorar los rendimientos de los cultivos y la economía de los usuarios. Su ejecución se hace contando con la participación decidida y efectiva de los gobiernos estatales y sobre todo de los usuarios.

Hasta la fecha se tienen avances considerables y se han obtenido excelentes resultados con cada uno de ellos.

# EL AGUA Y LA COMPETENCIA CIUDAD-CAMPO<sup>1</sup>

*Javier Delgadillo Macías\**  
*Fortunato Ibarra Pellegrin\*\**  
Centro de Ciencias de Sinaloa

---

## Panorama de los recursos hidrológicos de México

México cuenta con una extensión de casi dos millones de kilómetros cuadrados, de los que más de sus tres cuartas partes están conformados por sistemas montañosos. La orografía aunada a la posición geográfica, ha propiciado la gran variedad de climas (Figura 1) y ambientes naturales del país, lo que permite una diversidad de recursos naturales entre los que destaca el agua.

No obstante que el país es considerado como una región de características montañosas, cuenta con amplias planicies costeras que en conjunto suman una extensión de 160 000 km<sup>2</sup>; estas regiones geográficas agregadas a los 120 000 km<sup>2</sup> de zonas no montañosas de la Península de Yucatán, dan un total de 280 000 km<sup>2</sup>, el 14 por ciento de la superficie del territorio nacional.

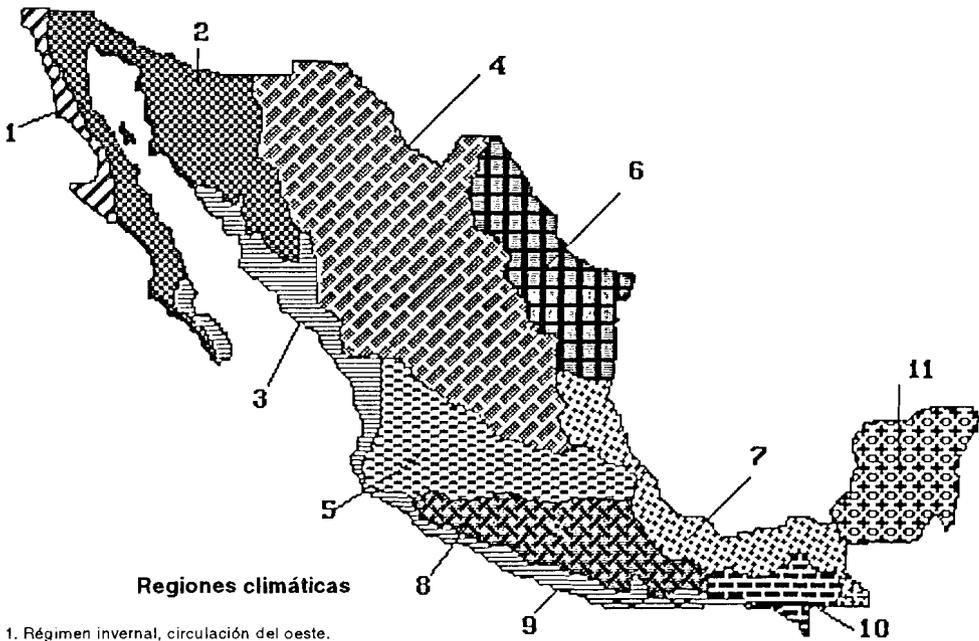
Los principales sistemas montañosos son las Sierras Madres Occidental, Oriental y del Sur, y de Chiapas, seguidas en importancia por la Cordillera de Baja California, la Sierra Madre de Oaxaca, las Serranías al Norte de Chiapas, así como las diferentes sierras transversales que van desde el sur de Zacatecas, a San Luis y Guanajuato. La Cordillera Volcánica transversal o Eje Volcánico, tiene importancia biogeográfica especial ya que constituye una barrera natural longitudinal, que va desde los volcanes de Nayarit, abarcando los de Veracruz, Puebla, Tlaxcala y el Estado de México.

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido elaborado en el marco del proyecto de investigación: ***Agricultura Sustentable en México y sus vínculos con el mercado Internacional***, financiado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.

\* Investigador Titular del Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

\*\* Coordinador del Laboratorio de Ciencias de la tierra y Meteorología del Centro de Ciencias de Sinaloa.

Situadas entre los sistemas montañosos se localizan las extensas altiplanicies Septentrional y Meridional; la primera se ubica en el norte y centro-norte del país y la segunda colindando al sur de la anterior abarcando hasta los límites de la Cordillera Neovolcánica. Asimismo, México cuenta con diversas depresiones naturales entre las que se distingue la gran depresión del río Balsas. Este conjunto de aspectos geográficos hacen de México un país de contrastes con grandes y pequeños valles de altura que albergan a los ríos de caudales variables, parte importante de los recursos hidráulicos de la República Mexicana.



1. Régimen invernal, circulación del oeste.
2. Régimen intermedio, un máximo de temperatura.
3. Régimen de verano con monzón y ciclones tropicales.
4. Régimen variables de verano, zonas áridas.
5. Alisios y lluvias en verano, monzón del pacífico.
6. Régimen intermedio, nortes en invierno.
7. Régimen intermedio, ciclones tropicales en verano y otoño.
8. Lluvia de verano alisios y monzón descendente.
9. Zona intertropical de convergencia, ciclones tropicales.
10. Zona intertropical de convergencia, alisios del SE.
11. Régimen de verano, nortes de invierno, alisios del E y NE.

Fuente: Informe 1989-1993, Comisión Nacional del Agua, 1993.

**Figura 1.** Regiones climáticas de México.

La distribución climática del país indica que un 4.8 por ciento de la superficie del territorio nacional está constituido por climas cálidos húmedos, un 23.0 por ciento por cálidos subhúmedos, el 23.1 por ciento corresponde a climas templados, el 28.3 por ciento a climas secos y el 20.8 por ciento a muy secos. En general se puede decir que estas regiones climáticas se encuentran separadas prácticamente por la zona intertropical, presentándose las del tipo árido y semiárido hacia el norte, mientras que hacia el sur de dicha zona se localizan las del tipo húmedo y subhúmedo, aunque es posible encontrar sobre las zonas serranas del norte algunas regiones subhúmedas.

Al tomar en cuenta las precipitaciones pluviales como factor climático, se aprecia cómo la distribución de las lluvias (Figura 2) presenta variabilidad semejante a la de los distintos tipos de climas que tenemos en nuestro país; de lo anterior se observa que sólo el 13 por ciento del territorio recibe lluvias abundantes en diversas estaciones del año, mientras que el 50 por ciento de la superficie recibe lluvias escasas anualmente.

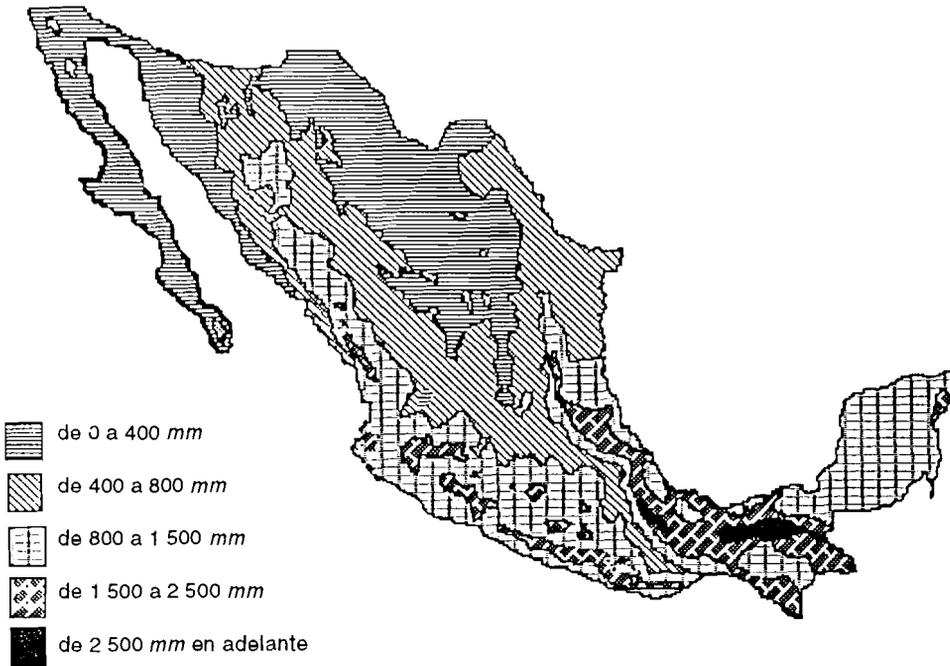
La magnitud y ocurrencia de las lluvias está regida por una serie de fenómenos meteorológicos que se presentan periódicamente, entre los que podemos encontrar los ciclones tropicales, los vientos alisios, las masas de aire de tipo monzónico, el frente ecuatorial y las perturbaciones ciclónicas de latitudes medias. Los huracanes o ciclones tropicales aportan la mayor parte de las lluvias que se reciben a fines del verano y el otoño; aunque de hecho sólo afectan las costas del país, su influencia se siente hasta el interior. Los vientos alisios influyen en la precipitación, principalmente en el verano, en la zona este de la Sierra Madre Oriental y en la región del sureste. Los monzones vienen a incrementar la influencia de los vientos alisios.

El frente ecuatorial actúa durante el verano sobre el sur del país, mientras que las perturbaciones de latitudes medias se presentan durante el invierno, influyendo principalmente sobre las precipitaciones del noroeste e incrementan las lluvias invernales del norte del territorio nacional, de la zona sureste y ocasionalmente de la altiplanicie mexicana.

Las variaciones mensuales de la precipitación en el país son fuertes ya que generalmente se concentran en unos cuantos meses. Un régimen de alrededor del 80 por ciento de las lluvias de verano ocurre en la mayor parte

del país, mientras que durante el invierno ocurre un 30 por ciento o más de la lluvia anual en la región norte y noroeste. Por otro lado, el régimen de lluvia en cualquier época del año ocurre en el norte del país, norte de Chiapas y una parte de Tabasco.

La precipitación media anual del país es de 777 milímetros, que equivale a un volumen de 1 640 kilómetros cúbicos. Aunque su distribución espacial y temporal es muy irregular debido a las características del territorio nacional mencionadas anteriormente. Por un lado se tiene que en el 42 por ciento del país las lluvias medias anuales son inferiores a 500 mm y en algunos casos críticos menores de 50 mm. En contraste, el siete por ciento del territorio, localizado hacia el sureste, presenta precipitaciones superiores a los 2 000 milímetros incluyendo los casos extraordinarios de algunas zonas de Tabasco y Veracruz donde se registran hasta 5 000 mm.

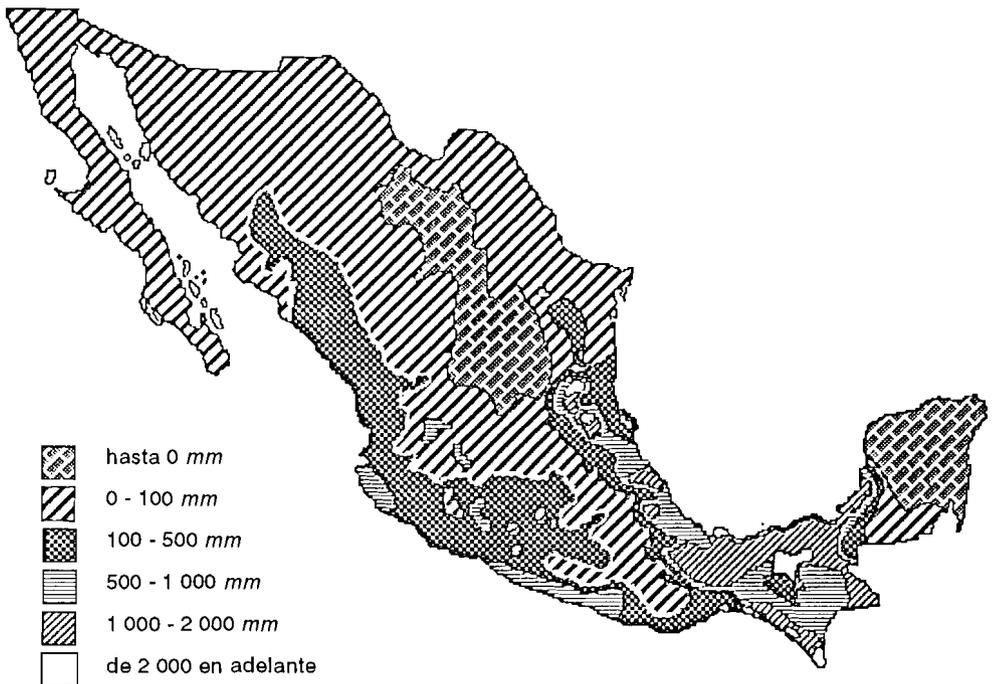


Fuente: Informe 1989-1993, Comisión Nacional del Agua, 1993.

**Figura 2.** Distribución de la precipitación en la República Mexicana.

La precipitación por ser una fuente de entrada de agua hacia los continentes, es una de los principales componentes del ciclo hidrológico, ya que algunos otros procesos de dicho ciclo, como son el escurrimiento y la infiltración principalmente, dependen en gran medida de las características de ella. En promedio para el país el 27 por ciento del agua que se precipita anualmente se convierte en escurrimiento superficial que es captado en las 320 cuencas hidrológicas que conforman el territorio nacional. Este porcentaje representa 410 kilómetros cúbicos que anualmente son transportados por la diversidad de ríos, lo que constituye el volumen medio anual disponible de agua superficial renovable.

La distribución espacial y temporal de los escurrimientos (Figura 3), al igual que las precipitaciones, presentan irregularidades que provocan que en nuestro territorio se tengan algunas regiones con escasez y otras con



Fuente: Informe 1989-1993, Comisión Nacional del Agua, 1993.

**Figura 3.** Distribución del escurrimiento medio anual.

abundancia, o períodos con problemas de sequías y otros de avenidas que llegan a provocar inundaciones. Mientras que en el sureste con un 20 por ciento de la superficie nacional se genera el 50 por ciento del escurrimiento superficial, en la región del norte que abarca 30 por ciento del territorio, se genera sólo el cuatro por ciento. Además de las cuencas del sureste, existen otras en las regiones costeras del centro en el Pacífico y Golfo de México, que presentan los mayores escurrimientos, entre las que destacan las cuencas de los ríos Grijalva, Usumacinta, Balsas, Santiago, Papaloapan y Pánuco.

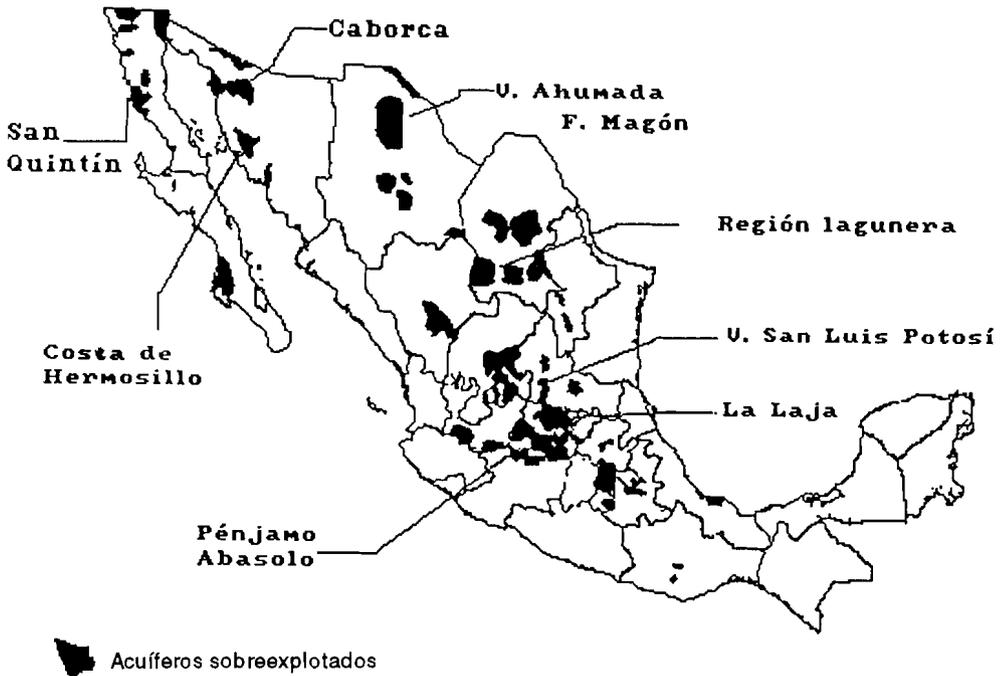
En general se puede observar una variación estacional del escurrimiento durante su ciclo anual, presentándose escurrimientos altos en otoño-invierno a escurrimientos bajos en invierno-primavera, aunque existen regiones como la península de Baja California donde los escurrimientos se concentran en invierno y en el noroeste del país donde se distinguen los períodos de verano e invierno por sus altos escurrimientos.

Se han realizado diversos estudios para estimar el porcentaje de agua precipitada que se infiltra en el subsuelo; cada uno de éstos corresponden a regiones específicas con características particulares, por lo que no es posible generalizar sus resultados debido a la gran variabilidad de los suelos del territorio nacional, que son los que tienen mayor influencia en el proceso de infiltración y retención del agua subterránea. Los porcentajes de agua precipitada que se infiltra al subsuelo, oscilan entre el 10 y 20 por ciento. Este porcentaje de agua que penetra al subsuelo, constituye la fuente de recarga para los acuíferos subterráneos que se localizan distribuidos en el territorio nacional, cuyo volumen de regulación natural se estima alrededor de 48 000 millones de metros cúbicos anuales; aunado a este volumen, los acuíferos que subyacen las zonas de riego se alimentan con una recarga inducida estimada en 15 000 millones de metros cúbicos. Además del volumen que se renueva anualmente, los estudios realizados en más del 50 por ciento del territorio han permitido cuantificar un volumen almacenado de alrededor de 110 000 millones de metros cúbicos, susceptibles de aprovecharse una sola vez.

El agua subterránea constituye el recurso hidráulico de mayor importancia para las regiones áridas y semiáridas de nuestro país, que repre-

sentan aproximadamente dos terceras partes de la superficie del territorio nacional. Para satisfacer las necesidades tanto para riego como para consumo humano e industrial de éstas extensas regiones, su aprovechamiento se ha dado en forma intensiva ocasionando la sobreexplotación de alrededor de 79 acuíferos del país (Figura 4).

Aunado al detrimento en la cantidad y calidad del recurso agua, la sobreexplotación trae consigo una serie de problemas que muchas veces son prácticamente imposibles de revertir, como son la intrusión salina, el hundimiento del terreno y bombeo a profundidades prácticamente incosteables (Tabla 1). Como ejemplo del problema de intrusión salina podemos citar a los valles de Guaymas y Santo Domingo, en los que el mar ha obligado a abandonar decenas de pozos localizados en la zona costera, además de la



Fuente: Informe 1989-1993, Comisión Nacional del Agua, 1993.

**Figura 4.** Acuíferos sobreexplotados.

**Tabla 1**

**República Mexicana: Acuíferos con problemas de sobre explotación**

Zona	Estado	Extracción total <i>millones de metros cúbicos</i>	Extracción permanente	Explotación en exceso	Abatimiento medio anual <i>m</i>
Valle de San Quintín	B.C.N	45	33	12	0.45
Valle El Maneadero	B.C.N	20	19	1	0.27
Valle de Mexicali	B.C.N	1200	300	900	0.5
Mesa arenosa de San Luis Río Colorado	Sonora	200	150	50	0.5
Valle Santo Domingo	B.C.S	336	146	190	0.9
Valle la Paz	B.C.S	46	38	8	0.4
Valle el Vizcaino	B.C.S	10.2	6.7	3.5	0.83
Valle Ojos Negros	B.C.N	13.6	11.5	2.1	0.53
Valle real del Castillo	B.C.N	6.5	6	0.5	0.18
Valle Todos Santos	B.C.S	1	0.5	0.5	0.55
Valle Pescadero	B.C.S	1.6	1.4	0.2	0.16
Valle de las Palmas	B.C.N	8	6	2	1.14
Comarca Lagunera	Coahuila (1960)	1300	550	750	1.7
	Coahuila (1979)	1234	250	984	2
Valle Villa Ahumada	Chihuahua	180	57	123	
Valle Aldama	Chihuahua	54	45	9	
Valle Janos (Casas Gdes.)	Chihuahua	111	110	1	2
Valle Juárez (Cd. Juárez)	Chihuahua	30	16	14	0.86
Valle Jano (Janos)	Chihuahua	73	40	33	1
Valle Jiménez Camargo (Río Florido)	Chihuahua	238	224	14	0.6
Valle de México	Varios	250			
Bajío-Celaya	Guanajuato	250	170	80	1.64
Valle de León	Guanajuato	157	65	92	1.4
Zona Laguna Seca	Guanajuato	66	52	14	0.9
Valle de Toluca	México	510	340	170	1.5
Valle de Querétaro	Querétaro	130 a 228	70 a 100	60 a 120	1.5
Márgen izq. río Sinaloa	Sinaloa	300	250	50	1.5
Costa de Hermosillo	Sonora	850	350	500	2
Valle el Sahural	Sonora	140	70	70	2
Valle de Guaymas	Sonora	180	100	80	1.6
Valle de San José de Guaymas	Sonora	15	7	8	1.1
Río Magdalena (Coyote Costa)	Sonora	214	318	104	1
Río Magdalena (Valle Bisani)	Sonora	90	186	96	0.9
C. Río Magdalena (Pitiquillo-Caborca)	Sonora	77	29	48	0.4
Valle Llorato	Zacatecas	47	30	17	
Valle Calera	Zacatecas	180	100	80	
Monterrey (Campo de pozos en calizas)	Nuevo León	150	--	--	--

Fuente: Tinajero, J., *La explotación del agua subterránea en México: estrategia para su manejo adecuado*, Comisión del Plan Nacional Hidráulico, México, 1980.

pérdida de productividad de los terrenos aledaños resultado del exceso de sales depositadas en los mismos.

### **Distribución de los recursos hidrológicos disponibles**

Para el estudio de los recursos hidrológicos del país la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos ha dividido a éste en 37 regiones. Esta división está basada en la orografía y en la hidrografía entre otros aspectos, esto es, distingue aquellas áreas que por su tipo de relieve y escurrimientos superficiales presentan características similares en su drenaje y que por tales razones constituyen una región hidrológica.

La disponibilidad de agua en nuestro país se compone por los volúmenes de agua que escurren por las corrientes naturales, ya sean ríos o arroyos, la cantidad de agua contenida en los almacenamientos naturales y artificiales, como presas de almacenamiento, lagos y lagunas, y por el volumen almacenado en el subsuelo con posibilidades de explotación.

#### **• *Distribución del escurrimiento***

El Geógrafo Angel Bassols en su libro sobre Recursos Naturales de México expone con claridad los factores y la distribución espacial de estos recursos hidrológicos, resaltando la distribución regional; al respecto señala que esta distribución geográfica del escurrimiento virgen de las corrientes mexicanas, tanto a escala de regiones hidrológicas como de ríos importantes, nos muestra que al igual que el caso de la lluvia y de los tipos de clima, existe una alta diversidad regional, concentrándose los mayores volúmenes de agua en aisladas porciones y en ríos caudalosos, en tanto muchas partes de la nación no poseen corrientes con caudal de significación.

Los contrastes y paradojas en materia hidrológica son por tanto correlativos a las diferencias en materia climática y también muestran claramente la influencia de los factores orográficos en su distribución espacial.

En México, los ríos se presentan agrupados en tres vertientes naturales: la del Pacífico, la del Atlántico (Golfo de México), y la Interna, llamada así porque los ríos desembocan en lagos y lagunas del interior del país.

*a) Vertiente del Atlántico*

Datos contenidos en la referencia anterior de Angel Bassols, señalan que los ríos de la vertiente del Atlántico conducen volúmenes superiores a los 235 mil millones de metros cúbicos y de ellos en la sola región **Golfo Sur** que incluye desde las áreas de drenaje del Papaloapan hasta los límites con Campeche, el escurrimiento virgen en conjunto es de 164 mil millones de  $m^3$ , que representa el 45 por ciento aproximadamente del total nacional. Sólo el sistema Grijalva-Usumacinta lleva caudales de 105 mil millones de  $m^3$ , que representa el 30 por ciento del volumen de agua transportado de todas las regiones hidrológicas.

Esta vertiente esta compuesta por 46 ríos de importancia, de los que destacan por su extensión y caudal el Grijalva, Pánuco y Papaloapan.

*b) Vertiente del Pacífico*

Los ríos que forman esta vertiente son en su conjunto los más importantes de la República por lo que toca a su utilización en materia de riego, y se ha incrementado su interés en lo que respecta a la generación de energía eléctrica. Las corrientes que descienden de la Sierra Madre Occidental, de la Cordillera Neovolcánica y de las Sierras Madres del Sur y Chiapas, suman 125 616 millones de  $m^3$ ; los principales ríos de los grandes distritos de riego del Noroeste, como el Yaqui o el Fuerte, tienen escurrimientos medios anuales que no superan los 2 790 y los 5 933 millones de  $m^3$ , respectivamente, situación que demuestra el uso intensivo de este recurso para la producción agropecuaria.

Existen alrededor de 100 ríos en esta vertiente, entre los cuales figuran los ríos Lerma-Santiago, Balsas-Tepalcatepec y Yaqui como los más importantes.

*c) Vertiente Interior*

En el altiplano existen grandes cuencas cerradas donde los ríos vierten sus aguas en extensas planicies, tales como el Bolsón de Mapimí en Durango, Chihuahua y Coahuila; y Salinas de Hidalgo en San Luis Potosí y

Zacatecas. El sistema Nazas-Aguanaval es el más importante de la Zona, tiene una cuenca de 93 402 km<sup>2</sup>, y sus escurrimientos son de 1 830 millones de m<sup>3</sup> en promedio anual. Existen en él emplazamientos importantes tales como las presas Francisco Zarco y Presidente Lázaro Cárdenas, cuya función principal es el riego y el control de avenidas.

En la tabla 2 se muestran los escurrimientos de los ríos más importantes de cada región, por vertientes, de donde se destacan los ríos de mayor caudal e importancia acuífera; destaca también la desigualdad en cuanto a volúmenes de los escurrimientos de acuerdo a las vertiente y en las distintas regiones del país.

### **Distribución de los almacenamientos**

Los almacenamientos de agua se agrupan en naturales y artificiales; en ellos es posible recolectar el agua que escurre por los ríos o arroyos para su uso posterior en la irrigación de áreas agrícolas o para consumo de la población.

- ***Almacenamientos naturales***

Son depresiones del terreno natural de extensión variada, donde se depositan las aguas en forma permanente o intermitente y que en ocasiones se encuentran comunicados con el mar. A estas depresiones se les conoce como lagos o lagunas. En México los almacenamientos naturales se caracterizan por su escasa capacidad de concentración de agua; el INEGI reportó una extensión de 758 000 hectáreas en total para estos almacenamientos naturales, con un volumen de agua acumulado de 14 000 millones de m<sup>3</sup> aproximadamente, recurso que es aprovechado para actividades agrícolas, piscícolas, turísticas y para generación de energía eléctrica. Entre los más importantes se localizan: Chapala en Jalisco, Cuitzeo y Pátzcuaro en Michoacán y Catemaco y Tamiahua en Veracruz.

- ***Almacenamientos artificiales***

Son las importantes obras hidráulicas realizadas y que tienen como objetivo almacenar pequeños o grandes volúmenes de agua para su aprove-

Tabla 2

## Esgurrimiento de los principales ríos por vertientes

<b>Corrientes principales</b>	<b>Esgurrimiento virgen</b> <i>millones de metros cúbicos</i>	<b>Total</b> <i>por ciento</i>
<b><i>Vertiente del Atlántico</i></b>		
Bravo	5 810	1.6
Pánuco	17 300	4.7
Tecolutla	7 529	2.1
Papaloapan	30 175	8.3
Coatzacoalcos	22 395	6.1
Sistema Grijalva-Usumacinta	105 200	28.7
Tonalá	5 875	1.6
Otras menores	41 417	11.3
Subtotal	235 701	64.4
<b><i>Vertiente del Pacífico</i></b>		
Colorado	1 850	0.5
Yaqui	2 790	0.8
Fuerte	5 933	1.6
Culiacán	3 357	0.9
Lerma-Santiago	11 457	3.1
Ameca	3 599	1
Balsas	138	3.8
Papagayo	5 634	1.5
Ometepec	4 459	1.2
Verde	6 173	1.7
Otras menores	67 450	18.5
Subtotal	126 565	34.6
<b><i>Vertientes Interiores</i></b>		
Nazas	1 302	0.4
Otras menores, incluyendo lagos y lagunas	2 364	0.6
Subtotal	3 666	1
<b><i>Total en el país</i></b>	<b><i>365 932</i></b>	<b><i>100</i></b>

Fuente: Bassols Batalla, A., *Recursos Naturales de México, Teoría, Conocimiento y uso*, Nuestro Tiempo, 22ª edición, México, 1993.

chamiento posterior. Sus finalidades son diversas como la generación de energía eléctrica, riego, suministro de agua potable e industrial, control de avenidas, azolves y navegación.

En este grupo se ubican las presas distribuidas a lo largo del territorio nacional. Se cuenta actualmente con más de 2 000 presas de almacenamiento y 990 derivadoras aproximadamente, que se hayan en operación y cuya capacidad de almacenamiento de agua es de alrededor de 107 000 millones de m<sup>3</sup>. En la Tabla 3 se muestra la disponibilidad de agua en los almacenamientos por distritos y regiones para el período de 1980 a 1991.

### ***Distribución del agua subterránea.***

El agua subterránea juega un papel importante en el desarrollo de nuestro país por ser la fuente principal para el sector agrícola y el consumo humano de las regiones áridas y semiáridas que ocupan más de la mitad del territorio.

Las áreas de explotación de los mantos subterráneos se distribuyen ampliamente por todo el territorio nacional. En las zonas costeras, los acuíferos se ubican principalmente en los aluviones recientes compuestos por gravas, arenas y arcillas; en el noreste, en la península de Yucatán y en los altos de Chiapas los acuíferos se localizan entre rocas calizas, mientras que en la parte central del país los acuíferos predominan en áreas compuestas por sedimentos lacustres y conglomerados.

Las investigaciones realizadas a la fecha con el propósito de evaluar la disponibilidad del agua subterránea, que incluyen aspectos cuantitativos y cualitativos, cubren una superficie estudiada de alrededor de 500 000 kilómetros cuadrados del territorio nacional. Entre los resultados, se ha señalado la existencia de un volumen renovable total de 48 000 millones de m<sup>3</sup> anuales. Asimismo, los estudios sobre el volumen no renovable de aguas subterráneas abarcan en sus diagnósticos una extensión de un poco más del 50 por ciento de territorio nacional, estimándose este volumen en el orden de 110 000 millones de m<sup>3</sup>.

Estimaciones de la SARH sobre la disponibilidad de agua de los acuíferos subterráneos, señalan que el volumen global es del orden de 254 980 millones de metros cúbicos, de los cuales 170 000 millones de metros cúbicos se localizan en casi un 50 por ciento de las zonas secas, 30 000 en las muy secas y el resto en las de características tropicales. Aceptando las ci-

**Tabla 3**

**Disponibilidad de agua en almacenamientos por distritos y regiones en el periodo 1980-1991**

Regiones y distritos de riego	Capacidad útil total	Disponibilidad (millones de metros cúbicos)											
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
<b>Total</b>	<b>46 048</b>	<b>26 717</b>	<b>36 571</b>	<b>22 021</b>	<b>28 186</b>	<b>33 360</b>	<b>27 637</b>	<b>31 900</b>	<b>22 477</b>	<b>29 162</b>	<b>22 156</b>	<b>32 304</b>	<b>36 544</b>
<b>Noroeste</b>	<b>21 332</b>	<b>8 550</b>	<b>14 089</b>	<b>8 485</b>	<b>14 089</b>	<b>17 792</b>	<b>14 125</b>	<b>15 631</b>	<b>9 740</b>	<b>11 501</b>	<b>9 740</b>	<b>16 932</b>	<b>18 421</b>
Tijuana, Baja California	136	119	69	81	96	75	53	34	11	3	2	1	20
Estado de Colima	146	138	139	67	129	145	125	141	131	135	60	119	139
Culiacán, Sinaloa	7 458	2 254	5 275	2 473	2 953	5 003	4 955	4 983	2 240	3 512	2 998	5 145	6 422
Guasave, Sinaloa	2 710	1 202	1 272	1 968	1 952	1 372	1 173	454	1 143	1 108	1 775	1 779	1 779
Río Fuerte, Sinaloa	3 500	2 647	3 480	2 085	3 034	3 235	1 986	2 936	798	2 534	2 767	3 493	3 138
Río Altar, Sonora	43	18	20	32	43	43	3 531	15	16	21	31	22	
Río Mayo, Sonora	1 069	648	1 002	561	972	1 069	540	693	220	569	404	1 069	1 069
Río Sonora, Sonora	236	113	111	96	219	236	171	175	84	133	108	178	91
Río Yaqui, Sonora	5 580	2 613	3 556	1 818	4 674	6 035	4 819	5 266	2 852	3 459	2 273	5 121	5 742
<b>Central Norte</b>	<b>9 256</b>	<b>5 636</b>	<b>8 321</b>	<b>4 792</b>	<b>3 928</b>	<b>5 693</b>	<b>4 201</b>	<b>7 027</b>	<b>7 066</b>	<b>7 153</b>	<b>5 045</b>	<b>6 994</b>	<b>8 374</b>
Bajo Río conchos, Chih.	760	260	260	260	260	260	260	260	340	257	305	383	744
Ciudad Delicias, Chih.	3 302	2 553	398	1 769	1 333	2 297	1 647	2 614	2 066	2 120	1 560	2 280	3 096
El Carmen, Chihuahua	84	84	84	6	4	39	5	61	12	75	47	83	84
Río Florido, Chihuahua	230	95	230	138	77	160	75	160	75	230	230	230	230
Río Papigochic, Chih.	63	63	63	47	63	63	28	56	41	53	53	63	63
San Buenaventura, Chih.	122	72	122	49	34	61	14	46	122	96	122	122	
Palestina, Coahuila	25	23	23	16	18	19	15	25	25	25	23	25	25
Región Lagunera, Coah. y Dgo.	3 101	2 279	2 724	1 517	1 473	2 474	1 874	2 699	2 849	2 777	1 972	2 956	3 043
Don Martín, Coahuila y N.L.	1 384	111	1 384	933	517	173	158	848	1 320	1 375	796	689	792
Estado de Durango	185	96	134	58	150	147	125	139	138	123	59	164	174
<b>Noreste</b>	<b>8 957</b>	<b>8 253</b>	<b>8 750</b>	<b>6 253</b>	<b>6 222</b>	<b>5 230</b>	<b>5 101</b>	<b>5 395</b>	<b>6 005</b>	<b>6 492</b>	<b>4 013</b>	<b>4 258</b>	<b>4 946</b>
Bajo Río Bravo, Tam.	3 218	3 097	3 097	2 195	1 589	1 272	1 437	1 942	2 826	2 826	1 730	2 353	2 844
Bajo Río San Juan, Tam	1 088	838	1 080	485	1 048	817	573	937	1 951	1 051	455	332	436
Río Pánuco, Las Animas, Tam	851	642	773	436	569	653	614	516	498	540	659	647	889
Río Soto La Marina, Tam	3 800	3 676	3 800	3 137	3 016	2 488	2 478	2 001	1 668	2 074	1 169	926	977

Fuente: *Agenda Estadística de los Estados Unidos Mexicanos*, INEGI, 1992.

(Continuación Tabla 3)

Regiones y distritos de riego	Capacidad útil total	Disponibilidad (millones de metros cúbicos)											
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
<b>Centro</b>	<b>5 290</b>	<b>3 073</b>	<b>3 438</b>	<b>1 785</b>	<b>3 382</b>	<b>3 477</b>	<b>3 360</b>	<b>3 311</b>	<b>2 224</b>	<b>2 873</b>	<b>2 255</b>	<b>3 500</b>	<b>4 024</b>
Pabellón, Aguascalientes	339	50	16	16	53	57	76	96	79	75	35	101	254
Alto Río Lerma, Gto.	1 344	649	916	361	1 012	1 020	974	881	422	600	391	1 002	1 178
La Begoña, Guanajuato	225	47	47	4	104	98	93	110	51	100	69	133	143
Pañuelitas, Guanajuato	23	7	12	2	21	20	16	20	14	18	11	22	22
Alfajayucan, Hidalgo	67	67	67	14	41	47	32	37	19	26	29	51	66
Tula, Hidalgo	234	234	234	135	216	234	203	207	135	148	179	222	233
Tulancingo, Hidalgo	2	2	2	0	2	2	2	1	2	2	2	2	2
Tomatlán, Jalisco	652	490	414	471	420	418	418	454	436	422	486	425	419
Estado de Jalisco Norte	197	148	212	96	104	124	120	151	125	152	212	153	158
Estado de Jalisco Sur	166	163	161	85	103	106	280	139	126	124	72	126	143
Estado de México	222	121	123	67	149	127	127	100	180	77	67	130	160
Jilotepec, Edo. de Méx.	31	28	30	9	29	29	28	15	14	12	11	30	31
La Concepción, Edo de Méx.	12	11	12	5	9	11	8	6	7	7	9	12	11
Ciénega de Chapala, Mich.	70	63	63	28	61	53	47	52	18	26	12	34	40
Gral. Lázaro Cárdenas, Mich.	440	147	147	98	143	127	139	225	156	228	191	202	201
Morelia y Querétaro, Mich.	136	130	136	80	114	112	106	107	82	117	89	122	124
Quitupan-La Magdalena, Mich.	54	34	29	13	40	44	38	37	26	35	17	32	27
Rosario-Mezquite, Mich.	194	146	196	106	294	189	193	194	135	193	138	165	189
Tuxpan, Michoacán	32	32	32	32	32	32	32	32	23	31	27	32	32
Zacapu, Michoacán	4	4	4	0	2	3	1	3	1	2	1	4	4
Zamora, Michoacán	11	11	11	3	11	10	11	10	7	10	10	11	11
Edo. de Morelos	28	18	25	5	9	11	12	5	9	10	9	12	10
Valsequillo, Puebla	375	183	296	141	149	268	247	116	83	156	145	136	218
San Juan del Río, Qro.	121	85	67	9	99	90	59	72	20	60	19	95	73
Atoyac-Zahuapan, Tlax.	48	38	38	27	35	39	38	34	29	25	23	29	39
Edo. de Zacatecas	266	176	156	36	162	208	200	213	230	219	107	225	240
<b>Sur</b>	<b>1 214</b>	<b>1 205</b>	<b>1 205</b>	<b>706</b>	<b>565</b>	<b>1 169</b>	<b>850</b>	<b>537</b>	<b>378</b>	<b>1 143</b>	<b>1 103</b>	<b>621</b>	<b>780</b>
Laguna de Tuxpan, Gro.	21	13	15	4	0	10	14	2	5	2	10	8	10
Río Amuco y Cutzamala, Gro.	231	231	229	198	231	205	197	199	197	215	219	219	209
Tepecacuilco, Gro.	35	35	35	8	21	28	31	13	28	22	33	32	29
Tehuantepec, Oaxaca	927	927	927	494	330	927	609	322	150	905	841	363	532
Datos complementarios													
Amistad Internacional	4 132	---	---	---	---	---	---	2 891	3 655	3 746	4 132	3 415	3 790
Falcón Internacional	3 120	---	---	---	---	---	---	1 838	3 120	3 120	3 120	2 308	3 120
Laguna de Chapala	6 348	---	---	---	---	---	---	2 329	1 567	1 359	6 348	93	1 642
Pdte. Alemán (Papaloapan)	8 062	---	---	---	---	---	---	5 552	4 272	6 018	80 62	5 151	4 945

Fuente: *Agenda Estadística de los Estados Unidos Mexicanos*, INEGI, 1992.

fras anteriores, es pertinente señalar que buena parte de las aguas subterráneas no se pueden utilizar por localizarse a profundidades excesivas o, como sucede en diversas regiones, la presencia de estos recursos coinciden con corrientes superficiales cuyo aprovechamiento es menos costoso; de lo anterior resulta que entre 60 y 80 mil millones de metros cúbicos pueden ser realmente aprovechables.

En los últimos 20 años se ha desarrollado a gran escala la explotación del agua subterránea, aunque en la actualidad hay incertidumbre sobre nuestras reservas y disponibilidad. Información oficial señala que la reserva probada del país es equivalente a la recarga de los acuíferos estudiados y que la disponibilidad es la capacidad de producir la reserva a un determinado ritmo. Sin embargo, los 55 000 millones de m<sup>3</sup> de recarga anual estimada y los 28 000 millones de m<sup>3</sup> de extracción son valores globales que no reflejan la realidad, ya que la concentración de la explotación ha propiciado cerca de 80 acuíferos sobreexplotados que minan las reservas en 10 000 millones de metros cúbicos por año; además, la reserva en los primeros 200 m de profundidad, se establece a partir de suposiciones inconsistentes, entre uno y hasta cinco billones de m<sup>3</sup>.

A la fecha se ha cubierto una superficie del orden de los 900 000 kilómetros cuadrados con estudios geohidrológicos; sin embargo la calidad de los estudios es muy variada y sólo unos cuantos pueden considerarse como investigaciones exhaustivas; algunos contienen sólo aproximaciones y otros apenas expresan datos cualitativos, pero en la mayoría de ellos el modelo geohidrológico básico adolece de errores conceptuales<sup>1</sup>.

## **Competencia en el uso del agua entre ciudad y campo**

- ***Uso del agua para riego***

México ocupa el décimo segundo lugar en el mundo por el tamaño de su población y su crecimiento poblacional continua siendo elevado, por lo que la demanda de alimentos crece también en forma acelerada lo que requiere intensificar la actividad agrícola, implicando así, un incremento en el uso del recurso agua. La necesidad de utilizar el agua para la producción de alimento en nuestro país, ha estado siempre presente. En la antigua Teno-

chtitlan, que se encontraba rodeada por agua, se realizaron trabajos importantes para su aprovechamiento en la agricultura, así como para la protección contra inundaciones.

Antes de la llegada de los españoles existían 380 obras de riego distribuidas en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla y Tlaxcala. Entre las más sobresalientes se mencionan las chinampas de México y los Jardines de Texcoco, Ixtapalapa y Oaxtepec (según datos aportados por Orive de Alba<sup>2,3</sup>).

El número de obras de riego y su importancia se incrementó durante la época colonial, algunas realizadas por los religiosos, entre las que destacan las de Uruapan, Michoacán; Arroyo-Zarco en México; Pabellón y los Arquitos en Aguascalientes; y Laguna de Yuridia, que quedó incorporada al actual distrito del Alto Lerma.

Años después de la Revolución Mexicana y debido al descenso en la producción de alimentos generado por dicho movimiento social, se aplicó una política de irrigación que dió lugar a la creación de los distritos de riego y las unidades de riego para el desarrollo rural que vinieron a incrementar la producción agroalimentaria y su diversificación regional.

Las características orográficas del país combinadas con su diversidad climática ha sido limitante para la agricultura extensiva; en la parte norte del país con grandes extensiones de planicies costeras se tienen escasas precipitaciones y sus ríos son de tipo torrencial, ya que bajan por los sistemas montañosos de grandes pendientes; en los altiplanos existen valles pequeños que presentan terrenos ondulados, situación geomorfológica que los hace inadecuados, además que sus ríos son insuficientes durante el estiaje y peligrosos en tiempo de lluvias; hacia el sureste, a pesar de ser una zona con alta proporción de humedad, las condiciones pantanosas de sus terrenos y las precipitaciones en exceso dificultan su aprovechamiento.

Por lo anterior, en el país se han hecho estimaciones para detectar las necesidades de riego y se ha encontrado que sólo un 1.5 por ciento del territorio no requiere riego, en 4.5 por ciento es conveniente, 31.2 por ciento lo requiere por necesidad y en 62.8 por ciento es indispensable. Por lo que ha

sido necesario controlar los ríos torrenciales de las regiones con topografía adecuada para la agricultura, con la finalidad de almacenar sus escurrimientos para su aprovechamiento en los períodos de estiaje<sup>4</sup>.

En 1960 existían más de 2 260 000 hectáreas bajo riego en el país manejadas por la Secretaría de Recursos Hidráulicos y dos millones más por otras organizaciones. El Censo agropecuario de 1991 señala que la superficie bajo riego era de 5 697 228 hectáreas.

Según informes de la SARH, en el año de 1969 existían 156 distritos de riego, de los que 10 tenían una extensión mayor a las 100 000 hectáreas; dos más grandes de las 50 000; 24 mayores de 10 000; y 120 menores de las 10 000. En ese mismo año se utilizaron alrededor de 28 568 millones de m<sup>3</sup> para riego agrícola (Tabla 4).

La Tabla 5 muestra por distritos de riego y entidad federativa, la superficie total regada con aguas superficiales y subterráneas; la Figura 5 indica la superficie bajo riego por regiones, en 1993.

La Tabla 6 muestra los resultados del Censo Agropecuario 1991, donde se observan las entidades del país que cuentan con la mayor superficie de riego.

### **Uso del agua en las ciudades**

México cuenta con una población que supera en 1994 los 87 millones de habitantes. Esta población demanda un uso creciente del recurso hidrológico para su consumo. Los recursos hidráulicos disponibles representan un volumen superior a los 5 200 metros cúbicos anuales por cada mexicano. Este valor promedio es alto si se compara con la disponibilidad de otros países y representa casi la mitad que en los Estados Unidos. Sin embargo, el crecimiento acelerado de la población en los últimos 40 años, ha provocado un decremento tanto en cantidad como calidad del agua.

En la Tabla 7 se puede observar la población total del país y el porcentaje de servicios para el período de 1950 a 1990. Se observa un incremento de la población total entre 1950 y 1970 de alrededor del 46 por ciento, y en-

Tabla 4

## Características de los principales distritos de riego

Distrito	Superficie dominada <i>ha</i>	Superficie física regada <i>ha</i>	Volumen de agua distribuido <i>miles de m<sup>3</sup></i>
Río Yaqui	217 725	203 391	3 053 165
Santo Domingo	40 000	35 579	340 523
Culiacán	96 094	998 873	2 116 758
Costa de Hermosillo	149 420	114 958	884 837
Río Mayo	95 024	81 249	965 700
Zamora	17 925	15 078	170 340
Valle del Fuerte	261 389	164 072	3 398 905
Bajío Río Bravo	259 362	199 367	1 088 644
Alto Río Lerma	108 990	131 496	1 094 080
Ciénega de Chapala	48 080	19 084	75 465
Río Colorado	229 927	173 902	2 736 633
Bajo Río San Juan	81 730	74 248	549 244
Delicias	58 276	80 039	1 226 829
Región Lagunera	221 140	131 541	2 100 786
Distrito de Tepalcatepec	86 644	71 435	1 311 543
Estado de Morelos	32 790	36 832	697 472
Tula	43 047	47 219	597 204
Morelia y Cuernávarco	19 324	10 545	104 479
Tehuantepec	51 804	18 167	377 090
Río Blanco, Ver.	13 140	6 325	196 957
Total de los 20 distritos	2 131 831	1 714 400	23 086 654
Otros distritos	721 570	468 112	5 481 735
<b>Total</b>	<b>2 853 401</b>	<b>2 182 512</b>	<b>28 568 389</b>

Fuente: *Uso del Agua en Irrigación*, CPNH, SARH, México, 1977.

tre 1970 y 1990 el incremento fue del 40 por ciento. Por su parte, el nivel de servicio de agua potable disminuyó del 70 al 66 por ciento durante el período 1970-75. Se distinguen también porcentajes muy bajos de servicio de alcantarillado, lo que puede traducirse en problemas de sanidad en la población.

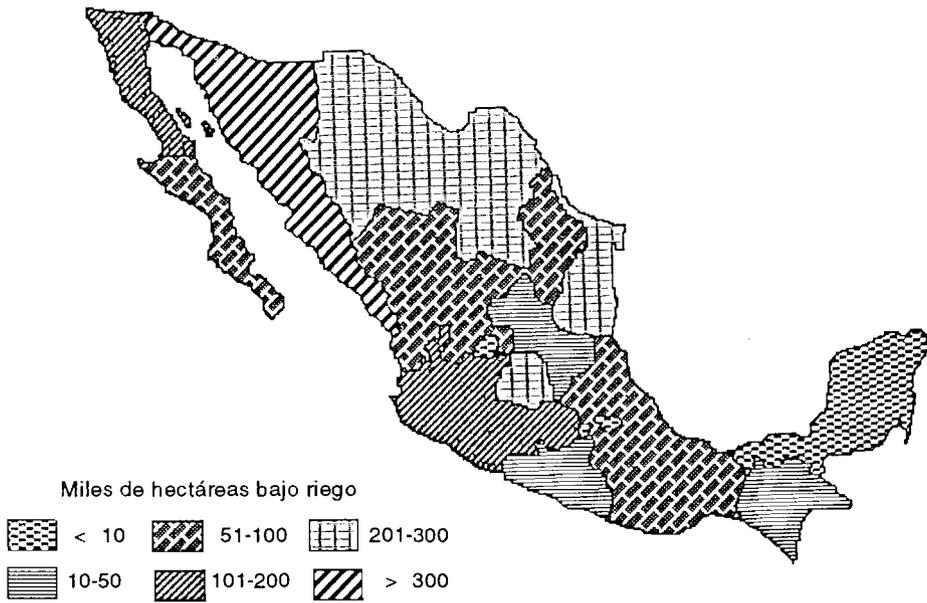
Este rápido crecimiento de la población implica un incremento en la demanda de agua potable y servicios, que en muchas ocasiones por cuestiones técnicas y/o económicas no es posible atender.

En la Tabla 8 con datos a nivel nacional, se muestra el incremento en los volúmenes de agua extraídos y consumidos en diferentes períodos. Du-

Tabla 5

## Superficies regadas por estados y comisiones

Entidad	Distritos de riego ha	Unidades de riego ha	Otras dependencias ha	Total del estado ha
Aguascalientes	12 000	14 400	19 600	46 000
Baja California N.	171 561	1 280	40 269	213 110
Baja California Sur	30 072	7 014	3 786	74 172
Campeche	1 292	0	3 125	4 417
Coahuila	1 296 697	26 000	76 983	229 680
Colima	20 354	3 622	28 485	52 461
Chiapas	7 800	953	7 714	16 467
Chihuahua	99 779	17 915	80 594	198 288
Distrito Federal	6 786	30 330	44 519	81 635
Durango	12 445	3 134	39 691	55 270
Guanajuato	115 314	25 782	275 630	416 726
Guerrero	22 453	0	10 411	32 864
Hidalgo	55 211	13 049	20 402	88 680
Jalisco	66 635	31 523	55 290	153 448
México	36 607	15 700	97 728	150 035
Michoacán	129 199	14 072	18 067	161 338
Morelos	30 246	6 314	70 687	107 247
Nayarit	14 765	3 006	44 135	61 906
Nuevo León	15 005	4 640	135 974	155 619
Oaxaca	50 800	3 336	14 369	68 525
Puebla	36 406	24 384	59 343	120 130
Querétaro	13 420	10 731	44 192	68 343
Quintana Roo	0	2 182	0	2 182
San Luis Potosí	0	3 000	81 435	84 435
Sinaloa	220 345	6 119	15 000	241 464
Sonora	516 946	10 850	216 034	743 830
Tamaulipas	326 661	47 157	58 836	432 654
Tlaxcala	5 273	1 846	16 941	24 060
Veracruz	13 540	808	25 534	37 882
Yucatán	3 375	500	250	4 125
Zacatecas	12 621	6 060	49 111	67 792
<b>Subtotales</b>	<b>2 173 605</b>	<b>335 707</b>	<b>1 685 473</b>	<b>4 194 785</b>
<b>Comisiones</b>				
Río Balsas	104 426	0	65 094	169 520
Río Fuerte	250 337	2 395	21 173	273 905
Río Grijalva	0	4 403	165	4 568
Río Pánuco	15 437	17 100	55 828	88 365
Río Papaloapan	0	258	22 473	22 731
<b>Subtotales</b>	<b>370 200</b>	<b>24 156</b>	<b>164 733</b>	<b>559 089</b>
<b>Totales</b>	<b>2 543 805</b>	<b>359 863</b>	<b>1 850 206</b>	<b>4 753 874</b>



Fuente: Informe 1989-1993, Comisión Nacional del Agua, 1993.

Figura 5. Distribución actual de la superficie bajo riego.

Tabla 6

Estados con mayor superficie de riego y total del país

Entidad federativa	Superficie de riego ha	%	Superficie de temporal ha	%	Area agrícola total ha
Baja California	201 439	66.6	100 905	33.4	302 344
Baja California Sur	91 607	97.6	2 256	2.4	93 863
Sonora	937 965	65.5	494 843	34.5	1 432 808
Sinaloa	644 036	48.3	689 922	51.7	1 333 959
Coahuila	260 449	40.7	397 212	59.3	639 660
República Mexicana	5 697 228	18	25 994 640	82	31 691 868

Fuente: Agenda Estadística de los Estados Unidos Mexicanos, México, 1992.

Tabla 7

## Población total de país y porcentajes de servicios de agua y drenaje

Año	Población*	Agua potable <i>por ciento de servicio</i>			Alcantarillado <i>por ciento de servicio</i>		
		Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
1950	25.8	19	38	12	10	30	2
1960	34.9	46	46	22	17	27	3
1970	48.2	50	70	22	24	41	3
1975	56.9	56	66	41	25	37	6
1980	67.4	69	79	50	30	43	8
1990	81.2	79	-	-	64	-	-

Fuente: *Agenda Estadística de los Estados Unidos Mexicanos*, INEGI, 1992.

rante el período 1950-80 la extracción para agua potable y la industria se incrementó en un 89 por ciento, contra un 92.5 por ciento del consumo; de 1980 a 1993 el incremento de la extracción fue del 40 por ciento, por un 37 por ciento del consumo.

Tabla 8

## Volúmenes de extracción y consumo, 1950-1993

Usos	Extracción			Consumo		
	1950	1980	1993	1950	1980	1993
Riego	29 500	45 953	55 500	23 600	37 968	46 640
Por ciento	78	29	30	99	91	88
Generación de electricidad	7 700	99 875	112 850	---	---	---
Por ciento	20	64	61	---	---	---
Agua potable	500	4 184	7 400	200	1 350	2 650
Por ciento	1	3	4	1	3	5
Industria	600	5 802	9 250	70	2 279	3 180
Por ciento	1	4	5	0	5	6

*millones de metros cúbicos*

Fuente: *México: Información sobre Aspectos Geográficos, Sociales y Económicos*, SPP, México, 1981  
*Informe 1989-1993*, Comisión Nacional del Agua, 1993.

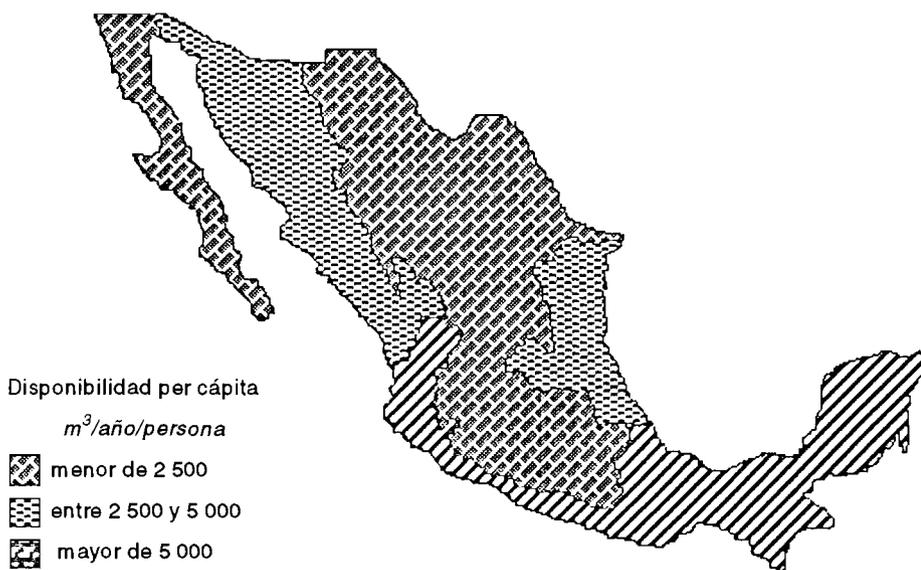
Durante 1993 la extracción de agua fue de alrededor de los 185 000 millones de metros cúbicos, de los cuales 16 650 millones, que representan un nueve por ciento, se utilizan para consumo humano y en la industria. El consumo fue de 53 000 millones de metros cúbicos, con un 88 por ciento que corresponde al sector agrícola, el seis por ciento al sector industrial y el cinco por ciento a la población. La generación de hidroelectricidad prácticamente no consume agua.

Este análisis global representa parcialmente la realidad, ya que la verdadera disponibilidad tiene que ver con la distribución irregular de los recursos hidrológicos anteriormente mencionada, de la que se sabe que tres cuartas partes de la población se concentra en la zona norte y altiplano, áreas geográficas que posee únicamente el 20 por ciento del agua superficial del país y en las que se ubican 45 acuíferos subterráneos sobreexplotados.

Por lo tanto, la disponibilidad *per cápita* varía regionalmente conforme la ocurrencia natural del recurso y los patrones de distribución poblacional (Figura 6). En las regiones de menor disponibilidad y mayor población el consumo *per cápita* fluctúa entre 211 y 1 478 metros cúbicos anuales por persona: en las regiones de mayor disponibilidad y menor población, las disponibilidades *per cápita* fluctúan entre 14 445 y 33 285 metros cúbicos anuales por persona<sup>5</sup>.

En la Figura 7 se presenta un análisis por estado de los porcentajes de suministro de agua a cada una de las entidades, de donde podemos observar que la población rural es la menos favorecida; un poco más de la mitad de las entidades tienen menos del 50 por ciento de su población con servicio de agua potable y un 80 por ciento tiene dos terceras partes o menos de su población con este servicio; sólo el estado de Baja California se distingue por contar con un poco más del 80 por ciento de su población rural con servicio de agua potable.

Por el lado de la población urbana (Figura 8), la situación es muy diferente, ya que todos los estados tienen más del 50 por ciento de esta población abastecida con agua potable y un poco más de la mitad de los estados tienen entre un 80 y 50 por ciento de su población abastecida.

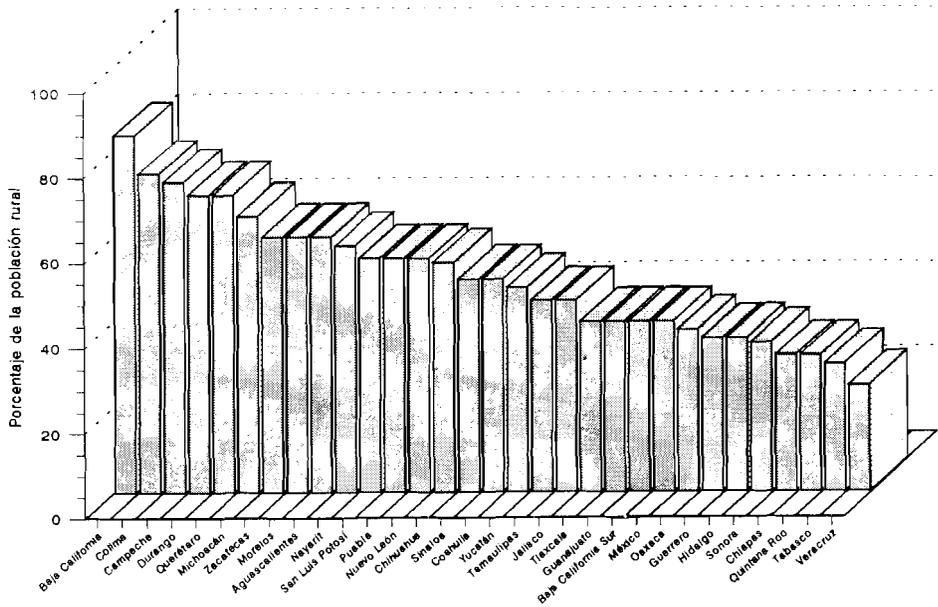


Fuente: Informe 1989-1993, Comisión Nacional del Agua, 1993.

**Figure 6.** Disponibilidad per cápita de agua por regiones.

Considerando la dotación diaria de agua potable, el Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara presentan un consumo entre los 750 y 3 500 millones de litros diarios; Mexicali, Chihuahua y Puebla son las tres capitales que tienen una dotación entre los 180 y los 450 millones de litros; trece capitales más tienen una dotación diaria entre 60 y 175 millones de litros; mientras que La Paz, Campeche, Colima, Tuxtla Gutiérrez, Guanajuato, Pachuca, Toluca, Tepic, Chetumal, San Luis Potosí, Ciudad Victoria y Zacatecas, son ciudades con una dotación entre 10 y 59 millones de litros diarios; sólo Tlaxcala es la ciudad capital con dotación de dos a nueve millones de litros diarios.

En el interior de la Cuenca del Valle de México se asientan otras importantes áreas urbanas como Ecatepec, Tlalnepantla, Naucalpan y Netzahualcóyotl cuya dotación oscila entre los 180 y 450 millones de litros diarios; con esta misma dotación se localizan en la zona fronteriza, ciudades importantes como Tijuana y Ciudad Juárez, así como el puerto de Tampico Madero en el noreste que reciben también la cantidad de agua mencionada.

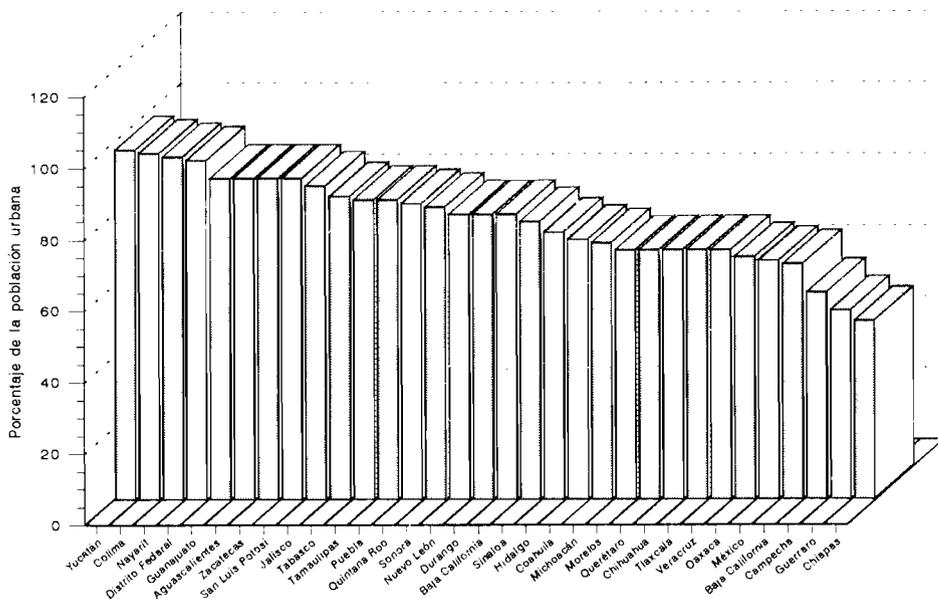


Fuente: Atlas Nacional de México, UNAM, 1992.

**Figura 7.** Suministro de agua a la población rural.

Analizando la dotación de agua por ciudades indicada anteriormente, en la Figura 9 se puede observar que las tres ciudades con mayor número de habitantes y que son las ciudades que mayor volumen diario consumen, se localizan en las zonas con menor disponibilidad, correspondiéndole 39 metros cúbicos por habitante por año para el Distrito Federal y entre los 500 y 1 000 metros cúbicos para Guadalajara y Monterrey. En contraste podemos observar que en los estados del sureste donde la disponibilidad es de 24 000 a 55 100 metros cúbicos por habitante por año, se localizan sólo Oaxaca y Villahermosa con dotaciones entre 60 y 175 millones de litros diarios y el resto de las poblaciones tienen dotaciones menores.

El análisis de la información por regiones muestra cómo el recurso agua puede ser suficiente para abastecer a la población, sin embargo, se tienen problemas de abastecimiento debido a que, aunque exista disponibilidad del recurso, el factor económico y los altos costos para dotar de infraestructura limitan su aprovechamiento. En contraste, en los niveles locales se tie-



Fuente: Atlas Nacional de México, UNAM, 1992.

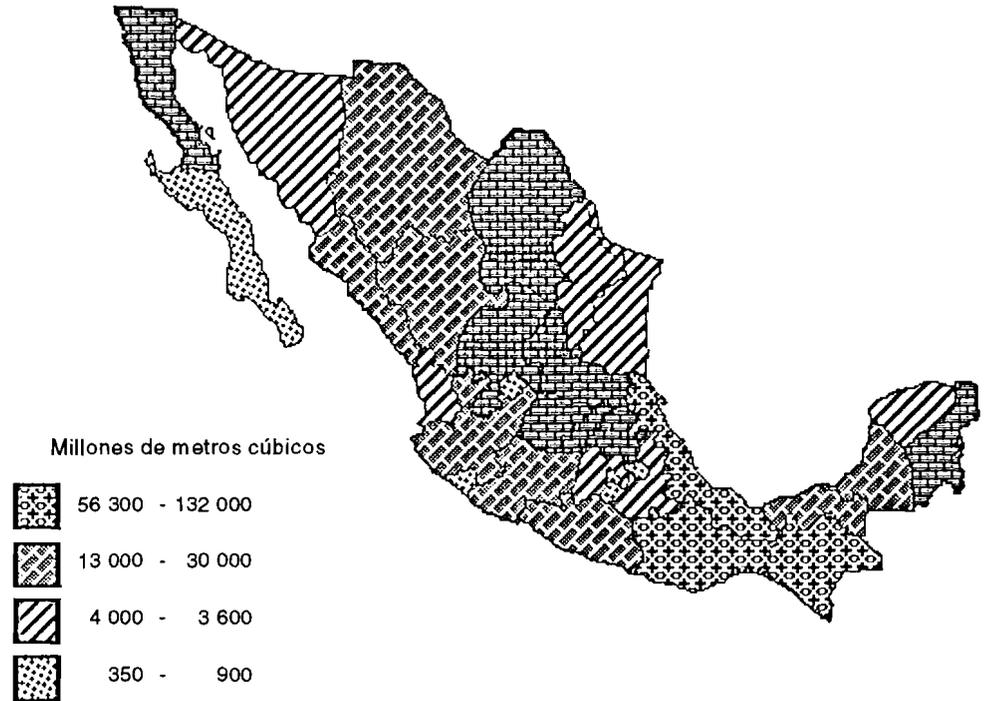
**Figura 8.** Suministro de agua a la población urbana.

nen fuertes problemas de distribución e incluso escasez, principalmente en las tres zonas metropolitanas más pobladas del país, Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey, donde se consume alrededor de la mitad de agua para uso urbano, industrial y de servicios.

### La problemática regional

No obstante que en nuestro país existen regiones con abundancia de agua y otras con problemas de escasez, la disponibilidad actual del recurso hidrológico puede ser suficiente para soportar el desarrollo de la nación, siempre y cuando su manejo sea adecuado y se procure abatir los procesos de contaminación de las fuentes de abastecimiento.

En las ciudades que han tenido un acelerado desarrollo económico, principalmente en el ramo industrial, comercial y de servicios se presentan problemas de abastecimiento. Su crecimiento poblacional producto de la in-



Fuente: *Atlas Nacional de México*, UNAM, 1992.

**Figura 9.** Disponibilidad del volumen total de agua superficial y subterránea.

migración de otras regiones, ha provocado un incremento considerable en la demanda del recurso agua. Entre las entidades con problemas de escasez se encuentran Baja California y Sonora en la región noroeste; su posición geográfica al ubicarse sobre la franja donde se sitúan las zonas desérticas del mundo, les determina características de aridez con muy bajos niveles de precipitaciones y elevada evaporación, situación que motiva que el recurso hidrológico superficial sea escaso y la recarga a los acuíferos muy baja.

Lo anterior, agregado al crecimiento acelerado producto de la inmigración hacia las ciudades fronterizas como Tijuana, Mexicali y Nogales ha motivado la necesidad de importar el recurso desde fuentes alejadas, así como la sobreexplotación de algunos acuíferos subterráneos.

Los estados de Coahuila, Chihuahua y Nuevo León, que también presentan problemas de escasez, se localizan en el altiplano del norte que está constituido por terrenos planos localizados a una altura mayor a los mil metros sobre el nivel del mar.

El clima de esta región es de tipo seco y hasta desértico, con lluvias escasas que sumado a la falta de depresiones naturales que permitan captar los pobres escurrimientos, ha incrementado la extracción de los mantos subterráneos registrándose actualmente un número elevado de acuíferos sobre-explotados.

El estado de San Luis Potosí con clima semejante a los estados mencionados anteriormente y problemas de escasez, se localiza a elevaciones por encima de los 2 000 metros sobre el nivel del mar, con predominio de terrenos planos que no permiten almacenar el reducido escurrimiento producido por las pocas lluvias que se presentan.

Otra región con marcado problema de escasez es el Valle de México, el que ha sufrido las consecuencias del acelerado crecimiento de la ciudad y su zona conurbada. No obstante que las lluvias alcanzan magnitudes considerables en verano, su topografía plana es limitante para la formación de escurrimientos notables. Por otro lado, la recarga de sus mantos subterráneos se ha visto drásticamente reducida por la desbordada urbanización de sus terrenos.

En contraparte, la región del sureste que se caracteriza por la presencia de elevados niveles de precipitaciones a lo largo del año, no cuenta con terrenos aptos para el desarrollo extensivo de una agricultura que se vería favorecida por esta abundancia.

### **Análisis comparativo**

El consumo de agua para uso agrícola es mucho mayor que el usado en las ciudades para consumo humano, servicio e industria. Las grandes zonas agrícolas del país se localizan en regiones donde predomina la población rural, que es la menos beneficiada con los servicios de agua potable y sanitarios.

El crecimiento acelerado de algunas ciudades ha propiciado el agotamiento de los acuíferos subterráneos de los cuales se abastecen, por lo que ha sido necesario exportar desde fuentes vecinas o lejanas con sus respectivos problemas económicos y tecnológicos.

De los balances realizados en cada una de las Regiones Hidrológicas se ha encontrado que casi la mitad del territorio presenta una situación de escasez importante, abarcando los estados de Baja California, Sonora, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y San Luis Potosí, además de los estados que comprenden las cuencas de Lerma-Chapala y el Valle de México<sup>5</sup>.

Sólo el 16.99 por ciento de los escurrimientos vírgenes se consideran actualmente utilizables y de ellos tres cuartas partes corresponden a las regiones de riego del Pacífico. Ahora bien, si a la cantidad anterior se le suman los 80 mil millones de m<sup>3</sup> de aguas subterráneas aprovechables, se tiene un gran total de 144 mil millones que representan los recursos totales de agua para satisfacer necesidades nacionales de riego y otros usos.

Aun cuando la extracción anual de agua a nivel nacional representa sólo un 43 por ciento del volumen total de agua renovable, esta cifra no revela los problemas de escasez y contaminación que afectan una porción importante de las cuencas y acuíferos nacionales y son causas de conflictos entre usos y usuarios.

Las extracciones para uso agrícola se concentran en los estados del norte y noroeste, así como en el bajo. Las destinadas a la industria en el Valle de México, en la cuenca del río Lerma y el noreste del país, mientras que la generación de energía eléctrica en el sureste. El 49 por ciento de las extracciones para uso urbano corresponden a las áreas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey<sup>5</sup>.

Actualmente se extraen 185 000 millones de metros cúbicos de aguas superficiales y subterráneas. El 61 por ciento de este volumen se utiliza en la generación de energía hidroeléctrica, el 30 por ciento para riego, el cinco por ciento para la industria y el cuatro por ciento restante para el suministro de agua potable a las poblaciones. Finalmente, es conveniente señalar que los recursos hidrológicos sólo se conocen en un 50 por ciento y por lo tanto

muchas de las cifras anteriores (sobre todo de corrientes pequeñas o de ríos que no tienen gran utilización actual en materia de riego o producción de energía) son meras aproximaciones y que dicha falta de estudios hidrológicos completos en la República, explica la disparidad de los datos consultados.

### **Los datos de la contaminación**

Los procesos de deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas y los procesos de urbanización contribuyen a la degradación y deterioro de los suelos, que a su vez impactan la calidad del agua y, en general, afectan el equilibrio ecológico de los ecosistemas.

La Procuraduría General del Ambiente señala en su más reciente informe<sup>6</sup> que en 20 cuencas hidrológicas del país se concentra el 89 por ciento de la carga contaminante hídrica total (medida ésta en términos de la demanda bioquímica de oxígeno. De estas cuencas en cuatro - Pánuco, Lerma, San Juan y Balsas - se recibe el 50 por ciento de las descargas de agua residual que producen las principales ciudades capitales y áreas agrícolas. Esta grave situación ecológica se reproduce, aunque en menor proporción nacional, en el conjunto del país. Así las cuencas de los ríos Blanco, Papaloapan, Culiacán y Coatzacoalcos, por la magnitud y características de la contaminación industrial recibida, y las cuencas de los ríos que descargan en el Golfo de California, por los agroquímicos y pesticidas que reciben de los retornos agrícolas, son otros de los principales mantos contaminados.

Respecto a los depósitos subterráneos, el informe señala que las zonas con mayor contaminación y alteración en la calidad de las aguas subterráneas son la Comarca Lagunera por dilución de sales arsenicales, así como el Valle de México y otros acuíferos de grandes conurbaciones; la región del Bajío y el Valle del Mezquital, por infiltración de lixiviados de desechos sólidos y descargas de aguas residuales no incorporadas al drenaje municipal.

Un indicador que refleja la alteración de los cuerpos de aguas superficiales es la infección de los acuíferos con malezas acuáticas. En México existen 62 mil hectáreas infectadas con malezas en 114 presas y lagos, ade-

más de 12 mil kilómetros de canales y 19 mil kilómetros de drenes en distritos de riego.

Ante este panorama que afecta en mayor o menor medida a todo el país, en las zonas áridas y semiáridas que comprenden más del 60 por ciento del territorio nacional, el agua es el recurso que limita las actividades productivas y mejores condiciones de vida de la población, mientras que en las zonas urbanas el consumo irracional y la falta de una cultura de uso eficiente del agua, producen una fuerte competencia, que día a día se incrementa, por el uso de este recurso natural.

### **Comentarios finales**

La escasez y el uso irracional del agua plantea una creciente y seria amenaza para las necesidades futuras de producción alimentaria, y en general para un desarrollo agrícola integral. Asimismo, esta problemática afecta ya de manera grave el equilibrio del medio ambiente, la salud y el bienestar de la población. Las pautas actuales de aprovechamiento del agua llevan consigo un derroche excesivo. Existe un amplio campo para poder economizar un volumen considerable de agua en la agricultura, en la industria, y en el abastecimiento para uso doméstico.

En muchos sistemas de riego se pierde hasta un 60 por ciento de agua desde su lugar de procedencia hasta su destino; no sólo deben promoverse prácticas más eficientes de riego para alcanzar mejores niveles de eficiencia productiva y lograr un ahorro sustancial del agua, también es indispensable definir un esquema de complementariedad regional que posibilite el acceso del recurso hidrológico a nuevas áreas aún desprovistas de infraestructura para riego, partiendo del supuesto de aplicar compensaciones económicas regionales por el uso de estos recursos.

En promedio, el 36 por ciento del agua distribuida por los servicios urbanos en las ciudades se pierde por problemas de suministro. Una mejor gestión podría reducir estas costosas pérdidas.

Retomando el consenso presente en los foros internacionales en que recurrentemente se discute el devenir del medio ambiente planetario, en

nuestras regiones mexicanas la gestión de los recursos hídricos y el manejo de los suelos debe darse en forma más eficiente que hasta ahora, en una perspectiva de desarrollo permisible, económicamente sostenible y biológicamente sustentable. Debe surgir un enfoque diferente y alternativo a la evaluación, el aprovechamiento y a la gestión de los recursos del agua.

Alcanzar estos nuevos propósitos puede conseguirse gracias a un compromiso y a una participación que abarque corresponsabilidades de los sectores gubernamentales, empresariales y las comunidades productivas más elementales involucradas. Estos esfuerzos habrán de apoyarse en inversiones considerables e inmediatas, en campañas de sensibilización, en modificaciones en el campo legislativo e institucional, desarrollo de tecnologías y en programas de creación de capacidades. Es decir, se precisa una acción concertada para intervenir las actuales tendencias de consumo excesivo, la contaminación y las amenazas crecientes derivadas de las sequías.

El resultado del efecto combinado de las economías realizadas en la agricultura y el abastecimiento de agua para uso doméstico podría diferir de manera significativa las costosas inversiones que hoy se realizan, hacia proyectos alternativos de aprovechamientos de recursos hídricos, y de esta manera influir de manera considerable en la posibilidad de mantener la sostenibilidad de abastecimientos futuros. Podrían realizarse otras economías gracias al uso múltiple del agua. La observancia de normas eficaces de descarga basadas en nuevos objetivos de protección del agua permitirá los sucesivos consumidores reaprovechar el agua demasiado contaminada después del primer uso.

La seguridad alimentaria constituye una cuestión de alta prioridad para el país por lo cual la agricultura debe no sólo proporcionar alimento para atender las necesidades de la población creciente, sino también economizar agua con destino a otros usos. La difícil tarea que se habrá de afrontar consiste en desarrollar y aplicar técnicas y métodos de gestión para economizar agua y, gracias a la creación de capacidades, conseguir que las comunidades puedan establecer un marco institucional e incentivos con miras a que la población rural adopte nuevos planteamientos, tanto para la agricultura de temporal como de regadío. La población rural debe tener mejor acceso al abastecimiento de agua potable y a los servicios de saneamiento. Esta tarea,

aunque inmensa, no es imposible. a condición de que se adopten las políticas y programas pertinentes en todos los niveles, esto es el local, el regional y el nacional.

Finalmente, la planeación y uso integral de los recursos hídricos no puede dejar de apoyarse en criterios técnicos tomando en cuenta las condicionantes y especificidades naturales de cada región. En este sentido, el reconsiderar el concepto económico y ecológico de cuenca hidrológica (incluyendo aguas de superficie y subterráneas) como entidades espaciales reguladoras de la gestión hidráulica, sería un propósito posible de ser revaluado en el esquema básico de la administración y programación del uso del agua con fines productivos y de beneficio social. A partir de estas instancias de coordinación es posible armonizar los intereses y demandas urbanas y rurales, productivas y sociales; medir sistemáticamente la cantidad de agua y su calidad; elaborar programas de acción concertados; intercambiar información y dar cumplimiento a los acuerdos previos de complementariedad regional.

## Referencias

1. Velázquez, A. L., *La Exploración Geohidrológica en México*, Ingeniería Hidráulica en México, enero-abril, México, 1992, pp. 24-29.
2. SARH, *Regionalización e Indicadores Regionales*, Comisión del Plan Nacional Hidráulico, México, 1977.
3. SARH, *Uso del Agua en Irrigación*, Comisión del Plan Nacional Hidráulico, México, 1977.
4. Bassolls Batalla, A., *Recursos Naturales de México, Teoría, Conocimiento y Uso*, Nuestro Tiempo, 24ª edición, México, 1989.
5. CNA, *Informe 1989-1993*, Comisión Nacional del Agua, México, 1993.
6. SEDESOL, *Informe sobre la Contaminación del Agua en México*, Procuraduría del Ambiente, México, 1994.

## Bibliografía

- Delgadillo Macías, J., *Economía Política del Agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Complejo Geográfico, Socioeconómico y Político (Bassols Batalla, A. Coordinador)*, UNAM-DDF, México, 1993.
- INEGI, *Agenda Estadística de los Estados Unidos Mexicanos*, México, 1992.
- SPP, *México: Información sobre Aspectos Geográficos, Sociales y Económicos*, México, 1981.
- Tinajero González, J., *La Explotación del Agua Subterránea en México, Estrategia para su Manejo Adecuado*, Comisión del Plan Nacional Hidráulico, México, 1980.
- UNAM, *Carta 1.2 Usos del Agua*, Atlas Nacional de México, Volumen I, Instituto de Geografía, México, 1992.



# HIDROELECTRICIDAD EN LA REPUBLICA MEXICANA

*Leopoldo Arceo Tena*  
Gerencia de Proyectos Hidroeléctricos  
Comisión Federal de Electricidad

---

## **Problemática**

En nuestro país, la producción de energía eléctrica se realiza fundamentalmente por medio de dos tipos de centrales, las termoeléctricas y las hidroeléctricas, las primeras utilizan agua en forma de vapor y en ellas quedarán consideradas las que lo producen por la quema de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, las que lo obtienen naturalmente del subsuelo y las que lo producen a partir del calor obtenido por una reacción nuclear, este medio de generación de electricidad representa el 79.2 por ciento del total de la energía eléctrica producida por el sector.

El otro medio de producción de energía, la hidroelectricidad, que contribuye con el 20.8 por ciento del total, tiene una influencia más directa en los procesos iniciales de la producción de alimentos, ya que participa de manera importante en el almacenamiento, regulación y control del recurso fundamental para esta actividad, el agua para riego. No todas las centrales hidroeléctricas pueden ser asociadas directamente a zonas agrícolas pero es indudable que su existencia contribuye de manera fundamental a las posibilidades de desarrollo de estas, brindando protección contra inundaciones a las zonas bajas de las cuencas. Sin embargo, en nuestros días este medio de generación es quizá el más atacado por la sociedad, al mencionarse únicamente los impactos desfavorables causados por la creación del embalse y por la alteración que en el régimen de la corriente se provoca con este, olvidándose o disminuyendo su contribución en la cadena de producción de alimentos y en el desarrollo regional de la zona.

Posiblemente la gran problemática que enfrentan las centrales hidroeléctricas radica por una parte en que no existe un beneficio directo hacia los habitantes de las zonas en que se ubican, situación derivada de una política

no siempre justa y oportuna en el pago de indemnizaciones o en la restitución de los daños. Por lo general, los beneficios generados por este tipo de obras se reflejan en zonas distantes a las que corresponden a las obras.

Por otra parte, no ha existido una adecuada planeación entre los sectores encargados de la construcción de la infraestructura hidráulica, que facilite y promueva la utilización de las obras para propósitos múltiples, incluido el de generación de electricidad.

Las centrales hidroeléctricas, y en particular las que se pueden asociar a las obras de riego, pueden contribuir de manera importante en el mejoramiento de sistemas productivos, al proveer la energía que permita el uso de métodos avanzados de riego mejorando la eficiencia en el uso del agua, en la recolección, empaque, industrialización y almacenamiento de los productos.

En este aspecto, la Comisión Federal de Electricidad cuenta con estudios sobre el **Potencial Hidroeléctrico Nacional** que permitirán soportar la idea de que la infraestructura hidráulica necesaria para regular corrientes, proteger y facilitar la creación o ampliación de zonas de producción agrícola puede ser asociada con la producción de energía hidroeléctrica.

### **Potencial hidroeléctrico**

La generación hidroeléctrica en el mundo se inició en el año de 1882, las rudimentarias instalaciones de las pequeñas centrales localizadas en Inglaterra, Estados Unidos y Francia, prácticamente iniciaron su operación en las mismas fechas.

Nuestro país, unos cuantos años después, construyó sus primeras instalaciones, ubicándose de esta manera también como pionero de esta fuente de energía. Durante casi 50 años empresas privadas extranjeras se repartieron nuestro territorio, instalando pequeñas hidroeléctricas y comercializando su energía.

En 1937 cuando el presidente Lázaro Cárdenas crea la Comisión Federal de Electricidad, con objeto de dar término al monopolio extranjero en la

producción y comercialización de la energía. En los 48 años anteriores a la Comisión Federal de Electricidad (Tabla 1) se instalaron 372 MW y en los 57 años que tiene de fundada se ha alcanzado la cifra de 8 097 MW hidroeléctricos. Durante los años 60 se instaló una capacidad de 2 032 MW, destacándose por su importancia los proyectos de El Novillo, Santa Rosa, Infiernillo y Malpaso. Por otra parte, en la década de los 80 la potencia instalada fue de 2 542 MW, construyéndose proyectos tan importantes como Chicoasén, Caracol y Peñitas, por citar solamente algunos. Actualmente en etapa de construcción (Tabla 2) se encuentran los proyectos de Aguamilpa, Zimapán, la ampliación Temascal, Chilatán y Huites, con una potencia instalada de 1 868 MW y al concluir éstos, la cifra total del equipamiento hidroeléctrico alcanzará prácticamente los 10 000 MW.

### Situación actual

Comisión Federal de Electricidad ha decidido estudiar con suficiente detalle los proyectos hidroeléctricos que permitan a las siguientes adminis-

**Tabla 1**  
**Sector eléctrico nacional**  
**Desarrollo hidroeléctrico**

Periodo	Plantas hidroeléctricas	Potencia instalada MW	Potencia acumulada MW
Hasta 1937			372
1937-1940	Construcción de Ixtapantongo, xía, Bartolinas	17	389
1940-1949	Zumpimito, Colotlipa, Colimilla, ...	129	518
1949-1959	Santa Bárbara, Tingambato, Temascal, Cóbano, Oviachic,...	679	1 197
1959-1969	El Fuerte, Novillo, Santa Rosa, Cupatitzio, Mazatepec, Infiernillo, Malpaso ...	2 032	3 229
1969-1979	Humaya, Villita, Angostura, ...	1 990	5 219
1980-1989	Chicoasén, Caracol, Peñitas, Amistad y Bacurato	2 542	7 761
1990-1993	Comedero, Agua Prieta	350	8 111
En construcción	Aguamilpa, Zimapán, Ampl. Temascal, Chilatán, Huites	1 868	9 979

**Tabla 2**  
**Centrales hidroeléctricas a corto plazo**  
*Centrales en construcción*

<b>Nombre</b>	<b>Río</b>	<b>Estado</b>	<b>Potencia instalada MW</b>	<b>Generación media anual GWh</b>	<b>Año inicio generación</b>
Aguamilpa	Santiago	Nayarit	960	2 131	1994
Zimapán	Moctezuma	Querétaro/ Hidalgo	296	1 292	1995
Huites	Fuerte	Sinaloa	422	875	1995
Ampl. Temascal	Tonto	Oaxaca	200	556	1996
Chilatán	Tecaltepec	Jalisco	28	120	1997

tracciones elegir los más adecuados a la vista de las necesidades del Sistema Eléctrico Nacional y de las características propias de cada uno de los proyectos. Con este fin se tiene a la fecha en estudio (Tabla 3), a nivel de evaluación, 103 proyectos y en etapa de prefactibilidad y factibilidad 51 proyectos que tienen una potencia instalada equivalente a la que alcanzaremos cuando se concluyan los proyectos en construcción, es decir, 10 146 MW y 28 448 GWh para dar un gran total en etapa de planeación de 527 proyectos. Todos éstos, sumados a los cinco en etapa de construcción, cuyos datos se mencionan en la Tabla 2 y a los 43 actualmente en operación, dan

**Tabla 3**  
**Potencial hidroeléctrico nacional**  
*Resumen por nivel de estudio*

<b>Nivel</b>	<b>Nº Proyecto</b>	<b>P. I. MW</b>	<b>Generación GWh</b>
Identificación	373	26 623	77 928
Evaluación	103	7 000	20 766
Prefactibilidad	27	4 667	14 753
Factibilidad	18	4 517	12 532
Factibilidad terminada	6	962	2 163
Diseño-construcción	5	1 851	4 741
Operación	43	8 097	26 292
Operación suspendida	3	62	236
<b>Total nacional</b>	<b>578</b>	<b>53 779</b>	<b>159 411</b>

Fuente: Subgerencia de anteproyectos, Comisión Federal de Electricidad.

un total de 575 proyectos con 53 717 MW y 159 175 GWh de producción anual.

Esta cartera de proyectos cubre con amplitud las necesidades de energía de picos del sistema eléctrico, tanto desde el punto de vista geográfico, presentando proyectos próximos a los nodos importantes, como en cuanto a demanda del sistema, así como a los proyectos más rentables de un cierto sistema hidrológico.

Para el año de 1993, la capacidad total instalada en el Sector Eléctrico (Tabla 4) fue de 29 130 MW, de los cuales 8 097 MW pertenecen a las centrales hidroeléctricas, lo que representa un 30 por ciento.

**Tabla 4**  
**Sector eléctrico nacional**  
*1993*

<b>Tipo de central</b>	<b>Potencia instalada MW</b>	<b>Generación anual GWh</b>
<b>Total nacional</b>	<b>29 130</b>	<b>126 622</b>
<i>Hidroeléctricas</i>	<i>8 097</i>	<i>26 292</i>
<i>Termoeléctricas</i>	<i>21 033</i>	<i>100 330</i>
Vapor	12 574	68 339
Ciclo combinado	1 818	7 981
Turbogas	1 634	277
Combustión interna	292	277
Geotérmica	740	5 877
Carbón	1 900	10 500
Nuclear	675	4 931
Dual	1 400	2 148

Respecto a la distribución geográfica (Tabla 5), se tiene aún mucho potencial por desarrollar siendo el Pacífico Norte del país el de mayor contribución con 14 230 MW que representan el 32 por ciento, el resto esta compuesto por 24 por ciento en el Sureste, 22 por ciento en el Pacífico Sur, 21 por ciento en el Golfo y uno por ciento en el Norte del país.

Tabla 5

Potencial hidroeléctrico nacional a nivel de planeación  
Resumen por sistema hidrológico

Sistema	Identificación			Evaluación			Prefactibilidad			Factibilidad			Factibilidad terminada			Totales		
	Nº Proy	P. I. MW	Gen GWh	Nº Proy	P. I. MW	Gen GWh	Nº Proy	P. I. MW	Gen GWh	Nº Proy	P. I. MW	Gen GWh	Nº Proy	P. I. MW	Gen GWh	Nº Proy	P. I. MW	Gen GWh
Baja California	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	60	154	1	60	154
Fuerte Mayo	21	1 905	4 230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	1 905	4 230
Yaqui	1	285	639	8	813	1 807	4	364	1 005	2	78	304	0	0	0	15	1 540	3 755
San Lorenzo-Sinaloa	21	1 875	4 206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	39	22	1 882	4 245
Baluarte-Elota	11	1 283	2 865	4	320	695	1	110	240	0	0	0	0	0	0	16	1 713	3 800
San Pedro-Acaponeta	0	0	0	13	1 389	3 070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	1 389	3 070
Lerma	5	253	562	0	0	0	1	55	118	0	0	0	0	0	0	6	308	680
Santiago	14	1 162	2 591	0	0	0	3	943	2 137	3	1 248	2 712	1	240	496	21	3 593	7 936
Costa de Jalisco	16	719	1 618	12	903	1 977	1	200	588	0	0	0	1	18	42	30	1 840	4 225
<b>Pacífico Norte</b>	<b>88</b>	<b>7 482</b>	<b>16 711</b>	<b>37</b>	<b>3 425</b>	<b>7 549</b>	<b>10</b>	<b>1 672</b>	<b>4 088</b>	<b>5</b>	<b>1 326</b>	<b>3 016</b>	<b>4</b>	<b>325</b>	<b>731</b>	<b>145</b>	<b>14 230</b>	<b>32 095</b>
Costa de Michoacán	8	539	1 419	0	0	0	0	0	0	1	8	41	0	0	0	9	547	1 460
Balsas	39	1 766	4 659	1	60	148	3	510	609	4	746	1 729	2	637	1 432	49	3 719	8 577
Costa de Guerrero	23	1 528	4 009	13	817	2 763	1	135	322	1	765	1 332	0	0	0	38	3 245	8 426
Costa de Oaxaca	13	1 019	2 670	22	674	3 862	3	365	2 147	0	0	0	0	0	0	38	2 058	8 679
<b>Pacífico Sur</b>	<b>83</b>	<b>4 852</b>	<b>12 757</b>	<b>36</b>	<b>1 551</b>	<b>6 773</b>	<b>7</b>	<b>1 010</b>	<b>3 078</b>	<b>6</b>	<b>1 519</b>	<b>3 102</b>	<b>2</b>	<b>637</b>	<b>1 432</b>	<b>134</b>	<b>9 589</b>	<b>27 142</b>
Pánuco	18	879	2 309	14	1 040	3 212	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	1 919	5 521
Costa de Veracruz	48	2 769	7 354	0	0	0	0	0	0	1	120	336	0	0	0	49	2 889	7 690
Papaloapan	25	1 789	4 677	15	824	2 542	1	240	844	2	265	887	0	0	0	43	3 118	8 950
Coatzacoalcos	11	1 199	3 084	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1 199	3 084
<b>Golfo</b>	<b>102</b>	<b>6 636</b>	<b>17 424</b>	<b>29</b>	<b>1 664</b>	<b>5 764</b>	<b>1</b>	<b>240</b>	<b>844</b>	<b>3</b>	<b>385</b>	<b>1 223</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>135</b>	<b>9 125</b>	<b>25 245</b>
Grijalva	36	1 839	8 070	0	0	0	1	255	590	1	240	680	0	0	0	38	2 334	9 340
Usumacinta	33	4 592	18 249	1	160	690	3	770	3 400	1	700	2 960	0	0	0	38	6 222	25 299
Tacotalpa	14	754	3 267	0	0	0	3	650	2 491	1	340	1 520	0	0	0	18	1 744	7 278
Costa de Chiapas	4	148	647	0	0	0	0	0	0	1	7	31	0	0	0	5	155	678
Tonalá	4	52	235	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	52	235
<b>Sureste</b>	<b>91</b>	<b>7 385</b>	<b>30 468</b>	<b>1</b>	<b>180</b>	<b>890</b>	<b>7</b>	<b>1 675</b>	<b>6 481</b>	<b>4</b>	<b>1 287</b>	<b>5 191</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>103</b>	<b>10 507</b>	<b>42 830</b>
Conchos	4	178	381	0	0	0	1	30	75	0	0	0	0	0	0	5	208	456
Nazas	4	90	187	0	0	0	1	40	187	0	0	0	0	0	0	5	130	374
Bravo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Norte</b>	<b>8</b>	<b>268</b>	<b>568</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>70</b>	<b>262</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>338</b>	<b>830</b>

Fuente: Subgerencia de Anteproyectos, Comisión Federal de Electricidad, México, 1994.

Algunos de los proyectos involucrados en el Potencial Hidroeléctrico permiten mejorar el aprovechamiento de la infraestructura hidráulica existente incrementando sus beneficios y la rentabilidad de las inversiones, por esto se han considerado proyectos de usos múltiples (Tabla 6), incremento de capacidad instalada a los ya construidos, proyectos que utilizan infraestructura de redes de abastecimiento de agua, en las presas que permiten el cam-

**Tabla 6**  
**Proyectos hidroeléctricos de usos múltiples**  
**Corto y mediano plazo**

<b>Proyectos</b>	<b>Estado</b>	<b>Corriente</b>	<b>Potencia instalada MW</b>	<b>Generación GWh</b>
<i><b>Proyectos hidroeléctricos de usos múltiples</b></i>				
La Parota	Guerrero	Papagayo	765	1 332
El Cajón	Nayarit	Santiago	750	1 630
Omitlán	Guerrero	Omitlán	110	379
Madera	Chihuahua	Yaqui	240	525
<i><b>Proyectos de ampliación en la capacidad instalada</b></i>				
Amp. Villita	Michoacán	Balsas	170	104
Amp. Temascal	Oaxaca	Tonto	200	556
<i><b>Proyectos que utilizan las redes de abastecimiento</b></i>				
PAEB Tecate	Baja California	Acueducto	600	1 252
PAEB/Monterrey	Monterrey		200	292
<i><b>Proyectos que cambian el régimen de generación al de riego</b></i>				
San Rafael	Nayarit	Santiago	21	153
Amata Tultita	Sinaloa	San Lorenzo	7	39
<i><b>Proyectos de generación en infraestructura existente</b></i>				
Equip. Lázaro Cárdenas	Durango	Nazas	40	187
Equip. Francisco Zarco	Durango	Nazas	20	44
Equip. Cajón de Peña	Jalisco	Tomatlán	23	51
Equip. El Gallo	Guerrero	Cutzamala	60	167
Equip. Luis L. León	Chihuahua	Conchos	30	75
Equip. Chilatán	Jalisco	Tepalcatepec	28	120
Equip. Trigomil	Jalisco	Armería	18	42
Equip. Trojes	Jalisco	Coahuayana	8	41
<b>Total</b>			<b>3 290</b>	<b>6 989</b>

bio de régimen de algunos ríos y los que podrían aprovechar infraestructuras hidráulicas ya construidas.

Para satisfacer las necesidades a corto plazo, se construyen cinco centrales como ya se mencionó, sin embargo para el mediano plazo se contemplan proyectos distribuidos geográficamente en el territorio nacional, adicionalmente para el largo plazo se cuenta con una Cartera de Proyectos en etapa de planeación que asciende a 527 proyectos con 43 769 MW de potencia instalada.

En resumen, la disponibilidad de aprovechamientos hidroeléctricos en nuestro país es bastante y la decisión de cuántos y cuáles construir estará en función de los requerimientos del sistema y de los recursos económicos que se tengan. Otro aspecto que deberá tomarse en cuenta en la selección de los proyectos a construir será el relativo al impacto ambiental. Afortunadamente en nuestro país, los organismos que se ocupan de la construcción de los aprovechamientos hidráulicos están muy conscientes de la importancia que éste aspecto reviste y para ello realizan estudios cada vez más completos, destinando grandes recursos económicos e implementando una serie de acciones tendientes a prever y mitigar estos impactos.

En el caso de México y tomando en cuenta que dispone de la tecnología necesaria para seguir construyendo importantes proyectos, no dudamos que la hidroelectricidad, que constituye una fuente barata de energía, dada su mayor vida útil, siga siendo una alternativa viable como lo ha venido constituyendo desde hace más de 100 años y que ésta antigua forma de generación sea una solución válida para el porvenir.

# TECNOLOGIA HIDROAGRICOLA PARA UN DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE

*Alvaro Aldama Rodríguez*  
*Poliopro Martínez Austria*  
*Nahun Hamed García Villanueva*  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

---

## **Introducción**

México es uno de los países más poblados del mundo. Ocupa el décimo segundo lugar en número de habitantes. No obstante que existen programas de control demográfico, su crecimiento poblacional es todavía elevado, por lo que su demanda de alimentos y en consecuencia del recurso agua crece también en forma acelerada.

México se encuentra en un proceso de modernización y apertura que le permite gradualmente ir consolidando sus finanzas, ampliar sus mercados y desarrollar su planta productiva, para mejorar el nivel de vida de los mexicanos y hacer posible su inserción en un contexto internacional cada día más competitivo.

El desarrollo rural a través del uso y explotación racional y eficiente de la infraestructura y de los recursos naturales con que México cuenta para la producción agrícola, constituye uno de los aspectos más importantes en la lucha contra la pobreza y del fomento de un desarrollo socioeconómico independiente. Dada la necesidad de explotar eficazmente el potencial de productividad existente y de crear oportunidades de empleo generadoras de ingresos, se deben introducir técnicas modernas de producción y conservación de los recursos para estabilizar y mejorar los ingresos bajo un contexto de productividad autosustentable.

La promoción de la agricultura no es sólo un prerrequisito para aumentar la producción alimentaria, para México es uno de los elementos fun-

damentales que garantiza la independencia de su desarrollo económico. Esto hace de la promoción agraria un factor particularmente importante para la explotación del potencial natural productivo en cada zona y para incrementar la productividad de la agricultura tradicional a través de la investigación, de la extensión de los servicios y del mejoramiento del ambiente general en el cual tienen que operar las instituciones rurales.

Los logros de la agricultura en los países desarrollados son el resultado de la utilización eficaz del potencial productivo local apoyado por una intensa investigación aplicada.

Esta investigación se desarrolla en forma regionalizada tomando en cuenta las características agrometeorológicas, geomorfológicas y la disponibilidad de los recursos agua y tierra tomando en cuenta su cantidad y calidad. Los proyectos de desarrollo e investigación aplicada se realizan bajo una estrecha colaboración entre diferentes centros de investigación y usuarios de la tecnología generada.

La explotación y conservación eficiente y racional de los aprovechamientos hidroagrícolas en México se debe llevar a cabo en un marco de modernización como el que aquí se indica.

El papel que desempeña la ingeniería rural en un país de grandes contrastes geográficos, con grandes regiones desérticas áridas, o con exceso de humedad, es determinante en el proceso de modernización del campo. De aquí la importancia de contar con un plan nacional de investigación y desarrollo de tecnología que contemple la evolución de la problemática del sector rural al corto y mediano plazo.

## **Objetivos**

El desarrollo sostenido y la operación de los sistemas de riego y drenaje en México, requieren atención especial para definir las líneas de investigación que se deben adoptar para resolver los problemas tecnológicos que impiden alcanzar y mantener una productividad y producción autosustentables. Dichas líneas deben estar orientadas de tal manera que su aplicación conduzca a la obtención de altos beneficios bajo un esquema de explota-

ción racional que permita conservar los recursos naturales bajo un estado de equilibrio adecuado desde el punto de vista ecológico.

La selección de líneas de investigación y desarrollo tecnológico debe realizarse a través de una jerarquización y priorización de necesidades. Si bien se tiene cierta idea de la problemática nacional, en la realidad no es fácil establecer prioridades en el sentido de su orden de importancia, salvo en algunos casos muy particulares.

En un intento por establecer un orden, se propone que toda decisión tome en cuenta los siguientes criterios:

- La investigación debe ser orientada hacia la producción de tecnología aplicable a países en vía de desarrollo. Aquí es importante hacer ver que bajo este enfoque los países desarrollados se constituyen como verdaderas fuentes de información y transferencia de tecnología; en este sentido es importante ser selectivo antes de adoptar cualquier tipo de tecnología ya que esta deberá ser validada antes de ser transferida para su utilización intensiva en México.
- Las líneas de desarrollo con mayor prioridad, respecto al tiempo de aplicación, son aquellas que muestren posibilidades de producir el mayor impacto en el ámbito socioeconómico del país, de tal manera que se obtengan los máximos beneficios y se distribuyan entre el mayor número de personas. Si bien este criterio tiende a ser más de tipo social que de beneficio económico, es de esperarse que con su implementación se logre incrementar y mejorar la capacidad empresarial de la población rural. Una población rural con una mentalidad empresarial será la base de la sustentabilidad de la agricultura en México y podrá ser competitiva a nivel internacional, lo cual es sumamente importante dentro del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá.
- La investigación básica se debe realizar bajo un marco que atienda a una problemática de relevancia para el país. Este criterio puede parecer sumamente restrictivo a los ojos de un investigador puro, sin embargo, la realidad económica del país nos exige sacrificar ambi-

ciones académicas en aras de un mejor equilibrio y bienestar social que garantice la estabilidad política, la alimentación y la educación de la mayor parte de la población en el corto plazo. Con este criterio los grandes pensadores tendrán oportunidad de aportar su capacidad intelectual a la solución de los problemas de este México que aún es joven y cuya población crece todavía a grandes pasos.

- La preservación del medio ambiente debe estar presente en cualquier proyecto de investigación y desarrollo de tecnología que se emprenda. México a lo largo de su historia a sido sobreexplotado en sus recursos naturales y aún en la actualidad se continúa con esta práctica. Afortunadamente las nuevas generaciones son más conscientes de esta problemática y tienen en mente la importancia de la responsabilidad que están heredando, respecto a preservar los cuantiosos recursos y tesoros naturales con que esta prodigiosa tierra cuenta todavía. Es pues sumamente importante que los proyectos de investigación tomen en cuenta el impacto ambiental, de tal manera que se combine el objetivo de maximizar los beneficios socioeconómicos con el de disminuir el deterioro ambiental. Con esto se podrá alcanzar un equilibrio entre la explotación racional de los recursos naturales y los beneficios obtenidos.

### **Líneas de investigación y desarrollo tecnológico**

Todo programa o proyecto de investigación y transferencia de tecnología deberá iniciar con la caracterización del problema a solucionar, para lo cual es indispensable incluir todos los factores que influyen en la problemática a solucionar. Dentro de la gama de problemas que se presentan en la ingeniería hidroagrícola, algunos de los factores que deben ser tomados en cuenta, son:

- La disponibilidad de información en cantidad y calidad;
- Características físico-químicas de los suelos;
- La topografía;

- El clima y sus variaciones espaciales y temporales;
- Los costos de inversión y los insumos para conservación;
- El estado actual de la infraestructura hidroagrícola;
- Los tipos de cultivo;
- La disponibilidad y la calidad del recurso agua;
- La cultura agrícola actual y su posible evolución futura;
- La disponibilidad de equipos y refacciones;
- La capacidad actual de inversión de los usuarios y las bases para su recuperación;
- La evolución temporal del mercado agrícola;
- La evolución en la tenencia de la tierra; y,
- Las perspectivas de desarrollo y crecimiento dentro del marco del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica

#### **a ) Modernización de sistemas de riego**

- *Perspectivas de la evolución del regadío en el espacio económico actual*

**Plan estratégico de asignación y distribución.** Se debe realizar una adecuación de los recursos de agua disponibles para las necesidades agrícolas en cada cuenca, respetando los otros usos del agua (urbanos, ecológicos, industriales, para generación de energía y turísticos, entre otros). Para llevar a cabo este esfuerzo se deben mejorar los conocimientos del entorno en hidrología, hidrogeología, hidráulica y económico del agua a nivel de cuenca y paralelamente establecer y adoptar criterios, métodos y tecnología apropiada para definir:

- Los métodos de distribución y acceso a los recursos de agua;
- La adecuación de los materiales de riego a la parcela, a los suelos y a los cultivos; y,
- Los conceptos de evolución de los sistemas de riego, teniendo en cuenta las limitaciones de gestión, de explotación y automatización de las obras.

**Evaluación agroeconómica.** Es necesario establecer técnicas de evaluación agronómica y económica de los suelos, de los cultivos y de los sistemas productivos, a escala de grandes explotaciones y pequeñas regiones agrícolas, basándose en la adquisición de conocimientos y datos referentes a:

- *Los suelos.* Utilización del agua en el campo, reservas de agua y perfiles hídricos, labores del suelo, fertilización racional, etcétera;
- *Los cultivos.* Tratamientos fitosanitarios, rotaciones, elección de especies y variedades, calendario de trabajo, etcétera; y,
- *Los resultados económicos.* Tiempos disponibles, obligaciones y costo de la mano de obra, márgenes brutos y netos de producción, organización y adaptación de los distintos sistemas productivos.
  - *Evolución en la concepción de los nuevos sistemas de riego*

**Modernización de los sistemas de distribución.** Los métodos y equipos para la distribución de agua a la parcela deben evolucionar progresivamente con el fin de alcanzar una serie de objetivos, entre los cuales podemos indicar los siguientes:

- Ahorrar mano de obra cuyo costo añadido al de las cargas sociales correspondientes se prevé que en un futuro aumente más rápidamente que los costos de consumos intermediarios como, por ejemplo, la energía eléctrica;

- Disminuir la dureza del trabajo;
- Alcanzar una mejor distribución del tiempo dentro de la explotación agrícola; y,
- Ahorrar el recurso agua, sobre todo cuando su utilización es requerida para la producción eléctrica, o cuando la escasez de este recurso hace que la disponibilidad del agua influya significativamente en la producción por hectárea.

Para apoyar estos objetivos, se deben realizar estudios sobre la evolución de:

- La cobertura integral de riego a media presión;
- Las superficies equipadas con microsistemas de riego;
- La adopción de tecnología de riego por aspersión para grandes superficies (por ejemplo, sistemas de pivote central y desplazamiento lateral);
- La automatización del riego de la parcela a nivel de la explotación;
- La modernización del riego por gravedad con la introducción de redes de baja presión; y,
- La experimentación de sistemas de modernización y/o automatización del riego por superficie.
  - *Métodos de riego para alcanzar una agricultura autosustentable*

**Requerimientos de los sistemas de riego.** La selección, el diseño y la operación de los nuevos sistemas de riego requiere que sus fundamentos tomen en cuenta tanto los aspectos técnicos relacionados con el suministro de agua para satisfacer las demandas de los cultivos, como la evolución de

la política hidroagrícola del país y la preservación de los recursos naturales, de tal manera que se alcance la autosuficiencia alimentaria en México a través de una agricultura autosustentable que permita mejorar las condiciones socioeconómicas del agricultor. Para satisfacer los objetivos primarios del riego, todo sistema debe suministrar eficientemente los volúmenes demandados por los cultivos en las épocas de máximo requerimiento.

**Grado de flexibilidad.** Los sistemas deben ser diseñados tomando en cuenta su grado de flexibilidad para satisfacer las demandas y la frecuencia de riego óptima que conduzca a obtener la mayor relación beneficio/costo. Para definir el grado de flexibilidad de los sistemas de riego se deben considerar aspectos no tradicionales como, por ejemplo, la fecha de la entrada de los productos agrícolas al mercado y su efecto en la relación beneficio/costo. En este sentido es importante tomar en cuenta la influencia de las fechas de siembra y el efecto que la frecuencia de riego tiene sobre el adelanto o retraso de las fechas de cosecha.

**Adaptabilidad al potencial regional.** El diseño de los sistemas debe tomar en cuenta su adaptabilidad a la gama de cultivos potencialmente productivos en la región. En la medida en que un sistema de riego se adapte a diversos cultivos se tendrá una mayor dinámica comercial de acuerdo con la evolución de las demandas comerciales.

**Modernización escalonada.** Para la selección, distribución, instalación y operación de la infraestructura y de los equipos para riego se deberá tomar en cuenta la evolución de los cultivos. Este aspecto es particularmente importante en zonas con cultivos perennes como árboles frutales. En este sentido es necesario seleccionar sistemas de riego que satisfagan las demandas de las diferentes etapas de crecimiento de los cultivos, o sea, las inversiones e instalación de la infraestructura se debe incrementar e instalar en función de la evolución de las demandas de los cultivos a través del tiempo. Con este tipo de estrategias será más fácil adaptar los programas de inversión a la capacidad socioeconómica del país.

**Inversiones escalonadas.** La modernización del riego deberá atenderse a través de estrategias de inversiones escalonadas que permitan al agricultor ir mejorando paulatinamente su método de riego hasta alcanzar el

más eficiente y flexible. Este aspecto es sumamente importante ya que en México se tiene, en la actualidad, una población agrícola con baja capacidad de inversión y en consecuencia es de esperarse que la transformación de la agricultura se realice en forma escalonada con el fin de evitar que el agricultor sea afectado en lo menos posible por los créditos bancarios y termine como hasta la fecha con las carteras vencidas.

***Flexibilidad de acoplamiento.*** También los nuevos sistemas de riego deberán ser lo suficientemente flexibles para poderse fusionar, o sea, ligar operativamente con otros sistemas existentes en el entorno de las parcelas beneficiadas. Este aspecto es sumamente importante ya que se espera que en el corto plazo disminuya la población agrícola en México y por consecuencia la superficie por usuario se incrementará con lo cual un mismo agricultor se verá, ocasionalmente, obligado a operar diferentes sistemas de riego.

***Fertirrigación.*** Los sistemas de riego deben tener integrado un procedimiento de aplicación eficiente de fertilizantes, con lo que se podrá mejorar la cantidad y calidad de la producción agrícola bajo riego y en consecuencia alcanzar niveles competitivos en el mercado.

***Modernización de los sistemas de riego por gravedad.*** En México el riego por gravedad es parte de la cultura agrícola del país y se emplea en más del 90 por ciento de la superficie bajo riego. Esta situación es de suma importancia ya que los grandes distritos de riego fueron diseñados para satisfacer las demandas de riego bajo este tipo de sistema y en consecuencia no existen las estructuras y obras especiales para la implementación a bajo costo del riego presurizado a gran escala. Bajo este marco de referencia, resulta razonable el proponer que parte de los proyectos de investigación y transferencia de tecnología se orienten hacia el estudio, desarrollo y transferencia de nuevos métodos y dispositivos que permitan mejorar la eficiencia y flexibilidad de los sistemas de riego por gravedad.

***Riego intermitente de alta eficiencia.*** El riego intermitente se perfila como una alternativa para mejorar la eficiencia de riego por gravedad, sin embargo, en la actualidad, para este método no se cuenta aun con criterios de diseño que garanticen su eficiencia de aplicación y distribución y por

consecuencia es necesario establecer los criterios de diseño que permitan su implementación práctica. Para poder establecer estos criterios, es necesario contar con modelos de simulación altamente confiables a través de los cuales sea factible establecer dichos criterios y posteriormente desarrollar las bases del funcionamiento de dispositivos de riego automatizados, como son las válvulas computarizadas alimentadas con energía solar y los dispositivos de descargas intermitentes que trabajan por automatización fluidica como son el diabeto y el tanque de descargas de fondo, que se desarrollaron en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

**Sistemas de riego colectivos a baja presión.** Uno de los sistemas de riego que permiten un alta flexibilidad en la disposición del agua para riego son los sistemas colectivos o sistemas de riego a la demanda. En México, por la forma en que se diseñaron los distritos de riego, se debe estudiar la viabilidad técnica y económica de llevar a cabo sistemas de riego colectivos con redes de distribución combinadas con canales, tubería trabajando a baja presión y sistemas de bombeo de bajo consumo energético ubicados en zonas estratégicas para contrarrestar las caídas de carga de presión por efecto de pérdidas por conducción o por efecto de obstáculos topográficos. Estos sistemas deberán ser diseñados bajo un enfoque de una agricultura empresarial altamente rentable con el fin de justificar las inversiones. Un aspecto que se debe estudiar en cada caso particular es la superficie comunal óptima que garantice la máxima relación beneficio costo durante la vida útil del sistema de riego. En general este tipo de proyectos deberá llevar un estudio de factibilidad técnica económica que lo justifique.

**Sistemas de riego presurizado.** Se deben desarrollar métodos que permitan seleccionar adecuadamente, bajo un enfoque de beneficio/costo tomando en cuenta una tasa de retorno de las inversiones a corto plazo, los sistemas de riego presurizados que se deben instalar en zonas que por sus características topográficas, tipo de suelo y cultivo así lo requieran. Para esto es sumamente importante que los diseños se fundamenten en criterios técnico-económicos que permitan evaluar en términos reales el beneficio general del sistema tanto desde el punto de vista de eficiencia hidráulica como desde el punto de vista de rentabilidad económica. Por ejemplo, para la selección de un sistema que requiere energía eléctrica, se deben tomar en cuenta las inversiones y costos para construir y conservar la infraestructura

para llevar y suministrar la energía a el sitio en que se requiere. Estos temas deben ser reflexionados a fondo y deben ser tomados en cuenta dentro de los esquemas generales de comercialización internacional, en donde los subsidios absorben una muy buena proporción de los mismos con lo que se aparenta una productividad ficticia ya que de una u otra manera alguien está pagando por estas obras y servicios.

**Sistemas de riego mixtos.** Los suelos agrícolas con altos contenidos de arcilla, tienden a presentar un alto grado de grietas o fisuras por efecto de la falta de humedad antes de iniciar cada ciclo agrícola, o sea, normalmente presentan este problema durante el primer riego. La existencia de estas grietas no permite diseñar riego por gravedad eficiente ya que para que el frente de mojado avance hacia el final del surco se deben ir prácticamente inundando las grietas con lo cual los tiempos riego requeridos para alcanzar el final del surco resultan demasiado grandes comparados con los tiempos empleados cuando no existen dichas fisuras, lo cual ocurre en los riegos subsecuentes al primero siempre y cuando el intervalo de tiempo entre un riego y otro sea lo suficientemente frecuente para evitar la regeneración de estas fisuras que se han sellado durante el primer riego por efecto de la expansión de las arcillas.

De aquí que resulte atractivo contar con un sistema mixto que permita dar el primer riego por aspersión y los subsecuentes por gravedad, la ventaja que se espera obtener con este tipo de sistema es el ahorro de energía entre el riego por gravedad y el presurizado.

**Sistemas mixtos de subirrigación y drenaje.** En zonas cuyo nivel freático es prácticamente permanente o es controlado a través de un sistema de drenaje, este es el sistema que promete mayores eficiencias en el suministro del riego ya que el agua aportada a la masa de suelo se reduce al consumo por efecto del proceso de evapotranspiración, con lo cual las pérdidas por efecto del riego se pueden considerar despreciables.

Se recomienda estudiar la viabilidad técnica económica para la construcción de estos sistemas en el trópico húmedo, en general este tipo de sistemas no es aplicable en zonas áridas o semiáridas en las cuales los niveles freáticos tienen un comportamiento dinámico muy variable durante la tempo-

rada de riego y adicionalmente es muy raro encontrar un nivel freático prácticamente permanente, en todo caso se podría intentar en alguna zona con un estrato impermeable poco profundo que garantice un comportamiento de retención de los volúmenes suministrados semejante al sistema con un nivel freático fijo.

**Conservación de los recursos naturales.** Todo tipo de sistema de riego debe de ser diseñado tomando en cuenta criterios de explotación y conservación racional del recurso agua-suelo. En este sentido, entre otras cosas, es importante que se tomen en cuenta los procesos de erosión y afectación de las propiedades físico-químicas de los suelos agrícolas explotados a través de la irrigación. Por ejemplo, en el diseño y la operación de los modernos sistemas se debe tomar en cuenta la eficiencia de aplicación de fertilizantes y láminas de lavado a través del riego, también es importante evaluar los tiempos reales en que los productos biodegradables son eliminados y como afecta su permanencia temporal en las propiedades del suelo agrícola.

## **b) Modernización y operación de la infraestructura hidráulica**

- *Operación de la infraestructura*

**Diagnóstico en la operación.** El diagnóstico deberá iniciarse con el análisis sistemático de la información disponible y de su congruencia con los aforos, desde la obra de toma de la presa hasta los puntos de control de las secciones de riego para deducir las pérdidas de agua en función de los volúmenes transportados, de la longitud de canales y del área de infiltración, entre otras variables. Se deben determinar las cantidades de agua entregadas a nivel de parcela y su oportunidad, así como el impacto de estas acciones en la productividad de los diversos cultivos. Este es posiblemente el aspecto más importante y el más complicado de determinar por la carencia o la poca efectividad de los medidores en las tomas granja y porque no se cuenta con la información específica de rendimientos de campo.

**Eficiencia de asignación.** Es importante realizar estudios directos e indirectos para la estimación de la evapotranspiración potencial y real de los cultivos y su correlación con las características físico-químicas de los sue-

los; con estos estudios y el conocimiento de los volúmenes entregados a nivel de sección y de la tenencia de la tierra, se podrá lograr una adecuada aproximación de la eficiencia de asignación del recurso agua. Es también importante determinar si se está utilizando adecuadamente el agua suministrada y si la fuente de abastecimiento es suficiente respecto a las necesidades de los cultivos así como estudiar si se está aplicando en cantidad y oportunidad adecuadas para alcanzar rendimientos óptimos.

- *Modernización de la operación de canales*

**Evaluación de técnicas empleando control automatizado.** En este sentido es importante identificar las características operativas y el tipo de infraestructura hidráulica con que cuenta la red principal de los canales de riego, con el fin de establecer la viabilidad técnica de implementar sistemas que permitan mejorar la eficiencia de operación y asignación a través de su automatización.

Para esto existen diversas opciones como son:

- Control automático aguas arriba con compuertas operadas por motores;
- Control automático aguas arriba con compuertas operadas por flotadores;
- Control automático aguas abajo con compuertas operadas por motores ; y,
- Control automático aguas abajo con compuertas operadas por flotadores.

Estas técnicas de control deben estar integradas a un sistema de control y monitoreo remoto centralizado.

**Desarrollo de software.** Es importante desarrollar programas de control que permitan incrementar la flexibilidad y acortar la entrega del agua en la red de canales.

**Análisis de costos y evaluación de técnicas de comunicación remota.** Se debe realizar una adecuada selección de técnicas de comunicación (radio VHF, teléfono por cable, etcétera) de acuerdo con las correspondientes consideraciones de costos, seguridad y disponibilidad del suministro de energía en el campo.

**Depósitos nocturnos para almacenar y compensar.** Representa una alternativa para incrementar la eficiencia y la flexibilidad del manejo y la entrega del agua en la red de canales.

- *Estructuras de control y aforo*

**Totalizadores volumétricos y estructuras de aforo.** Para mejorar el uso eficiente del agua para riego, es necesario poder cuantificar y totalizar los volúmenes de agua que se derivan a las parcelas. El diseño de las nuevas estructuras debe apoyarse en la tecnología actual; así por ejemplo, es deseable que tengan integrado un sistema de registro continuo basado en un dispositivo electrónico que permita analizar la información a través de un computador. También se deberá contemplar la captura de información a través de sistemas telemétricos con el fin de almacenarlos y procesarlos en algún computador central que lleve el registro y control de una cierta superficie, como por ejemplo, la de un módulo de riego.

**Estructuras de control.** En general, las compuertas son las estructuras de control más comunes en México.

Por lo que es sumamente importante modernizar estas estructuras, con el fin de elevar la eficiencia en la operación de los canales.

Se deben estudiar y desarrollar los dispositivos y equipos que permitan con un bajo costo mejorar la operación de las compuertas. Las líneas de investigación deben ir encaminadas hacia la automatización de las compuertas para su funcionamiento autónomo, es decir, que puedan ser programadas localmente para que operen más eficientemente ante las variaciones de niveles y demandas locales y, por supuesto, que identifiquen condiciones de emergencia que las opere automáticamente para disminuir los efectos de las mismas.

- *Diseño y conservación de canales*

**Apoyo computacional.** Es necesario producir métodos computarizados para acelerar el proceso de diseño. Las técnicas de diseño deberán sustentarse en criterios que permitan minimizar los costos de conservación y mantenimiento.

**Revestimiento e impermeabilización de canales.** Antes de decidir sobre el tipo de revestimiento, se debe determinar la pérdida de agua por concepto de permeabilidad, deslindando las pérdidas por evaporación y por mal manejo del agua en el sistema de canales.

Asimismo, se deberá determinar la diferencia en capacidad entre el canal de tierra y el revestido, tomando en cuenta la reducción de la sección hidráulica y la variación de los esfuerzos cortantes por disminución del coeficiente de rugosidad. Deben definirse las ventajas, desventajas y los criterios bajo los cuales se puede utilizar tubería enterrada, como una alternativa viable desde el punto de vista técnico y económico. Deberá realizarse un estudio sobre el uso de los nuevos materiales para revestimiento (v. gr. geotextiles), su eficiencia, duración y las experiencias de otros países en su empleo.

De la misma manera se deberá realizar un estudio sobre las técnicas más eficientes para su instalación y mantenimiento.

**Materiales para compuertas.** Una alternativa para la fabricación de compuertas radiales de pequeñas dimensiones, es la utilización de materiales sintéticos como los plásticos y la fibra de vidrio, como las que se emplean actualmente en México y otros países. Los resultados son promisorios y esta solución puede ser explorada para otros dispositivos, como las compuertas deslizantes. Otro campo de investigación es el relacionado con el incremento de la vida útil de los equipos a través de la aplicación de medidas de protección con anticorrosivos más eficientes.

**Canales semicirculares.** La aplicación de métodos y equipos modernos para la construcción de canales más eficientes, desde el punto de vista hidráulico, como los de sección semicircular, es uno de los aspectos que se

deben estudiar y tomar en cuenta durante el proceso de modernización de la infraestructura hidroagrícola.

**Conservación jerárquica a partir de criterios de eficiencia.** La conservación de canales debe ser programada a través de criterios basados en niveles de eficiencia, o sea, las prácticas de conservación de un canal, deben darse en el momento en que su eficiencia ha disminuido hasta un cierto nivel admisible dentro de su área de influencia y que a la vez no afecte la eficiencia global de la red de canales. La aplicación de sistemas expertos en este tipo de problemas puede ser una alternativa muy buena.

**Sección hidráulica asociada con el grado de flexibilidad.** La capacidad del canal está directamente relacionada con el grado de flexibilidad y en consecuencia la selección de la sección hidráulica deberá realizarse en base a criterios tanto técnicos como económicos que tomen en cuenta el nivel de flexibilidad y el potencial de productividad asociado al mismo.

### **c) Mejoramiento de la tecnología de conservación**

**Evaluación del equipo de conservación de canales y reparación de caminos.** En este campo es necesario realizar estudios sobre los siguientes aspectos:

- Programas de conservación;
- Selección de equipos;
- Cómo usar el equipo; y,
- Adiestramiento de los operadores

**Control de malezas acuáticas.** En este campo, como acción inmediata, México ha adoptado y adaptado tecnologías validadas en otros países que ya habían abordado este problema y por consecuencia tenían una amplia experiencia al respecto. Como complemento deberá realizarse investigación para desarrollar métodos de control que alteren lo menos posible los ecosistemas, entre los cuales está el uso de biocontroladores.

#### **d) Recuperación y conservación de suelos**

**Criterios de diseño.** Se deberán establecer criterios de diseño para drenaje horizontal y vertical e introducir el apoyo de computadoras para tal fin. Los programas de cómputo que se adquieran deberán ser validados en campo o experimentalmente y, cuando así se requiera, adaptarse y calibrarse para cada caso. Será necesario verificar a nivel de laboratorio y en parcelas experimentales la bondad de las ecuaciones de diseño bajo diferentes condiciones de operación.

**Parcelas experimentales.** No obstante que existen bases teóricas, geohidrológicas y de flujo en medios porosos, será necesario establecer zonas piloto en que se prueben y validen tanto el drenaje horizontal como el vertical. Para esto se deben seleccionar parcelas y zonas con diferentes condiciones de suelo, de niveles freáticos, de hidromorfismo, de geomorfología, de salinidad y de niveles topográficos.

**Uso de energía alternativa.** Es necesario hacer un estudio y selección de equipos de bombeo, para el desalajo de aguas drenadas en zonas bajas, cuya fuente de energía sea solar o eólica.

Los rangos de operación de dichos equipos están definidos entre una capacidad de bombeo de 0.5 a tres *lps* y cargas totales entre tres y 10 m con este propósito, deberá desarrollarse un proyecto piloto para analizar la confiabilidad técnica y rentabilidad de estos equipos.

**Drenaje vertical.** Con el fin de incrementar la rentabilidad económica de los sistemas de drenaje en zonas bajas, se procederá a adquirir y adaptar los dispositivos, los equipos y la tecnología que actualmente existen para utilizar energía solar como fuente de alimentación de los sistemas de bombeo de las aguas drenadas.

**Diagnóstico y obtención de información para diseño.** El diseño de un sistema de drenaje subterráneo requiere la determinación del coeficiente de drenaje, el conocimiento de las distintas capas de suelo y la profundidad de la capa impermeable, la determinación de las características físicas del suelo, como la conductividad hidráulica y el espacio poroso drenable. Tam-

bién juega un papel muy importante el conocimiento de los datos climáticos y en especial los de las precipitaciones medias y máximas diarias.

**Caracterización de la problemática.** En la actualidad los métodos que se emplean en México para la obtención de este tipo de información, no están acordes con el avance tecnológico a nivel internacional; de aquí, que sea necesario realizar una campaña para la actualización de las técnicas de muestreo y paralelamente establecer un programa de transferencia y aplicación de tecnología acorde a las necesidades que tiene el país, en la caracterización del suelo agrícola con problemas de drenaje y salinidad. En este campo se deben introducir técnicas basadas en la aplicación de métodos geofísicos, sensores remoto y equipos de monitoreo portátiles que permitan realizar diagnósticos directos en el sitio, con un cierto grado de confiabilidad. Paralelamente la investigación en laboratorio o en parcelas demostrativas de dimensiones reducidas, debe estar soportada con sistemas de captura de información automatizada, o sea, la instrumentación experimental debe ser modernizada.

**Requerimientos de los nuevos métodos de diseño.** Los nuevos métodos para diseñar y evaluar sistemas de drenaje, deben proporcionar la capacidad de identificar secuencias de condiciones meteorológicas, críticas para los cultivos, y de describir la operatividad del sistema en esos períodos. Un método eficiente de analizar los sistemas de drenaje, es el uso de modelos de simulación numérica que permitan estudiar el comportamiento del sistema durante varios años, empleando los registros climatológicos. Actualmente existen ya modelos altamente confiables desde el punto de vista de solución numérica; sin embargo, el problema no está en el modelo sino en la disponibilidad, exactitud y la fiabilidad de los datos de entrada que afectan los resultados del modelo.

De aquí que el desarrollo de los modelos deba incluir un proceso de calibración y ajuste, que le permita ir mejorando su precisión en la medida en que se le suministra nueva información. También es importante que estos modelos, permitan simular el transporte de solutos, como por ejemplo, el proceso de lavado de sales a través del drenaje subsuperficial. Con un modelo tridimensional, por ejemplo, será factible establecer criterios de control de niveles freáticos a través del drenaje vertical, o sea, por bombeo.

**Dispositivos de investigación experimental.** Tal como se ha indicado anteriormente, parte de la investigación que se requiere para mejorar los métodos de diseño y análisis de los sistemas de drenaje, debe enfocarse al estudio de la variabilidad espacial y temporal de los parámetros físico-químicos del suelo. Para esto, una de las alternativas es el estudio de este aspecto a nivel de laboratorio en una mesa experimental de drenaje que permita llevar un seguimiento sumamente preciso de la evolución de estas variables, para posteriormente tener posibilidades de desarrollar los fundamentos teóricos que permitan describir su variación espacial y temporal.

**Modelos teóricos para la descripción de la variación de los parámetros del suelo.** Una de las herramientas matemáticas que más promete en la actualidad para poder representar la variabilidad espacial y temporal de las variables físico-químicas de un suelo, es la aplicación de la teoría de fractales.

**Selección de filtros para el drenaje entubado.** A nivel internacional existen todavía problemas para determinar las necesidades de filtros que eviten la obturación de las tuberías de drenaje y para seleccionar los adecuados. Investigaciones sobre los riesgos de colmatación podrán explicar por qué algunos filtros funcionan bien en determinadas situaciones y fallan en otras. La obstrucción química de drenes y filtros, especialmente por formación de ocre es otro problema que aún no está resuelto adecuadamente.

**Selección de maquinaria y equipos para instalación y conservación.** Otros aspectos, importantes de estudiar, son los relacionados con la selección de maquinaria, en base a su eficiencia y precisión, para la instalación técnica y para la conservación de los drenes. Para esto es importante crear guías de selección y operación de equipos y maquinaria en función de las características del problema a solucionar.

**Balance de agua en el suelo.** También una parte de la investigación, se debe orientar hacia la capacidad de retención de humedad de los suelos, sobre el ascenso capilar en relación con la profundidad de la capa freática. Para llevar a cabo esta actividad, es recomendable realizar investigación experimental a nivel de laboratorio y posteriormente plantear modelos matemáticos que permitan generalizar los resultados observados en el mismo. Estos

estudios son parte de la fundamentación que debe existir para poder establecer los criterios de diseño y operación de los sistemas de drenaje controlado y subirrigación.

**Drenaje superficial.** Si bien este tipo de drenaje ya es ampliamente conocido, es importante retomar el tema, con el fin de analizar posibles modificaciones que lo mejoren en el sentido de disminuir al máximo el impacto y deterioro ambiental que ocasiona. En este campo se deberá enfocar los temas al análisis, por ejemplo, de la estabilidad de taludes, control de malezas, minimización de superficie afectada y la posibilidad de construir sistemas mixtos más eficientes colocando tubería en lugares estratégicos,

**Reutilización del agua de drenaje.** Es importante investigar sobre métodos de reutilización del agua de drenaje. En este sentido se deben estudiar alternativas de uso, como son, para piscicultura, para riego y para uso industrial. Un tema importante es el relacionado con la concentración de la mezcla de agua proveniente de las presas y el agua de drenaje para ser utilizada para fines de riego; aquí es necesario, por ejemplo, tomar en cuenta el tipo de cultivo y su tolerancia a la salinidad.

**Suelos ácidos.** El estudio de este tipo de suelos es prioritario en el país, ya que en los distritos de riego, principalmente los del norte, se tiene una gran cantidad de este tipo de suelos, cuya superficie se incrementa día tras día. Aquí resulta adecuado desarrollar modelos que permitan describir los procesos químicos y físicos en dichos suelos, con el fin de definir las prácticas de recuperación y conservación.

#### **e) Control de la contaminación**

**Control de la contaminación difusa.** La infiltración de residuos de agroquímicos -pesticidas y fertilizantes- aplicados durante el riego, es una de las principales causas de la contaminación de los mantos acuíferos subterráneos. Por su origen, es mucho más difícil de controlar, debido a que se aplica en áreas muy grandes, al contrario de las fuentes puntuales de contaminación producidas por las descargas industriales o municipales. Para su control, se requiere de un mejor conocimiento de la dinámica agua-suelo-contaminante, de mejores modelos de simulación del flujo y transporte de

contaminantes, y del desarrollo de técnicas de fertilización y pesticidas menos agresivas al medio ambiente.

**Conservación del medio ambiente.** Los planes de recuperación y preservación de la calidad del suelo agrícola a través de programas drenaje, deben estar acordes con las acciones de conservación y protección ambiental que se están iniciando en México. Esta relación se da por el hecho de que el desarrollo del drenaje normalmente se encuentra integrado o identificado con el saneamiento de las tierras agrícolas, este aspecto se incrementa al establecer los proyectos de conservación de zonas húmedas.

**Protección medioambiental.** Dado el incremento en la demanda de protección ambiental, se deberán establecer proyectos de investigación sobre el transporte de solutos en los suelos y en el agua de drenaje. Las investigaciones se pueden orientar, por ejemplo, al estudio de los sedimentos de fosfato y nitrógeno y en los efectos de deposiciones ácidas provenientes de la atmósfera.

#### **f) Aplicación de técnicas actuales en ingeniería hidroagrícola**

- *Agroclimatología y agrometeorología*

**Estaciones agrometeorológicas automatizadas.** Todo proyecto de planificación y desarrollo sustentable de una zona de riego, debe tener en cuenta la evapotranspiración potencial y real de los cultivos, esto con el fin de conocer los volúmenes que se deben derivar de las fuentes de abastecimiento hacia las parcelas de riego. Para poder contar con esta información en el lugar y en el momento adecuado, es necesario promover la instalación de estaciones agrometeorológicas automatizadas que registren la información requerida y la transmitan a un centro de almacenamiento y procesamiento para calcular la evapotranspiración y los volúmenes demandados por la zona de riego.

**Red agrometeorológica.** Otro aspecto que es sumamente importante, es investigar sobre el radio de influencia, o sea, sobre la validez de la información de una estación agrometeorológica. Este es un factor poco estudiado, por lo que la información con que se trabaja en ciertos lugares, perte-

nece a una estación ubicada a una distancia tan grande de la zona de estudio que su grado de confiabilidad es sumamente bajo. De aquí se desprende la necesidad de pensar en la creación de una red agrometeorológica que cubra los distritos de riego de acuerdo a una distribución espacial que tome en cuenta la variabilidad espacial de los datos climatológicos.

**Calendarios de riego a tiempo real.** El conocimiento de la evapotranspiración diaria, de un cultivo en combinación de sensores de humedad colocados en la masa del suelos permiten definir criterios de dotación de agua, altamente eficientes, que contribuyen a mejorar la productividad agrícola de una región. Este es uno de los temas de investigación aplicada que debe ser adoptado por los investigadores nacionales.

**Proyectos integrados.** Para poder realizar un proyecto integrado de desarrollo a nivel de cuenca, es sumamente importante que la información hidrológica y agrometeorológica sea altamente confiable, para poder desarrollar los programas de balance del recurso agua dentro de la cuenca. Es claro que este tipo de información es la base de cualquier proyecto de desarrollo integral en cuencas.

**Políticas de asignación y distribución eficiente de agua.** Es importante que se desarrollen y establezcan métodos de asignación de agua bajo diferentes estados climáticos, o sea, bajo condiciones normales, de escasez y de abundancia. Uno de los enfoques más prometedores, es la aplicación de esquemas de optimización que tomen en cuenta las funciones de rendimiento versus agua consumida de los cultivos durante sus diferentes etapas fenológicas.

**Cambio climático.** Este es el problema que ha concentrado la atención de un alto número de investigadores a nivel mundial en las últimas fechas. El efecto de este fenómeno en el campo sólo podrá ser cuantificado si se conocen las variaciones climáticas y se correlacionan con las alteraciones agrícolas que esta provocando. Este es posiblemente el campo de acción en que los investigadores tendrán oportunidad de demostrar su capacidad de análisis y consecuentemente definir estrategias que permitan minimizar los efectos negativos del cambio climáticos y maximizar los efectos positivos.

**Pronóstico de sequías.** En México, cuya producción agrícola mayoritaria se presenta en las zonas áridas y semiáridas de los estados del norte, las sequías son el desastre natural más temido y costoso para la agricultura. De aquí la importancia de desarrollar métodos que permitan estrategias que conduzcan a minimizar los efectos de estos fenómenos naturales. Nuevamente, la calidad, cantidad y oportunidad de la información agrometeorológica y climática es la clave para aplicar los modelos de predicción de sequías.

**Radiación neta.** Es la variable agrometeorológica más costosa en la actualidad. El desarrollo de equipos y métodos de medición menos costosos es un tema de investigación que todavía permanece actualizado.

- *Utilización de sensores remotos*

Los sensores remotos constituyen una herramienta útil para el desarrollo de los recursos tierra y agua. Se deben realizar estudios para promover su utilización en:

- La cuantificación de la evaporación en suelos sin cultivo y evapotranspiración en suelos cultivados;
- Para dar seguimiento a la evolución normal de los recursos agroecológicos, y su afectación por efecto de eventos meteorológicos extremos y por el manejo del hombre;
- Para cartografiar áreas irrigadas y su evolución después de eventos atmosféricos extremos;
- Se debe pensar en el desarrollo de técnicas que utilicen la información de los satélites como datos, para establecer y mejorar las políticas de manejo del agua a nivel de distritos o por módulos de riego;
- Para el diagnóstico de la salinidad en zonas de riego con fines de planificación;
- Para estimar la producción agrícola esperada en una región y su dis-

minución por efecto de inundaciones o plagas. Este es un campo estratégico para la distribución y la comercialización de la producción agrícola.

- *Sistemas expertos, de simulación y de control aplicados a la ingeniería hidroagrícola*

**Selección de sistemas de riego.** En la actualidad existen varios sistemas expertos con los cuales se puede realizar una adecuada selección del método de riego que se debe adoptar o instalar, en un determinado lugar. Estos sistemas toman en cuenta, de entre otros parámetros, la topografía, el tipo y características físico-químicas del suelo, la disponibilidad y calidad del recurso agua, la capacidad económica del agricultor, el tipo de cultivo y el clima. Es pues importante que se apoye la introducción de este tipo de sistemas en México.

**Simuladores numéricos de canales.** La operación de canales se puede mejorar si se cuenta con un simulador que permita estudiar diferentes alternativas y seleccionar la más adecuada de acuerdo a la operación que se requiera realizar. Si bien existen varios simuladores en el mercado, en la práctica es necesario contar con un simulador al cual se le puedan hacer las adecuaciones y modificaciones que surgen por el hecho de que cada red de canales presenta ciertas diferencias estructurales, que en muchos de los casos, no están contempladas en los estándares del simulador. Es importante tener en cuenta que al adoptar un simulador desarrollado en otro país, y no poder hacer las adecuaciones necesarias por no tener acceso a los programas fuente y a la estructura general del algoritmo de simulación, se genera la dependencia tecnológica. De aquí que este tema sea uno de los campos en que deben trabajar los expertos nacionales.

**Sistemas de control para la automatización de canales.** Este tema esta tomando mucha importancia en México y es sumamente atractivo para los investigadores. Para su aplicación la ingeniería hidráulica se fusiona con los sistemas de control, la computación, la electrónica y la telemetría. Se requiere entonces la participación de un grupo interdisciplinario en el cual cada uno de sus elementos es parte del engranaje de la concepción de estos grandes sistemas. El objetivo fundamental del sistema es la operación hi-

dráulica y por consecuencia las bases del controlador se sustentan en la operación hidráulica del canal, de aquí que la participación del ingeniero hidráulico en la formulación de los algoritmos de control sea sumamente importante y consecuentemente sea una de las líneas de investigación en que debe trabajar.

### **g) Desarrollo urbano en las áreas rurales**

La hidráulica urbana a nivel rural es un aspecto complementario a la ingeniería hidroagrícola. Es importante tener en mente que mientras la infraestructura urbana de las comunidades rurales se encuentre en buenas condiciones, el agricultor podrá canalizar todos sus esfuerzos hacia la productividad hidroagrícola. Por lo anterior es claro que se debe dar una atención especial a la infraestructura urbana con el fin de mejorar el bienestar social del sector rural. A continuación se enlistan algunos de los temas en que se debe trabajar dentro de este campo de acción:

- Abastecimiento de agua en aldeas y poblaciones rurales;
- Proyectos de drenaje para las áreas urbanas;
- Microcentrales hidroeléctricas para abastecer de energía a las poblaciones rurales;
- Tratamiento y reutilización de aguas residuales;
- Obras de protección de poblaciones rurales contra inundaciones;
- Muebles sanitarios especiales para poblaciones rurales; y,
- Areas recreativas y jardinadas para poblaciones rurales.

### **Conclusiones**

Incrementar la producción agrícola preservando los recursos naturales, en un marco de desarrollo sostenible de la agricultura, es un reto que sólo se puede enfrentar con éxito si se apoya en un mejor conocimiento de

los ecosistemas productivos que son las explotaciones agrícolas, en la investigación y transferencia de nuevas tecnologías apropiadas. En el texto de este artículo se han presentado las más importantes.

## CONTRIBUCION DE LA INDUSTRIA PETROQUIMICA A LA CADENA ALIMENTARIA

*Manuel Mijares Bravo*

Dirección de Evaluación y Promoción Industrial  
Comisión Nacional de Petróleo, Gas y Petroquímica

---

Al igual que todas las disciplinas de la actividad humana, la industria petroquímica, contribuye en forma determinante a fortalecer la cadena alimentaria en todas las regiones del mundo. Aprovecharé esta oportunidad para resaltar la participación de este sector industrial en la cadena alimentaria.

El amoniaco es uno de los productos petroquímicos de mayor importancia mundial entre los que se producen comercialmente por el hombre. La mayor parte del amoniaco producido en el mundo es manufacturado a partir de hidrógeno proveniente del metano, que es el principal constituyente del gas natural, además del nitrógeno que se toma de la atmósfera. El gas natural es la fuente de hidrógeno, para aproximadamente el 70 por ciento de la producción mundial de amoniaco y en el caso de México, Estados Unidos y Canadá, representa la principal materia prima para la elaboración de este petroquímico.

A su vez el amoniaco representa la columna vertebral de la industria de los fertilizantes, ya que se usa en forma directa o bien en la elaboración de fertilizantes nitrogenados tales como el ácido nítrico, nitrato de amonio, soluciones nitrogenadas, urea, sulfato de amonio y fosfatos de amonio, productos que contribuyen a fortalecer la cadena alimentaria.

El gas natural extraído en nuestro país proviene en un 85 por ciento en forma asociada con el petróleo y en un 15 por ciento en forma no asociada y está clasificado como un gas rico, debido a que su contenido de líquidos es superior al 10 por ciento.

Los líquidos del gas se envían a las plantas fraccionadoras, en donde se separan los diferentes componentes, obteniéndose etano, propano y bu-

tano, que constituyen junto con el metano las cuatro principales cadenas productivas de la industria petroquímica, recuperándose también componentes más pesados (pentanos, hexanos, naftas, gasolinas, etcétera).

El gas natural seco se envía a la red de gasoductos para su distribución y uso como energético y como materia prima para transformación en productos petroquímicos (amoníaco y metanol principalmente).

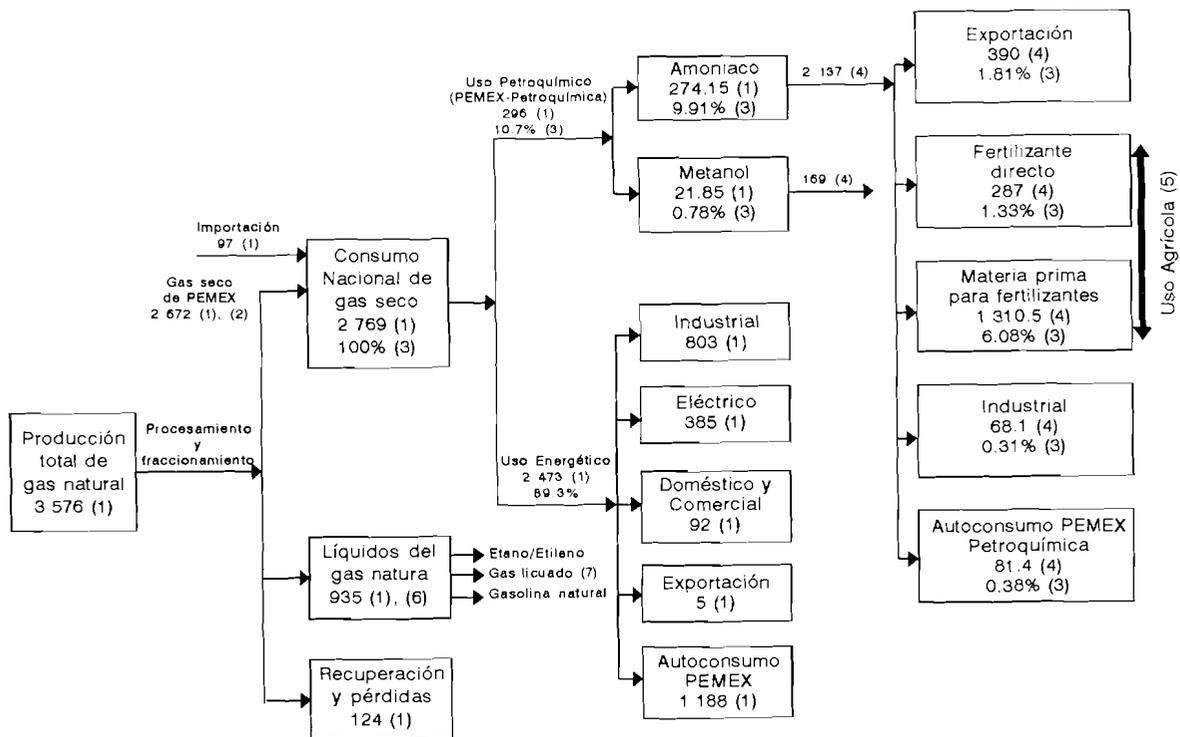
### **El consumo nacional de gas natural seco y su aplicación en la agricultura**

En 1993, la producción total de gas natural fue de 3 576 millones de pies cúbicos diarios (MMPCD), el cual se envió a procesamiento y fraccionamiento, para la producción de gas seco, líquidos de gas natural, recuperación y pérdidas; como se puede observar en el Diagrama 1.

En ese año, 1993, el consumo nacional de gas natural seco fue de 2 769 millones de pies cúbicos diarios (integrado por 2 672 MMPCD de Petróleos Mexicanos (PEMEX) y 97 MMPCD de importación), de los cuales el 89.1 por ciento fueron utilizados como energético en conjunto, por PEMEX, la Comisión Federal de Electricidad, el Sector Industrial y para uso doméstico y comercial; el 10.7 por ciento se consumió como materia prima por PEMEX-Petroquímica para la elaboración de amoníaco, metanol y otros productos petroquímicos y el 0.2 por ciento restante se canalizó a exportaciones. Los datos del consumo nacional de este hidrocarburo para 1992 y 1993, se presentan en la Tabla 1.

Ahora bien, del balance del consumo nacional de gas seco se observa que del 10.7 por ciento (296 MMPCD) que se destinaron a la producción de petroquímicos, 274.1 MMPCD se consumieron en la producción de amoníaco y 21.8 MMPCD en la elaboración de metanol, tal y como se presenta en el Diagrama 1. En 1993, PEMEX alcanzó una producción de 2 137 miles de toneladas de amoníaco, absorbiendo el 9.91 por ciento del consumo nacional de gas seco.

El 74.8 por ciento de la producción nacional de amoníaco, en otras palabras, 1 597.5 miles de toneladas, se destinaron al sector agrícola, de las



1) Millones de pies cúbicos diarios (MMPCD)

2) Incluye gas seco de PEMEX-Gas y Petroquímica (2 517 MMPCD), de campos de gas (134 MMPCD) y Balance (21 MMPCD)

3) Los porcentajes están referidos al consumo nacional de gas seco.

4) Miles de toneladas

5) Consumo de amoníaco para fertilizante: 1 597,5 miles de toneladas (74,8 por ciento de la producción total) empleando el 7,41 por ciento del consumo nacional de gas natural seco, consumiéndose en fertilizantes el 69,3 por ciento del gas seco que va a uso petroquímico.

6) Incluye autoconsumo por compresión.

7) A las cadenas petroquímicas del propano-propileno y butanos-butadieno.

Fuente: Comisión Nacional de Petróleo, Gas y Petroquímica con información de Petróleos Mexicanos.

Diagrama 1. Balance del consumo nacional del gas natural en 1993.

**Tabla 1**  
**Estados Unidos Mexicanos**  
**Consumo nacional de gas natural seco en 1992 y 1993**  
*millones de pies cúbicos diarios*

Uso destino	1992		1993	
	Volumen	%	Volumen	%
Sector energético	2 430.0	85.2	2 376.0	85.8
Petróleos Mexicanos	1 164.0	40.3	1 188.0	42.8
CFE	401.0	14.1	385.0	13.9
Industria nacional	865.0	30.8	803.0	29.0
Sector doméstico comercial	100.0	3.5	92.0	3.3
Subtotal	2 530.0	88.7	2 468.0	89.1
Materia prima petroquímica	320.0	11.3	296.0	10.7
Pemex Petroquímica	320.0	11.3	296.0	10.7
Exportación	0.0	0.0	5.0	0.2
Total	2 850.0	100.0	2 769.0	100.0

Fuente: Comisión Nacional de Petróleo, Gas y Petroquímica con datos de la Memoria de Labores 1993 de PEMEX.

cuales 287 mil se aplicaron como fertilizante directo y 1 310.5 miles de toneladas se utilizaron como materia prima para la fabricación de fertilizantes nitrogenados. El amoníaco restante se destinó a la exportación (18.2 %) y a uso industrial y otras aplicaciones (5.6 %).

De esta forma, se puede observar que el consumo nacional de amoníaco para el sector agrícola vía fertilizantes como energético-nutriente de las tierras de cultivo, expresado en función del gas natural seco, representó el 7.41 por ciento del consumo nacional de este hidrocarburo y absorbió el 69.3 por ciento del gas que se destinó a los derivados del metano en la industria petroquímica.

Por lo que respecta al gas natural, México presenta actualmente una situación favorable, ya que sus reservas probadas al 1° de enero de 1994 se estimaron en 69.7 billones de pies cúbicos, ubicándose como el décimosegundo a nivel mundial. En 1993, se alcanzó una producción de 3 570 millo-

nes de pies cúbicos, que permitieron abastecer el 97.5 por ciento de la demanda nacional y a la vez continuar la tendencia de reducir las importaciones de este hidrocarburo, las que representaron únicamente el 2.5 por ciento del consumo nacional.

Asimismo, PEMEX cuenta con una bien integrada infraestructura de gasoductos para el suministro de gas en cantidades suficientes que requieran las plantas productoras de amoniaco del Complejo Petroquímico de Cosoleacaque, que en conjunto tienen una capacidad instalada de 2 812 miles de toneladas, el cual es uno de los mayores centros productores en el mundo. Este complejo está identificado plenamente como un centro industrial que aprovecha en forma racional grandes cantidades de gas natural proveniente de la zona Sureste del país.

Es importante señalar que con dicha infraestructura, PEMEX cuenta con una capacidad suficiente para abastecer una demanda superior de este petroquímico, en el momento en que se llegara a definir una política de impulso y apoyo al campo. Cabe resaltar que en los últimos años se han tenido que operar las plantas a menor capacidad, llegando inclusive a parar la operación completa de algunas de ellas en diversos períodos del año; debido principalmente a una contracción en los mercados internacionales, a los que México ha concurrido tradicionalmente como exportador de amoniaco. Esta situación se ha debido en gran medida a la sobre-capacidad instalada que ha originado una sobre-oferta mundial con la consecuente reducción tanto en los precios internacionales como en los márgenes de utilidad del petroquímico.

Por su parte, las empresas productoras de fertilizantes nitrogenados, tienen una capacidad instalada de poco más de cinco millones de toneladas anuales en conjunto de sulfato de amonio, urea, nitrato de amonio, fosfato de amonio y complejos NPK, de las cuales en 1992 sólo se aprovechó el 61.5 por ciento de la misma.

De lo anterior se puede afirmar que en nuestro país existe una capacidad instalada de amoniaco suficiente para satisfacer plenamente la demanda nacional y cubrir cualquier requerimiento adicional para su aplicación como fertilizante.

Asimismo, el potencial en cuanto a las reservas de petróleo y gas natural, así como los niveles de producción alcanzados, garantizan el abasto nacional de estos hidrocarburos, tanto para suministrar la demanda de energía primaria como para cubrir los requerimientos de la industria petroquímica, orientándose en forma selectiva a la producción de los derivados del metano; metanol y amoníaco, destinado este último a fortalecer la cadena alimentaria nacional.

## PRECIO DEL DIESEL PARA USO AGRICOLA\*

*Jorge Villalobos Montalvo*

*Yolanda Mendoza*

Dirección Corporativa de Operaciones, PEMEX

---

### **Importancia del diesel en la agricultura**

El diesel es el combustible de uso más extendido en la agricultura, se emplea en tractores, motocultores, combinadas, empacadoras de forraje, revolventoras, desgrasadores, molinos, cosechadoras y máquinas de combustión interna para aserría, bombeo de agua y generación de electricidad.

Debido a que el suministro de diesel se realiza a través de distribuidores, entregas por mayoreo y estaciones de servicio, la estadística de su consumo en el campo es incierta. Pemex registra la estadística de entrega a distribuidores agropecuarios, sociedades cooperativas, etcétera, que representan la mayor parte de la demanda. Según estos datos el consumo de diesel en el país sería de 5.3 miles de barriles diarios (MBD), concentrado en los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Coahuila (Tabla 1). Sin embargo, en las zonas agrícolas del país es común ver tractores -y en algunos casos maquinaria más pesada- cargando diesel en estaciones de servicio. En base únicamente al parque de tractores, es posible estimar un consumo anual de diesel del orden de cinco MBD, faltando el consumo de otros tipos de maquinaria (Tabla 2).

Por otra parte, ha sido tradicional el empleo de diáfano como sustituto del diesel. Con la reducción significativa del suministro de diáfano, el incremento de su precio y la multiplicidad de sus usos, se hace difícil estimar cuánto consumen los agricultores, con excepción de la demanda para calefacción de cultivos frutícolas en Chihuahua que se subsidia en el invierno y para la cual existe control. Cabe señalar que Pemex discontinuó la producción de kerosinas que tradicionalmente se usaban en la agricultura: tracto-

\* Las opiniones vertidas por los autores no expresan, necesariamente, los criterios oficiales de la empresa en que prestan sus servicios.

**Tabla 1**  
**Volumen de ventas de diesel al sector agropecuario, 1993**  
*metros cúbicos*

Entidad	Promedio mensual
Aguascalientes	0
Baja California Norte	360
Baja California Sur	822
Campeche	801
Chiapas	50
Chihuahua	3 002
Coahuila	2 159
Colima	436
Distrito Federal	0
Durango	624
Guanajuato	893
Guerrero	0
Hidalgo	0
Jalisco	49
México	0
Michoacán	28
Morelos	0
Nayarit	70
Nuevo León	463
Oaxaca	0
Puebla	265
Querétaro	0
Quintana Roo	0
San Luis Potosí	0
Sinaloa	6 016
Sonora	7 972
Tabasco	0
Tamaulipas	901
Tlaxcala	0
Veracruz	0
Yucatán	90
Zacatecas	148
<b>Total</b>	<b>25 149</b>

**Nota:** No incluye ventas en estaciones de servicio.

El total equivale a 5.3 MBD

Fuente: PEMEX-Refinación, México, 1993.

gas y tractomex. Asimismo, que cierto tipo de maquinaria agrícola ha sido adaptada para el uso del gas licuado de petróleo, cuyo precio es considerablemente inferior al del diesel (51 por ciento sin ajustar por poder calórico y eficiencia).

**Tabla 2**

**Estimación del parque de maquinaria agrícola, 1993**

<b>Entidad</b>	<b>Total de tractores</b>	<b>Total de tractores activos</b>
Aguascalientes	1 901	1 040
Baja California Norte	4 478	4 478
Baja California Sur	1 452	1 452
Campeche	673	673
Chiapas	3 577	3 577
Chihuahua	912	912
Coahuila	2 123	2 123
Colima	1 662	1 662
Durango	7 748	2 715
Hidalgo	12 505	12 505
Jalisco	11 236	11 236
México	6 538	5 231
Nayarit	4 458	3 401
Nuevo León	273	273
Oaxaca	3 814	3 814
Quintana Roo	354	354
Región Lagunera	3 164	3 164
San Luis Potosí	3 099	3 099
Sonora	10 320	7 328
Tamaulipas	13 345	3 519
Tlaxcala	440	440
Veracruz	6 268	6 268
Yucatán	81	59
Zacatecas	17 550	17 550
<b>Total</b>	<b>117 971</b>	<b>96 873</b>

Fuente: Delegaciones de la SARH, 1993.

Si convenimos en usar la estadística de Pemex de los 5.3 MBD, en comparación con el consumo de electricidad para riego agrícola del orden de 17 000 GWh anuales equivalentes a energía primaria, el diesel representó 77 por ciento del consumo de electricidad para riego. Considerando el precio relativo actual de la electricidad para riego agrícola y el diesel, 0.15 pesos/kWh y 965 pesos/litro, es explicable que el uso de diesel en forma directa para bombeo sea muy bajo. Es conveniente aclarar que parte de la electricidad que se factura para riego tiene destino residencial en zonas rurales.

La intensidad de uso del diesel fluctúa según el cultivo (Tabla 3). Los granos requieren unos 230 litros/hectárea, las oleaginosas 180 y las frutas

**Tabla 3**  
**Estimación del consumo de diesel agrícola**  
**en el sur de Sonora, 1993**  
*Litros por hectárea*

Cultivo	Consumo de diesel
<b><i>Granos y Oleaginosas</i></b>	
Ajonjolí	184
Algodón	298
Cártamo	180
Cebada	227
Frijol O.I.	239
Frijol P.V.	170
Garbanzo	229
Maíz O.I.	255
Maíz P.V.	211
Plántago	238
Sorgo grano	207
Soya	187
Trigo	239
<b><i>Forrajes</i></b>	
Alfalfa establecimiento	345
Alfalfa mantenimiento	189
Praderas establecimiento	169
Sorgo forrajero	201
<b><i>Frutales</i></b>	
Naranja establecimiento	315
Naranja mantenimiento	134
Nogal establecimiento	295
Nogal mantenimiento	155
<b><i>Hortalizas</i></b>	
Brócoli	247
Calabacita	290
Chiles picosos	470
Melón	263
Otras	297
Papa	488
Sandía	293
Tomate de piso	394

**Fuente:** SARH, APHYM y Asociación de Organismos de Agricultores del Sur de Sonora, A.C.

como la naranja 134 (se utiliza principalmente en el mantenimiento del campo). En general el establecimiento del cultivo demanda más diesel que el mantenimiento. Productos "de piso" requieren mayor consumo; por ejemplo, la papa 488 lts/ha, los chiles 470 lts/ha y la sandía 293 lts/ha. Estos datos relativos a Sonora, con un grado alto de mecanización de la agricultura, aunados a la estimación del parque de maquinaria agrícola y consumos por entidad deja ver las desigualdades en el sector agrícola nacional. También los problemas de estadística, por ejemplo para Tamaulipas con alto grado de mecanización se reporta un consumo bajo de diesel a través de entregas por mayoreo.

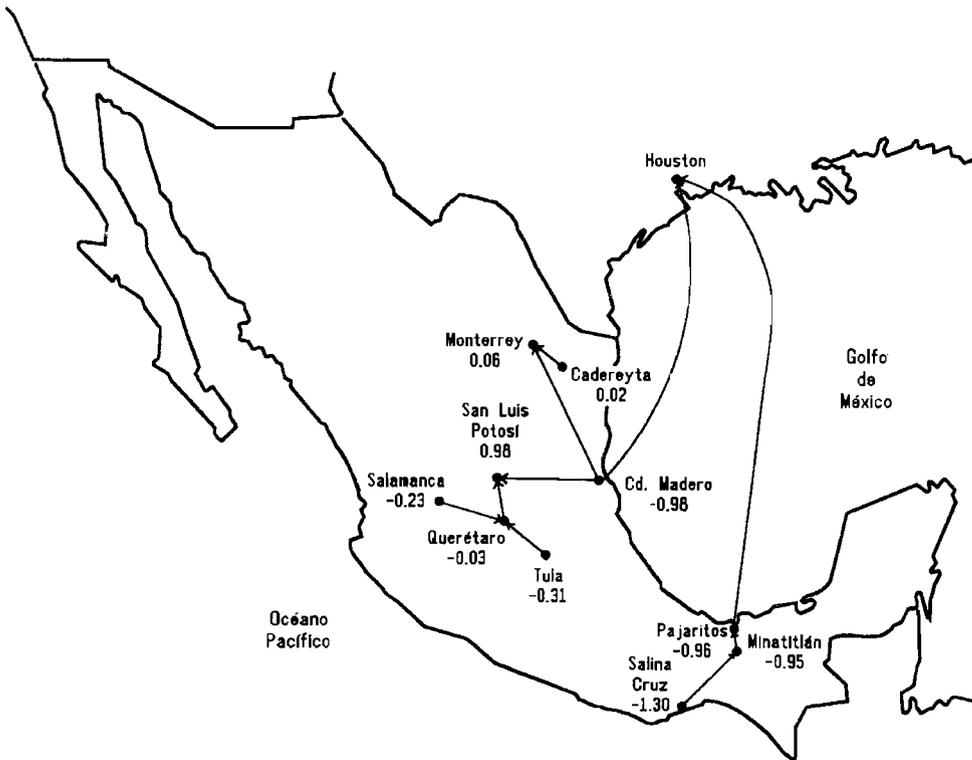
### **Política de precios de los productos petrolíferos, gas natural y productos petroquímicos**

A partir de marzo de 1991, el gobierno mexicano delegó la responsabilidad de fijar los precios internos de los productos petroleros al Comité de Precios de Productos Petrolíferos, Gas Natural y Productos Petroquímicos. Este Comité está integrado por las siguientes secretarías de Estado: Hacienda y Crédito Público; Comercio y Fomento Industrial; Energía, Minas e Industria Paraestatal y la Contraloría General de la Federación; así como por las empresas del grupo Pemex: Pemex-Refinación, Pemex-Gas y Petroquímica Básica, Pemex-Petroquímica; y el Corporativo (Operaciones, Finanzas y Contraloría). El presidente del Comité y la función administrativa general se ubican en la Dirección Corporativa de Operaciones de Pemex.

El Comité determinó una serie de políticas de precios para transitar ordenadamente de un régimen de precios administrados a uno de precios de mercado, aprovechando la oportunidad que representaba tener en ese momento precios bajos en el exterior. Los principales objetivos de la política de precios han sido:

- Reflejar hacia el país los precios vigentes en los mercados internacionales relevantes;
- Los precios deben evitar el otorgamiento de subsidios y el cobro de primas. Asimismo, enviar señales económicas apropiadas a los distintos agentes económicos;

- Los precios nacionales se ligan a los externos a través del ajuste logístico y reflejando diferencias por calidad. Ello simula la inserción de Pemex al mercado: el consumidor se coloca en situación de indiferencia entre comprar a Pemex o adquirir el producto del exterior. En el caso del diesel el ajuste más importante por calidad se refiere a sus contenidos de azufre y, en un futuro, a su contenido de compuestos aromáticos. La logística de exportación, paridad o importación se determina mediante la resolución de programas lineales y el balance nacional del producto. La logística nacional del diesel es de exportación, ya que el país es superavitario (Gráfica 1) en este producto;
- El mecanismo de precios debe ser transparente para los consumido-



**Gráfica 1.** Ajuste logístico del Diesel (*dólares por barril*), esto es, diferencia respecto al precio spot ajustado por calidad en el área de Houston.

res y debe reflejar niveles competitivos respecto a los mercados relevantes; y,

- El sistema precios productor debe basarse también en las premisas anteriores, con el propósito de otorgar claridad y segmentar las decisiones fiscales.

### **Precios del diesel**

Los impuestos a los productos petrolíferos se concentran, casi sin excepciones, en las gasolinas y el diesel automotrices por la facilidad para recolectarlos, justificarlos -v. gr., la necesidad de construir y mantener la infraestructura de transporte- y por ser bienes cuya demanda es inelástica. Adicionalmente, su aplicación reúne varios objetivos deseables de la política fiscal.

El precio al público de las gasolinas y el diesel, en todo el mundo, incorpora objetivos de política económica y fiscal, así como consideraciones de política energética, industrial, de desarrollo social y regional, y de competitividad comercial. Por esta razón, no es sorprendente que:

1. Al comparar precios al público de los combustibles automotrices en distintos países se estén confrontando en realidad diferentes regímenes fiscales.
2. La acción del mercado se limite a la fijación del precio productor y márgenes de comercialización.
3. No existan "reglas" de fijación de precios: cada país sigue la propia.

La Tabla 4 y las Gráficas 2 y 3 ilustran con mayor detalle estos puntos.

La Gráfica 4 muestra el mecanismo de formación de precios del diesel en economías de mercado. La determinación del precio en México sigue la misma lógica, con la importante excepción de que el precio al público esta administrado, por lo que el impuesto indirecto (IEPS en este caso) es variable. El precio *spot* se sustituye por un precio productor, que es el precio *net-*

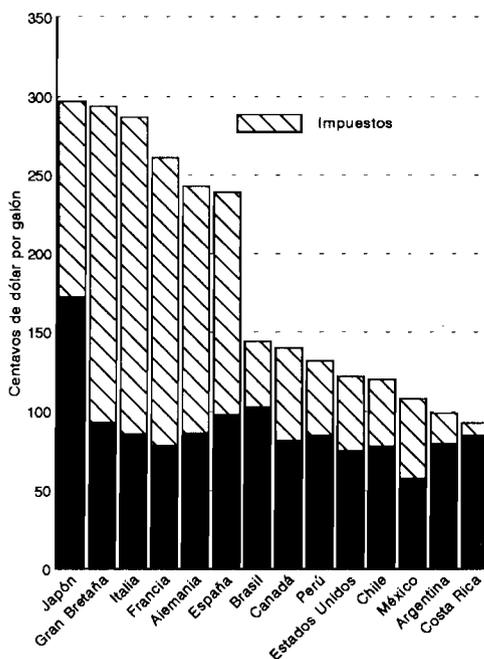
Tabla 4

**Comparación de tasa impositivas de gasolina y diesel en países seleccionados, marzo de 1994**  
*centavos de dólar por galón*

País	Gasolina			Diesel		
	Precio al público	Impuesto	Impuesto %	Precio al público	Impuesto	Impuesto %
Alemania	305	226	74.1	243	157	64.6
Canadá	136	72	52.9	140	59	42.1
España	298	206	69.1	239	142	59.4
Estados Unidos	105	41	39.1	122	47	38.5
Francia	344	274	79.7	261	182	69.7
Japón	443	207	46.7	297	125	42.1
Reino Unido	289	204	70.6	294	201	68.4
México	152	87	57.2	108	50	46.3

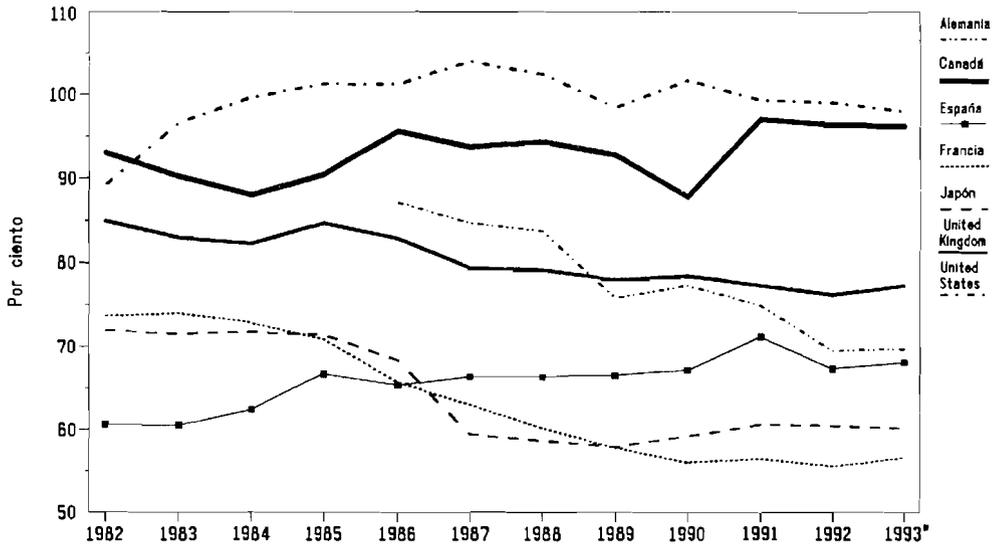
\* Por ciento del precio al público

Fuente: Energy Detente.



Fuente: Energy Detente (Lundberg).

**Gráfica 2.** Precio del diesel automotriz (*centavos de dólar por galón*) en países seleccionados, marzo 1994.



\* Primer trimestre.

Nota: En España, Francia y el Reino Unido se utiliza la gasolina *leaded premium* para la comparación.

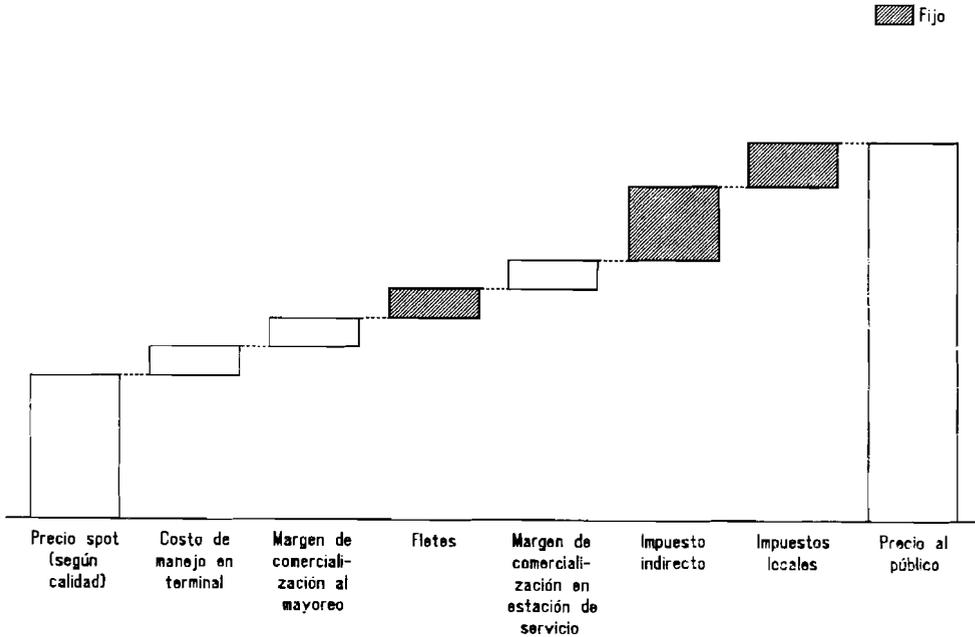
**Gráfica 3.** Relación de precios diesel-gasolina en países seleccionados.

*back* de exportación a la Costa de Norteamérica del Golfo de México (CNGM), el mercado relevante más profundo.

En especial, el precio del diesel automotriz se ha venido deslizando a un ritmo mensual de 10 N\$/m<sup>3</sup> debido a su rezago frente a los precios en Estados Unidos. Es muy probable que el ritmo de desliz se detenga o desacelere, ya que el combustible está próximo a alcanzar ya su nivel internacional y parece conveniente otorgar una ventaja al país al ser excedentario en diesel.

### Segmentación de mercados

Los mercados de diesel en los países industrializados están segmentados en cuanto a precios, canales de distribución y calidad del producto, tal y como se muestra en el Cuadro 1.



Gráfica 4. Formación del precio del diesel en economías de mercado.

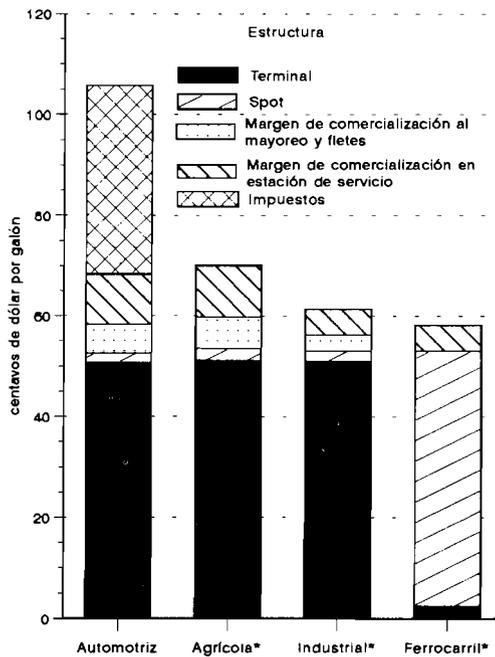
El acreditamiento de los impuestos (IEPS e IVA), para alinear los precios del diesel agrícola con Estados Unidos, representa una diferencia signi-

Cuadro 1

<b>Diesel automotriz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ Vehículos particulares</li> <li>{ Transporte de carga</li> <li>{ Transporte de pasajeros</li> </ul>	Estación de servicio/ distribuidores	Producto ligero de alto índice de cetano no diferenciado por color, bajo contenido de azufre y aromáticos L. A. diesel CARB.)	incluye impuesto indirecto
<b>Diesel no automotriz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ Embarcaciones</li> <li>{ Ferrocarriles</li> <li>{ Industria</li> <li>{ Generación de electricidad</li> <li>{ Uso agrícola</li> </ul>	Estaciones de servicio marino/ distribuidores Autoabastecimiento Distribuidores/ / Autoabastecimiento Autoabastecimiento/ Distribuidores	Producto más pesado con menor índice de cetano diferenciado por color, permite más alto contenido de azufre y aromáticos	Se acredita el impuesto indirecto Puede incluir impuestos locales

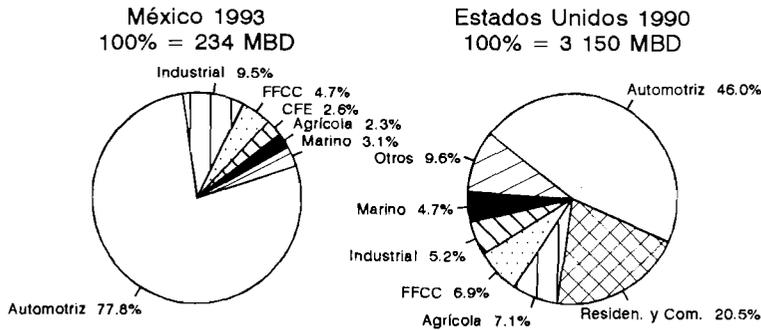
ficativa respecto del automotriz, entre 40 y 60 por ciento del precio (Ver Gráfica 5). Ello significa que de no hacerse este ajuste los agricultores mexicanos estarían en desventaja en precio de diesel frente a los agricultores en Estados Unidos y Canadá. Desde luego, las diferencias en el grado de mecanización, extensión por propietario de las tierras cultivables, riego, infraestructura de transporte e inclusive subsidios y tratamiento fiscal, otorgan otras muchas ventajas a los agricultores en dichos países.

La segmentación del mercado de diesel en México comenzó a instrumentarse en octubre de 1993, a través de un precio diferenciado para el diesel marino e industrial, este último incluye el uso en ferrocarriles y generación de electricidad. En el caso del diesel industrial se acredita el IEPS, pero no el impuesto al valor agregado dado que es un impuesto trasladable. La Gráfica 6 presenta los consumos por sector en México y Estados Unidos. La



\* El impuesto se acredita.

**Gráfica 5.** Comparación de precios a usuarios finales del diesel en Estados Unidos, 1992.



Fuente: U. S. EIA, *Fuel oil and kerosine sales, 1990*.  
 Pemex, *Anuario Estadístico, 1993, México*.

**Gráfica 6.** Consumo de diesel en México y Estados Unidos.

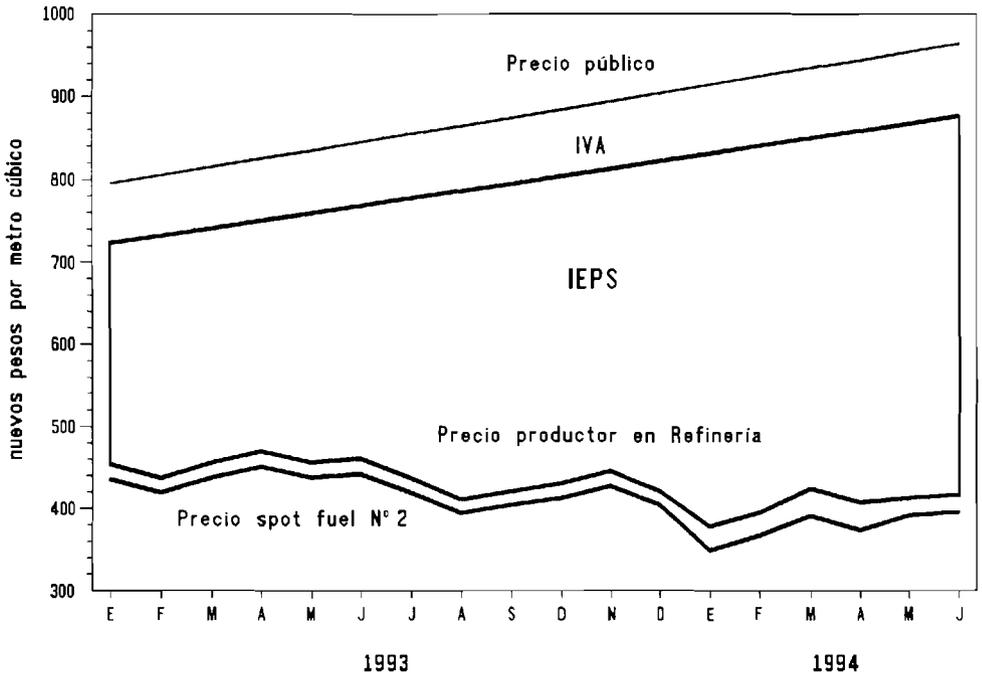
diferenciación por calidad será un proceso más lento, dado que el parque vehicular que utiliza diesel en el país es relativamente viejo y acepta indistintamente una amplia gama de calidades, lo que no ocurre en países industrializados en donde el parque es más selectivo. Actualmente en México se establecen diferencias por color, contenido de azufre y canal de distribución.

Era claro que el agricultor estaba en desventaja en precios del diesel frente a su contraparte norteamericana\*. Los problemas a resolver para acreditar impuestos eran como evitar la aparición de mercados paralelos y lograr la equidad, en el sentido de que el descuento llegara a todos los campesinos.

El mecanismo seleccionado para segmentar el precio del diesel agrícola ha sido de acreditamiento de impuestos -como en la mayoría de los países industrializados- ya que minimiza la aparición de mercados paralelos, dado que la carga impositiva representa una elevada proporción del precio al usuario final (Gráfica 7).

En los países industrializados los mercados se segmentan además del precio por:

\* Así lo hicieron notar a Pemex agricultores de Sonora, Sinaloa y Tamaulipas, en algunos casos con estudios de precios bien fundamentados.



Gráfica 7. Simulación del precio del diesel automotriz, 1993-1994.

- **Canales de distribución.** Al ser una actividad de mercado el suministro de diesel tiende a optimizarse.
- **Calidad** (índice de cetano, densidad y contenido de azufre). El color permite el control administrativo y fiscal.
- **Medidas de coacción y reglamentaciones fiscales** (por ejemplo, revender diesel automotriz constituye delito de evasión de impuestos, consumir diesel con más alto azufre viola disposiciones ambientales).

En México la segmentación de los mercados industrial y marino fue instrumentada sin problemas porque:

1. Los controles sobre los canales de distribución son adecuados (dis-

tribuidores pesqueros y estaciones marinas propias de Pemex, Distribuidores industriales).

2. Casi dos terceras partes de las ventas de diesel industrial son a Ferrocarriles Nacionales y a la Comisión Federal de Electricidad.
3. Los consumidores tienen registro como causantes ante la SHCP y pueden hacer efectivo el acreditamiento contra otros impuestos.

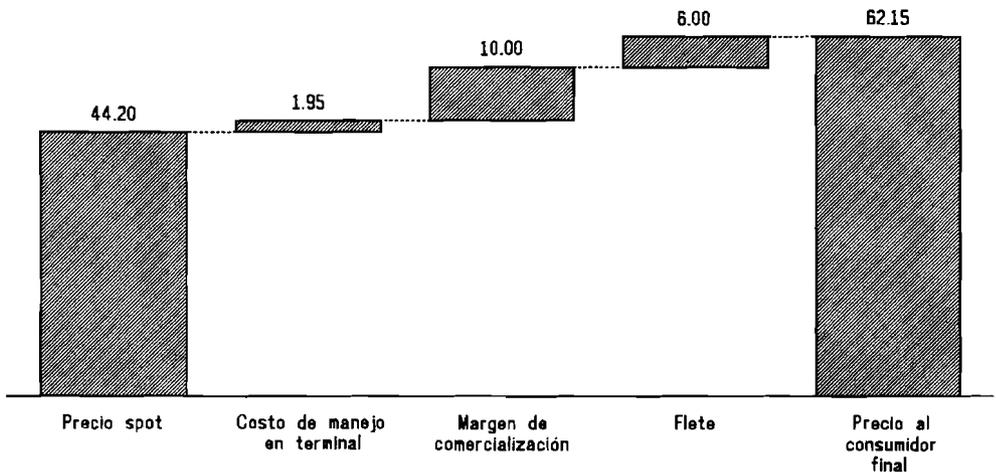
En el caso del uso agrícola no se tienen canales de distribución especiales que puedan ser administrados, los consumidores están atomizados y una proporción significativa de ellos no son causantes. Cabe señalar que se trata de un problema netamente fiscal, puesto que con el mecanismo de precios productor Pemex es indiferente al estar retribuido adecuadamente a través de éste precio. Por tanto, la solución debía ser planteada por la SHCP, lo cual se hizo recientemente.

El mecanismo para que los agricultores acrediten los impuestos en el diesel apareció como decreto en el Diario Oficial del seis de junio de 1994 (pp. 2 y 3). En resumen el mecanismo de acreditación señala:

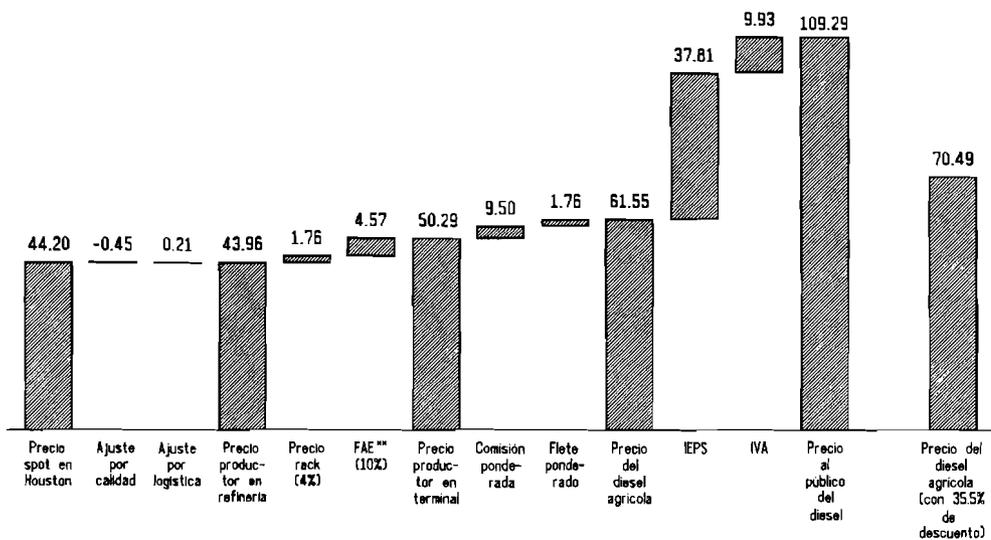
1. El precio del diesel objeto de ajuste es únicamente para maquinaria agrícola, ganadera y silvícola. El diesel para el autotransporte de productos agrícolas no entra en este régimen y tampoco el transporte de personas en ésta forma económica.
2. El acreditamiento es fijo: 35.5 por ciento del precio al público (incluyendo IVA). Si se detiene el desliz actual del precio al público el diesel automotriz se garantiza un nivel competitivo en Estados Unidos.
3. El acreditamiento se efectúa contra las contribuciones federales que determine la SHCP.
4. Los contribuyentes que se acojan al decreto deberán llevar un registro de control del consumo de diesel (mensual). Este registro deberá estar a disposición de las autoridades fiscales.

Las Gráficas 8 y 9 muestran la formación del precio del diesel agrícola, simulado para el mes de mayo de 1994 en México y el área de Houston, la cual cuenta con los precios más bajos en Estados Unidos. Como se observa, los niveles de precios se acercan lo suficiente como para pensar que el nivel general de precios en México y Estados Unidos es similar. Por ejemplo, en California el precio en terminal es, normalmente, entre cuatro y seis ¢/gal mayor, y en zonas rurales en las grandes planicies de Estados Unidos entre cinco y 10 ¢/gal más alto. Cabe señalar que *el factor fijo de 35.5 por ciento de descuento es una simplificación que facilitará la administración del precio. En sentido estricto sólo el descuento mensual del IEPS e IVA garantizará competitividad plena*, respecto al área de Houston.

Finalmente, la alineación de precios esta planteada. En la práctica, se espera que los mecanismos de control administrativo sean eficaces y no se generen mercados paralelos. Le queda a Pemex la tarea de crear la infraestructura necesaria para que la segmentación por calidad ayude en este proceso



**Gráfica 8.** Formación del precio (*centavos de dólar por galón*) del diesel agrícola en el área de Houston (promedio), mayo 1994.



Nota: Cotizaciones disponibles a mayo.

\*\* Factor de ajuste estructural otorgado a Pemex por la SHCP, el cual reconoce la importante diferencia en configuración entre las refinerías mexicanas y las norteamericanas.

**Gráfica 9.** Formación del precio (centavos de dólar por galón) del diesel agrícola en

# USO DE LA ENERGIA SOLAR EN EL SECADO DE MAIZ

*Felipe Muñoz Gutiérrez*  
Instituto de Ingeniería, UNAM

---

## Introducción

El secado de diferentes materiales usando la radiación solar ha sido realizado desde tiempos remotos en todo el mundo. Usualmente el material que se desea secar es puesto sobre el piso, permitiendo que los rayos solares incidan sobre él, y removiéndolo periódicamente para obtener uniformidad en el secado. Este procedimiento es simple y barato, sin embargo tiene la limitante de un reducido grado de secado del material ya que la fuerza motriz del proceso es la diferencia de presiones parciales de vapor a las temperaturas del material y del aire, según se verá adelante. Si el aire tiene una temperatura baja y una humedad relativa alta, la extensión del secado del material será muy poca e inclusive el proceso puede revertirse y obtener un material más húmedo que el original. Es obvio que las condiciones climáticas son determinantes en este tipo de secado; otro inconveniente es la acción nociva de roedores y ciertos animales depredadores.

La manera de lograr que los materiales tengan un mayor grado de sequedad es calentar el aire (u otro gas) y circularlo por el material; en este caso ya se usa algún recipiente cerrado que contiene el material. El aire es calentado al fluir por superficies metálicas, normalmente aletadas, calentadas por fuego directo, por vapor o por radiación infrarroja. En algunos casos el fluido de secado es gas, o mezcla de gases, provenientes de algún proceso de combustión.

Se ha determinado que cada material tiene su comportamiento específico ante el proceso de secado y también se conoce qué temperaturas son las que pueden soportar, sin llegar a sufrir algún daño en su estructura o en sus propiedades. En algunos casos este último hecho es muy importante. Por ejemplo se conoce que los productos pesqueros no resisten temperaturas mayores de 60 °C ya que se producen reacciones de saponificación que

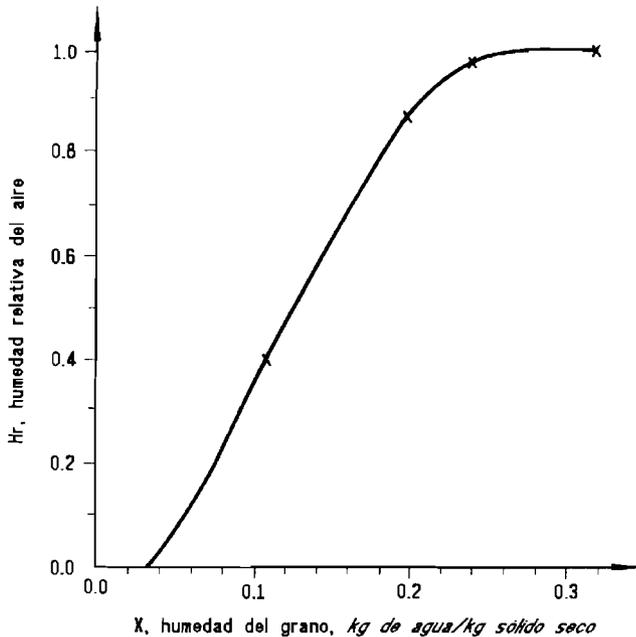
originan su descomposición. Otros como el pino y la caoba deben secarse a diferentes temperaturas y velocidades de secado, siendo un periodo de secado a temperaturas bajas, del orden de los 40-80 °C. El maíz, que es la sustancia que nos interesa en este caso, debe secarse y conservarse a temperaturas menores de 80 °C ya que en caso contrario sus propiedades nutritivas se ven afectadas. Ya que temperaturas del orden de los 40-80 °C pueden alcanzarse con relativa facilidad en colectores solares planos, entonces surge la factibilidad técnica de usarlos para secar los materiales mencionados. En el Instituto de Ingeniería se diseñó un prototipo de secador solar para secar maíz; posteriormente en este mismo prototipo se secaron madera (pino) y pescado (tilapia y charal)<sup>1,2</sup>.

En este trabajo se presentan los resultados que se tuvieron al secar maíz en un dispositivo de laboratorio y algunos conceptos del secado y calentamiento solar. Se muestran ecuaciones teóricas de calentamiento solar de aire en dispositivos tipo túnel.

### **Aspectos generales del secado**

La humedad contenida en un sólido húmedo ejerce una presión de vapor que es función de la naturaleza de la humedad, del tipo de sólido y de la temperatura. Si aire con cierta humedad relativa, la cual se define como la presión parcial del agua dividida por la presión de vapor de agua, se pasa a través de sólido húmedo éste perderá o ganará humedad (del aire) hasta que la presión de vapor de la humedad del sólido iguale a la presión parcial del agua del aire. Al ocurrir esto último, se dice que existe el equilibrio a las condiciones prevalecientes.

La Figura 1 muestra la curva de equilibrio para maíz amarillo duro a una temperatura de 25 °C<sup>3</sup>. Se puede observar que si el sólido contiene inicialmente una humedad de 0.2 kg de agua/kg de sólido seco y se le pone en contacto con una corriente de aire, de una humedad relativa de 0.4, después de cierto tiempo, el sólido alcanza una humedad de 0.12 kg de agua/kg de sólido seco, permaneciendo constante, no importa el tiempo que se siga pasando el aire. Una humedad menor del grano sólo se logrará usando aire con una menor humedad relativa. En alguna carta psicrométrica<sup>4</sup> se puede observar que aire a 20 °C y humedad absoluta de 0.01 kg de agua/kg aire se-



**Figura 1.** Curva de equilibrio para maíz amarillo duro.

co se tiene que calentar a 29 °C para disminuir su humedad relativa a 0.4. Otros aspectos más profundos sobre el proceso de secado pueden obtenerse de la bibliografía<sup>5,6,7</sup>.

### Calentamiento y secado solar

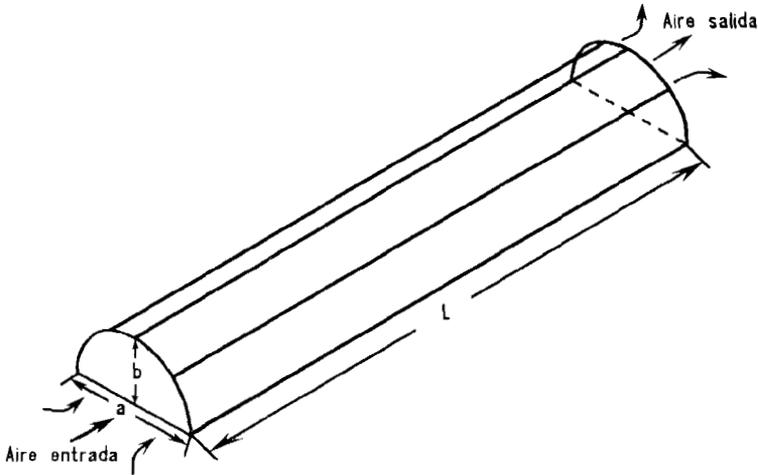
La aplicación más simple de la energía solar es captarla con un colector o captador plano. Sin embargo la utilización óptima de la radiación solar requiere del conocimiento de las características de la radiación y de la superficie que la capta.

La radiación solar se compone de ondas electromagnéticas provenientes del sol. Este puede considerarse como un cuerpo negro, emitiendo a una temperatura de 5 762 °K. Se considera que la radiación solar no sufre alteraciones durante su trayecto en el espacio exterior a la atmósfera. Varios investigadores han medido la radiación solar que incide sobre una placa plana

en el exterior de la atmósfera; el valor más aceptado es de  $1.353 \text{ kW/m}^2$  y se le conoce como constante solar. Dentro de la atmósfera, la radiación solar es reflejada, dispersada y absorbida por los componentes usuales de aquella como son  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y partículas. Por tanto la radiación solar que incidirá sobre un cuerpo sobre la superficie de la tierra será menor que la constante solar. Conociendo la cantidad disponible de radiación solar, su uso requiere tomar en cuenta los movimientos diarios y anuales del sol sobre un lugar específico y luego determinar las propiedades de la superficie captadora de la radiación. Estas propiedades son el coeficiente de absorptancia, la relación de radiación que incide a la que se absorbe, y la emitancia, fracción de radiación que se emite a la temperatura de la superficie captadora. La superficie captadora más sencilla es una placa metálica recubierta con pintura negra (absortancia = 0.9, emitancia = 0.9) o recubierta con alguna superficie selectiva. En el Instituto de Ingeniería, UNAM se desarrolló el ebonol y el cromo negro, que tienen una absorptancia de 0.9 y una emitancia de 0.2<sup>8</sup>.

La superficie captadora de la radiación se calentará y podrá transferir calor a algún fluido. En las simulaciones y en el diseño de sistemas de calentamiento solares se recomienda utilizar una energía útil de  $200 \text{ W/m}^2$ . Efectuando cálculos termodinámicos se determina que 200 W de energía pueden calentar  $3.32 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$ , equivalentes a  $2.56 \text{ m}^3/\text{s}$  a condiciones normales, de aire de 20 a 80 °C. Lo importante en este caso resulta determinar cómo se arregla el  $\text{m}^2$  de área para realizar el calentamiento. Se conoce que los calentadores solares de aire más utilizados son los de túnel que son ductos semicirculares a través de los cuales se sopla aire; los ductos se recubren con plástico transparente.

En la Figura 2 se muestra esquemáticamente este tipo de calentador. Otros calentadores son tubos aletados, adheridos a una lámina, por los que circula el aire y recubiertos con plástico o vidrio. Otros más son emparedados de lámina y vidrio, circulando el aire por el espacio intermedio. El aire caliente se circula en medio del sólido, fijo o en movimiento, que se desea secar. Los secadores habituales son grandes edificaciones rectangulares con el sólido colocado sobre tarimas o mallas de alambre. Haciendo cálculos básicos se determina que 200 W de energía evaporan 0.31 kg/h de agua a 80 °C, que sería el agua quitada al sólido despreciando el calor sensible de



**Figura 2.** Esquema de un calentador de aire tipo túnel.

éste. Entonces si se desea disminuir la humedad de una tonelada de sólido de 20 por ciento a 10 por ciento se requerirán 323 horas de secado o 323 m<sup>2</sup> de área de captación para un tiempo de una hora.

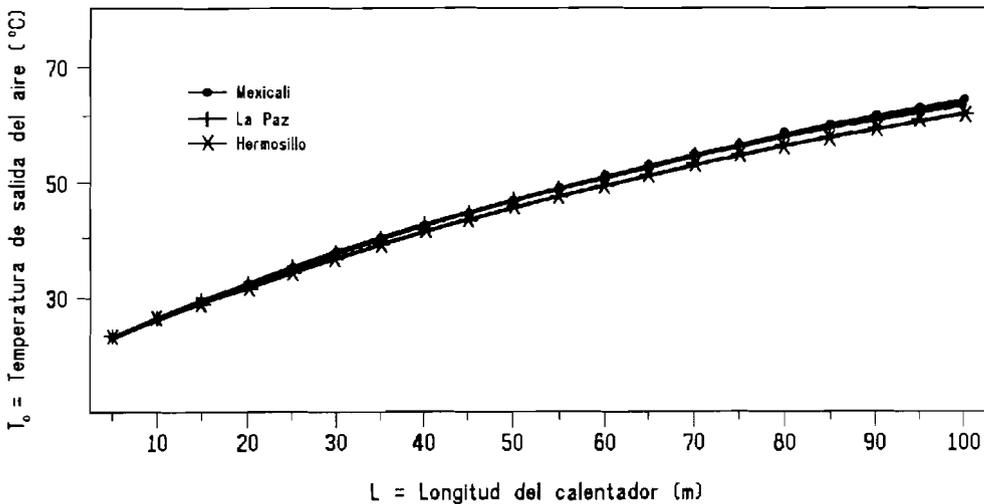
Los cálculos mostrados son meramente un ejercicio para mostrar al lector los órdenes de magnitud de que se está hablando. Siendo el secado de un sólido una operación microscópica de flujo de líquido y vapor a través de un medio poroso, la realidad es bastante diferente a los números mostrados. De esencial importancia resulta el tiempo de secado que es obtenido experimentalmente para cada sólido, temperaturas, grados de humedad y arreglo del secador específicos<sup>6,7</sup>.

En el trabajo de Acevedo<sup>9</sup> se elaboró un modelo matemático que, una vez resuelto, produce la variación de la temperatura de una placa absorbadora y del aire que circula por encima de ella en un arreglo similar al de la Figura 2. Las expresiones obtenidas son:

$$T_p = (15 - A - B) e^{kt} + C + D \operatorname{sen}(wt) + E \operatorname{cos}(wt) \quad (1)$$

$$T_a = (20 - T_p) e^{Fz} + T_p \quad (2)$$

donde  $T_p$  = temperatura de la placa;  $T_a$  = temperatura del aire;  $t$  = tiempo;  $z$  = distancia;  $w$  = ángulo de fase y A, B, C, D, E, F = constantes. Las constantes dependen de la radiación solar, temperatura del aire ambiente, propiedades absortivas de la placa y velocidad del aire. Las ecuaciones (1) y (2) se aplicaron a 30 ciudades de la República Mexicana. En la Figura 3 se muestran las temperaturas del aire que circula por el calentador para tres ciudades del noroeste del país, pudiéndose observar que se alcanzan temperaturas del orden de los 70 °C a una distancia de 95 m. El gasto de aire es de 0.36 m<sup>3</sup>/s, el ancho 2 m y la altura 0.2 m.



**Figura 3.** Temperaturas de circulación del aire para tres localidades (Mexicali, La Paz y Hermosillo) de la República Mexicana.

### Secado solar de maíz amarillo duro

En el año de 1977 se tuvo conocimiento del estudio de la radiación por iones de granos de maíz como un medio de repeler el ataque de insectos y hongos sobre el grano, originado por el alto contenido de humedad<sup>10</sup>. Profundizando un poco sobre los motivos que originaron el estudio, se supo que en nuestro país había pérdidas gigantescas (miles de toneladas diarias) de maíz, por las razones mencionadas, que invariablemente se presentan al

rebasar el grano determinado límite de humedad. Este problema toma visos de primordial importancia debido a que el grano es parte de la dieta de la mayoría de los mexicanos, tanto de esa como de otras clases de maíz. Según se sabe, desde esa fecha hasta la actualidad, el problema no se ha resuelto e inclusive se tiene que importar cantidades muy grandes de maíz. Como una alternativa, para evitar pérdidas por exceso de humedad, se puede secar y acondicionar el grano con aire calentado por el sol.

A continuación se dan a conocer algunos resultados que se tuvieron al secar maíz amarillo duro. El grano tiene un límite de seguridad de 13 por ciento de humedad o 0.149 kg de agua/kg sólido seco<sup>10</sup> por lo que aire caliente con una humedad relativa de 0.6 podrá servir para secar. Aproximadamente esto equivale a calentar el aire a temperaturas de 35-40 °C. El secador utilizado se muestra en la Figura 4 y consiste de un cilindro de lámina galvanizada, abierto en la parte superior. A 10 cm del fondo se encuentra un ducto de aire que termina en el calentador solar, justo a la entrada de aire. El calentador se forma con una lámina negra (pintura), con difusores para mejor distribución del aire, encerrada por una hoja de vidrio de 1.9 m<sup>2</sup> de área. Los resultados de los experimentos son los siguientes:

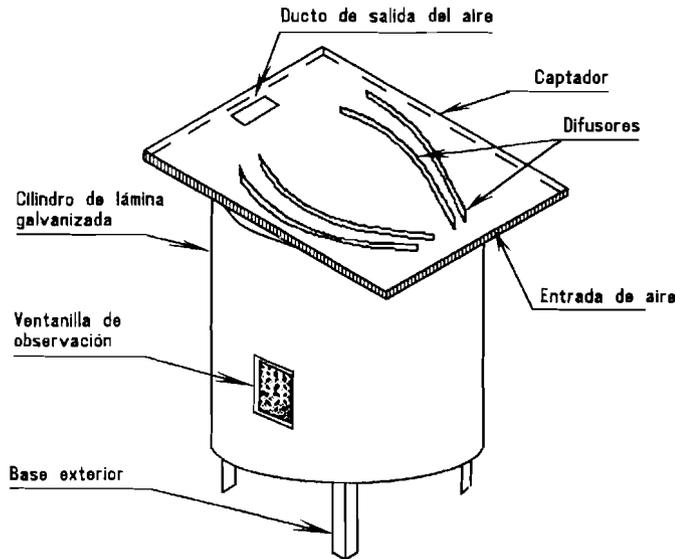


Figura 4. Arreglo experimental empleado en el secado solar del maíz.

- Temperatura promedio del aire: 38.7 °C;
- Cantidad de maíz secado: 250 kg;
- Intervalo de humedad: 19.00 por ciento a 11.56 por ciento;
- Gasto volumétrico de aire:  $2.14 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Radiación solar promedio: 468 W/m<sup>2</sup>; y,
- Tiempo de secado: 45.5 horas.

Con las pruebas experimentales se demostró la factibilidad técnica para secar el maíz usando la radiación solar.

La continuación de las pruebas no fue posible debido a que las autoridades gubernamentales, mostraron nulo interés por los resultados, basándose en que las pérdidas de maíz por exceso de humedad no existían.

## Conclusiones

El secado solar de granos, y en especial del maíz, es factible técnicamente. Se conocen secadores del orden de 10 toneladas diarias operando en varias partes del mundo. En especial, la mayoría de los secadores se ubican en países pobres que no tienen o carecen de recursos energéticos como el petróleo o su población es muy grande como Haití, Cuba, India y China.

Los resultados teóricos y experimentales, mostrados en este trabajo, se deben tomar con cuidado ya que se requiere más trabajo experimental para validar los resultados y para extrapolarlos a otras condiciones de trabajo (velocidad de aire, radiación solar, material a secar, etcétera).

En el caso de secado de maíz, y quizás para el caso de algún otro grano básico, se recomienda establecer claramente si existe la necesidad del secado y si la alternativa solar es atractiva. El autor de este trabajo piensa que sí lo es.

## Referencias

1. Fernández, J. L., *et. al.*, *Secado Solar de Granos*, informe interno del Instituto de Ingeniería, UNAM, mayo, 1977.
2. Fernández, J. L., *et. al.*, *Factibilidad del Secado Solar de Granos*, Informe interno del Instituto de Ingeniería, UNAM, septiembre, 1977.
3. Ramírez Genel, M., *Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas*, CECSA, México, 1976.
4. Perry, R. and C. Chilton, *Chemical Engineers' Handbook*, Fifth edition, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, Tokyo, 1973.
5. Almanza, R. y F. Muñoz, *Ingeniería de la Energía Solar*, El Colegio Nacional, México, 1994.
6. A. Foust, *et. al.*, *Principles of Unit Operations*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1960.
7. Treybal, R., *Mass Transfer Operations*, Second Edition, McGraw-Hill Book Co., New York, 1968.
8. Muñoz, F. y E. Barrera, *Superficies Selectivas para el Aprovechamiento de la Energía Solar*, *Dynamis*, Año 3, N° 5 y 6, sep-dic, 1991.
9. Acevedo, C., *Modelación de Cuatro Dispositivos Solares (calentador de agua, calentador de aire, destilador y estanque)*, tesis profesional, Facultad de Química, UNAM, 1990.
10. Adem, E., Comunicación personal.



## **SITUACION DE LA PRODUCCION Y EL CONSUMO DE FERTILIZANTES EN MEXICO**

*Jorge Bazúa Rueda*

Dirección de Gas y Petroquímica Básica, SEMIP

---

### **Capacidad y producción de fertilizantes**

La industria nacional de fertilizantes observó un crecimiento dinámico a lo largo de cuatro décadas, que le permitió conformar una estructura productiva a la altura de las necesidades del país. Gracias a este crecimiento, disponemos de capacidad suficiente para cubrir plenamente la demanda de fertilizantes nitrogenados, fosforados y complejos. Sin embargo, a raíz de la apertura comercial y la desincorporación de Fertimex, la industria nacional ha perdido terreno frente a los productores del exterior, lo que ha implicado que la producción haya caído 26 por ciento en los últimos tres años (Gráfica 1) y que la utilización de la capacidad haya descendido de 83 por ciento a 65 por ciento.

### **Producción y consumo de fertilizantes**

El desarrollo de la industria de fertilizantes estuvo sustentado durante esas cuatro décadas en una demanda creciente, la cual en ocasiones superó el crecimiento de la producción (Gráfica 2) y tuvo que ser cubierta con importaciones complementarias. La tendencia de crecimiento de la demanda se interrumpió en 1983 y a partir de entonces, el consumo de fertilizantes (Gráfica 2) en nuestro país se ha mantenido virtualmente estancado, lo cual es sin duda preocupante para una nación con graves rezagos en materia agrícola.

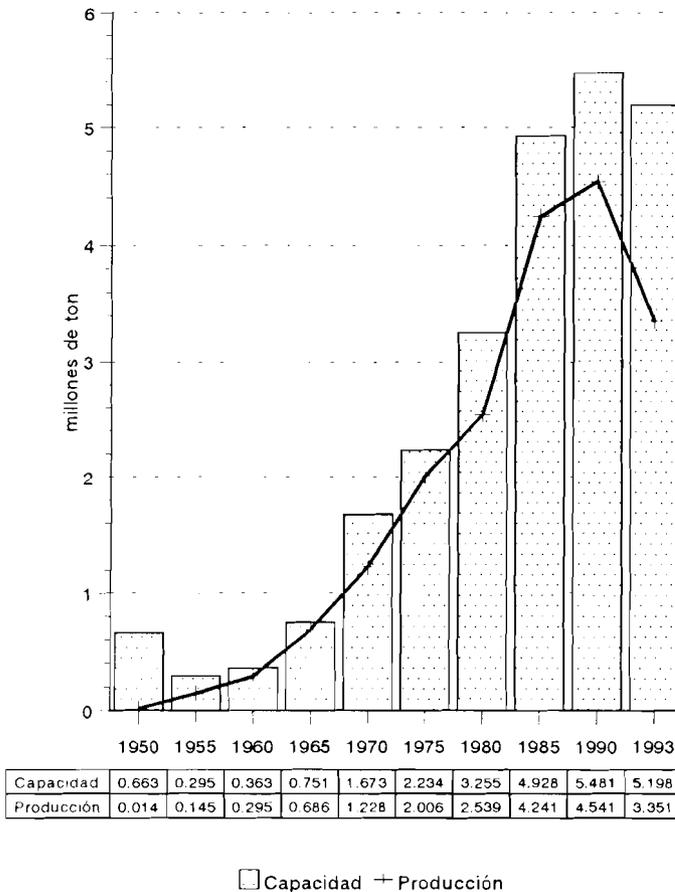
### **Importación y exportación de fertilizantes**

Con una demanda estancada a lo largo de los últimos diez años, la industria de fertilizantes estuvo en posibilidad, en un principio, de rebasar el consumo nacional, lo que le permitió abatir las importaciones y generar

cuantiosos excedentes para exportación (Gráfica 3). Sin embargo, la situación se invirtió de nuevo a partir de 1990 con la caída de producción nacional y el incremento de las importaciones, que en los últimos tres años se han multiplicado en once veces y han llegado a cubrir el 25 por ciento del consumo nacional.

### Producción y rendimiento de cultivos básicos

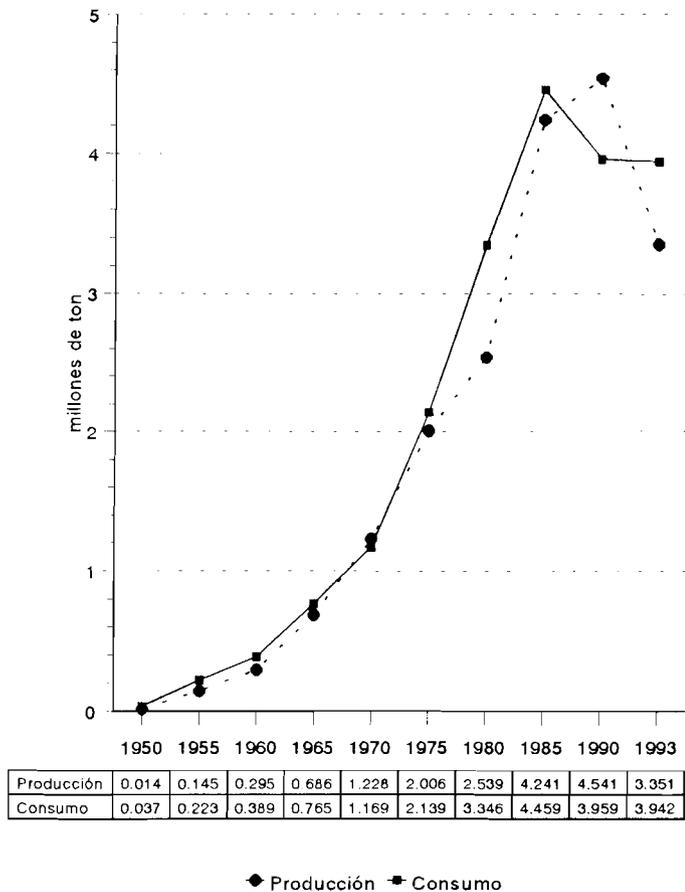
El crecimiento de la producción agrícola se ha sustentado en gran medida en la elevación de los rendimientos de los cultivos, lo cual no hubiera



**Gráfica 1.** Capacidad y producción de fertilizantes en México.

sido posible sin los avances que se dieron en materia de fertilización agrícola.

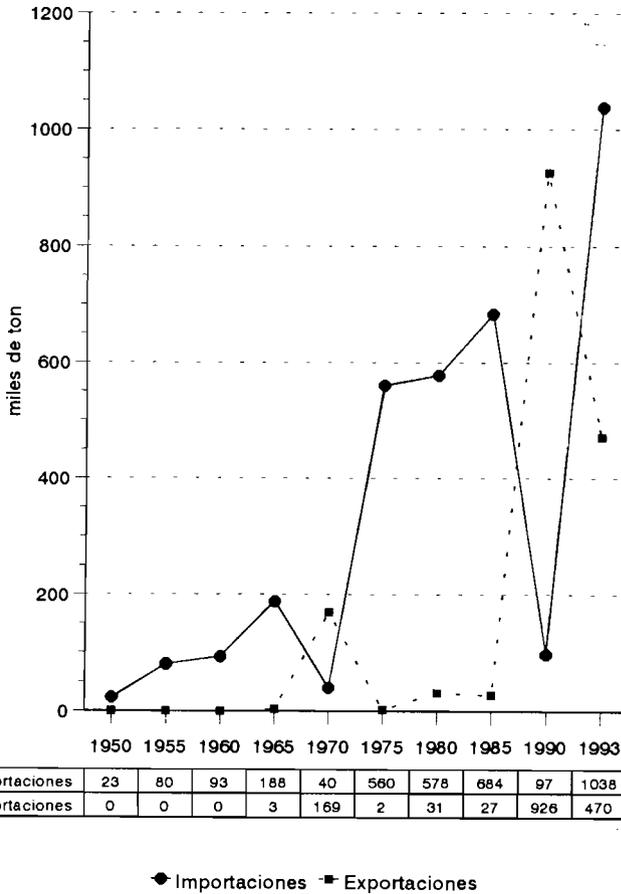
Entre 1960 y 1985, la producción (Gráfica 4) de los cuatro principales cultivos (maíz, frijol, sorgo y trigo) aumentó en 3.7 veces, debiéndose en un 60 por ciento a la elevación de los rendimientos y el 40 por ciento restante al crecimiento de la superficie. Durante este período, la superficie fertilizada aumentó siete veces y llegó a cubrir el 60 por ciento de la superficie cosechada, frente al 16 por ciento que se tenía en 1960.



**Gráfica 2.** Producción y consumo de fertilizantes sólidos en México.

### Consumo de fertilizantes y rendimiento agrícola en México

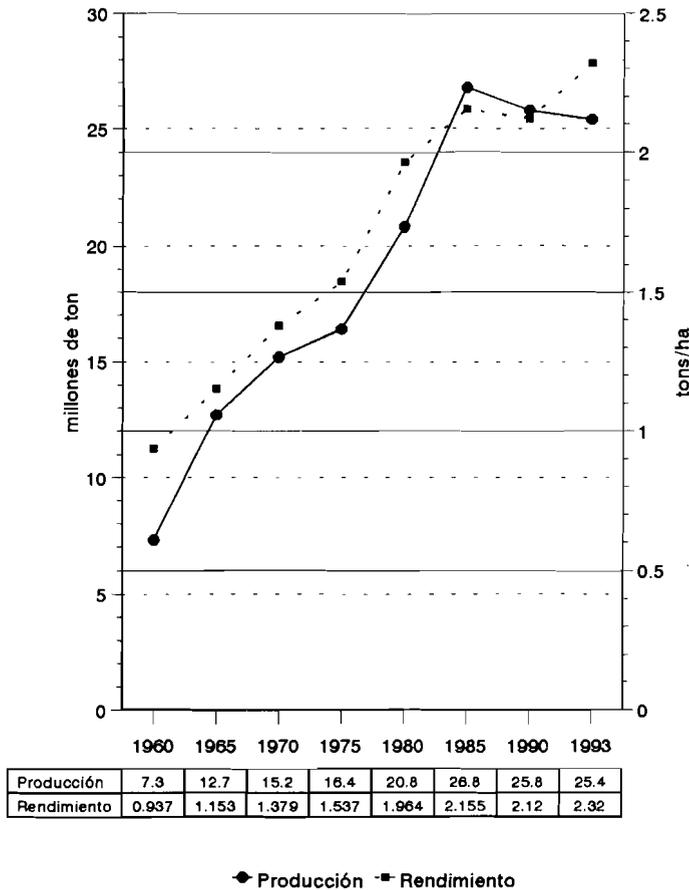
El uso creciente de fertilizantes (Gráfica 5) ha sido, sin duda, uno de los factores que más ha influido en el aumento de la productividad agrícola. Entre 1960 y 1985, el rendimiento promedio de los cuatro principales cultivos se elevó 2.3 veces, gracias a un uso más amplio e intensivo de fertilizantes, al haber aumentado el consumo medio de nutrientes en la superficie total de cultivo de 13 a 85 kilogramos por hectárea.



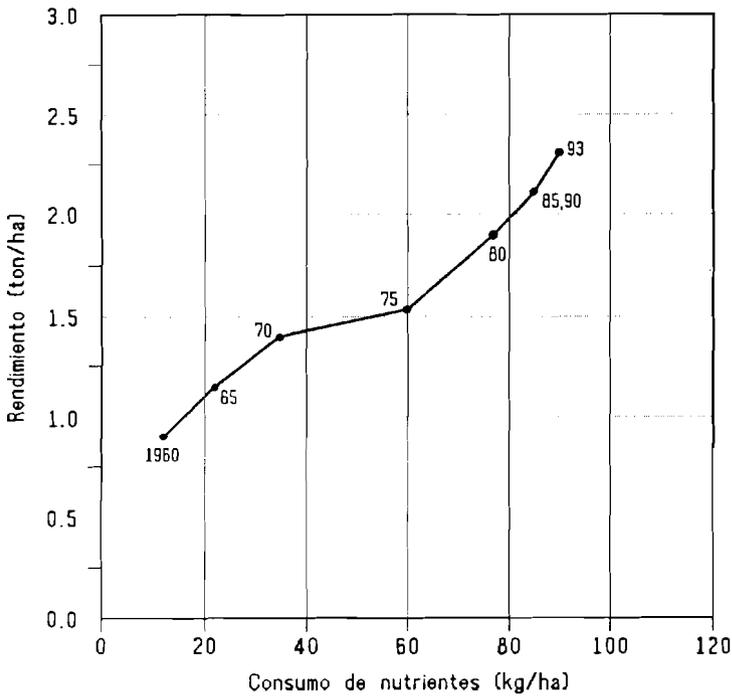
Gráfica 3. Importación y exportación de fertilizantes en México.

### Consumo de fertilizantes y rendimiento agrícola en el Mundo

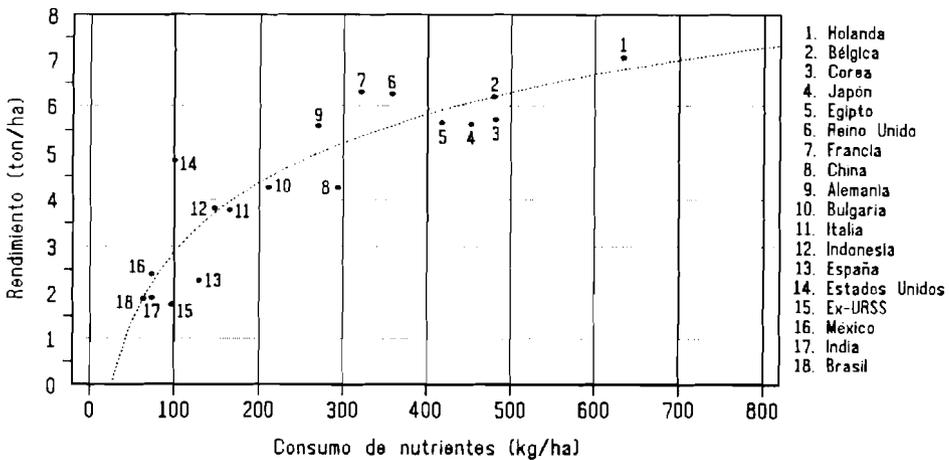
No obstante el avance logrado, los niveles de fertilización en México continúan siendo bajos en la mayoría de las tierras de cultivo, sobre todo si nos comparamos con los países que cuentan con una agricultura avanzada, donde se aplican más de 300 kilogramos por hectárea de nutrientes y se obtienen rendimientos (Gráfica 6) en cereales cercanos o superiores a 5 toneladas por hectárea. Resulta importante destacar el caso de China, que hace veinte años se encontraba junto con México entre los países de bajo consumo de fertilizantes y baja productividad agrícola, pero en el transcurso de



**Gráfica 4.** Producción y rendimiento de cultivos básicos en México.



**Gráfica 5.** Consumo de fertilizantes (*consumo de nutrientes en la superficie cosechada*) y rendimientos (*maíz, frijol, sorgo y trigo*) de cultivos en México.



**Gráfica 6.** Consumo de fertilizantes (*consumo de nutrientes en la superficie total de cultivo*) y rendimientos (*medio en cereales*) agrícolas a nivel mundial en 1992.

las dos últimas décadas ha aumentado notablemente su uso de fertilizantes y se ha incorporado al selecto grupo de países con rendimientos en cereales superiores a cuatro toneladas por hectárea.

### Indicadores de producción y consumo de fertilizantes en 1992

A nivel mundial, México ocupa el décimo primer lugar en producción de fertilizantes, siendo este lugar el mismo que ocupamos en población y superficie agrícola, lo que en principio podría sugerir que nuestra industria de fertilizantes es de tamaño proporcional al país. Sin embargo, los niveles de producción y consumo de fertilizantes en México medidos en términos per cápita y en relación a la superficie agrícola, son inferiores al promedio mundial (Tabla 1) y se encuentra incluso muy distantes de países en desarrollo como China, Corea, Egipto e Indonesia.

### Indicadores de la Actividad Agrícola en 1992

México cuenta con el 1.7 por ciento de la superficie agrícola del mundo y el 1.5 por ciento de la superficie dedicada a cereales, lo cual resulta equivalente al tamaño relativo de la población de nuestro país, que representa el 1.6 por ciento del total mundial. Pero en México producimos per cápita menos cereales que en el mundo (Tabla 2) y solo una quinta parte de los que se generan en Estados Unidos. La producción por cada persona dedicada a la agricultura es en nuestro país un poco mayor que el promedio mundial, pero representa 47 veces menos que en Estados Unidos.

**Tabla 1**

### Indicadores de producción y consumo de fertilizantes en 1992

Concepto	Total mundial	México	Estados Unidos
Producción nutrientes ( <i>millones tons</i> )	143.3	1.9	24.8
Consumo nutrientes ( <i>millones tons</i> )	134.0	1.7	18.7
Producción nutrientes per cápita ( <i>kg</i> )	26.2	22.0	97.3
Consumo nutrientes per cápita ( <i>kg</i> )	24.4	18.8	73.5
Producción media nutrientes ( <i>kg/ha</i> )	99	79	132
Consumo medio nutrientes ( <i>kg/ha</i> )	93	67	100

Fuente: FAO

Tabla 2

## Indicadores de la actividad agrícola en 1992

Concepto	Total mundial	México	Estados Unidos
Superficie agrícola ( <i>millones ha</i> )	1 441.6	24.7	187.8
Superficie cereales ( <i>millones ha</i> )	699.6	10.1	65.9
Producción cereales ( <i>millones ton</i> )	1 952.2	24.7	353.4
Producción cereales per cápita ( <i>kg</i> )	356	281	1 386
Producción cereales /PEA agrícola ( <i>ton</i> )	1.7	2.8	131.5
Rendimiento medio cereales ( <i>ton/ha</i> )	2.8	2.4	5.4

PEA- Población Económicamente Activa

Fuente: FAO

## Productividad en el cultivo de maíz en México y Estados Unidos

El aspecto más dramático de nuestra agricultura lo constituye sin duda la baja productividad del principal cultivo nacional, el maíz.

En México, el predio promedio en el cultivo del maíz es de alrededor de cinco hectáreas (Tabla 3), el cual es trabajado por lo general por dos personas con un rendimiento medio de dos toneladas por hectárea, de manera que estas dos personas producen 10 toneladas al año, a razón de cinco toneladas cada uno.

En Estados Unidos, el predio medio varía de 50 a 100 hectáreas, dependiendo de los niveles de mecanización, el cual es trabajado por tres per-

Tabla 3

## Productividad en el cultivo de maíz en México y Estados Unidos

Concepto	México	Estados Unidos	
		<i>baja</i>	<i>alta</i>
Superficie promedio por predio ( <i>ha</i> )	5	50	100
Número de trabajadores por predio	2	3	3
Aplicación de nutrientes ( <i>kg/ha</i> )	50	200	400
Rendimiento medio ( <i>ton/ha</i> )	2	6	9
Producción anual ( <i>ton</i> )	10	300	900
Producción por trabajador ( <i>ton</i> )	5	100	300

sonas, que obtienen rendimientos entre seis y nueve toneladas por hectárea, con base en un uso intensivo de fertilizantes y otros insumos agrícolas, lo cual se traduce en una producción anual de 300 a 900 toneladas. Por cada trabajador, la producción va de 100 a 300 toneladas, es decir, 20 veces más que en México en el peor de los casos y 60 veces más en las zonas de alta productividad.

Lo anterior muestra un serio problema de rezago agrícola para un país que está pretendiendo incorporarse al club de las naciones industrializadas.



# **AHORRO DE AGUA Y ENERGIA EN UNA PLANTA ENLATADORA**

*Amalia González Torres*  
Productos del Monte

---

## **Introducción**

La eficiencia máxima en la utilización del consumo de energía merece alta prioridad, es un elemento indispensable para la sociedad; la conservación de la energía es un área de gran importancia aunada a la preservación del medio ambiente, la conservación de recursos no renovables, el mejoramiento del bienestar general y la disponibilidad de recursos del capital para invertir en proyectos con prioridades más altas.

Actualmente se promueve la eficiencia en los mecanismos para lograr su mejor aprovechamiento y ahorro, y con ello convertir el ahorro en una oportunidad de negocios para mejorar la competitividad de la empresa, disminuir costos, innovar tecnológicamente y mejorar en otros ámbitos. En la operación de una planta enlatadora, la conservación de energía y el agua están muy unidas.

## **Conservación de energía**

La Industria de enlatado aplica su experiencia en conservación y reuso de agua a un esfuerzo de ahorro de energía escalonado ascendente. Logrando ahorros en las operaciones de servicio de limpieza, caldera y operaciones de energía de la planta, prácticas agrícolas, manejo de materia prima y limpieza, equipo de proceso y operaciones, y mantenimiento de equipo. La responsabilidad de la Industria de enlatados que sobrepasa a las demás es la seguridad de los alimentos enlatados, todo el sistema de conservación debe revisarse desde el punto de vista de esta responsabilidad.

## **Manejo de servicios**

- Establecer comités de conservación de servicios de energía y metas;

- Organizar un equipo directivo para originar y evaluar ideas de conservación de servicios;
- A cada comité se le da una responsabilidad para un programa de conservación de energía, estableciendo metas específicas que puedan cumplir;
- Personal de Aseguramiento de Calidad o Control de Calidad, debe tener la palabra final de evaluar cualquier idea que afecte la seguridad del producto enlatado;
- Instalar un sistema efectivo y apropiado para reportar y evaluar los resultados de conservación de servicios; y,
- Para medir la efectividad de los programas, se debe tener la información siguiente :
  1. Medición de entrada de los servicios energéticos (energía eléctrica, combustibles, agua); y,
  2. Evaluaciones del producto elaborado en términos estándares.

## **Operaciones**

### ***Alumbrado:***

1. Todo el alumbrado, excepto el de seguridad debe apagarse cuando no se usa, interruptores de tiempo para interiores y foto celdas para exterior son adecuados.
2. Sin embargo es esencial un alumbrado adecuado para áreas de trabajo.
3. Considerar instalaciones de alumbrado que suministren, más luz por kilowatt/hr.
4. Instalar circuitos de alumbrado independientes e interruptores loca-

lizados en áreas de trabajo.

**Agua:**

1. El suministro de agua requiere energía para extracción (producción), transportación, purificación y tratamiento; consecuentemente ahorrando agua, se ahorra energía y dinero.
2. Eliminar fugas e instalar llaves de cerrado automático en líneas que se dejan abiertas sin razón.
3. Estudiar el uso de agua de proceso con el objetivo de hacer el lavado y enfriado sin desperdicio, con el máximo reuso de agua.
4. Considerar la frecuencia de limpieza para la máxima eficiencia y uso de equipo de alta presión-bajo volumen.

**Energía eléctrica:**

1. Hacer una revisión periódica del sistema de energía eléctrica, con instrumentos adecuados, amperímetros, voltímetros, indicadores de rpm.
2. Evitar motores sobrecargados desperdiciando energía en forma de calor.
3. Motores con baja carga desperdician potencia, también bajan el factor de potencia, aumentando el costo.
4. Aumentando el factor de potencia se ahorra energía.
5. Operar el equipo solamente en periodos de producción.

**Vapor:**

1. Checar periódicamente el sistema por pérdidas de vapor desde las calderas hasta el final de las líneas.

### Operaciones de caldera y energía en planta

1. La instalación de calderas debe incluir: un analizador de gases; midiendo en la chimenea el porcentaje en volumen de oxígeno y gases de combustión; un equipo de monitoreo de temperatura de gases.
2. La instrumentación y el equipo auxiliar debe mantenerse en condiciones máximas.
3. Las calderas deben chequearse periódicamente por condiciones y limpieza. Vigilar por inadecuada carga cuando están operando calderas en paralelo en una línea común de presión controlada.
4. Usar vapor agua caliente desechados de las operaciones de producción para precalentar el agua de alimentación de las calderas uso de agua caliente limpia de deshecho, como agua de alimentación de calderas.
5. Checar el sistema de distribución por pérdidas (mantener el material de aislamiento en buenas condiciones, evitar que excesivo calor salga a la atmósfera, etcétera).

### Prácticas agrícolas

Por cada cultivo hacer un balance de energía por cosecha para determinar cuál operación unitaria consume más energía. Después de encontrar una o dos, podrán ser modificadas para reducir la cantidad de energía consumida y obtener los mismos resultados.

- **Primer paso.** Para determinar el balance de energía es necesario conocer la cantidad total de energía usada para producir y recolectar la cosecha.
- **Segundo paso.** Listar las operaciones unitarias involucradas:
  1. Labrado de la tierra.

2. Preparación de camas de semillas.
  3. Plantación.
  4. Aplicación de pesticidas seleccionados.
  5. Labor-desherbar y controlar el agua.
  6. Recolección.
  7. Recolección de residuos de cosecha.
  8. Aplicación de fertilizante.
  9. Aplicación de irrigación de agua.
  10. Secado de cosecha, cuando es apropiado.
- **Tercer paso.** Calcular la cantidad de energía usada en cada una de las operaciones unitarias, asegurándose que la suma este de acuerdo al total. Un análisis crítico de dónde la energía es consumida puede justificar los puntos en donde las reducciones se pueden hacer sin sacrificar la eficiencia total o rendimiento. Aplicar en la operación diaria de la planta cuando menos las siguientes normas:
    1. *Áreas de oportunidad.* Se refiere a todos los aspectos agrícolas. Cada operación unitaria debe efectuarse en un tiempo óptimo para alcanzar la máxima eficiencia por unidad de energía que entra.
    2. *Aumentar el mantenimiento de la maquinaria.* Economías de combustible de más de 10 por ciento, se obtienen con máquinas en buenas condiciones.
    3. *Cambios en prácticas de cultivos.* El mínimo de tierra labrada. Se puede reducir la energía en muchas situaciones de cultivo/suelo. Este concepto requiere manejo del más alto nivel de habilidad y apropiada investigación para determinar la óptima labor requeri-

da. Este concepto puede necesitar fuerzas compensadoras en forma de herbicidas. Reducción de la aplicación de fertilizantes químicos.

- a) Mejor tiempo para reducir el número de aplicaciones.
- b) En algunas siembras la cantidad empleada por aplicación puede reducirse, pero adecuadas investigaciones deben hacerse y puede requerir gran habilidad.

4. *Mejoramiento del uso de agua de irrigación.* Optimizando la producción de cosecha sin usar cantidades excesivas.

### **Nuevas prácticas de cultivo**

- ***Manejo integrado de pesticidas***

Esta basado en la reducción de pesticidas sintéticos, empleando sólo pesticidas biológicos. El plan de empaque de cada producto necesita más de un año de anticipación.

A manera de ejemplo, podemos indicar los elementos que se listan a continuación:

- Ordenar e importar y almacenar la semilla.
- Selección de agricultores.
- Selección y análisis de las tierras, fertilidad, contaminación.
- Análisis del agua (cantidades de sales).
- Preparar la tierra.
- Sembrar.
- *Riegos.* En base a la humedad relativa del terreno, se programan los riegos, se está implementando riego por goteo directamente a la

planta (la maleza no nace sin agua) de acuerdo a las necesidades de cultivo.

- *Fertilizantes.* Se analiza la planta y se agregan diluidos en el agua los nutrientes que necesita.
- *Programa de prevención de plagas y enfermedades.* Se usan pesticidas biológicos en fase experimental en elote, en nivel industrial en los productos sembrados en ranchos de la compañía: tomate, tomatillo, cebolla, zanahoria.
- Dar asesoría para el desarrollo de cultivo.
- Cosechar el cultivo.
- Entrega de materia prima en la planta.

### **Manejo de materia prima y limpieza**

1. Examinar: el recibo de producto, almacenaje frío, métodos de manejo y limpieza; para determinar cambios de ingeniería posibles para conservar energía o agua.
2. Utilizar flujo por gravedad cuando sea posible.
3. Determinar la necesidad por operación unitaria, que pueda ser obsoleta por cambios de la línea de producción (por ejemplo, múltiples inspecciones de producto).
4. Programar todo, producción continua cuando sea posible.
5. Minimizar el uso del agua corriente con una buena limpieza e investigar las posibilidades de limpieza en seco. Reusar el agua cuando sea posible.
6. Determinar si es posible reducir la temperatura al agua de enfriamiento.

7. Evitar precalentamientos del equipo antes de lo necesario.
8. Usar material aislante para minimizar pérdidas por calor.
9. Instituir un sistema de incentivos para estimular sugerencias por personal operativo.

# EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DENTRO DEL PROCESO DE COMERCIALIZACION EN MEXICO

*Miguel Carrillo Villarreal*  
Bodegas Rurales Conasupo, S. A. de C. V.

---

## **Introducción**

Los cambios sustantivos que se han estado presentando tanto en el contexto internacional como en el nacional, plantean la necesidad de reforzar la estrategia de desarrollo y comercialización agropecuaria para tratar de recuperar el crecimiento económico y asegurar una oferta de alimentos suficiente, adecuada, saludable y de alta calidad a través de una oportuna y eficiente producción, manejo, comercialización y procesamiento de los granos.

La reestructuración de las cadenas productivas y de comercialización agropecuaria en México, conlleva a adecuaciones en las formas de producir y de consumir, abriendo el camino a una nueva etapa en donde las ventajas comparativas que prevalecieron en el pasado como mano de obra abundante y barata, de amplios mercados internos y extensa participación estatal, ya no son estratégicas. En este sentido el cambio estructural de las distintas cadenas productivas agropecuarias y agroindustriales debe tener como eje fundamental la modernización a través del desarrollo y la innovación tecnológica expresada en insumos estratégicos, reconversión tecnológica, calidad y sobre todo eficiencia.

## **Almacenamiento**

La naturaleza de la producción agropecuaria en México es estacional, es decir, los productos agrícolas abundan en las épocas de cosecha y escasean en las épocas inmediatamente anteriores, sin embargo el consumo es uniforme de mes a mes; por otro lado las zonas de producción tienen distinta localización de los centros de consumo, habiendo necesidad de transportar los granos a grandes distancias y de guardarlos el tiempo necesario para dar cumplimiento a las acciones de abasto, influyendo éstas y otras razones

a que el almacenamiento sea uno de los servicios más importantes dentro del proceso de comercialización

Para que se lleve a cabo el abasto de granos básicos al conjunto de la población se conforman dos campos de atención:

- El almacenamiento denominado parcelario o rural, en el cual se apoya el consumo alimenticio básico de millones de familias campesinas.
- El almacenamiento que media entre la producción y el consumo en las zonas urbanas.

El almacenamiento parcelario, propio del sistema de autoconsumo, adquiere una singular importancia dada la magnitud de nuestra población rural que apoya su subsistencia en este mecanismo. Poseedores de una cultura basada en el consumo de maíz, frijol, nuestros productores agrícolas han desarrollado un amplio conocimiento del medio natural y por tanto de infraestructuras de manejo y almacenamiento, que deben ser motivo de apoyo adicional, ya que los beneficios sociales que se derivan del mejoramiento postcosecha son más ventajosos que los cálculos puramente económicos a nivel de subsistencia. No siendo siempre factible aplicarse análisis normales de la relación costo/beneficio, puesto que puede darse un mayor consumo de alimentos, con beneficios nutricionales más positivos que un aumento de las ventas al mercado, que produzcan ingresos económicos.

Para el manejo y almacenamiento de grano a nivel comercial se encuentran estructuras de todos los tipos dadas las diversas escalas de operaciones en que se incurre.

La Red Nacional de Almacenamiento que articula la cadena comercial de granos, está conformada básicamente por la infraestructura de Bodegas Rurales Conasupo, S. A. de C. V. (BORUCONSA) con 1 729 centros de acopio y almacenamiento con una capacidad de 5 819 000 toneladas que representa el 32.3 por ciento del total nacional, estando la mayoría de estos centros en el corazón de las zonas productoras, así como por la infraestructura de Almacenes Nacionales de Depósito, S. A. (ANDSA) con una capaci-

dad de almacenamiento de 6 072 120 toneladas que representan un 33.7 por ciento del total nacional correspondiendo un 18.9 por ciento a la Industria Procesadora y un 15.1 por ciento a las Uniones, Asociaciones, particulares y otras.

Sin embargo, el sistema de almacenamiento ha mostrado rezago en el desarrollo de su infraestructura ya que se caracteriza todavía en algunas regiones del país por centros de reducida capacidad y adaptadas para el manejo principalmente de producto encostalado, pudiéndose enunciar algunos problemas que se enfrentan:

- Insuficiencia o subutilización de la capacidad instalada por localización no estratégica, al haber cambios de cultivo.
- Excesiva dispersión de centros o bodegas en las zonas de acopio.
- Mecanizaciones escasas.
- Falta de infraestructura para el acondicionamiento (secado y limpieza) y clasificación por grados de calidad.

El sistema de almacenamiento debe prepararse para atender la demanda de servicios a corto, mediano y largo plazo, así como adaptarse a los cambios que se están manifestando en la economía del país de tal suerte que la infraestructura y prestación de servicios responda a las exigencias del mercado. A corto plazo se debe fortalecer la operación dentro del almacenamiento, ofreciendo un servicio eficiente y flexible hacia los productores y consumidores, orientándose los programas primordialmente a:

- La consolidación de instalaciones existentes, priorizando éstas de acuerdo a sus volúmenes de operación e importancia social.
- Sistemas y equipamientos modernos que mejoren los servicios ofertados.
- Racionalidad en los costos, realizando los proyectos requeridos considerando tecnologías actualizadas para facilitar su operación.

- Sistemas de control más eficientes y que conlleven al mismo tiempo un beneficio a los productores y usuarios.

De acuerdo a las necesidades operacionales, las políticas de inversión para el almacenamiento pueden ser:

- La inversión debe canalizarse hacia los centros de acopio ubicados en las zonas de mayor producción.
- Se deben conservar, mantener y acondicionar la infraestructura actualmente instalada.
- No deberán proyectarse nuevos centros de acopio sin antes consolidar los existentes.
- Se debe optimizar el uso del equipo y maquinaria disponibles.
- Deberán programarse las obras inconclusas para su terminación.

### **Enfoque de la comercialización**

Dado que la orientación del manejo de los productos agropecuarios hacia el mercado comprende varios elementos, se puede considerar y aceptar que todas las actividades que se emprenden en un sistema de comercialización tienen por objetivo principal satisfacer las necesidades del consumidor. Sólo si se satisfacen estas necesidades resultará la comercialización rentable y para que esta sea eficaz todos los integrantes del sistema pero en especial los productores deben de contar con una ganancia.

La orientación de la producción hacia el mercado requiere de identificar las necesidades de los consumidores y luego satisfacerlas de manera rentable.

Un planteamiento de este tipo es esencial para que un sistema alimentario, desde el productor hasta el consumidor funcione adecuadamente; para lograr una planificación más eficaz de la producción deberá de tenerse muy en cuenta los aspectos siguientes:

- Qué productos se han de cultivar.
- Qué variedades se han de cultivar.
- Qué cantidades se han de cultivar.
- Cuándo se han de cultivar.
- Dónde se han de cultivar.
- Cuándo se han de cosechar.

Otro factor importante y que va adquiriendo mayor realce es la calidad inicial del producto, ya que por ejemplo en el caso de los granos con excepción del secado, raramente es posible mejorar la calidad de los productos después de que han ingresado al sistema de comercialización.

### **Cosecha, acondicionamiento e investigación**

Dentro de las Organizaciones, Uniones y Asociaciones de Productores debe de considerarse como un concepto esencial el allegarse los mejores ingresos y servicios, pudiéndose orientar hacia tres campos complementarios.

- *La cosecha de los productos*, dado que de manera organizada, es más sencillo el incrementar la eficiencia en el uso de la maquinaria y equipo, así como de las mismas adquisiciones, según sean los requerimientos.

Se puede considerar en este rubro también la compra y distribución de los productos como fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etcétera; que los agricultores necesitan para su cultivo.

- *El acondicionamiento de los productos*, que como en el caso de los granos, el secado y la limpieza hacen que se de una mayor aceptación además de que favorece su manejo y almacenamiento, teniéndose adicionalmente una disminución de pérdidas y evitando riesgos por deterioro de calidad.

- *La investigación*, en los aspectos concretos e importantes que requieran los productores pueden llevarse a cabo mediante el establecimiento de acuerdos o contratos con las Instituciones de Investigación o de Estudios Superiores.

### **Respecto a la comercialización**

Es necesario avanzar en la conformación de la cultura de comercialización en nuestro país dentro del marco de apertura comercial, la calidad y el precio de los productos serán determinantes para la población en general, por lo que es necesario abatir los costos indirectos en que se incurre al llevarlos al mercado consumidor, porque ahí puede estar la diferencia de precio. A este respecto, las estrategias que pueden considerarse son las siguientes:

- Producir aquello que demanda el mercado.
- Fomentar la producción con calidad.
- Bajar los costos de producción y mejorar los rendimientos.
- Optimizar el uso de las infraestructuras de almacenamiento y transportación.
- Implementación de mercados regionales.
- Sobre todo fomentar unidades de producción en el campo, esto es, verdaderas empresas campesinas, garantizando su desarrollo y fundamentalmente que traiga como consecuencia el mejoramiento del nivel de vida de los productores.

### **Apoyo a los sistemas de comercialización**

#### **• Información de mercado**

Se requiere que los agricultores tengan acceso a información confiable sobre la demanda del mercado y la tendencia de los precios.

Es necesario que se les facilite la información y análisis de las tendencias de los precios en años anteriores tanto a los productores a gran escala como especialmente a los agricultores que producen en pequeña escala complementada con servicios de extensión que apoye a la interpretación de los datos.

La disponibilidad de información diaria o semanal de los precios de mercado puede contribuir a que el agricultor decida cuándo le conviene cosechar, en otros casos decidir a qué mercados debe enviar sus productos con el fin de aprovechar las diferencias de precios pudiendo ésto beneficiar tanto a los productores como a los consumidores.

- ***Servicios de capacitación sobre comercialización***

En especial para los agricultores de subsistencia, que aunque destinan solo pequeños excedentes para el mercado requieren de capacitación y aseguramiento sobre los aspectos de organización y comercialización, comprendiendo aspectos como qué productos cultivar y en qué momento, cómo interpretar la información de los precios de mercado y las prácticas básicas de manejo postcosecha, como lograr los contactos entre agricultores y comerciantes, estimulando a organizarse y trabajar en grupo para suministrar suficientes cantidades en los lugares que se convenga con los comerciantes.

- ***Mejoramiento de las carreteras y el transporte.***

Si bien se ha avanzado en este aspecto y se dispone de grandes arterias viales de magnífica calidad, existen carreteras secundarias que a menudo presentan deficiencias y que en ocasiones se vuelven intransitables, sobre todo en las estaciones lluviosas, ello puede dar lugar a que los productos tengan que almacenarse en almacenes rurales no apropiados o emergentes.

En la utilización de ferrocarriles, la problemática principal que se enfrenta, se refiere principalmente a los altos costos que se tienen para movilizar de las zonas de producción que no cuentan con infraes-

estructura de ferrocarril hacia las zonas de carga y embarque donde también generalmente se carece de una adecuada estructura operativa.

Por lo cual se requiere que en el caso del transporte tanto ferroviario como autotransporte, se continúe con la modernización y la especialización en la carga de acuerdo a la forma y productos a movilizar.

## EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS BASICOS

*Jacobo Godínez Castillo*  
Centro Nacional de Investigación,  
Certificación y Capacitación de A.N.D.S.A.

---

Durante 1974, la Dirección General de Economía Agrícola dependiente de la Secretaría de Agricultura y Ganadería; realizó un estudio en el que colaboró Almacenes Nacionales de Depósito, S. A. Con base en encuestas y muestreos efectuados en el campo, cuyo objeto era obtener datos sobre la comercialización del maíz producido, así como sobre la conservación del retenido por los agricultores para su propio consumo, el estudio se enfocó solamente a cinco Estados de la República, los que en conjunto se estimaba producían 4 150 000 toneladas de maíz. La investigación arrojó los siguientes resultados:

- Los agricultores habían vendido el 21.3 por ciento de lo cosechado: 3.0 por ciento a Instituciones Oficiales y 18.3 por ciento a intermediarios u otros y reservado para su propio consumo el 78.7 por ciento restante.
- El 25.8 por ciento del maíz guardado por los agricultores se encontró dañado por insectos; el 2.5 por ciento dañado por hongos y el 1.3 por ciento dañado por calor. Al revisar las condiciones bajo las que habían manejado el grano, se concluyó que el 29.6 por ciento de la producción total era secado en la propia planta doblando la mazorca; el 6.3 por ciento hacinando las plantas en el campo; 10.4 por ciento asoleando la mazorca en patios y 53.7 por ciento por otros medios. La forma y los lugares de almacenamiento eran rudimentarios y carecían en lo elemental de técnicas para su conservación.
- El maíz es sólo uno de los granos básicos para la alimentación, pero es el que tiene más importancia en nuestro país y al que mayores su-

perfiles se destinan para su cultivo; los resultados del estudio muestran en forma por demás dramática las pérdidas que pueden presentarse ya que el 29.7 por ciento de los granos que sufrieron deterioro, son evidencia de que las existencias pudieron haber mermao muy notablemente su disponibilidad. Por otra parte el resultado pone de manifiesto la importancia que se deriva no sólo de incrementar la producción del campo, sino que también racionalizarse la guarda y aprovechamiento de lo actualmente producido.

Desde un punto de vista técnico, se sabe que por composición y por su propia naturaleza, los granos son susceptibles de sufrir merma y deterioro; pueden tener disminuciones de peso y de calidad, de tal manera que las disminuciones son inevitables pero, con la intención de aclarar conceptos, podrían clasificarse en:

- **Merma normal.** La que resulta de controlar con eficiencia los factores que inciden.
- **Merma anormal.** La que es consecuencia de la falta de control de los factores que influyen en las mermas.

Para percibir la enorme importancia que representa este problema, basta sólo considerar durante un momento muy breve que existen cuatro grandes etapas durante las cuales los granos ya producidos pueden mermarse:

- Durante su cosecha misma.
- Durante su carga y acarreo del campo a la bodega.
- Durante su manejo y almacenamiento.
- Durante su acarreo de la bodega al consumidor.

Esto en el mejor de los casos, ya que muchas veces los granos de consumo directo pasan por almacenes intermedios que multiplican la magnitud de las mermas; algunos otros productos como el arroz, son objeto de un

proceso previo a su comercialización que, si bien posteriormente puede favorecer la conservación de su calidad, se constituye en un escalón que incrementa el tamaño total de la merma.

### **Participación del estado en la comercialización de granos**

Como parte esencial de las funciones de regulación y abasto que ejerce el estado, CONASUPO ha participado en la comercialización de granos básicos, acción con la que además ha logrado aplicar los precios de garantía en la compra de cosechas, estimulando así la producción o cuando menos, justipreciando el esfuerzo de los agricultores; por otra parte, le ha permitido apoyar el desarrollo de la industria de los alimentos, en especial aquella que depende del maíz o del trigo y a los fabricantes de alimentos para el ganado en los que el sorgo es principal integrante; así también ha alentado a productores de carne, leche y huevo. Durante los últimos años CONASUPO se ha ido retirando de las compras, dejando en manos de los industriales y los ganaderos, la responsabilidad de ver por su abasto de materia prima.

Con la participación del Estado, la recepción de las cosechas y el pago de los precios oficiales se ha condicionado a que los granos cumplan con requisitos mínimos de calidad, que en el lugar de la compra se verifican mediante análisis físico y examen organoléptico. Estas normas de calidad no siempre corresponden a las condiciones que debiera reunir el grano para un almacenamiento en el que la merma de peso y el deterioro fueran mínimos, sino que los límites se han fijado principalmente tomando en consideración la calidad que es factible en la producción; ocasionalmente, la norma sufre modificaciones para adecuarse a condiciones específicas de alguna cosecha, cuando la calidad o características del grano han sido afectadas por plagas o por fenómenos climatológicos que la alteran; situaciones que han incrementado la problemática y que cuando se evalúan, resaltan los méritos del esfuerzo que el Estado ha tenido que realizar en el manejo de granos, pues hay que tomar en cuenta que en México se cultivan en una gran diversidad de climas, altitudes y suelos que - aunado a la semilla que el agricultor selecciona para efectuar las siembras buscando adaptabilidad, rendimiento por superficie, resistencia por parte del consumidor- hace que al tiempo de cosechar surjan numerosas variedades y calidades dentro de un mismo gra-

no, que multiplican las necesidades en el almacén y hace la operación más compleja.

### **Las compras oficiales**

Sobre la base de que el grano está constituido por materia seca y agua y tomando en cuenta que para su almacenamiento la humedad debe reducirse a límites seguros, cuando se realizan las compras se rebaja peso al agricultor por el concepto de humedad excedente; así también, se le cobra servicio de secado cuando la humedad del grano sobrepasa los límites especificados. En el caso del maíz se deduce peso por humedad que excede 14; cuando el contenido de humedad es superior a este valor, se cobra el servicio de secado. De otra manera, podría decirse que dentro de los precios de garantía, el contenido de humedad influye el importe a pagar por la cosecha y es también un factor decisivo en las mermas de peso y deterioro en el almacén. En algunos granos básicos, por cuenta del precio de garantía ya se aplican también bonificaciones al agricultor por bajas humedades y por otros atributos, con lo cual se busca que el productor se enfuerce por mejorar la calidad y colabore en el acondicionamiento del grano para lograr un adecuado almacenaje. Las normas de recepción además, obligan a que los granos correspondan a la cosecha que se compra y a que se encuentren sanos, secos, limpios y libres de olores comerciales objetables.

En todos los centros oficiales se cuenta con personal capacitado y se dispone del equipo de laboratorio necesario para aplicar las normas de calidad. De este modo, CONASUPO fue ampliando su cobertura y disponiendo centros de compra en todo el país, particularmente en las zonas que más lo requerían. Participando cuando fue menester, su intervención en la compra de maíz arroja un promedio cercano al 15 por ciento en 22 años, con mínimo de nueve y máximo de 27 por ciento, respecto a la producción nacional anual; la participación en trigo ha sido de 42 por ciento; de 18 por ciento en frijol y de 13 por ciento en arroz.

### **La infraestructura oficial**

La infraestructura de bodegas que ha permitido a CONASUPO cumplir las estrategias que determina necesarias para desempeñar sus funciones de

regulación y abasto de granos, está integrada por cuatro grupos de instalaciones, a saber:

- **El centro temporal de compra.** Se abre sólo para recibir las cosechas en los programas oficiales de compra. Generalmente se instala en vías de público para operar libre a bordo del furgón de ferrocarril o en locales que se toman en renta para establecer la operación de recepción y compra de la cosecha; el espacio con que cuentan estos centros no se usa para almacenar, sino sólo para completar las unidades de carga en las que se traslada el grano al centro de acopio o al centro concentrador. Los centros de compra, sean temporales o LAB, liquidan existencias sin arrojar diferencias de peso ni de calidad por actuar como centros de recepción y embarque simultáneo.
- **El centro de acopio.** Opera como centro de compra fijo durante la vigencia de los programas oficiales para recibir la cosecha que se produce en el área de influencia; puede recibir grano de los centros temporales de compra. Dispone de una reducida capacidad para almacenamiento bajo techo que se utiliza para constituir una reserva de grano que satisface el consumo de la población en la que están ubicados, así como a rancherías cercanas. Generalmente, cuenta con patios encementados que se destinan a asolear y a acondicionar el grano, sea para su almacenamiento o para su traslado a los centros concentradores y centros distribuidores.

Constituye la red de *graneros del pueblo* que se creó en los 60's con el objeto de favorecer la comercialización, llevando el almacén a la orilla de la parcela y para facilitar el acopio de básicos. Propició el nacimiento de la filial de CONASUPO: Bodegas Rurales Conasupo, S. A. (BORUCONSA), organización que rápidamente ha ido consolidándose y actualmente cuenta con capacidad de almacenamiento aproximada para dos millones de toneladas. A los silos cónicos que se erigieron en un principio, siguió la construcción de bodegas planas, a veces formadas en batería y con techos de dos aguas y muros de mampostería o piedra; en ellos, el grano se maneja encostrado para resolver el problema de transportación desde la parcela y para

propiciar, aunque sea temporalmente, el control de los agentes que lo afectan, en espera de su embarque para concentración o distribución.

En los últimos años y dentro de la modernización que ha experimentado, BORUCONSA cuenta con bodegas de lámina de diferentes tipos, tecnología para depósito a la intemperie, silos metálicos dispuestos en formación circular para manejo mecanizado del producto mediante elevador de banda, canjilones emplazado en el centro del grupo de silos y otras instalaciones que le permiten almacenamiento a granel.

- **El centro distribuidor.** Tiene la función de cubrir las necesidades del consumo y por lo mismo, se encuentra ubicado en las ciudades y centros de población más importantes. Es abastecido por los centros de compra y centros de acopio de las zonas de producción más cercanas; complementa los volúmenes que requiere con grano procedente de otras regiones del país y de remesas importadas. Las características y condición de sus bodegas y la tecnología con que cuenta, permiten mantener el peso y la calidad de los granos dentro de límites aceptables durante los períodos de almacenaje que se determinan para ese tipo de almacén. Tienen capacidad de maniobra adecuada para satisfacer los ritmos de entrada de granos en la constitución de existencias que cubran la función distribuidora y en la salida, para satisfacer la demanda de entrega para consumo.

Los centros distribuidores asentados en las poblaciones más importantes, deben contar con infraestructura, tecnología y organización que les permita realizar con eficiencia la entrega, en calidad y en cantidad, de granos básicos para la alimentación.

"La Unidad Silos Miguel Alemán (batería de silos verticales con capacidad para 100 000 toneladas de maíz, con una entrega diaria de aproximadamente 3 500 toneladas), es un eminente centro distribuidor cuya función primordial es el abasto de maíz para la industria de la tortilla en el Área Metropolitana del Distrito Federal. En esta unidad, el almacenamiento, conservación y control de la calidad del

maíz se ha especializado dada la condición heterogénea del grano que se recibe procedente de importación y de todas las regiones productoras del país".

- **El centro concentrador.** Recibe grano procedente de los centros de compra y de centros de acopio, principalmente se le alimenta con excedentes de diferentes regiones de producción y puede también ser receptor de importaciones.

Es una instalación con capacidad de almacenamiento suficiente para abastecer a centros de distribución durante épocas determinadas y para constituir reservas. Permite gran eficiencia en las maniobras de carga. Cuenta con espuelas de ferrocarril y sus calles de acceso, calles interiores y patios de maniobra, permiten fluidez en el tráfico de camiones y carros caja. Está situado en climas que favorecen la conservación de peso y calidad de los granos y estratégicamente ubicado para abastecer a consumidores y a centros de distribución. Cuenta con facilidades para acondicionamiento de los granos previo a su almacenaje. Sus bodegas son seguras y permiten una clasificación adecuada de los granos según su condición para el mejor almacenaje y control de calidad. La tecnología con que cuenta y la organización de este centro, permiten almacenamiento por períodos más prolongados y la constitución de reservas, sin que la cantidad, características y cualidades de los granos sufran menoscabo. Es el almacén por excelencia.

La obligación de ofrecer el centro concentrador y el centro distribuidor al esquema de regulación y abasto que cumple el Estado, ha sido encomendada a los Almacenes Nacionales de Depósito, S. A. (ANDSA), organización fundada en 1936 con los prioritarios objetivos del almacenamiento, guarda y conservación de productos del campo y aunque actúa como almacén general de depósito que es, la mayor parte de su capacidad instalada la destina a los granos básicos y principalmente ha servido a CONASUPO. Podría decirse que es el almacén oficial; el último eslabón en la cadena de almacenamiento que se ha formado en México desde los petlacalcos, siguiendo por las alhóndigas, los depósitos y los primeros almacenes generales de depósito que se constituyeron.

Su infraestructura actual de almacenamiento está presente en aproximadamente 180 poblaciones, con una capacidad para depositar bajo techo cercana a 4.5 millones de toneladas, está constituida por muy diferentes tipos de bodegas que durante sus años de existencia han ido formando su red de almacenaje.

Los graneros antes propiedad de hacendados, de los cuales algunos aún se operan; el cuarterío de casonas usadas para almacenar granos; instalaciones de viejos molinos de trigo y de bodegas que sirvieron para las algodoneras; las bodegas tipo "Hangar" con techos semicirculares de lámina acanalada; las bodegas tipo "SAG", parecidas a las "Red Nacional"; las bodegas con muros de piedra y techos altos a cuatro aguas situados en las estaciones de ferrocarril y otras, revelan que en un principio ANDSA mediante traspasos, donaciones, préstamos y otras formas de cesión, recibió instalaciones diversas a manera de legado, para iniciar el cumplimiento de sus funciones.

En un gran impulso durante su existencia, ANDSA vió crecer notablemente su capacidad de almacenaje, construyéndose almacenes que mejoraban en mucho, las condiciones anteriores en el manejo de granos; así, surgieron los silos en Tlalnepantla para atender el abasto de maíz a la ciudad de México; la Unidad Almacenadora en Pantaco, D. F., para encargarse de la distribución de mercancías diversas, granos y azúcar a la gran capital; integrada por bodegas planas con pisos de cemento, muros de mampostería y techos de dos aguas y luego parabólicos formados a base de lámina de asbesto, que después se denominarían "Tipo Pantaco" y se extenderían a las principales poblaciones (Guadalajara, Monterrey, Saltillo, Arriaga, Irapuato, Toluca, Rubín, Morelia, Apizaco, Cuernavaca, San Luis Potosí, Querétaro, La Paz y muchas más), constituyendo una importante red de almacenaje.

También la región noroeste del país (Sonora, Sinaloa y Baja California), fue beneficiada con numerosas bodegas metálicas y techo a dos aguas tipo "Bootler" y "Behlem" de gran capacidad para almacenamiento a granel, con el objeto de dar cabida a las abundantes, y cada año crecientes, cosechas de trigo. En el norte de Tamaulipas se construyeron tejavanas con techo de lámina galvanizada en pequeños terrenos adyacentes a vías de ferrocarril.

Después, vino la construcción de los silos de Guaymas, Son., almacenamiento vertical de concreto, totalmente mecanizado y con capacidad para 70 000 toneladas de grano, equipado con un espectacular sistema volcador para descargar furgones de ferrocarril.

Años más tarde, el renglón de perecederos fue impulsado mediante la construcción y puesta en marcha de frigoríficos en Zamora, Mich., Ensenada, B. C., Cd. Guerrero, Chih. y Mazatlán, Sin. Por lo que respecta a granos básicos, se construyeron bóvedas mecanizadas para almacenamiento a granel en importantes lugares de distribución como Puebla, León y Mérida.

Luego vino la construcción de bodegas con techos de cuatro aguas y muros bajos, estructuras para almacenamiento a granel y maniobra semimecanizada, con capacidad para 10 000 toneladas. También se edificó un considerable número de tejavanas para 5 000 toneladas de capacidad. Se construyó la primera fase de los silos verticales en Apizaco, Tlax., y Guadalajara, Jal., consistente en la torre de control y 16 silos e intersilos con capacidad para almacenar 25 000 toneladas en cada una de dichas instalaciones. El manejo de los granos es mecanizado en su totalidad y cuenta con modernos recursos para el control de existencias.

### **La estructura almacenadora**

Además de que la infraestructura para almacenamiento es insuficiente -por lo cual ANDSA se vio obligada a desarrollar tecnología para almacenar granos a la intemperie habiendo años en los que estos almacenamientos han sobrepasado el millón de toneladas- existen confusiones respecto a utilizar las bodegas como centros de compra y acopio, centros distribuidores y centros concentradores. Es muy frecuente que las instalaciones, carezcan de los atributos necesarios para cumplir con la función de almacenamiento a que originalmente se les destinó. Se pierden de vista las particularidades que caracterizan a cada centro, de tal manera, que llegan a confundirse el centro de acopio con el centro distribuidor y aún con el centro concentrador.

En varios lugares se han ido creando centros que almacenan granos provenientes de compra y de acopio; si estas instalaciones se catalogaran

como centros concentradores, carecerían de los atributos que caracterizan a un centro concentrador.

### **Las reservas de granos**

Pareciera que en México no se necesita el centro concentrador porque vivimos al día e inclusive se recurre a importaciones para complementar el abasto sin embargo, en la medida en que la producción nacional de granos se recupera y se acerca a la autosuficiencia, sola surge la reserva técnica reguladora, es decir: en una región que se autoabastece y hasta produce excedentes, la inmovilización del grano hace que éste deba permanecer en el almacén alrededor de siete meses dentro del ciclo natural de la producción y el consumo.

Aunque el período de almacenaje sin que los granos sufran menoscabo, depende de numerosos factores interrelacionados, en base a los más específicos -que pueden ser el contenido inicial de humedad en el grano, las características y condiciones de la bodega, el clima del lugar donde se ubica el almacén y la atención que recibe el grano durante su almacenamiento- pueden con excepciones notables, definirse los períodos que son más convenientes para lograr mejores resultados en mantener peso y calidad.

### **Situación actual**

Apoyado en Almacenes Nacionales de Depósito, S. A., CONASUPO durante los últimos 25 años manejó numerosos productos tales como soya, cebada, cártamo, semilla de girasol, ajonjolí, semilla de nabo, harinolina, pastas de oleaginosas, alimentos concentrados, leches en polvo, grasas, cebos, aceites y otros; el maíz, trigo, sorgo, frijol, arroz constituyeron en el pasado reciente cerca del 97 por ciento en el volumen total manejado. En el año de 1990, estos cinco productos integraron un poco más del 96 por ciento del total, porcentaje dentro del cual, el maíz significó 55.8 por ciento, al trigo correspondió 20.6 por ciento; el sorgo representó 15.4 por ciento, quedando 4.3 por ciento para el frijol y 3.0 por ciento para el arroz.

Durante todo este tiempo, ANDSA ha desarrollado tecnología basada en investigación aplicada para enfrentar todos los problemas surgidos du-

rante el acopio, acondicionamiento, manejo y almacenamiento con lo que ha sido posible un control aceptable en la calidad de los granos y bajas mermas.

CONASUPO ha ido retirándose de la compra y abasto de granos; son ahora particulares quienes manejan el trigo, el sorgo, los demás granos y una buena parte del maíz y frijol que se industrializan y consumen.

Principalmente en las regiones con riego se ha intensificado la producción de granos, especialmente maíz alentado por el precio de compra que todavía aplica el gobierno federal. Los volúmenes de maíz que producen los estados de Sinaloa y Tamaulipas en su cosecha Primavera-Verano repercuten de manera decisiva en la economía nacional; durante el presente año, Sinaloa espera llegar a 2.8 millones de toneladas y la región Norte de Tamaulipas a un millón.

Las dificultades que de por sí plantea el recibo, el acondicionamiento, almacenamiento y conservación de calidad de tan importante cantidad de grano, se ve particularmente incrementada porque la cosecha es húmeda y se requiere secado en máquina; el alto grado de mecanización agrícola obliga a acelerar los ritmos de reciba para evitar indeseables demoras en las filas de camiones; por naturaleza, ambas regiones son productoras, pero poco propicias para la conservación de calidad especialmente para largos períodos de almacenamiento; la infraestructura disponible es insuficiente para dar cabida al total de la cosecha.

En lo particular, la cosecha del Norte de Tamaulipas se revisa aplicando análisis especializados para identificar y cuantificar la presencia de aflatoxinas y los almacenamientos se protegen con sustancias químicas para prevenir la secreción de aflatoxinas.

Este auge en la producción de granos ha provocado el crecimiento de la infraestructura almacenadora de la iniciativa privada, muchas veces, sin tomar en cuenta las condiciones, características y equipamiento que debe reunir para trabajar como un moderno almacén que procura desde su concepción los mejores resultados en el control de calidad y por consecuencia, en el mercado.

Previamente al inicio de las cosechas de maíz programadas para Primavera-Verano 1994, CENICCANDSA efectuó el diagnóstico de 58 instalaciones: 33 en el estado de Sinaloa con capacidad para 608 000 toneladas y 25 con capacidad para 613 000 toneladas en la región Norte de Tamaulipas, de la que en la Tabla 1 se resume parte de la información.

**Tabla 1**

**Diagnóstico de instalaciones en Sinaloa y Tamaulipas**

	<b>Sinaloa</b>	<b>Norte de Tamaulipas</b>
<b>Tamaño de la muestra</b> (Instalaciones y capacidad)	(33) 608 000 ton	(25) 613 000 ton
<b>Almacenamiento</b> (Posibilidad separación por humedad)	60 %	44 %
<b>Estado de conservación de la construcción</b>	Aceptable	Bueno: 17 % Regular: 60 % Malo: 23 %
<b>Secado con aire caliente</b>	Completo: 48 % Incompleto: 52 %	Completo: 34 % Incompleto: 66 %
<b>Sistema de aireación</b>	Suficiente para grano procedente de secado incompleto 33 % (Sólo para grano hasta 14% de contenido de humedad: 67 %)	Suficiente para grano procesado en seca-aireación 100 %
<b>Sistema de termometría</b>	24 %	Ninguno
<b>Equipo de prelimpieza</b>	57 %	Ninguno
<b>Espuela de ferrocarril</b>	88 %	36 %

El estado se retira del manejo de granos; ANDSA está en proceso de desincorporación; el libre mercado pronto será de práctica general. En estas condiciones, es preocupante la situación en el manejo de los grandes volúmenes de granos por parte de la iniciativa privada, que carece de infraestructura adecuada y lo más importante, en lo general, adolece de cultura apropiada para enfrentar acciones orientadas a la postcosecha.

## **ALMACENAMIENTO Y CONSERVACION DE GRANOS BASICOS: EL MAIZ**

*Ernesto Moreno Martínez*<sup>1</sup>  
Programa Universitario de Alimentos, UNAM

---

La soberanía alimentaria es una meta de los pueblos en desarrollo, y sin lugar a dudas uno de los pasos importantes para el logro de tal meta es la autosuficiencia en alimentos básicos, entre ellos el maíz, para nosotros de vital importancia.

La autosuficiencia en maíz, es un punto de particular importancia para la paz social de los países en donde este grano es producido por los agricultores de precarios recursos económicos, constituyendo este grano la base de la subsistencia de la familia rural.

La producción de maíz en México se lleva a cabo en dos sistemas de explotación agrícola, la del pequeño agricultor de escasos recursos económicos y tecnológicos y la de alta tecnología, llevada a cabo por productores de mejores recursos económicos. Debido a estas circunstancias, la problemática de postcosecha del maíz difiere considerablemente en cuanto a la magnitud de las pérdidas cuantitativas y cualitativas, pero no tanto a los factores que las provocan.

Considerando que tradicionalmente en México, la producción de maíz la llevan a cabo los pequeños productores de escasos recursos, el manejo que ellos le dan al maíz, en sus campos y en sus fincas, posteriormente se reflejará en la calidad del grano que se comercializa en los centros urbanos de consumo y de industrialización. Por esa razón, el manejo postproducción del grano de maíz en la finca rural es de gran importancia.

Además, el pequeño productor guarda una buena proporción de su cosecha, generalmente del 30 al 40 por ciento, para su autoconsumo; por lo

<sup>1</sup> Unidad de Investigación en Granos y Semillas, UNAM-INIFAP, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

que este grano debe ser conservado en buena condición, ya que representa su alimento cotidiano.

En relación con la problemática del almacenamiento rural se señalarán los factores físicos y bióticos que durante el manejo del maíz ocasionan las pérdidas postcosecha, siendo estos mismos los que posteriormente originan las pérdidas en el almacenamiento de grandes volúmenes a nivel comercial.

Los factores adversos a la preservación de las cosechas pueden, con cierta facilidad, ser aminorados con tecnología adecuada, siempre y cuando haya voluntad política y apoyo económico en favor del sector productor de granos básicos, que son los campesinos de escasos recursos técnicos y económicos.

Las pérdidas postcosecha por su naturaleza, así como por la forma en que los granos se manejan, son difíciles de determinar con precisión, por lo que a nivel regional y mundial sólo existen estimaciones. Sin embargo, quienes están en contacto con los sistemas postcosecha de países en desarrollo, testifican la frecuencia de cuantiosas pérdidas que a niveles locales llegan al orden del 30 por ciento o superiores, pero que a nivel mundial se estiman alrededor del 10 por ciento de la producción de granos. Estimaciones hechas por la FAO sobre las pérdidas postcosecha, señalan que en términos generales se pierde un cinco por ciento de la cosecha mundial de granos antes de llegar al consumidor.

Sin embargo, la magnitud de las mermas varía de país a país, dependiendo en gran medida de sus condiciones geográficas y tecnológicas; en algunos países de Asia, América del Sur y África, las pérdidas son del orden del 30 por ciento de la cosecha anual de granos, las que pueden variar dependiendo de diversos factores, como son los cultivos y las condiciones climáticas que prevalecen durante y después de la cosecha.

En 1974, la Dirección General de Economía Agrícola de la SAG, en colaboración con Almacenes Nacionales de Depósito y el Instituto de Biología de la UNAM, realizaron una encuesta para estimar las mermas de la cosecha de maíz, encontrando que las pérdidas por prácticas deficientes de almacenamiento eran del 30 por ciento para el sector rural.

Lo anterior, representó en 1974 una pérdida de poco más de un millón de toneladas de maíz, prácticamente equivalente a la producción de este grano en el ciclo de invierno e igualmente semejante al volumen de maíz importado en ese año. Esto demuestra la magnitud e importancia de las pérdidas postcosecha en un cultivo básico para la alimentación en nuestro país.

En México, los programas ligados a la alimentación han estimado que por deficiencias en la infraestructura y en los servicios para la recepción, acondicionamiento, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de los granos, se generan mermas del orden del 10 por ciento de las cosechas. Para México, de un volumen de 18 millones de toneladas de maíz que anualmente se consumen, un 10 por ciento representa miles de millones de pesos, en un solo cultivo. Esto justifica la necesidad de apoyar la infraestructura de postcosecha, la capacitación de personal y formación de investigadores, cuyas actividades organizadas y con el apoyo adecuado, tendrán que reflejarse positivamente en una mayor disponibilidad de alimentos.

Además de las pérdidas cuantitativas, existen pérdidas cualitativas, como lo es el problema del endurecimiento del frijol, el cual ocasiona una fuerte pérdida económica, así como el problema de sanidad pública y animal por la contaminación de maíz con micotoxinas (aflatoxinas principalmente) tanto en el maíz de importación como en el nacional.

En el medio rural, donde la producción de maíz se realiza con un bajo nivel tecnológico, las actividades de manejo postproducción también son tecnológicamente inadecuadas.

Las pérdidas cuantitativas y cualitativas se inician desde el momento en que los granos alcanzan su madurez fisiológica. Este punto se alcanza cuando los granos dejan de acumular hidratos de carbono y otros componentes nutritivos, alcanzando en ese momento su mayor peso seco; es en ese preciso momento en que realmente se inicia el período de almacenamiento. La magnitud y rapidez con que dichas pérdidas ocurren depende de las medidas y cuidados que el hombre tenga para con los granos.

El mejor momento de cosechar el maíz es cuando el grano tiene una humedad del 30 al 35 por ciento; para luego proceder a su secado inmedia-

to. Desafortunadamente, ésta es una práctica no usual entre los campesinos de Latinoamérica, debido a los problemas tecnológicos del secado a que se enfrentarían.

La mayoría de los agricultores rurales secan su grano en el campo de producción, hasta que el grano alcanza un contenido de humedad alrededor del 14 por ciento. Para esto, en algunas zonas doblan la planta del maíz, quedando la mazorca inclinada hacia el suelo; o bien, sin doblar las plantas. De una u otra forma, las plantas y mazorcas permanecen en el campo de dos a 24 semanas, para luego proceder a la cosecha manual. Durante el tiempo que el grano está en el campo, éste queda expuesto al ataque de los insectos, de los roedores, de los pájaros y de los hongos, con fluctuaciones muy grandes en el contenido de humedad debido a las lluvias. Esta práctica, de ser posible debería de modificarse en cuanto a su duración en el campo y en determinadas regiones debería suprimirse totalmente.

Una vez seco el grano, con daño físico y la calidad mermada, las mazorcas se cosechan y desgranar manualmente. El maíz en la mazorca o desgranado, se almacena en muy diversos tipos de estructuras, desde trojes tradicionales, pasando por cuartos de la habitación del campesino, hasta los silos metálicos que se han usado de manera empírica en algunos estados del sureste del país, como es el caso de Veracruz.

El uso de insecticidas no es el adecuado, en cuanto a los productos químicos empleados, ni tampoco lo son los sistemas de aplicación y las dosis. Sobre este aspecto, es de gran importancia hacer llegar a los campesinos la **información y asistencia técnica** que les permita el uso adecuado de los plaguicidas, sin riesgos para su salud y sin contaminar el ambiente.

Dado el estado actual del almacenamiento de granos a nivel rural se requiere una rápida y efectiva acción para aminorar las pérdidas en cantidad y calidad de todos los granos básicos y muy en particular del maíz, que se almacenan en miles de pequeñas fincas rurales. La tendencia principal en el caso del maíz, debería ser la de **apoyar la producción y el manejo en forma colectiva** para optimizar el uso de los recursos económicos y tecnológicos, que en estos momentos no se pueden canalizar hacia ese sector por la disgregación en la producción y en el almacenamiento de este grano.

## **Aspectos de la problemática de postcosecha del maíz**

En esta sección se señalarán los principales problemas que se tienen en el país después de la recepción del grano.

El maíz, grano básico de nuestra alimentación, puede servirnos de ejemplo para ilustrar problemas de abastecimiento y distribución que se tienen en México en el sistema de postcosecha, y que pueden reflejar algunos de los problemas que se tienen con otros granos básicos.

Se puede decir que el maíz se produce en todos los estados del país y bajo muy diversas condiciones ecológicas. No obstante, son pocas las entidades con altos índices de producción, entre ellas: Chiapas, Chihuahua, Guanajuato, Jalisco, México, Tamaulipas, Veracruz y recientemente otros estados del noroeste como es el caso de Sinaloa. Al resto del país hay que proveerlo de los excedentes de los estados con mayor producción o bien, de las importaciones.

Para el abastecimiento de este grano a nivel nacional, el gobierno federal ha tenido que desarrollar un gran esfuerzo para la movilización del maíz de las zonas productoras o de los puertos de internación a las zonas de consumo, y de esa manera, garantizar el abasto nacional de este grano básico.

Estos movimientos generan costos de consideración y demandan el uso de almacenes temporales, muchos de ellos a la intemperie, con el consiguiente demérito de la calidad y cantidad de las existencias.

Dada la importancia de este grano, resulta cada vez más importante apoyar la producción de maíz en todas las regiones del país para alcanzar los volúmenes requeridos, y en particular, en aquellas regiones cuyo abastecimiento representa un mayor costo por tonelada transportada desde las zonas actuales de producción o de internación de las importaciones y, de esa manera, tender hacia una autosuficiencia regional.

La planeación y comercialización se relacionan estrechamente. La planeación de la producción considera los volúmenes que se demandan regio-

nalmente y la comercialización considera el precio y la infraestructura que se requiere para la recepción, el transporte y almacenamiento.

También se requiere mayor impulso a la transformación industrial del maíz; por ejemplo, a través de la industria harinera, induciendo la participación de los sectores público, social y privado en este y en otros procesos industriales factibles de realizarse con el maíz.

Se deben fortalecer los programas de apoyo a la producción y comercialización en nuestras comunidades rurales típicamente productoras del maíz de temporal. Estas medidas alentarán la concurrencia del sector privado, que encontrará ventajas en acudir a la compra de las cosechas en las áreas donde tienen instaladas sus industrias.

Otro factor dentro de esta alternativa, es la investigación agrícola encaminada a la formación de variedades de maíz especiales para las industrias del aceite, del almidón y de la harina; así como la investigación y desarrollo de tecnologías para la buena conservación del maíz y de sus productos. **La disponibilidad de alimentos no debe entenderse sólo como un problema de producción, sino también de conservación de las cosechas y de su adecuada distribución a tiempo (en cantidad y calidad suficientes), al consumidor final.**

En materia de infraestructura de almacenamiento de granos básicos, afrontamos importantes rezagos, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo.

El déficit operacional en el almacenamiento de productos agrícolas básicos en México, se estima que alcanza la cifra de tres o cuatro millones de toneladas; por otra parte, dicho déficit puede ser superior a esta cifra si no se adoptan medidas de modernización de la infraestructura existente.

En México al igual que en los demás países latinoamericanos, la principal carencia del sistema postcosecha es la falta de estructuras de almacenamiento adecuadas que favorecen la acción nociva de los factores físicos y bióticos en el deterioro de las cosechas; sobre ésto más adelante se señalarán los factores involucrados en el deterioro de los granos.

## Condiciones que favorecen el deterioro del maíz en el almacén

### • *La humedad*

El factor más importante en la conservación de los granos es la humedad, tanto la del ambiente, la humedad relativa, como el agua contenida en los granos, ya que la disponibilidad de agua es determinante en el desarrollo de los insectos y de los hongos de almacén. Algunos de los insectos de almacén pueden desarrollarse a humedades muy bajas, como lo es el caso de *Rhizoperta dominica*, que inicia su desarrollo en humedades relativas de 55 por ciento, *Sitophilus zeamais* y *S. granarius*, lo hacen con humedades de 70 por ciento.

En esas humedades relativas, la actividad de los hongos de almacén es nula o prácticamente nula, y los hongos que pueden crecer a esas bajas humedades lo hacen muy lentamente y sus efectos también son lentos y poco perceptibles, no conociéndose a la fecha entre éstos a productores de toxinas, como lo es el caso de *Aspergillus halophilicus* y miembros del grupo *Aspergillus glaucus*. Los hongos de almacén que más daños causan a los granos y semillas requieren humedades relativas superiores al 75 por ciento<sup>1</sup>.

Es sumamente importante que se entienda que la humedad contenida en los granos y semillas no se distribuye en forma uniforme, no solamente dentro de la masa de grano, sino de grano a grano, aún en granos que se encuentran juntos. Por lo que las cifras que se obtienen al determinar la humedad, sea cual sea el método empleado para su determinación, siempre serán un promedio, debiéndose considerar las implicaciones que esto tiene para el adecuado manejo de los granos y semillas.

Además de la distribución errática de la humedad, el desarrollo de las diferentes especies de hongos ocurre en forma exponencial como respuesta a pequeñas diferencias de humedad, de tan solo 0.2 por ciento en los granos<sup>2</sup>.

Por razones antes expuestas, es obvia la necesidad de determinar con precisión la humedad de los granos en los silos y bodegas, tanto a su entra-

da como durante su almacenamiento. Para lograr ésto, es necesario tener muestras que representen el grano o la semilla de los volúmenes por recibir o almacenar. A su entrada se puede muestrear en los ductos de transporte, para lo cual se usan muestreadores automáticos, y para el caso del muestreo en graneles de gran profundidad, existen en el mercado muestreadores neumáticos. Para muestrear semillas envasadas en sacos, hay equipo adecuado para hacerlo y método para obtener muestras lo más representativas posible<sup>3</sup>.

Los equipos para determinar humedad, actualmente son muy precisos y los problemas que se presentan son originados por el mal cuidado y por la inexperiencia de los que los operan. Existe una gran variedad de determinadores de humedad, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos tiene como equipo oficial el Motomco, para las determinaciones de humedad en el comercio de los granos, y el método de secado en la estufa (103 °C por 72 h), como método de referencia para maíz<sup>4</sup>.

- ***La temperatura***

La temperatura es el segundo factor en importancia para el crecimiento de los insectos y de los hongos, estos últimos pueden crecer desde temperaturas muy bajas (0 °C), hasta temperaturas que llevan al calentamiento de los granos (45 °C), y en ocasiones hasta su combustión.

A temperaturas bajas el crecimiento es lento, incrementándose a medida que la temperatura es mayor. La temperatura del grano se mide por medio de termopares, y a falta de éstos con sondas provistas con termómetros.

- ***Condición del grano***

La cosecha mecánica de los granos y semillas, así como su posterior manejo, son fuentes de daño físico que facilita la entrada de los hongos e insectos, y la "basura", que acompaña el grano, impide el paso del aire y favorece el desarrollo de los insectos y hongos por tener siempre humedades más altas que el resto del grano. El grano con daño físico está más expuesto a ser invadido por los hongos, debido a que gana humedad rápidamente, y no ofrece ninguna resistencia a la penetración de las hifas del hongo.

- **Período de almacenamiento**

El factor tiempo, también es importante en el deterioro de los granos por la acción de los hongos e insectos. A períodos largos de almacenamiento, corresponde un mayor riesgo de daño, lo cual es directamente proporcional al contenido de humedad y a la temperatura.

Para determinar el período de almacenamiento, se requiere conocer con precisión la humedad del grano y la del ambiente, así como la temperatura y condición de grano y niveles de infestación por insectos y contaminación por hongos.

- **Los hongos y la producción de aflatoxinas**

Por ser un problema grave de sanidad pública y animal, se tratarán, aún cuando sea en forma breve, las condiciones que favorecen la producción de estos metabolitos. La producción de aflatoxinas depende de varios factores, entre los principales se encuentran las cepas toxígenas, el sustrato y su condición, la micoflora asociada, las condiciones de humedad y temperatura, y la atmósfera de almacenamiento.

Las dos especies que actualmente se reconocen como únicas productoras de aflatoxinas son las antes mencionadas, *A. flavus* y *A. parasiticus*<sup>5</sup>; sin embargo, frecuentemente se les ha imputado a otros hongos la capacidad de producción de aflatoxinas, sobre todo en el laboratorio, sin que éste sea corroborado en la práctica del manejo comercial de los granos. Uno de los más recientes casos es el de *Aspergillus ruber*<sup>6</sup>. En el laboratorio muchos hongos pueden producir diferentes sustancias que no son capaces de producirlas bajo condiciones naturales, y se les debe considerar como toxinas de laboratorio.

Los productos que con más frecuencia se les encuentra contaminados con aflatoxinas son, el maíz, el cacahuete, la copra, sorgo, semilla de algodón, y diferentes clases de nueces. Sin embargo, también se les ha encontrado en muchos otros productos, pero no en las cantidades y con la frecuencia que en los arriba mencionados, habiéndoseles encontrado en cebada, mijo, avena, harina de pescado, girasol, trigo, entre otros.

En cuanto a la condición del sustrato, si se trata de granos, éstos estarán más expuestos si presentan daño físico. Esta condición, es de gran importancia en la producción de aflatoxinas en el campo, como ha sucedido en el sureste de los Estados Unidos y en el noreste de México. La producción en el campo, sucede cuando las plantas sufren sequía, altas temperaturas y ataque de insectos, lo que las debilita y predispone al ataque de estos patógenos, que bajo circunstancias favorables para las plantas, no causan el mismo daño.

En cuanto a la micoflora asociada se dice que estos hongos no compiten con ventaja contra otros microorganismos, y que esa es la razón por la cual la producción de aflatoxinas no es tan común en granos que están sufriendo deterioro por otros hongos, ya que normalmente son invadidos por variedad de ellos, en cambio en semillas de algodón y en maíz en el campo, estos hongos productores de aflatoxinas ocurren prácticamente sin competencia<sup>7</sup>. Estos hongos productores de aflatoxinas requieren para su desarrollo, humedades relativas de 85 por ciento, o superiores<sup>1</sup>. En cuanto a temperatura, se ha señalado que las temperaturas óptimas para la producción de aflatoxinas son de 25 a 35 °C.

- ***Combate de los hongos de almacén***

Por lo que se ha señalado sobre las condiciones que favorecen el desarrollo de los hongos de postcosecha, la manera más obvia de combatirlos es manteniendo los granos y semillas bajo condiciones que no les favorezcan su proliferación, como son: manteniendo baja humedad del ambiente y de los granos, baja temperatura de almacenamiento, combinaciones de ambos factores, manteniendo un conocimiento continuo de la condición de los granos y semillas al momento de su recepción y durante su almacenamiento, el uso de ciertos inhibidores químicos, el uso de fungicidas en semillas agrícolas, y sacar ventaja de la variabilidad genética que las semillas tienen en relación con su resistencia al ataque de los hongos de postcosecha.

- ***Control de humedad y temperatura***

La tecnología para mantener la humedad y la temperatura de los hongos y semillas, por debajo de los límites mínimos requeridos por los hongos

para su desarrollo, está disponible pero es costosa, sobre todo para operarla en climas húmedos y cálidos; pero bajo ciertas circunstancias puede llegar a ser una inversión necesaria, en términos de reducir el riesgo de la contaminación de los granos, para la alimentación del hombre, con sustancias tóxicas, como las micotoxinas. Básicamente, esa tecnología consiste en equipo de secado y aireación, así como una buena infraestructura para el manejo y el almacenamiento del maíz. Esto último es de suma importancia, las bodegas y silos deben aislar a los productos agrícolas del ambiente externo, y tener las características que permitan realizar operaciones de aireación, de fumigación, de movimiento rápido de granos y de inspección, esto último para conocer la condición del grano en cuanto a su temperatura, humedad, infestación por insectos e infección por hongos. En silos la temperatura se mide con termopares, y los datos que indiquen incremento de la temperatura en los graneles, deben considerarse como señales serias de alarma, y por lo tanto, indican el momento de la toma de decisiones.

La combinación de baja humedad y baja temperatura de almacenamiento, se ejemplifica y justifica claramente en los casos de los bancos de germoplasma, en los que se almacenan las semillas de humedad muy bajas y a temperaturas menores a cero grados centígrados. Lo anterior no se puede practicar en el comercio de los granos comestibles por su elevado costo, pero sí en la industria semillera en donde por los volúmenes más reducidos y el alto valor comercial de las semillas, la inversión para mantener las semillas a contenidos de humedad y temperaturas bajas, por supuesto no tan baja como en los bancos de germoplasma, puede ser redituable en aquellas zonas con condiciones climáticas desfavorables para el almacenamiento y comercio de semillas.

- Condición del grano

Cuando un grano o semilla madura bajo las condiciones de cultivo, sin enfermedades, ni plagas, ni ningún otro tipo de tensión, su condición física y biológica es la óptima posible. Granos en esas condiciones, sin daño físico y de alto vigor, son más resistentes al deterioro causado por los hongos de almacén. Lo anterior se debe a varias razones, estos hongos se caracterizan por ser patógenos débiles más cargados hacia la línea del saprofitismo que a la del parasitismo; por otra parte, el grano quebrado absorbe más hume-

dad y no le ofrece la menor resistencia a la penetración del hongo. Además, hay que considerar que en comercio de los granos se acepta como producto al grano, más un pequeño porcentaje de material extraño, conocido como impurezas. El origen de esas impurezas procede de la cosecha, restos de la planta, fragmento de los granos que se producen por el manejo mecánico de los granos, durante la cosecha, su secado y su transporte, dentro de los silos y de región a región.

El secado de los granos es una importante fuente de daño físico, que induce la formación de fisuras, las que pueden llevar a la fragmentación del grano al golpearse en los ductos de transporte o en las caídas normales dentro de las estructuras de almacenamiento. Ese daño físico, se refleja en el ataque de los hongos, en la pérdida de viabilidad, en la cantidad de grano con fisuras, de grano quebrado y la presencia de partículas provenientes de dicho daño. La cuantificación de estas características de deterioro físico, permiten inferir sobre la almacenabilidad del grano, pudiéndose establecer disposiciones operativas respecto al manejo de un determinado lote de grano dependiendo de su condición física y biológica.

Grano en buena condición física y biológica, es grano que puede almacenarse por periodos más largos que grano dañado. Ya que está menos expuesto al ataque de los hongos. Un conocimiento preciso y continuo de la condición del grano, durante su almacenamiento, permitirá tomar decisiones inteligentes, en cuanto a cómo se debe manejar y disponer de los diferentes volúmenes de grano a nuestro cuidado.

- ***Combate químico***

Aún cuando recientemente se le ha dado una gran publicidad e impulso al uso de sustancias químicas para combatir a los hongos de almacén, en México su uso se ha restringido a la adición de ciertos inhibidores orgánicos a los alimentos balanceados terminados, con resultados no muy claros. Estos inhibidores principalmente son ácidos orgánicos y sus sales. Entre estos compuestos, el más efectivo ha sido el ácido propiónico y el más usado para la preservación de granos en Inglaterra y Estados Unidos; en este último país, se ha utilizado ampliamente en las granjas para preservar maíz con alto contenido de humedad para la alimentación del ganado<sup>8,9,10,11</sup>.

Por la información que existe<sup>11,12</sup>, parece ser que hay microorganismos que son tolerantes a los ácidos orgánicos, entre ellos algunas cepas de *Aspergillus flavus*, lo cual sería deseable investigar con más detalle, igualmente lo sería, el estudiar el efecto de las mezclas de estos ácidos, sobre las especies más tolerantes, y definir si existe sinergismo entre ellos, como existe entre fungicidas convencionales<sup>13,14</sup>.

Entre los inconvenientes que presentan estos inhibidores, se pueden señalar que son corrosivos, que destruyen el poder germinativo de las semillas, que imparten olores y sabores no agradables para la alimentación humana, por lo que sólo se recomiendan en alimento para el ganado y no se pueden usar para tratar semillas.

La combinación de estos ácidos, en particular del propiónico, con la práctica del secado de grano con baja temperatura, parece que ofrece ventajas sobre la manera de uso convencional, y reduce costos de secado<sup>15</sup>, lo cual es materia de investigación, con éstas, y otras sustancias inhibidoras del desarrollo de los hongos.

Las semillas agrícolas normalmente son tratadas con fungicidas para protegerlas de los hongos que las dañan al momento de la germinación en el suelo y en la emergencia, causando lo que en fitopatología se conoce como ahogamiento, secadera o "damping-off"; así como para evitar la transmisión de enfermedades acarreadas en las semillas<sup>16</sup>. A estos hongos el Dr. Christensen les llamó **hongos de campo**, por invadir y dañar a las semillas en el campo, ya sea en las plantas o en el suelo, y de esta manera diferenciarlos de los **hongos de almacén**.

El combate químico de los hongos de almacén fue investigado en los años cuarentas y cincuentas, sin éxito<sup>17,18</sup>; señalándose que los fungicidas no funcionaban por la falta de agua bajo las condiciones en que se almacenan las semillas<sup>1</sup>.

Investigaciones posteriores señalaron que sí es posible el combate químico de estos hongos; habiéndose encontrado que con algunos fungicidas se tiene éxito aún bajo condiciones de baja humedad relativa de almacenamiento, también se encontró que son efectivos para prevenir la infección

más que combatirla cuando ya está establecida; una mayor efectividad de estos fungicidas se logra con contenidos de humedad de las semillas alrededor del 14-15 por ciento. Estudios realizados en México, muestran que es posible almacenar semilla de maíz con contenidos de humedad de 16 por ciento por más de cinco meses, mientras que la semilla no tratada pierde completamente su viabilidad en dos o tres semanas<sup>14,19-23</sup>.

- **Mejoramiento genético**

El mejoramiento genético de la calidad de almacenamiento de los granos alimenticios y de la calidad biológica de las semillas, es una alternativa muy promisoría para aminorar las pérdidas postcosecha, que limitan la disponibilidad de alimentos y la de semillas para los programas de producción de granos.

Una forma de aminorar los problemas de almacenamiento, relativos a la calidad de granos y semillas en los que los hongos de almacén juegan un papel importante, es la de desarrollar semillas con genotipos más vigorosos, de tal manera que los hongos se verían limitados en su desarrollo, considerando que son más agresivos en genotipos débiles. Esta variabilidad genética existe y puede ser utilizada para generar cultivares tolerantes a perder su vigor, su viabilidad y así resistir mejor el ataque de los hongos, bajo condiciones adversas de almacenamiento<sup>2,22,24-29</sup>.

El mejoramiento genético del maíz y del cacahuate, también ofrece una alternativa promisoría para reducir el riesgo de la contaminación de estos granos con las toxinas producidas por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, contaminación que se origina desde el campo de cultivo<sup>30-32</sup>.

Mucha investigación se está realizando en la búsqueda de resistencia genética en dichos cultivos, que son los que más frecuentemente se contaminan con las aflatoxinas, sin embargo no se han tenido resultados muy satisfactorios, pero es una de las líneas de investigación más apoyadas en los Estados Unidos. En maíz el mejoramiento está dirigido con varios enfoques; a través de resistencia al ataque de los insectos que dañan la mazorca y que permiten o facilitan la entrada de los hongos, a obtener una mejor cobertura de la mazorca a generar maíces más tolerantes al daño mecánico, a un se-

cado más rápido y sin daño mecánico, y a la obtención de genotipos que no sean un buen sustrato para la producción de las toxinas<sup>31,33,34</sup>.

- **Almacenamiento hermético**

Los hongos e insectos de almacén son aerobios, por lo que al privarlos de oxígeno su desarrollo se ve inhibido. Una de las características del almacenamiento hermético, es la reducción del oxígeno y el incremento del bióxido de carbono, debido a la respiración de los propios hongos, de las semillas y de los insectos. Hongos como *Aspergillus flavus*, no proliferan bajo atmósferas carentes de oxígeno. El almacenamiento hermético es una excelente alternativa para la conservación de los granos en el medio rural, en aquellas regiones donde los productores guardan parte de sus cosechas para su autoconsumo, como lo es el caso de México<sup>23,29</sup>.

### **Consideraciones sobre la investigación de postcosecha en granos básicos**

Como ya se señaló, la producción de granos y por lo tanto el almacenamiento de los mismos se lleva a cabo en dos sistemas con fuertes diferencias tecnológicas, el del medio rural y el de la agricultura intensiva. Por lo tanto, ambos sistemas requieren de desarrollos tecnológicos que les permitan la preservación de los granos. Dentro de los problemas del sistema postcosecha, uno de los principales es el de no contar a nivel local o regional con un diagnóstico de las características del sistema de almacenamiento rural que permita definir el origen de las pérdidas y la magnitud de las mismas. Esta información permitiría definir la inversión de capital y enfocar las acciones de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología, para la solución de los problemas más apremiantes.

Es de gran importancia relacionar la investigación con las instituciones oficiales y privadas que almacenan granos, con el fin de conocer su problemática y en forma conjunta, realizar la investigación que permita en desarrollo de las tecnologías para la preservación de los granos.

La tecnología de postcosecha que cada región requiere, tiene que ser generada acorde a las necesidades manifestadas por productores y usua-

rios, respondiendo también a las condiciones ecológicas y sistemas de producción en el área de influencia de cada centro de investigación.

Los resultados de la investigación, el desarrollo de las tecnologías de postcosecha y de su difusión, serán más fructíferos cuando las actividades agrícolas sean realizadas para producir en forma colectiva, ya que los volúmenes por manejar y almacenar serán mayores que los de los productores individuales, que originan una mayor disgregación del esfuerzo económico y técnico para la preservación de pequeños volúmenes.

A continuación se señalan algunas de las áreas de investigación y actividades que son necesarias para la preservación de los granos.

1. Diagnóstico de sistema postcosecha a nivel regional.
  - Sistemas de almacenamiento.
  - Origen de las pérdidas cuantitativas y cualitativas de los granos.
  - Estimación de las pérdidas, cuantitativas y cualitativas.
2. Diseño y evaluación de estructuras, equipo y sistemas para el manejo y almacenamiento de los granos (trojes, silos, secadoras, envases, almacenamiento hermético, etcétera).
3. Estudios sobre la taxonomía, biología, distribución y dinámica de poblaciones de insectos y de hongos del almacén.
4. Combate de insectos y hongos por medios químicos físicos y biológicos.
5. Selección de genotipos de maíz más tolerantes (a través del fitomejoramiento tradicional y la ingeniería genética) al efecto nocivo de insectos y de hongos.

En gran medida, el éxito del almacenamiento de los granos y semillas depende del conocimiento y criterio de las personas encargadas del cuidado de los productos almacenados, por los que su preparación y continua capa-

citación jugarán un papel muy importante en la calidad y cantidad con que los granos y semillas lleguen a los consumidores.

## Referencias

1. Christensen, C. M. y H. H. Kaufmann, 1969, *Grain Storage, The Role Fungi in Quality Loss*, University of Minnesota Press. Minneapolis.
2. Moreno, M. E. y C. M. Christensen, 1971, *Differences Among Lines and Varieties of Corn in Susceptibility Damage from Invasion by Storage Fungi*, *Phytopathology*, 61:1498-1500.
3. Moreno, M., 1984, *Análisis Físico y Biológico de Semillas agrícolas*, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 383 p.
4. United States Department of Agriculture, 1976, *Grain Equipment Manual G. R. 916-6*, Federal Grain Inspection Service Standardization Division, Richards-Debauer, AFB, Kansas City, Mo
5. Diener, U. L. y N. D. Davis, 1987, *Biology of Aspergillus flavus and A. parasiticus*, En: *Aflatoxin in Maize* Eds. M. S. Zuber, E. B. Lillehoj y B. L. Renfro. Proceedings of the Workshop CIMMYT, México.
6. Leitao, J., J. Le Bars y J. R. Bailly, 1989, *Production of Aflatoxin B by Aspergillus Ruber*, Thom and Church, *Mycopathologia* 108: 135-138.
7. Christensen, C. M. y R. A. Meronuck, 1986, *Quality Maintenance in Stored Grains and Seeds*, University of Minnesota Press.
8. Hall, G. E., E. E. Hatfield y A. H. Jensen, 1974, *Propionic Acid for High Moisture Corn Preservation*, *Trans. ASAE* 27: 379-382.387.
9. Huitson, J. J., 1968, *Cereals Preservation with Propionic Acid*, *Proc. Biochem*, 3:31-32.
10. Sauer, D. B. y R. Burroughs, 1974, *Efficacy of Vairus Chemicals as Grain Mold Inhibitors*, *Trans. ASAE*. 17:557-559.
11. Sauer, D. B., T. O. Hodges, R. Burroughs, y H. H. Converse, 1975, *Comparison of Propionic Acid and Methylene Bis Propionate as Grain Preservatives*, *Trans. ASAE* 18: 1162-1164.
12. Bothast, R. J., M. L. Goulden, O. L. Shotwell y C. W. Hesseltine, 1976, *Aspergillus Flavus and Aflatoxin in Acid Treated Maize*, *J. Torod Prod. Res.* 12:177-183.
13. Moreno, M. E. y G. J. Ramírez, 1983, *Mezcla de Fungicidas para la Preservación de Semillas de Maíz Almacenadas en una Humedad Relativa de 85 por ciento*, *An. Inst. Biol., UNAM, México*, 54, Ser. Botánica: 195-198.
14. Moreno, M. E. y G. J. Ramírez, 1985, *Protective Effect of Fungicides on Corn Seed Stored with Low and High Moisture Contents*, *Seed Sci. and Technol.* 13 :285-290.
15. Shove, G. C. y M. F. Walter, 1974, *Grain Preservative Extends Allowable Drying Time*, *ASAE Pap.* N° 74-3533.
16. Jeffs, K. A., 1986, *Seed Treatment*, Second Ed. The British Crop Protection Council, 332 p.
17. Milner, M., C. M. Christensen y W. F. Geddes, 1947, *Grain Storage Studies Influence of Mould Inhibitors on Respiration of Moistwheat*, *Cereal Chem.* 24: 507-517.
18. Olien, C. R y M. B. Moore, 1954, *Certain Mercurial Seed Treatments do not Kill Fungi on Seed Wheat prior to Plating*, *Phytopatology* 44:40.
19. Moreno, M. E. y G. G. Vidal, 1981, *Preserving the Viability of Stored Maize Seed with Fungicides*, *Plant Disease* 65 :260-261
20. Moreno, M. E., G. J. Ramírez, M. Mendoza, y G. Valencia, 1982, *Efecto de Fungicidas sobre la Conservación de Semillas de Maíz Previamente Invasada por Hongos de Bodegaje*, *Turrialba* 32:97-101.
21. Moreno, M. E., L. Mandujano, M. Mendoza, y G. Valencia, 1985, *Use of Fungicides for Corn Seed Viability Preservation*, *Seed Sci. and Technol* 13:285-290

22. Moreno, M. E. y G. J. Ramírez, 1986, *Tratamiento Químico para la Preservación de Semilla de Maíz Almacenada en una Alta Humedad Relativa*, An. Inst. Biol., UNAM, México, 57 Serv. Botánica: 143-147.
23. Moreno, M. E., G. J. Ramírez, y B. H. Plata, 1987, *Preservación de la Semilla Tratada con Fungicidas, Almacenada con Diferentes Sistemas de Almacenamiento*, Turrialba 37:267-274.
24. Pardave, D. M. y M. B. Moreno, 1977, *Efecto de Diferentes Condiciones de Almacenamiento sobre la Vabilidad de la Semilla de Soya*, An. Inst. Biol. UNAM, México, 47-53. Ser. Botánica: 61-72.
25. Moreno, M. E., R. R. Morones y L. R. Gutiérrez, 1978, *Diferencias entre líneas, Cruzas Simples y Dobles de Maíz en su Susceptibilidad al Daño por Condiciones Adversas de Almacenamiento*, Turrialba 28:233-237.
26. Moreno, M. E., 1979, *Efecto de los Hongos de Almacén sobre la Vabilidad de las Semillas de Maíz y Soya*, Bol. Soc. Mex. Mic. 13:195-203.
27. Moreno, E. M. y G. G. Vidal, 1983, *Comportamiento de Diferentes Híbridos de Sorgo Almacenado bajo Condiciones que Favorecen el Deterioro de las Semillas*, An. Inst. Biol., UNAM, México.
28. Moreno, M. E. y G. Ramírez, 1987, *Comportamiento de Siete Variedades de Frijol Almacenadas en Diferentes Temperaturas*, Turrialba 37:93-99.
29. Moreno, M. E., G. J. Ramírez, R. M. Mendoza y R. G. Valencia, 1988, *Comparison of Mexican Maize Races Stored Under Adverse Humidity and Temperature*, En: Recent Advances in the Conservation and Utilization of Genetic Resources, Proceedings of the Global Maize Genoplasm Workshop. CIMMYT, Mexico, pp.95-98.
30. Shotwell, O. L., C. W. Hesseltine y M. L. Goulden, 1973, *Incidence of Aflatoxin in Southern Corn, 1969-1970*, Cereal Science Today 18:142-146.
31. Moreno, M. E., 1989, *Formación de Variedades Resistentes: Una Alternativa para Reducir la Producción de Micotoxinas*, Revista Latinoamericana Acogranos, Año 5 (7):35-39.
32. Cole, R. J., T. H. Sanders, J. W. Dorer y P. D. Blankenship, 1989, *Environmental Conditions Required to Induce Preharvest Aflatoxin Contamination of Groundnut*, Proceedings of International Workshop, 6-9 oct. 1987, ICRISAT Center, Patancheru, India, pp. 279-287.
33. Barry, D., E. B. Lilehoj, N. W. Widstrom, W.W. McMillian, M. J. Zuber, W. R. Kwolek y W. D. Guthrie, 1986, *Effect of Husk Tightness and Insect (Lepidoptera) Infestation on Aflatoxin Contamination of Preharvest Maize*, Environmental Entomology 15:1116-1118.
34. Davis, N. D., C. G. Currier y U. L. Dienes, 1985, *Response of Corn Hybrids to Aflatoxin Formation by Aspergillus Flavus*, Bull. Alabama Exp. Sta. 575:3-23.

## LOS PROCESOS DE CONSERVACION Y TRANSFORMACION EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

*José Luis Arjona Román*  
FES-Cuautitlán, UNAM

---

En el proceso global de la producción de alimentos hasta su consumo, se estructura una cadena compleja de distribución y rotación de productos en lo que se ha dado en denominar "Cadena Alimentaria". Esta cadena, se estructura generalmente (Figura 1) de cuatro elementos, a saber:

- Producción de insumos y maquinaria.
- Producción agrícola, forestal y pesquera.
- Procesos de transformación (primaria y secundaria).
- Distribución y consumo.

A estos elementos se agregan algunos otros propios de los sistemas de producción, como son los servicios de créditos, asistencia técnica, servicios tecnológicos y, de alguna manera, la incorporación de innovaciones tecnológicas para algunas líneas de productos en derivados de alimentos como cárnicos, lácteos, granos y semillas, frutas y hortalizas.

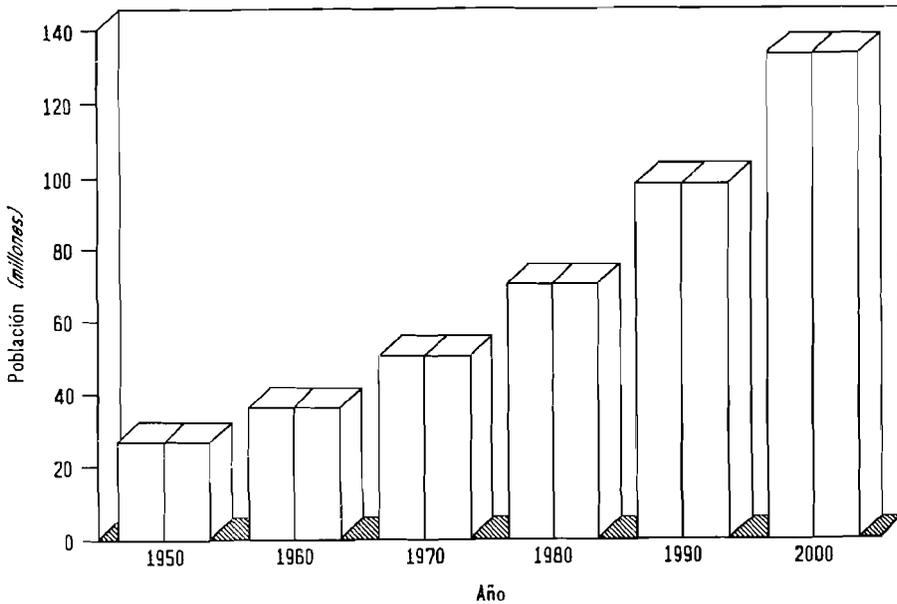
En términos de este contexto generalizado se lleva a cabo la producción de alimentos, y de alguna forma por mecanismos diversos y complejos, se satisface la demanda alimentaria de una población, a la vez que se condicionan sus hábitos de consumo. Sin embargo, resulta importante mencionar dos factores internos en la funcionalidad industrial y sus relaciones producción/productividad, que influyen directamente en la disponibilidad de los diferentes grupos de alimentos para la diversidad de consumidores demandantes de productos y derivados sometidos a un determinado tipo de procesamiento.



**Figura 1.** Elementos de la estructura de la cadena alimentaria.

En primer término, existe una demanda creciente de alimentos en relación directa con el crecimiento poblacional, misma que pasa a duplicarse en los años setenta, al proyectarse en forma conservadora hacia el año 2000, para un total previsto de 132 244 000 habitantes, como se indica en la Gráfica 1, con una distribución mayoritaria en un 72 por ciento de población urbana y 28 por ciento de rural para este fin de siglo.

En segundo término destacan los aspectos tecnológicos entre los cuáles, en un complejo y diverso conjunto de factores, el actual inventario de la industria nacional plantea una estructura para la producción alimentaria basada principalmente en pequeñas y medianas empresas, en las cuales se



Fuente: Carvajal M. R. y C. J. M. Vergara, *La Alimentación del Futuro*, UNAM, 1987.

**Gráfica 1.** Proyección del crecimiento poblacional.

sustenta cerca del 60 por ciento de la producción nacional de alimentos, para una población demandante y en crecimiento constante que, en suma, reflejan una problemática particular de carácter tecnológico como se indica globalmente en la Figura 2, aunando a ello, en la época actual, el efecto directo del Tratado de Libre Comercio sobre las estructuras y sistemas de producción, la aplicación de filosofías de calidad en un entorno orientado a la productividad y desarrollo, para alcanzar competitividad en los mercados internacionales y la reciente aceleración en los adelantos de la producción de equipos de proceso automatizados, para lograr una alta coordinación tecnológica en la producción.

Todos estos elementos en su conjunto implican, para la industria alimentaria, retos de composición compleja, al considerarlos y proyectarlos hacia el desarrollo de capacidades productivas y de conquista de nuevos

mercados, destacando al corto y mediano plazo las aplicaciones de una amplia gama de tecnología de conservación, en un marco de calidad controlada de productos y procesos, flexibilidad operativa y capacidad de adaptación a nuevas tecnologías. Así, particularizamos en la conservación de alimentos, ésta es llevada a cabo por diferentes métodos, cada uno con sus distinciones tecnológicas y entre los que destacan:

- Métodos químicos (uso de aditivos, ahumado, salado, etcétera).
- Métodos biológicos (uso de microorganismos en fermentaciones específicas).
- Métodos físicos (aplicación de calor, frío, combinación con otros métodos, procesos de separación, radiación, etcétera).

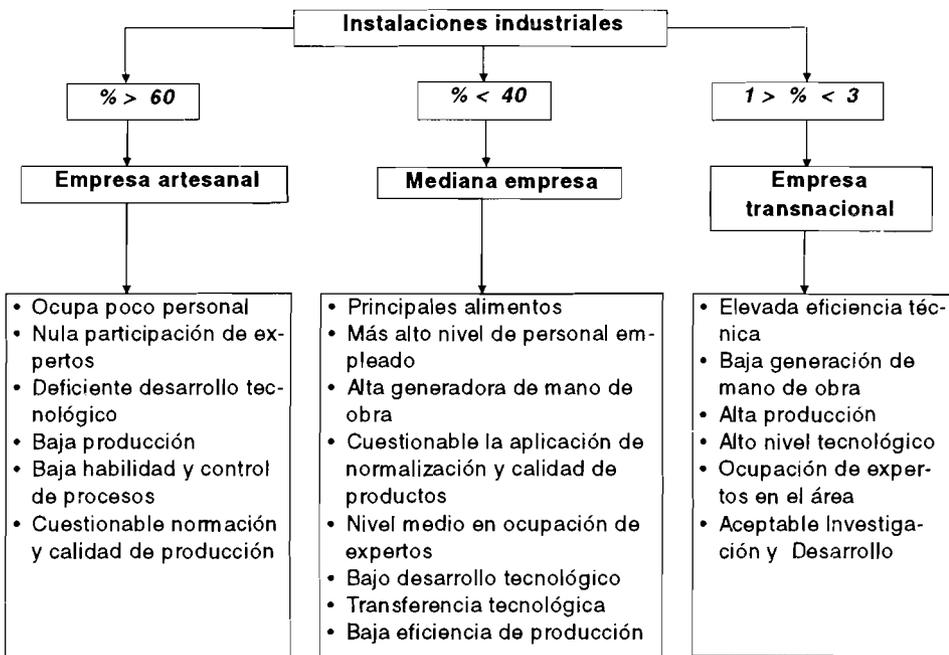
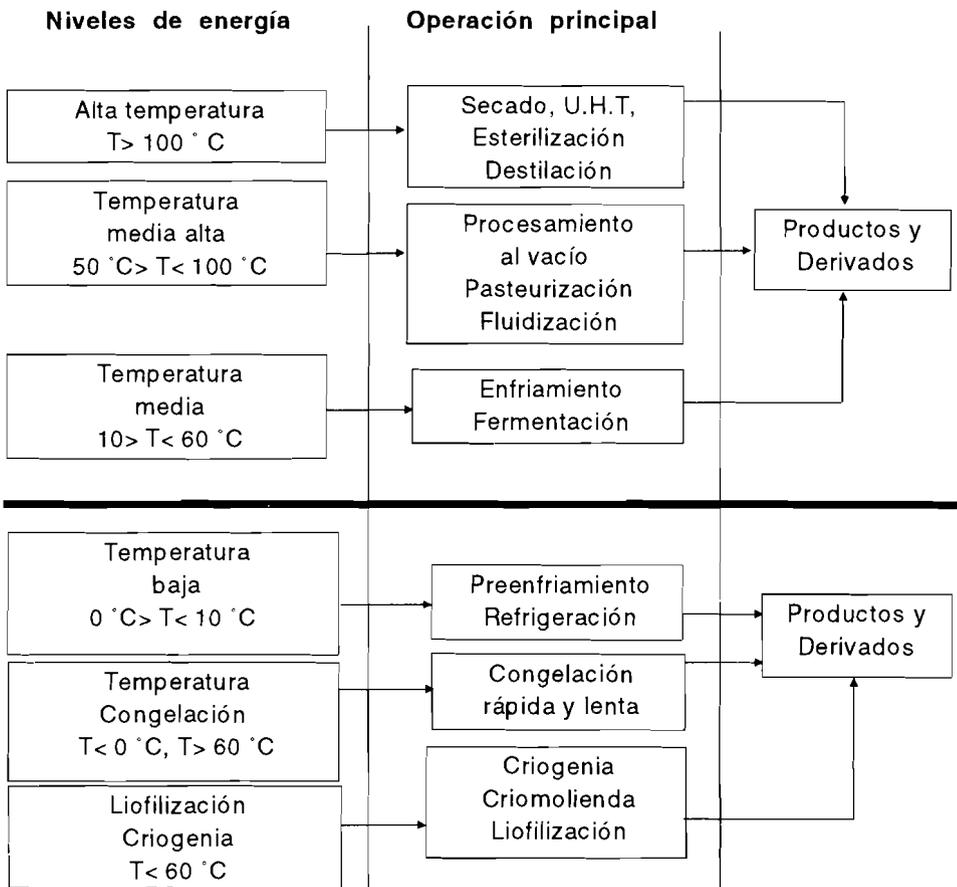


Figura 2. Distribución de industrias alimentarias.

En este sentido, válgase considerar que independientemente del producto o derivado de que se trate (cárnicos, lácteos, hortalizas o granos y cereales), en la mayoría de los procesos de escala industrial, son aplicados individual o en forma combinada alguno de estos métodos, siendo los más generalizados los referidos a la aplicación de métodos físicos o mecánicos, cuya principal característica en sus principios, involucran una manifestación de energía mediante un cambio de temperatura de magnitud variable en un sólido alimentario y en la cual se distinguen varias operaciones como se indica en la Figura 3.



**Figura 3.** Operaciones alimentarias principales y su relación a niveles de temperaturas aplicadas.

Estas operaciones indicadas, en su mayoría denominadas como tradicionales, sólo representan a aquellas consideradas como de mayor aplicación, en las cuales se lleva a la práctica una operación térmica de conservación y es viable clasificarlas como operaciones de transformación primaria y/o secundaria. Aún así, al visualizar un proceso completo, a éstas le anteceden y le continúan operaciones básicas y en algunos casos comunes, dependiendo del producto o derivado en producción y que se estructuran en su diseño, contemplando desde la cosecha de cultivos, su acondicionamiento y preparación para proceso, hasta las de envasado y preparación apropiada para presentación y consumo, en las que de una forma u otra puede estar involucrado un efecto energético a aplicarse.

En todos los casos, las fuentes de energía para generar los gradientes requeridos de temperaturas de proceso en las diferentes etapas, se basa por lo general en el uso de combustibles tradicionales. Habría que aclarar en todo caso, que si bien México es un país productor de petróleo, del que se derivan los diferentes combustibles, intrínsecamente esto no implica una época de bonanza energética, si no por lo contrario, un esfuerzo conciente y con énfasis, en la planeación orientada hacia la racionalización de su aplicación en los sistemas de producción, sin perder la perspectiva del desarrollo de programas de investigación, aplicando fuentes no convencionales, la optimización y adaptación de tecnologías con uso de fuentes tradicionales al interior de procesos y al exterior, los efectos directos e indirectos hacia el medio ambiente.

A fin de conservar una idea más clara de la incidencia de la energía en los sistemas de producción, Carvajal y Vergara<sup>1</sup>, indican un caso en el cual los requerimientos energéticos para producir un kilogramo de pan blanco rebanado y empacado, ubican en un 19.4 por ciento de la energía total consumida al cultivo del trigo, en los cuales los fertilizantes ocupan el 11.1 por ciento, la molienda el 12 por ciento de energía y esto ya concierne a las operaciones de transformación al igual que el proceso de horneado, con una contribución del 64.3 por ciento y finalmente un 3.4 por ciento en la distribución para la venta en menudeo.

De esta manera, en lo global, se indica que para la producción de un kilogramo de pan se requieren 0.48 kg de combustible. Siendo otros casos

de operaciones con alto consumo energético, las referentes al enlatado, la congelación y el secado en otro tipo de procesos.

Cabe hacer notar que por lo general, en los actuales sistemas de producción, la calidad, el costo y la productividad industrial son efectos directos que tienen como una de las causas principales el control y la optimización de procesos, situación que implica para las tecnologías integrales de conservación la planeación y el perfeccionamiento de los procesos, coordinados a la planeación de la producción y a los programas de mejoras continuas considerando fundamentalmente:

- El conjunto de técnicas básicas a aplicarse para la conservación o transformación de alimentos.
- La habilidad, uso y rendimiento de los equipos de proceso.
- La ejecución de operaciones en términos de especificaciones bajo control de principios, funcionalidad y efectos en los productos.
- La aplicación de filosofías y cultura de calidad integradas al proceso productivo.

Desde el punto de vista de la aplicación Industrial, estos factores no pueden observarse en forma aislada, sino ser parte propia de la planeación de la producción y en cierta manera, independientes del nivel tecnológico que caracterize al proceso. Aún así, retienen nuestra atención los referidos a la habilidad de equipos y la aplicación de filosofías de calidad, en el sentido de que si bien es importante el control de temperaturas, el tiempo en que éstas sean aplicadas resulta igualmente relevante, considerando que el adecuado equilibrio de este binomio en una operación, determinará el nivel de atributos cualitativos y cuantitativos en composición y estructura de un producto o derivado que deba ser conceptualizado como alimento.

De alguna forma y por consecuencias de carácter histórico, nuestra planta productiva, en una gran generalidad, depende de tecnología extranjera, rubro en la que poco o casi nada se ha hecho para la creación o adaptación de las mismas a nuestras condiciones de materias primas, a las parti-

cularidades de cada proceso y a la demanda de consumidores; esto conlleva al no ser evaluada la habilidad y rendimiento de equipos, su validación control estadístico y la optimización del proceso, a generar sistemas productivos de alto costo inferido en los productos, al manejo obsoleto de operaciones con especificaciones fuera de control aunándose, rendimientos de producción inferiores a los normales por diseño y calidad cuestionable en los atributos de los derivados.

Enfocándonos a estas consideraciones en el plano de la tecnología, podríamos inferir de los elementos anotados, que destaca en un primer término el nivel de energía empleado en el diseño de operaciones, siendo en un sentido práctico la temperatura su manifestación más conocida. Sin embargo, aun si en una operación existen gradientes de temperatura entre una fuente de calor y un alimento, sea este sólido, semisólido o líquido, el control en un sentido estricto debe estar dirigido, no a esta variable consecuen- te, sino al o los mecanismos que gobiernan los fenómenos de intercambio de calor, su forma y tipo de transporte o movimiento dentro de la unidad de proceso y el tiempo y la temperatura de exposición o contacto.

En este sentido, cabe hacer énfasis en que el conjunto de fenómenos que se manifiestan y que caracterizan a una operación, son los que deben ser controlados en un proceso y los que de alguna manera dan la pauta a la generación de adaptaciones tecnológicas en la perspectiva de una mejora continua, en las formas en que se transfiere una cantidad de energía para un efecto definido, en un tiempo determinado y a un mínimo costo.

En este punto de vista resulta el segundo término, no menos importante, en el que se refiere a el equilibrio en la compatibilidad de un proceso, con relación al tipo de producto en fabricación o transformación. Esto es, que uno o varios mecanismos de intercambio presentes en una operación, deberán ser diseñados para integrarse al objetivo de retener un nivel aceptable de los atributos de origen en los derivados producidos, sean estos de carácter físico, químico, microbiológico o sensorial.

En tercer término residen dos elementos, el primero se relaciona al tiempo, sea este de residencia o de operación y que representa el período dentro del cual se manifiestan las formas y mecanismos de contacto entre la

fuelle de intercambio de energía y el fluído alimentario para lograr un cambio deseable. El segundo elemento relaciona todos los anteriores dentro del marco del concepto de control integral, en una operación o proceso completo para así configurar la planeación de adaptación y coordinación tecnológica de sistemas globales de producción.

Así en el momento actual, en que la competitividad de mercados con los Estados Unidos y Canadá se fortalece por un tratado de libre comercio, la industria nacional debe igualmente fortalecer su infraestructura tecnológica, para hacer frente a un concurso desigual y con deficiencias en la generación de tecnologías propias. Las innovaciones de más alto nivel, dadas en estos países, no necesariamente son las requeridas para nuestros sistemas de producción y en este sentido, es fácil llevar a una mala interpretación los programas de modernización tecnológica de la Industria Nacional mayoritaria en la que, por apreciación personal, no significa en ningún sentido la transferencia de tecnología sofisticada, a pesar de las tendencias hacia la automatización de procesos en algunas áreas productivas.

En el orden de las tendencias y modas tecnológicas, éstas han existido en todas las épocas y algunas son parte de éxitos o de fracasos industriales, sin embargo, son una invitación a la reflexión y análisis, orientadas evidentemente al contexto energético, su aplicación y viabilidad en los procesos alimentarios. Entre las de mayor interés se anotan las relacionadas a:

- El uso de Radiaciones para el control fitosanitario.
- Las aplicaciones de las Microondas en procesos de esterilización, pasteurización y cocimiento.
- Las aplicaciones de la Luz Ultravioleta en esterilización de sólidos y líquidos.
- La Criogénia en la congelación rápida y la criomolienda.
- La Automatización de operaciones de transformación.
- Aplicación de otras energías no convencionales, como secado solar.

- Diseño de operaciones de transferencia térmica compactas para el secado instantáneo, pasteurización y evaporación.
- Procesos continuos de fermentación.
- Envasado aséptico.
- Procesos de separación por ultra filtración y ósmosis inversa.
- La optimización y el control estadístico de procesos.

De esta manera las tendencias pueden ampliarse y diversificarse, aún así habría que reflexionar, sin importar un listado, hacia dónde se dirigen nuestras propias tendencias, cuál es el papel a configurar por las instituciones de investigación en sus programas de desarrollo tecnológico y, en particular, sus relaciones de vinculación hacia el sector productivo con la orientación de apoyar al fortalecimiento de la infraestructura y la capacidad tecnológica de la pequeña y mediana empresa alimentaria.

## LA COMERCIALIZACION DE GRANOS BASICOS: MAIZ Y FRIJOL

*José N. Iturriaga de la Fuente*

Subdirección de Comercialización, CONASUPO, S. A. de C. V.

---

La comercialización de maíz y de frijol en México ha sufrido en los últimos años el impacto indirecto de una medida gubernamental, no por indirecto menos importante. Me refiero a la desaparición paulatina de los precios de garantía de los demás granos básicos, iniciada desde 1987. En aquella época existía ese sistema de precios para doce productos agrícolas, incluidos los principales cereales, el frijol y casi todas las semillas oleaginosas.

Al ir desapareciendo los precios de garantía y sólo subsistir en la actualidad para el maíz y para el frijol, ocurrió un cambio en el mosaico agrícola nacional que ha llegado a ser trascendente. Muchos agricultores tradicionalmente productores de trigo, arroz, sorgo y oleaginosas han continuado con esos cultivos, pero muchos otros los han abandonado, reenfocando sus tierras hacia la producción de frijol y sobre todo de maíz. El régimen de precios de garantía que subsiste para ambos granos es un poderoso atractivo para los productores agrícolas, pues como su nombre lo indica, el gobierno garantiza tales precios a través de los programas de compras de CONASUPO, que captan todos los volúmenes que sean ofrecidos al propio organismo descentralizado. Para dicho efecto, CONASUPO opera 1 236 centros receptores de maíz y 368 de frijol en la cosecha principal, la que va de octubre a abril. En la cosecha menor, que se levanta de mayo a septiembre, los centros receptores para maíz son 249 y para frijol 48. Es evidente que un precio de garantía no puede ser meramente declaratorio; la garantía estriba en la demanda ilimitada por parte del garante, que ha sido el gobierno.

El ejemplo más dramático de la recomposición que ha sufrido el mosaico agrícola de México es el ocurrido en el estado de Sinaloa. Hace cinco años, su producción maicera no llegaba a las 200 000 toneladas; en cambio, para el presente año se estima que podrá llegar a los tres millones de toneladas.

En términos generales, la producción nacional de maíz se ha elevado en el último lustro de 15 millones de toneladas anuales, que era su nivel medio, al orden de los 18 millones de toneladas. Ese aumento puede aparecer como un superávit frente a los consumos tradicionales de maíz, éste es 11 millones de toneladas anuales para el consumo humano, un millón de toneladas para usos industriales, 250 000 toneladas para semilla y 1 500 000 toneladas de mermas (las que obviamente no son parte del consumo, pero que suelen contabilizarse dentro de él). No obstante, debe recordarse que el consumo forrajero de cereales se estima en 10 millones de toneladas anuales y aunque en México tradicionalmente se ha cubierto con sorgo y sólo de modo secundario con trigo y con maíz, los tres cereales son perfectamente sustituibles entre sí. Ello quiere decir que el consumo potencial de maíz podría llegar en la actualidad a 24 millones de toneladas anuales.

El panorama descrito sufrirá importantes modificaciones con la aplicación del programa PROCAMPO, que retira los precios de garantía subsistentes e instaura los apoyos directos para los productores rurales, en función de sus hectáreas de terreno.

A partir del 1º de mayo de 1994, los precios de garantía para maíz y para frijol sufrieron un decremento y tendrán otra reducción adicional desde el próximo 1º de octubre. Sin embargo, esta etapa transitoria del PROCAMPO no ha tenido efectos perceptibles en cuanto a la reducción de la producción nacional de ambos granos, ni tampoco se estiman para la cosecha que se levantará de octubre de 1994 a marzo de 1995. No cabe duda que dichos efectos se empezarán a sentir durante la etapa definitiva del PROCAMPO, éste es a partir del 1 de abril de 1995, cuando dejarán de aplicarse los precios de garantía para el maíz y para el frijol. La nueva política implicará un período de 15 años para eliminar completamente los aranceles y así igualar los precios domésticos a los internacionales, en paralelo a la aplicación de los apoyos directos que PROCAMPO inició desde el pasado mes de mayo.

La mencionada modificación del mosaico agrícola nacional a favor del maíz repercute de manera significativa en las compras nacionales de CONASUPO. En 1992 fueron de 4.6 millones de toneladas, el año pasado ascendieron a 8.1 millones de toneladas y para el presente año de 1994 se estiman en 8.3 millones de toneladas. Tales incrementos reflejan el aumento en

la producción. Esto nos lleva de la vertiente de la producción que hasta aquí hemos analizado, a la vertiente del consumo.

Hasta hace dos años, las principales ventas de maíz de CONASUPO estaban destinadas al consumo humano, en primer lugar a través de los molinos de nixtamal, enseguida por conducto de las tiendas rurales de la propia CONASUPO y finalmente por la vía de las fábricas de harina de maíz. Las ventas a la industria almidonera y al sector pecuario eran minoritarias.

El "salto" en las compras de CONASUPO ha provocado que ahora el principal cliente maicero de este organismo sea el sector pecuario, por supuesto una vez cubiertas las necesidades para consumo humano. Para 1994, CONASUPO estima ventas de 8.1 millones de toneladas de maíz, de las cuales 4.7 serán para consumo animal. Los molinos de nixtamal absorberán 1.8 millones de toneladas, la industria harinera casi 900 000 y las tiendas rurales CONASUPO 540 000 toneladas.

Como el sector pecuario tiene la opción de importar libremente sorgo a precio internacional, la única forma en que CONASUPO ha podido colocar sus sobreinventarios de maíz ha sido vendiéndolos a dicho sector también a precio internacional. Esta situación no implica un subsidio a los productores pecuarios mexicanos, sino a los agricultores maiceros de nuestro país, al estarles pagando un precio de garantía superior al que prevalece en el exterior.

En cambio, el consumo de tortilla de maíz sí está subsidiado por el gobierno federal, pues el abasto de ese cereal que CONASUPO realiza para tal destino se lleva a cabo a un precio que permite conservar los precios finales de la tortilla establecidos por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Por último, a partir de 1994 aparece un nuevo factor que afectará la comercialización del maíz y del frijol en México: el compromiso que adquirió nuestro país, dentro del Tratado Libre Comercio, para importar este año 2.5 millones de toneladas del cereal y 50 000 toneladas de la leguminosa. En el caso del maíz, se otorgaron los permisos de importación para dicha cuota sin arancel en cantidad de 1.5 millones de toneladas al sector pecuario y de

un millón de toneladas a la industria almidonera. Con respecto al frijol, la SECOFI subastó los permisos de importación correspondientes al volumen citado entre los comerciantes y empacadores que desearon participar. Para los siguientes años, esas cantidades crecerán paulatinamente.

# EL FERROCARRIL COMO ESLABON MAS IMPORTANTE EN LA CADENA DE DISTRIBUCION DE GRANOS BASICOS

*José David Castro Serrato*  
Gerencia Comercial de Carga  
Ferrocarriles Nacionales de México

---

## Introducción

La producción nacional de granos básicos se ha ido recuperando en los dos últimos años debido fundamentalmente a una política gubernamental orientada hacia la producción de maíz y frijol y soportada por precios de garantía que representa un buen incentivo para los productores.

Ambos productos han mostrado excedentes en el consumo nacional, lo que ha propiciado, en el caso del maíz que este producto se desplace a consumo forrajero en sustitución del sorgo, que por su parte ha visto reducidos sus consumos con la consecuente disminución en la producción nacional y en las importaciones. Por lo que respecta al frijol, los excedentes, aunque proporcionalmente de menor cuantía que los obtenidos en el maíz, se han derivado a exportaciones a los Estados Unidos de Norteamérica y países centroamericanos. Sin embargo, la política gubernamental dirigida a los granos mencionados, no ha podido resolver el problema en su conjunto y ha dejado a un lado otros cultivos como el trigo, el arroz y el sorgo, que son en la actualidad deficitarios en su producción con respecto a la demanda nacional.

A pesar de ello, se puede decir que sumadas las producciones de los granos básicos, (incluyendo el sorgo entre ellos, porque aunque es forrajero, impide la desviación de granos de consumo humano hacia consumo animal), el total se ha incrementado en los últimos años, ocasionando una mayor demanda de transporte para su distribución. En este punto es donde Ferrocarriles Nacionales de México ha representado un eslabón muy importante en la cadena de distribución nacional para hacer llegar los granos básicos con oportunidad, a los centros de consumo de todo el país.

Sin la participación de este importante medio de transporte el aprovechamiento de las cosechas en los lugares de consumo se haría difícil y costoso, lo que redundaría en graves perjuicios a la población, vista desde los ángulos de la producción y del consumo.

Por sus características particulares, la presencia del ferrocarril en las zonas de cultivo al momento de la cosecha, representa ventajas significativas con respecto al autotransporte, debido a que puede movilizar mayores volúmenes de carga a mayores distancias, a un menor costo. Ciertamente el autotransporte tiene características que lo hacen sobresaliente en las distancias cortas y en especial por su flexibilidad de desplazamiento, ya sea por brechas, terracerías o caminos asfaltados.

La rigidez del ferrocarril, que sólo puede deslizarse sobre rieles de un punto a otro, comparada contra la versatilidad del autotransporte, no debe considerarse controvertida al comparar los dos modos de locomoción. Ponerlos en competencia no tiene sentido, dado que cada medio tiene su propia vocación y más que modos de transporte competitivos, en el futuro deben considerarse como complementarios para el mejor aprovechamiento de la energía. Bajo esta óptica se considera que en distancias cortas el autotransporte debe utilizarse como un alimentador del ferrocarril durante la carga y como un distribuidor en la descarga en lo que se denomina servicios de puerta a puerta.

### **Misión de Ferrocarriles Nacionales de México**

Ferrocarriles Nacionales de México es una empresa de servicio de transporte, fundamentalmente de carga, que opera en congruencia con los lineamientos de política económica y social que señala el Gobierno Federal y cuyo desempeño debe estar de acuerdo con los principios de calidad, seguridad y rentabilidad, contribuyendo así al desarrollo de México.

### **Volúmenes movilizados**

El servicio de transporte de carga representa para Ferrocarriles Nacionales de México aproximadamente el 96 por ciento de los ingresos, correspondiendo el cuatro por ciento restante al tráfico de pasajeros.

Los volúmenes de carga que Ferrocarriles Nacionales de México desplazó en el año de 1993 fueron de 50 377 000 toneladas, siendo este el segundo año consecutivo, en que la empresa muestra un repunte en el total de carga transportada, después de que, durante cinco años, de 1987 a 1991, los tráficos se fueron a la baja, disminuyendo de 58 124 000 toneladas en 1987, hasta 46 405 000 toneladas en 1991.

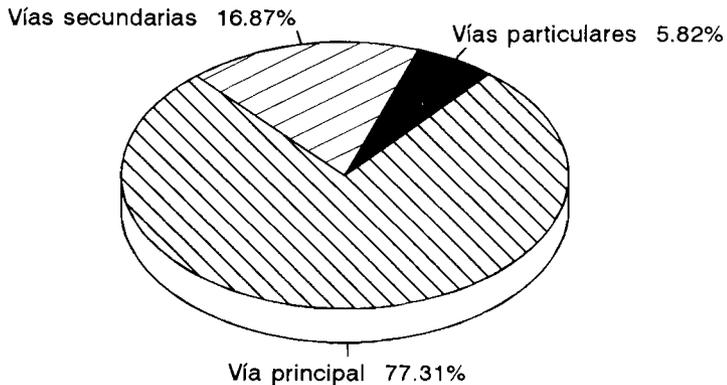
**Recursos disponibles**

- *Longitud de vías*

Para dar servicio, Ferrocarriles Nacionales de México cuenta con la infraestructura de vías que se muestra en la Tabla 1 y Gráfica 1.

**Tabla 1**  
**Longitud y características de las vías**

Tipo de vía	Longitud
Principal	20 445 km
Secundaria	4 460 km
Particular	1 540 km
Total	26 445 km



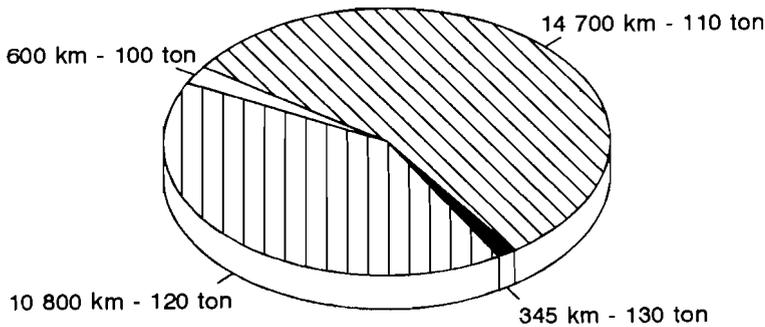
**Gráfica 1.** Composición estructural de la longitud de vías.

Aunque la extensión actual de las vías ha experimentado un incremento del 20 por ciento, comparada contra la longitud instalada en el año de 1910, en lo que respecta a la capacidad de carga de las vías, se ha incrementado como se muestra en la Tabla 2 y Gráfica 2.

**Tabla 2**

**Incremento de capacidad de vías en toneladas**

Capacidad inicial	Capacidad actual	km con nueva capacidad	% del total de longitud de vías
80	130	345	1.3
80	120	14 800	40.8
80	110	14 700	55.6
80	100	600	2.3
<b>Total</b>		<b>26 445</b>	<b>100.0</b>

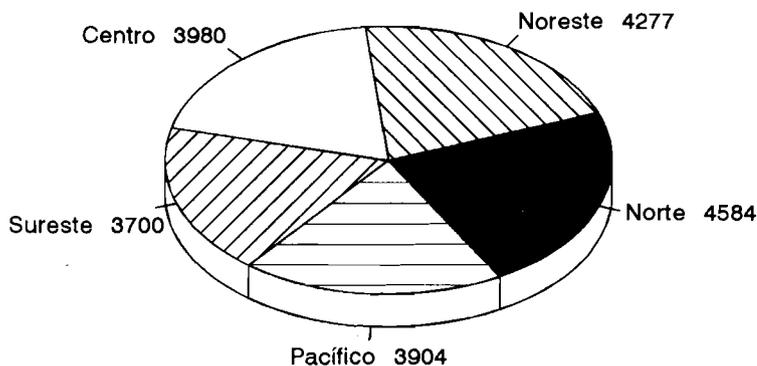


**Gráfica 2.** Incremento de capacidad de vías.

Para realizar sus operaciones, Ferrocarriles Nacionales de México se divide en cinco regiones con el kilometraje de vía principal, que se menciona indica en la Tabla 3 y Gráfica 3.

**Tabla 3**  
**Kilometraje de vía por regiones**

Región	
Centro	3 980
Noreste	4 277
Norte	4 584
Pacífico	3 904
Sureste	3 700
<b>Total</b>	<b>20 445</b>



**Gráfica 3.** Kilometraje de vía principal por regiones.

- **Fuerza motriz**

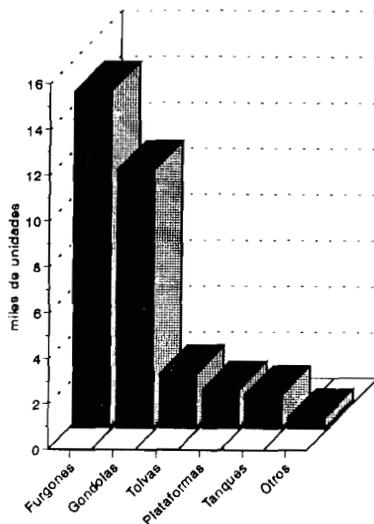
A la fecha la fuerza motriz disponible es de 1 441 locomotoras, que suman un total de 3 756 900 HP, lo que nos da un promedio de 2 607 HP/ locomotora.

- **Equipo de arrastre**

El equipo de carga para el arrastre de los productos que se movilizan por ferrocarril se muestra en la Tabla 4 y Gráfica 4.

**Tabla 4**  
**Equipo de arrastre**

Tipo de equipo	Unidades
Furgones	14 726
Góndolas	11 296
Tolvas	2 366
Plataformas	1 689
Tanques	1 491
Otros	475
Flota operable	32 043
Equipo no operable	6 796
<b>Total</b>	<b>38 839</b>



**Gráfica 4.** Equipos de arrastre.

• **Fuerza de trabajo**

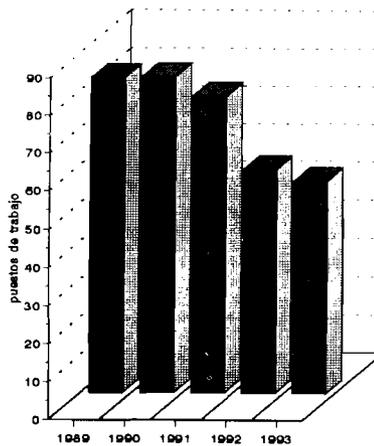
Debido a las acciones que Ferrocarriles Nacionales de México ha venido promoviendo para mejorar sus índices de productividad, la fuerza de trabajo (Tabla 5 y Gráfica 5), que alcanzó su máximo en 1990 con 83 290

puestos, ha venido decreciendo hasta quedar en 55 664 puestos en 1993, teniendo la reducción más significativa en el año de 1992 en el que se cancelaron 19 488 plazas en un programa de retiro voluntario. En este proceso los trabajadores fueron indemnizados con prestaciones superiores a las que marca la Ley Federal del Trabajo.

**Tabla 5**

**Fuerza de trabajo**

Año	Puestos
1989	82 928
1990	83 290
1991	78 114
1992	58 626
1993	55 664



**Gráfica 5.** Cantidad de puestos de trabajo.

**Tráfico de carga**

Como ya lo habíamos mencionado, la vocación de Ferrocarriles Nacionales de México está orientada principalmente hacia los tráficos de carga,

en donde constituye y se le reconoce como la columna vertebral del transporte en México.

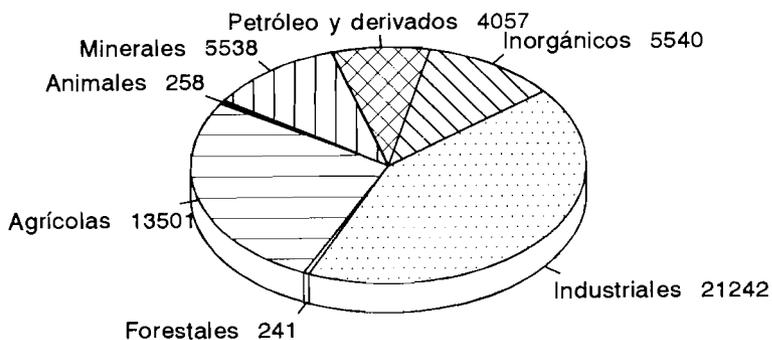
• **Tráfico de carga por grupo de productos**

Los productos que moviliza el organismo, los agrupa en siete grandes rubros, que en 1993 alcanzaron los tonelajes que se muestran en la Tabla 6 y Gráfica 6.

**Tabla 6**

**Tráfico de carga por grupo de productos**

Grupo	Tonelaje transportado 1993
Forestales	241
Agrícolas	13 501
Animales	258
Minerales	5 538
Petróleo y sus derivados	4 057
Inorgánicos	5 540
Industriales	21 242
<b>Total</b>	<b>50 377</b>



**Gráfica 6.** Tráfico de carga por grupo de productos.

• **Productos agrícolas**

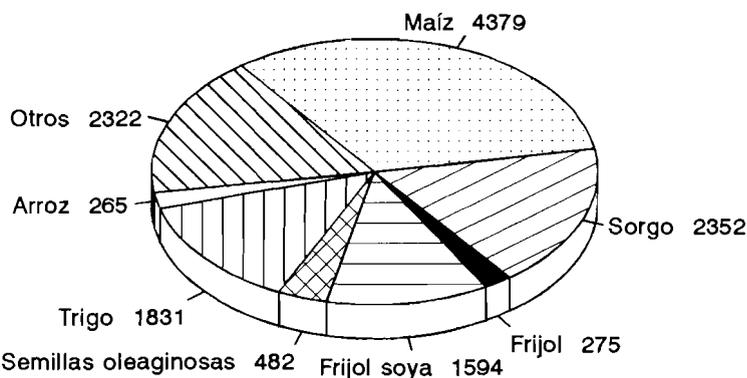
Los productos agrícolas, que son el motivo por el cual Ferrocarriles Nacionales de México está presente en este foro, son igualmente importantes para nuestra institución.

En el volumen total de tráfico transportado en 1993, las 13 500 000 toneladas de productos agrícolas representan el 26.8 por ciento. De este porcentaje los más destacados son los productos mostrados en la Tabla 7 y Gráfica 7.

**Tabla 7**

**Volumen de productos agrícolas transportados en 1993**

Producto	toneladas millones	Por ciento del total producción agrícola
Maíz	4 379 000	32.44
Sorgo	2 352 000	17.42
Trigo	1 831 000	13.56
Frijol soya	1 594 000	11.81
Semillas oleaginosas	482 000	3.57
Frijol	275 000	2.04
Arroz	265 000	1.96
Otros productos	2 322 000	17.20
<b>Total</b>	<b>13 500 000</b>	<b>100.00</b>



**Gráfica 7.** Volúmenes transportados de productos agrícolas en 1993.

Como se puede observar entre el maíz, sorgo, trigo y frijol soya, en 1993 se transportaron por ferrocarril: 10 156 000 toneladas que corresponden al 75.23 por ciento del total de productos agrícolas movilizados.

La procedencia de los productos agrícolas, para el ferrocarril, es tanto del campo mexicano, como productos de importación que se internan por puertos y fronteras. Un análisis detallado de los desplazamientos de granos básicos por producto y por origen se muestra en la Tabla 8, en la que no se consideran las exportaciones, por no alcanzar cifras significativas.

Contrastando los datos registrados en la Tabla anterior, con los que se dan en el documento "Foro de Consulta Permanente sobre: El Agua y la Energía en la Cadena Alimentaria - Granos Básicos" en lo que se refiere exclusivamente al: arroz, trigo, frijol y maíz, encontramos que los productos obtenidos en el campo mexicano, sumaron 20 309 000 toneladas, como lo consigna el documento referido, de estos, Ferrocarriles Nacionales de México desplazó de los lugares superavitarios, a los lugares deficitarios en un radio o distancia promedio de 1 000 km, 5 068 192 toneladas, que corresponden al 24.95 por ciento de lo producido. Las 15 241 000 toneladas restantes, se cargaron por autotransporte a distancias cortas (300 km en promedio) o se quedaron para autoconsumo en los lugares que se produjeron.

De igual manera analizando las importaciones por puertos y fronteras, podemos decir que lo captado por el ferrocarril, que entró a México a través de los ferrocarriles conectantes, en el 100 por ciento se considera flete ferroviario.

En cuanto a lo que arribó a nuestro país por barco, la relación de los desplazamientos por ferrocarril con respecto al autotransporte, se da en una proporción del 80-20 por ciento, correspondiendo el 80 por ciento al ferrocarril y el 20 por ciento al autotransporte. En este último caso, el desplazamiento también se debe a fletes cortos de producto que se queda dentro del mismo puerto o bien en poblaciones cercanas, que no van más allá de los 300 km.

Sumando los productos que se desplazan por ferrocarril y por autotransporte, llegamos a las cifras que se muestran en la Tabla 9 y Gráfica 8.

**Tabla 8**  
**Importaciones de granos básicos por fronteras y puertos durante 1993**  
*toneladas netas*

Remitente	Arroz	Frijol	F. Soya	Maíz	Sem. Oleag.	Trigo	Sorgo	Suma
N. Laredo Tamps.	117 245.5	2 194.3	415 078.3	145 417.7	77 770.1	320 377.3	918 559.1	1 996 642.3
Matamoros, Tamps.	0.0	441.5	169 487.6	125 211.5	30 003.5	683.4	398 758.6	724 506.1
Cd. Juárez, Chih.	34 309.2	523.6	203 061.2	31 415.2	22 183.2	52 758.6	304 319.8	648 570.8
P. Negras, Coah.	36 627.2	0.0	48 095.1	2 620.7	29 819.3	36 180.2	68 433.3	221 775.8
Nogales, Son	0.0	0.0	128 380.4	82.8	136.4	13 697.0	7 594.0	149 890.6
Mexicali, B.c.	126.8	0.0	0.0	0.0	15.0	6 332.1	0.0	6 473.9
Ojinaga, Chih.	2 245.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2 245.6
Suma	190 554.3	3 159.4	964 102.6	304 747.9	159 927.5	429 948.6	1 697 664.8	3 750 105.1

Remitente	Arroz	Frijol	F. Soya	Maíz	Sem. Oleag.	Trigo	Sorgo	Suma
Veracruz, Ver.	10 159.3	741.9	213 452.8	0.0	95 291.4	615 868.1	442 691.1	1 378 204.6
Manzanillo, Col.	0.0	2 117.5	105 903.4	1 581.4	319 115.0	0.0	277.2	428 994.5
Coatzacoalcos, Ver.	26 146.0	741.9	105 903.4	2 294.8	60.0	10 508.2	69 605.2	159 051.9
L. Cárdenas, Mich.	0.0	0.0	0.0	62 916.9	987.2	0.0	0.0	63 904.1
Guaymas, Son.	0.0	0.0	21 306.3	0.0	37 842.1	0.0	0.0	59 148.4
Tampico, Tamps	0.0	0.0	0.0	21 262.5	0.0	0.0	21150.8	42 413.3
Suma	36 305.3	2 921.5	391 038.1	88 055.6	453 295.7	626 376.3	533 724.3	2 131 716.8

(Continuación Tabla 8)

**Volumen transportado de granos básicos en servicio doméstico durante 1993**  
*toneladas netas*

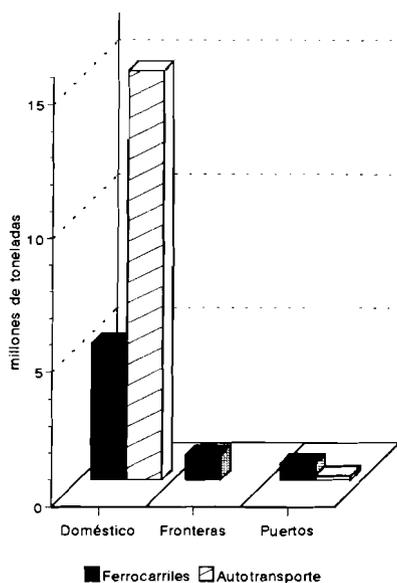
Estado remitente	Arroz	Frijol	F. Soya	Maíz	Sem. Oleag.	Trigo	Sorgo	Suma
Sinaloa	3 314.2	96 570.7	119 270.1	1 725 392	0.0	207 529.9	2 040.6	2 154 117.5
Sonora	117.7	1 116.0	93 598.7	179 401.4	60.6	421 930.3	396.8	696 621.5
Chihuahua	38.9	23 951.9	1 716.7	506 125.7	227.1	3 686.9	0.0	535 747.2
Chiapas	21 798.9	0.0	15 920.7	449 464.5	0.0	419.8	53.9	487 657.8
Guanajuato	0.0	282.1	0.0	37 895.0	52.5	110 500.6	69 949.4	218 679.6
Edo. de México	5 569.0	4 171.4	3 269.4	198 163.7	0.0	5 626.6	1 726.3	218 526.4
Jalisco	1 965.9	1 205.5	658.8	162 756.6	0.0	3 440.8	485.6	170 513.2
Nayarit	610.7	65 263.6	845.5	86 648.4	0.0	869.3	0.0	154 237.5
Zacatecas	0.0	37 373.6	0.0	3 260.4	0.0	0.0	0.0	40 634.0
Otros	4 910.5	38 981.2	3 232.2	637 230.1	2 964.0	21 027.4	45 935.0	754 280.4
Suma	38 325.8	268 916.0	238 512.1	3 986 337.8	3 304.2	775 031.6	120 587.6	5 431 015.1

**Resumen de volúmenes transportados de granos básicos durante 1993**  
*toneladas netas*

Remitente	Arroz	Frijol	F. Soya	Maíz	Sem. Oleag.	Trigo	Sorgo	Total
Fronteras	190 554.3	3 159.4	964 102.6	304 747.9	159 927.5	429 948.6	1 697 664.8	3 750 105.1
Puertos	36 305.3	2 921.5	391 038.1	88 055.6	453 295.7	626 376.3	533 724.3	2 131 716.8
Flete doméstico	38 325.8	268 996.0	238 512.1	3 986 337.8	3 304.2	774 611.8	120 533.7	5 430 541.4
Total	265 185.4	274 996.9	1 593 652.8	4 379 141.3	616 527.4	1 830 936.7	2 351 922.8	11 312 363.3

**Tabla 9**  
**Desplazamiento de granos básicos en 1993**  
**arroz, maíz, trigo y frijol**  
*toneladas*

	<b>Ferrocarril</b>	<b>Autotransporte</b>
Doméstico	5 068 000	15 241 000
Fronteras	928 410	-----
Puertos	602 928	150 732
<b>Total</b>	<b>6 599 330</b>	<b>15 391 732</b>
Porcentaje	30 %	70 %



**Gráfica 8.** Desplazamiento de granos básicos por medio de transporte durante 1993.

El total de toneladas transportadas en cada modalidad, multiplicado por 1 000 km que es la distancia promedio de recorrido del ferrocarril para granos y por 300 km promedio para el camión, nos arroja para el ferrocarril 6 599 millones de toneladas-kilómetro y para el autotransporte 4 617 millones de toneladas-kilómetro.

Ahora bien desde el punto de vista del impacto ecológico, el auto-transporte tiene el consumo aproximado de un litro de diesel por kilómetro recorrido con una carga de 20 toneladas. Este dato nos da para el autotransporte un consumo total de litros de diesel, en el año de 1993:

$$\text{Litros de diesel} = \left[ \frac{15391732 \text{ ton/año}}{20 \text{ ton}} \right] \left[ \frac{300 \text{ km}}{1 \text{ km/1 lt}} \right] = 238975980 \text{ lt/año}$$

El ferrocarril, por su parte tiene un consumo promedio<sup>§</sup>, de un litro de diesel por cada kilómetro recorrido con una carga de 822 toneladas, lo que representa un rendimiento en combustible 40 veces mayor en el ferrocarril que en el camión, esto es:

$$\text{litros de diesel} = \left[ \frac{6599330 \text{ ton/año}}{822 \text{ ton}} \right] \left[ \frac{1000 \text{ km}}{1 \text{ km/1 lt}} \right] = 8028382 \text{ lt/año}$$

En consecuencia, si se aprovechara en mayor grado el ferrocarril y la proporción actual que nos da la última Tabla de desplazamiento de granos básicos en toneladas para 1993, que es del 30 por ciento de movilizaciones por ferrocarril y 70 por ciento por autotransporte, se fuera revertiendo, por cada uno por ciento que se incrementara el uso del ferrocarril en la distribución de granos y se redujera en el uso del autotransporte, el ahorro de combustible sería de 3 217 317 litros.

### Modernización de los ferrocarriles

Con el fin de incentivar la carga para el ferrocarril, la Organización ha llevado a cabo una serie de estrategias de modernización que además de hacerla más eficiente, le ha permitido capturar un mayor volumen de tráfic-  
cos.

Entre las acciones más importantes destacan:

- La creación de ferropuertos;

Dato experimental proporcionado por Fletes de Occidente.

<sup>§</sup> Dato proporcionado por el Departamento de Fuerza Motriz de Ferrocarriles Nacionales de México en la siguiente forma: una locomotora de 3 000 HP recorre una distancia de 2 400 kilómetros (ida y vuelta de Pantaco a Nuevo Laredo) con un tanque de 14 000 litros de diesel y con 80 carros conteniendo cada uno 60 toneladas netas de carga.

- La puesta en marcha del sistema de ferrobarcasas;
- La construcción de espuelas en inversiones por cooperación;
- La promoción de movilización de carga en trenes unitarios, y,
- La promoción en el uso del ferrocarril a través de un pool de tolvas arrendadas.

- **Ferropuertos**

Los ferropuertos son terminales continentales de transferencia de carga de alta velocidad y operaciones a escala de trenes conectados con puertos y fronteras bajo la figura de recintos fiscales. El objetivo general de los ferropuertos consiste en:

- Coadyuvar en el proceso de modernización del país en el sistema de distribución y abasto de productos agrícolas, industriales y minerales, con una moderna infraestructura que permita cubrir las necesidades en forma eficiente y a costos competitivos a nivel internacional.
- Reducción de demoras y tiempos muertos, al agilizar el proceso de recepción, almacenaje y despacho.
- Agilización y simplificación de trámites fiscales y aduanales en operaciones de importación y exportación.
- Abaratamiento de fletes, almacenaje, maniobras y reducción de mermas.

- **Ferrobarcasas**

Es un medio de transporte de mercancías en carros de ferrocarril que van montados a bordo de barcasas en una serie de peines (vías). Son tráfi-cos transoceánicos que garantizan 100 por ciento el flete ferroviario por los puertos.

*Ventajas que reportan las ferrobarcas*

- Sólo prestan servicio de puerta a puerta;
- Tiene tarifas integradas;
- Existe despacho previo, lo que facilita los trámites aduanales;
- Únicamente manejan trenes unitarios, facilitando el control de los mismos;
- Reducen los tiempos de estadía en puertos, de la ferrobarca comparada con barco; y,
- Aseguran que toda la carga que arriba al puerto se transporte por ferrocarril.

• ***Construcción de espuelas en inversiones por cooperación***

Con objeto de propiciar el tráfico ferroviario, Ferrocarriles Nacionales de México ha desarrollado un plan de construcción de espuelas en inversiones por cooperación que consiste en una participación económica bilateral en la que Ferrocarriles Nacionales de México se compromete a proporcionar el riel para la instalación de las vías, así como la asesoría técnica para la elaboración de los planos y la aprobación del proyecto. Por su parte el usuario se responsabiliza por elaborar los planos y las memorias de cálculo de la espuela y de todos los gastos que se originen por la construcción de la misma, descontando el riel y los accesorios que como ya mencionamos son entregados por Ferrocarriles Nacionales de México.

• ***Trenes unitarios***

Para optimizar la utilización de los recursos disponibles en fuerza motriz y equipo de arrastre, Ferrocarriles Nacionales de México ha establecido una serie de rutas con arrastre de carga en trenes unitarios. El tren unitario consiste en un mínimo de 30 carros documentados de una misma estación de origen, hacia una misma estación en destino.

El arrastre de carga en estas condiciones, facilita el control de las unidades; elimina el corte de carros en el trayecto de una estación a otra; agiliza las operaciones de carga y descarga de mercaderías así como el posicionamiento y retiro del equipo a los embarcadores y destinatarios respectivamente y reduce los ciclos de cargadura de las unidades a escala de tren.

- ***Pool de tolvas arrendadas***

Los volúmenes de carga que Ferrocarriles Nacionales de México desplaza a través del territorio nacional tienen un marcado período estacional que manifiesta las demandas pico de equipo de arrastre, en el período comprendido entre los meses de mayo a septiembre, teniendo su cima en el mes de julio. En las fechas mencionadas, se acumulan las cosechas de maíz de Sinaloa, trigo del Bajío y de Sinaloa, maíz y sorgo de Tamaulipas.

Por la integración de Comités Logísticos de Distribución de Cosechas, a través del ferrocarril, cada año se ha ido incrementando la participación de Ferrocarriles Nacionales de México como medio de transporte de los productos agrícolas, situación que ha acrecentado la demanda de unidades de arrastre, en especial tolvas graneleras, ocasionando en los puntos críticos fuertes limitaciones para atender todas las demandas, que se llegan a suplir, con equipo menos especializado como son, los conocidos furgones.

Ante este problema Ferrocarriles Nacionales de México ha desarrollado una estrategia de atención a usuarios a base de un pool de tolvas arrendadas, en la que la principal figura es el mismo usuario.

El pool de tolvas, consiste, en conectar a los usuarios con las empresas arrendadoras de equipo, para que mediante un programa de recorridos, Ferrocarriles Nacionales de México garantiza una cierta revolvencia del equipo, de origen-destino-origen, que permita establecer una cuota por viaje, que sea suficiente para cubrir al arrendador, el equivalente al pago de las tarifas mensuales que tiene establecidas, a través de los pagos que por cada viaje hagan los usuarios, directamente a las arrendadoras.

Un pool de tolvas, representa varias ventajas para los usuarios en las que se pueden mencionar:

- Disponibilidad inmediata del equipo;
- Desplazamiento de la carga en trenes unitarios;
- Reducción de las mermas del producto y el uso de equipo especializado en el manejo de granos;
- Rápida velocidad de carga y descarga, tanto en origen como en destino;
- Mayores descuentos en las tarifas de Ferrocarriles Nacionales de México por el uso de equipo arrendado y la formación de trenes unitarios;
- Ahorro en la aplicación de contrapuestas en el caso de que las tolvas sustituyan a los embarques de granos en furgones de ferrocarril; y,
- Eliminación del pago de demoras.

**TRANSPORTE DE LAS IMPORTACIONES  
DE GRANELES AGRICOLAS**  
*elementos para su estudio energético*

*Margarita Camarena Luhrs*  
Centro de Investigaciones Sociales  
Universidad Autónoma de Querétaro

*Mario Salgado Viveros*  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Autónoma de Querétaro

---

## **Introducción**

La economía mexicana está siendo sometida a un acelerado proceso de transformación que afecta la estructura y localización de las actividades económicas en las diversas regiones del país. Sin embargo, hasta ahora buena parte de las inversiones para racionalizar la producción toman en cuenta preferentemente las expectativas ofrecidas por las exportaciones, descuidando de alguna manera el potencial del mercado interno.

Un indicador de estas desventajas estructurales del aparato productivo nacional, es la carencia de servicios de transporte para mover de la manera más eficiente las mercancías de las zonas de producción a los centros de consumo.

El presente trabajo tiene como objetivo proveer de algunos datos de la operación del transporte en la importación de granos agrícolas, fundamentalmente granos básicos, de manera que se señalen e intuyan algunos efectos energéticos que han tenido los cambios que han ocurrido dentro del país a partir de las nuevas condiciones de desregulación y liberalización de los mercados.

Para lo anterior, en primer lugar, se pone en el comportamiento del mercado de graneles agrícolas, señalándose los volúmenes de la produc-

ción nacional, del comercio exterior y el papel de CONASUPO a partir de los cambios en las estrategias de intervención estatal en la comercialización de los productos agrícolas.

En una segunda parte, se hace un análisis general del papel del transporte en la movilización de los flujos de carga. Aquí se abordan los cambios recientes en la operación del transporte en el ámbito de los graneles agrícolas. En esta parte se hacen una serie de observaciones específicas y generales sobre la operación del transporte en México. Dentro de esta parte se hace un somero análisis del consumo de energía en el transporte y de los rendimientos energéticos de cada uno de los modos.

En la tercera parte, se analiza el patrón de internación y el consumo de energía asociado en el transporte de las importaciones de dos básicos: maíz y trigo. Es importante destacar que el enfoque metodológico aplicado es susceptible de aplicarse y ampliarse para toda la cadena de transporte de una gran variedad de productos agrícolas sobre diversas escalas geográficas.

Por último se indican las principales conclusiones y se hacen algunos comentarios a manera de recomendaciones.

Es importante señalar que prácticamente toda la información utilizada se obtuvo a partir de estadística básica de diversas dependencias del sector público. Existen algunas inferencias realizadas por los autores.

## **I. Los graneles agrícolas**

### **• Producción**

La producción nacional de graneles agrícolas ha presentado altibajos desde 1987 hasta 1991, de manera tal que el nivel de producción para ambos años son similares: 26 millones de toneladas (Tabla 1).

Por el tipo de granos se observan algunas modificaciones a la tendencia general. Para los granos básicos, en el período analizado la producción mínima fue en 1988. A partir de ese año ha tenido un crecimiento sostenido:

en 1991 significó una tasa de crecimiento media anual de 8.8 por ciento. Para las oleaginosas y los otros granos la situación es radicalmente opuesta. En ambos casos se observan altibajos: entre 1987 y 1991, para las oleaginosas se tuvo una tasa anual promedio de - 6.5 por ciento y para los otros granos la tasa fue - 8.3 por ciento.

**Tabla 1**

**Produccion de graneles agrícolas, 1987-1991**  
*millones de toneladas*

Cultivo	1987	1988	1989	1990	1991
Granos básicos	17.6	15.6	16.5	20.2	20.0
Oleaginosas	1.5	1.0	1.4	1.1	1.2
Otros granos	6.9	6.2	5.4	6.5	4.9
Total	26.1	22.8	23.3	27.8	26.1

**Nota:** Granos básicos: arroz, frijol, maíz y trigo; oleaginosas: ajonjolí, algodón, cártamo y soya; otros granos: cebada y sorgo.

Las sumas pueden no coincidir con los totales debido al redondeo.

**Fuente:** Dirección General de Estadística, SARH.

El comportamiento observado obedece en cierta manera a una política agropecuaria que tiende a favorecer el cultivo de los granos básicos, particularmente el maíz. De continuar esta tendencia se crearían expectativas favorables para alcanzar la autosuficiencia de esos granos en el mediano plazo.

La producción nacional de graneles afecta, aunque no de la misma manera en todos los granos, al comportamiento de sus mercados tanto externos como internos: el consumo aparente de graneles agrícolas a nivel nacional, que se obtiene de sumar a la producción nacional las importaciones y restar las exportaciones para cada año, presenta menores variaciones para los granos básicos que para las oleaginosas y los otros granos (Tablas 1 y 2).

Estas diferencias obedecen en cierta manera a la distinta manera en que cada grupo de granos se integra a los procesos productivos.

Tabla 2

**Importaciones y exportaciones de graneles agrícolas 1987-1991**  
*millones de toneladas*

Cultivo	1987	1988	1989	1990	1991
<b>Importaciones</b>	<b>5.9</b>	<b>7.1</b>	<b>8.4</b>	<b>9.1</b>	<b>7.6</b>
Granos básicos	4.1	4.5	4.1	4.7	2.0
Oleaginosas	1.1	1.5	1.5	1.4	2.3
Otros granos	0.8	1.2	2.8	3.0	3.3
<b>Exportaciones</b>	<b>0.1</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
Granos básicos	n.s.	0.2	0.2	n.s.	n.s.
Oleaginosas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Otros granos	---	---	---	--	---

**Nota:** Granos básicos: arroz, frijol, maíz y trigo; oleaginosas: ajonjolí, algodón, cártamo y soya; otros granos: cebada y sorgo.

Las sumas pueden no coincidir con los totales debido al redondeo.

**Fuente:** Revista Comercio Exterior, junio de 1990.

Dirección General de estadística, SARH.

Así, se observan dos situaciones claramente diferenciadas pero complementarias; primero, la disminución en las importaciones de granos básicos, lo cual obedece, en cierta manera, al impulso en su producción a nivel nacional; segundo, un aumento en las importaciones de oleaginosas y de los otros granos.

### • **Comercialización**

A finales de la década de los ochenta se dio un giro en el papel que la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO) desempeñaba desde 1965 como entidad pública responsable del abasto estratégico. La participación de CONASUPO en el mercado de los granos básicos llegó a ser muy significativa, en promedio del 30 por ciento de las cosechas nacionales y del 45 por ciento de las importaciones.

A partir de la redefinición del papel de CONASUPO en la comercialización de los graneles agrícolas analizados, se observa una participación más selectiva. Los cambios más significativos de la participación de la CONASUPO se observan en las adquisiciones de maíz, trigo y granos forrajeros (Tabla 3).

**Tabla 3**  
**Compras de algunos granos efectuadas por**  
**el sistema CONASUPO, 1989-1990**  
*miles de toneladas y porcentajes relativos*

Producto	1988		1989		1990		1991	
	ton	%	ton	%	ton	%	ton	%
<b>Maíz</b>								
Nacionales	1 086	10	1 753	16	2 321	16	3 319	23
Importadas	2 537	76	2 004	55	1 873	46	47	3
<b>Frijol</b>								
Nacionales	285	33	103	17	124	9	367	26
Importadas	n.d.	---	106	31	362	100	12	38
<b>Trigo</b>								
Nacionales	1 034	28	1 474	33	327	8	0	0
Importadas	134	11	404	94	188	55	22	4
<b>Arroz</b>								
Nacionales	252	55	150	28	58	15	20	6
Importadas	n.d.	---	165	n.d.	49	n.d.	n.d.	---
<b>Granos forrajeros<sup>1</sup></b>								
Nacionales	1 269	22	401	8	1 843	31	69	2
Importadas	557	49	761	29	19	1	0	0

Notes: El por ciento indica la participación relativa de CONASUPO en la producción nacional y en las importaciones para cada grano.

<sup>1</sup> Los granos forrajeros se refieren al sorgo y reclasificaciones de maíz. Sus porcentajes se calcularon con base en los volúmenes de sorgo.  
n.d.: no disponible

Fuente: INEGI. *Boletín de información oportuna del sector alimentario*, varios números, Aguascalientes, INEGI.  
Camarena, M. y M. Salgado, *La regulación del tráfico de productos agrícolas*, en: *Problemas del Desarrollo*, vol. XXII, octubre-diciembre 1992, p. 155-181  
Revista Comercio Exterior, junio de 1990.  
Dirección General de estadística, SARH.

Estos cambios en la participación de una entidad pública dentro de la comercialización de los graneles obedecen a una política clara de apoyo al sector alimentario tradicional, es decir, aquel sector productor y comercializador de productos de consumo masivo y reducida transformación, tal como es el caso de mercado del maíz y frijol. En cambio, para el trigo y los granos forrajeros, significa un giro en la política de apoyo al industrial, que ha sido

un actor tradicional dentro del mercado de estos granos. Para el trigo, el industrial ha estado presente en la refinación de harina; y para el sorgo en la producción de alimentos balanceados. En ambos casos se tiene como objetivo que el industrial tenga capacidad propia de gestión en la adquisición y distribución de los granos que consume.

## **II. El transporte de graneles agrícolas**

Los cambios en la política de comercialización de graneles agrícolas han tenido un efecto significativo sobre el papel que los diversos modos de transporte han tendido en los procesos de distribución.

Sin embargo, los cambios en el papel de los diversos modos de transporte son a la vez resultado de los efectos combinados de una serie de políticas de desregulación y liberalización que se han aplicado más claramente a partir de 1988 sobre las diversas actividades económicas.

### **• El transporte de carga**

El incremento de la economía nacional en términos del Producto Interno Bruto (PIB) ha tenido un efecto sobre el movimiento de carga dentro del país. De 1987 a 1991 se tuvo un incremento sostenido en el volumen de carga que promedió una tasa de crecimiento de 1.6 por ciento anual.

Sin embargo, los principales efectos que la desregulación y liberalización ha tenido sobre el sector transporte en México desde finales de la década pasada se perciben en el reparto modal, que consiste en la participación de cada modo de transporte en los movimientos de carga (Tabla 4).

Entre 1987 y 1991, fueron dos los modos de transporte que incrementaron su participación modal: carretero y el marítimo. En ambos casos se puede decir que el incremento relativo estuvo acompañado de un incremento sostenido en los volúmenes de carga.

Los incrementos relativos en la participación modal del transporte carretero y marítimo tuvieron su contraparte en la disminución de la participación del ferrocarril y el transporte aéreo. Es claro que esta situación no es la

**Tabla 4****Evolución del movimiento doméstico de carga por modo de transporte, 1987-1991***millones de toneladas*

<b>Modo</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>
Carretero	296.1	298.8	309.8	314.7	327.8
Ferrovionario	58.1	57.4	53.9	51.0	46.4
Marítimo	25.6	26.7	28.1	30.6	30.4
Aeronáutico	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Total</b>	<b>379.9</b>	<b>383.0</b>	<b>391.9</b>	<b>396.4</b>	<b>404.6</b>

**Nota:** Las sumas pueden no coincidir con los totales debido al redondeo.

El modo carretero incluye sólo al Autotrasporte Público Federal.

El modo marítimo representa sólo movimiento de cabotaje.

Fuente: I. M. T., *Manual Estadístico del Sector Transporte*, varios años, Querétaro, I. M. T.

más deseable ya que se mantiene el tradicional desbalance entre modos de transporte con todas sus implicaciones de caracteres técnico y económico.

En contraste con la situación interna del movimiento de carga, la participación de los modos de transporte en el comercio exterior ha presentado cambios menores.

Con base en datos disponibles de 1988 a 1991, el volumen del comercio exterior se incrementó en un 16 por ciento. Sin embargo, esta situación difirió dependiendo de si se trata de importaciones o exportaciones. El volumen de importaciones se incrementó en un 34 por ciento; en tanto que las exportaciones sólo se incrementaron en un 1.2 por ciento (Tabla 5).

En la participación de los modos en el comercio exterior existen algunos relativos, aunque hay mayores variaciones absolutas en las importaciones mientras que en las exportaciones los volúmenes de 1988 son similares a los de 1991.

Al contrastar las Tablas 4 y 5, destaca que en el volumen de comercio exterior por modos de transporte represente un porcentaje relativamente re-

ducido del movimiento doméstico: del 12.6 por ciento en 1988 y del 13.9 por ciento en 1991. Estos porcentajes señalan desde esta perspectiva la necesidad de revalorar la importancia del movimiento doméstico de carga.

**Tabla 5**

**Evolución del comercio exterior de productos no petroleros por modo de transporte, 1988-1991**

*miles de toneladas*

<b>Modo</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>
<b>Importaciones</b>	<b>21 755</b>	<b>25 042</b>	<b>29 817</b>	<b>29 236</b>
Carretero	6 410	6 290	7 992	8 593
Ferroviario	5 594	6 850	7 180	7 787
Marítimo	9 751	11 902	14 645	12 856
Aeronáutico	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Exportaciones</b>	<b>26 641</b>	<b>26 427</b>	<b>25 538</b>	<b>26 961</b>
Carretero	6 262	7 231	4 438	6 584
Ferroviario	1 905	2 062	2 447	1 944
Marítimo	18 474	17 134	1 865	18 433
Aeronáutico	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

**Nota:** Las sumas pueden no coincidir con los totales debido al redondeo.

N.S: No Significativo

El modo marítimo se refiere a los movimientos de altura.

**Fuente:** I.M.T. Manual Estadístico del Sector Transporte, varios años. Querétaro, I.M.T.

• **El transporte de graneles agrícolas**

La situación en los últimos años del movimiento de graneles en forma masiva, por vía marítima y por ferrocarril, ser un indicador de los cambios que han ocurrido en la articulación de los flujos tanto de la producción nacional como del comercio exterior, básicamente de las importaciones. Asimismo, de alguna manera indicar la forma en que ha cambiado la gestión de la comercialización y distribución de esos graneles.

Como se ve en la Tabla 6, el transporte marítimo de cabotaje para este tipo de graneles es poco utilizado. De hecho, en 1990 lo que se movilizó de graneles agrícolas por cabotaje representó menos del uno por ciento de la

producción nacional. En las importaciones de los graneles agrícolas, la participación del transporte marítimo, en este caso de altura, cambia significativamente, ya que los volúmenes son sensiblemente más altos. Tomando como referencia a 1990, el 68 por ciento de las importaciones de graneles agrícolas se efectuaron por esta vía.

**Tabla 6**

**Movimiento de graneles agrícolas por vía marítima, 1988- 1991**  
*miles de toneladas*

Tipo de carga	1988	1989	1990	1991
Altura	4 698	5 692	6 247	4 880
Importaciones	3 880	5 124	6 225	4 842
Exportaciones	818	567	22	38
Cabotaje	279	482	250	311
<b>Total</b>	<b>4 977</b>	<b>6 174</b>	<b>6 497</b>	<b>5 191</b>

*Nota:* Las sumas pueden no coincidir con los totales debido al redondeo.  
estimado

*Fuente:* I. M. T., *Manual Estadístico del Sector Transporte*, varios años. Querétaro, I. M. T.

Los datos del transporte marítimo no permiten tener un seguimiento más específico del movimiento de graneles; sin embargo son indicativos de una situación, de la situación de desbalance en el reparto modal. Esto, en cierta manera, muestra que el grado de adaptación de la gestión de los modos de transporte ante las nuevas condiciones no son inmediatas.

Para el analizar la participación del ferrocarril en la estructuración de los flujos de los graneles agrícolas es importante señalar que la disminución del volumen de carga transportada se mantiene para todos los tipos de carga: entre 1988 y 1991 los volúmenes de los siete tipos de carga que se manejan por ferrocarril tuvieron tasas anuales negativas.

En la carga agrícola transportada por ferrocarril esta situación es válida en términos generales, pero difiere dependiendo del origen de los productos (Tabla 7). Se observa que los productos agrícolas de origen nacional disminuyeron su participación. Esto no ocurrió para las importaciones ni pa-

ra las exportaciones, ya que para ambas la tasa promedio anual fue positiva. Estos porcentajes son elocuentes del rezago que en los últimos años tiene el transporte doméstico de carga agrícola por ferrocarril y el impulso que el comercio exterior por ferrocarril ha tenido.

**Tabla 7**  
**Movimiento de carga agrícola por ferrocarril según su tipo, 1987-1991**  
*millones de toneladas*

<b>Origen</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>
Nacionales	10.2	8.3	8.9	8.1
Importaciones	2.3	2.9	2.5	2.6
Exportaciones	n.s	n.s	0.1	0.1
<b>Total</b>	<b>12.5</b>	<b>11.2</b>	<b>11.5</b>	<b>10.8</b>

*Nota:* Las sumas pueden no coincidir con los totales debido al redondeo.

N:S.: No Significativo

*Fuente:* I. M. T., *Manual Estadístico del Sector Transporte*, varios años, Querétaro, I. M. T.

Las observaciones del párrafo anterior son válidas para la mayoría de los tipos de productos que se exportan o importan por ferrocarril.

Al parecer por tipo de granel agrícola transportado por ferrocarril, la situación difiere de la identificada para los productos agrícolas. Esto se debe a que cinco granos: el maíz, el sorgo, el trigo, el frijol y el arroz, en 1988 representaron el 54 por ciento de los productos agrícolas transportados por ferrocarril; porcentaje que se incrementó al 65 por ciento en 1991 (véase Tabla 8).

El incremento de participación de estos cinco granos, junto con la disminución del volumen de carga agrícola transportada por ferrocarril indican una tendencia hacia la concentración en el manejo de pocos productos agrícolas, particularmente granos.

En este sentido es importante señalar, como indicador del papel del ferrocarril dentro del transporte de granos a nivel nacional, que los granos bá-

**Tabla 8**  
**Principales graneles agrícolas transportados en**  
**la red ferroviaria nacional, 1988-1991**  
**miles de toneladas**

Producto	1988	1989	1990	1991
Maíz	2 324	2 784	2 880	2 342
Sorgo	1 949	2 465	2 824	2 474
Trigo	1 988	1 893	1 939	1 833
Frijol	273	229	326	205
Arroz	164	279	203	140

Fuente: INEGI, *Boletín de información Oportuna del Sector Alimentario*, varios números, Aguascalientes, INEGI.

sicos transportados por este modo en 1988 representaron el 24 por ciento del consumo aparente, este porcentaje disminuyó al 20 por ciento en 1991.

Por otra parte, según la Tabla 9 la participación del ferrocarril en la importación de tres granos básicos disminuyó del 21 por ciento en 1988 al 12 por ciento en 1991. Para el sorgo, el porcentaje pasó del 50.4 por ciento al inicio del período de análisis al 30.3 por ciento en 1991.

Estos datos combinados con los obtenidos para el transporte marítimo confirman que en las condiciones actuales de apertura económica, el transporte de productos de importación presenta diferencias frente a los movimientos domésticos.

Además, el transporte de productos con posibilidades de ser exportados también presenta rasgos característicos distintos del transporte de importación y del transporte de productos destinados al mercado interior.

#### • **Consumo de energía en el transporte**

El transporte es y ha sido uno de los principales consumidores de energía en los últimos años, de hecho en los últimos cuatro años ha sido el sector de actividad con el mayor consumo y la mayor tasa de crecimiento (Tabla 10).

Tabla 9

**Participación del ferrocarril en la importación de  
los principales graneles agrícolas, 1988-1991**  
*miles de toneladas*

Producto	1988	1989	1990	1991
Maíz	873	560	240	245
Frijol	n.s.	70	135	n.s.
Arroz	n.s.	147	n.s.	n.s.
Sorgo	403	1 050	1 104	1 001

**Nota:** n.s.: no significativo.

**Fuente:** I. M. T., *Manual Estadístico del Sector Transporte*, varios años, Querétaro, I. M. T.

Esta situación ha hecho que el transporte sea uno de los sectores hacia el cual se encaminan una serie de políticas de ahorro de energía.

Se considera que en su operación pueden elevarse los niveles de eficiencia energética y evitar consumos innecesarios.

El autotransporte marca la pauta en el consumo de energía del transporte nacional. De 1988 a 1991, el autotransporte ha consumido alrededor del 90 por ciento de la energía del sector. Le siguen en transporte aeronáutico, el ferroviario, el marítimo y el eléctrico (Tabla 11).

Tabla 10

**Consumo final total de energía por sectores, 1988-1991**  
*billones de kilocalorías*

Sector	1988	1989	1990	1991
No Energético <sup>1</sup>	114.9	119.0	98.5	98.0
Transporte	269.6	297.6	320.6	342.0
Industria y Minería	268.8	274.9	292.4	297.5
Residencial, Comercial y Público	173.3	176.4	185.8	193.3
Agropecuario	25.6	23.9	23.0	23.3

**Nota:** <sup>1</sup> Energía empleada por la industria Petroquímica Básica y por otras ramas industriales y de transporte.

N.S. : No Significativo.

**Fuente:** I. M. T., *Manual Estadístico del Sector Transporte*, varios años, Querétaro, I. M. T.

Tabla 11

**Consumo de energía en el sector transporte, 1988-1991**  
*porcentajes*

Sector	1988	1989	1990	1991
Autotransporte	90.5	90.0	89.9	91.1
Aeronáutico	5.2	5.6	5.8	5.6
Ferroviario	2.1	2.3	2.1	1.6
Marítimo	1.9	1.9	2.0	1.5
Eléctrico	0.3	0.2	0.2	0.2
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Nota: <sup>1</sup> Energía empleada por la industria petroquímica básica y por otras ramas industriales y de transporte.  
n.s.: no significativo.

Fuente: I. M. T., *Manual Estadístico del Sector Transporte*, varios años, Querétaro, I. M. T.

El patrón de consumo de energía por modo de transporte obedece a la distribución modal de la carga y los pasajeros en las áreas urbanas y en los movimientos interurbanos.

Una inspección somera de los rendimientos energéticos para el transporte, en términos de la cantidad de energía consumida para transportar una tonelada-kilómetro, señala claramente la necesidad de plantear una modificación del reparto modal actual (Tabla 12).

Tabla 12

**Rendimientos energéticos en el sector transporte, 1991**  
*litros de combustible por ton-km*

Sector	Rendimiento	Combustible
Aeronáutico	0.3438	Turbosina
Autotransporte	0.0256	Diesel
Ferroviario	0.0138	Diesel
Marítimo	0.0053	Diesel

Fuente: FNM, *Series Estadísticas*, varios años, México, FNM.

Andrés Figueroa, *Problemática del transporte y Líneas de Acción para Transformar la Demanda Energética en el Sector Transporte en México*, Foro de Consulta Permanente del Programa Universitario de Energía, Ed. J. Quintanilla, México, UNAM, 1988, pp. 173-188.

Comúnmente se afirma que los modos marítimo y ferroviario tienen los atributos necesarios para el transporte de graneles. Esta afirmación se sustenta por el hecho de que el costo por flete en estos modos se abate significativamente cuando se transportan grandes volúmenes de productos con un bajo valor agregado sobre grandes distancias.

Desde el punto de vista energético, el transporte marítimo es 2.6 veces más eficiente que el ferroviario y casi cinco veces más que el autotransporte. Por su parte el ferroviario es 1.9 veces más eficiente que el autotransporte. Estas relaciones de eficiencia energética sirven como base al análisis de la internación de granos básicos de importación.

### **III. Transporte de granos básicos y consumo de energía**

- ***Los puertos y las fronteras***

El cambio en la utilización de los puertos y las fronteras en la internación del maíz y el trigo pone de relieve algunos de los efectos que han tenido las nuevas políticas en materia de abastecimiento alimentario. En la internación del maíz se observa una clara modificación en el patrón de internación. Entre 1988 y 1991 hubo una mayor utilización de los puertos, ya que se pasó del 55 por ciento al 80 por ciento. Esta situación contrasta para el trigo, para el cual hay variaciones, aunque no se observa ningún posible cambio en la participación de los puertos y las fronteras, pues se mantienen los promedios del 75 por ciento y 25 por ciento, respectivamente (Tabla 13).

La participación de los modos de transporte presenta algunas variaciones. El autotransporte es el modo que predomina ligeramente en las importaciones de maíz por puerto marítimo, ya que recibió el 57 por ciento de las importaciones que se efectuaron por vía marítima; para las importaciones por frontera el ferrocarril es el modo predominante, con un 67 por ciento, aunque se presentaron algunas variaciones en el período analizado. Así, mientras que en las internaciones por puerto predomina el autotransporte, en las internaciones por frontera predomina el ferrocarril.

Para el trigo ocurre lo contrario: en las importaciones por puerto ha predominado el ferrocarril, con un promedio del 64 por ciento, aunque se observa

una clara disminución que apunta a un posible cambio en el modo predominante. Algo similar ocurre para las importaciones por frontera, en promedio el ferrocarril predominó, con el 51 por ciento, pero en 1991 el autotransporte predominó. Esta tendencia hacia que el autotransporte sea el modo predominante en las importaciones de trigo puede deberse a la disminución en la distancia promedio recorrida.

**TABLA 13**

**Modos de transporte en la importación de granos básicos, 1988-1991**  
*miles de toneladas*

Producto	1988		1989		1990		1991	
	ton	%	ton	%	ton	%	ton	%
<b>Maíz</b>	<b>3 338</b>	<b>100</b>	<b>3 644</b>	<b>100</b>	<b>4 072</b>	<b>100</b>	<b>1 567</b>	<b>100</b>
<i>Puerto</i>	1 826	55	3 030	83	3 362 <sup>1</sup>	83	1 256	80
FFCC	579	32	1 326	44	1 990	59	479	38
Autotransporte	1 247	68	1 704	56	1 372	41	777	62
<i>Frontera</i>	1 512	45	614	17	710	17	311	20
FFCC	873	58	561	91	240	34	245	79
Autotransporte	639	42	53	9	470	66	66	21
<i>Recorrido promedio (km)</i>								
FFCC	1011		829		733		986	
Autotransporte	521		427		378		508	
<b>Trigo</b>	<b>1 218</b>	<b>100</b>	<b>430</b>	<b>100</b>	<b>342</b>	<b>100</b>	<b>703</b>	<b>100</b>
<i>Puerto</i>	1 021	84	327	76	306	89	511	73
FFCC	728	71	240	73	196	64	247	48
Autotransporte	293	29	87	27	110	36	264	52
<i>Frontera</i>	197	16	103	24	36	11	192 <sup>2</sup>	27
FFCC	143	73	76	74	7	19	73	38
Autotransporte	54	27	27	26	29	81	120	62
<i>Recorrido promedio (km)</i>								
FFCC	785		621		654		429	
Autotransporte	405		320		337		221	

Nota: El recorrido promedio por autotransporte se estimó.

<sup>1</sup> Se incluye una estimación de la importación por el puerto de Tuxpan, ya que no se consignó para ese año en la estadística de la Dirección General de Puertos y Marina Mercante de la SCT.

<sup>2</sup> Volumen estimado

Fuente: SCT, *Movimiento de Carga y Buques*, varios años. Dirección General de Puertos y Marina Mercante, México.  
I. M. T., *Manual Estadístico del Sector Transporte*, varios años, Querétaro, I. M. T.  
Ferrocarriles Nacionales de México.

En efecto, el trigo presenta mejores condiciones de internación que el maíz ya que los recorridos promedio son menores. Los recorridos promedio del trigo tuvieron la disminución mayor, del 45 por ciento entre 1988 y 1991; en cambio para el maíz la disminución fue sólo del dos por ciento.

Es muy probable que la disminución de las distancias obedezca a una mejor asignación de los flujos nacionales y de importación a las demandas. Es decir, la lógica de internación de los granos comprados en el exterior obedece, de algún modo, a la manera en que las zonas productoras nacionales atienden a los centros de demanda. Los efectos de una mejor estructuración de los flujos de productos nacionales e importados tiene efectos significativos sobre la utilización de los recursos, como es el caso de los energéticos.

Para las importaciones del maíz los puertos significativos fueron Tampico, Veracruz y Coatzacoalcos; y las fronteras han sido Nuevo Laredo, Piedras Negras y Matamoros.

Para el trigo, fueron los mismos puertos que para el maíz, aunque en otro orden: Veracruz, Coatzacoalcos y Tampico. En cambio no se observa predominancia de alguna frontera, en diversos momentos se han importado volúmenes significativos por Matamoros, Nuevo Laredo y Ciudad Juárez.

- ***Consumo de energía en la importación de granos básicos***

El consumo de energía en la importación de granos básicos muestra el impacto que tiene la distribución modal. Los efectos de una utilización significativa de un modo de transporte en la internación de un grano determinado tiene efectos sobre el consumo de energía: en la Tabla 14 se muestra el consumo de energía, en volúmenes de diesel, en las importaciones de maíz y trigo. Del análisis de las Tablas 13 y 14 se pueden inferir las siguientes observaciones:

***Para el maíz:***

- De continuar la tendencia actual del reparto modal no habrá modificaciones en el consumo de energía.

TABLA 14

**Consumo de energía de granos básicos importados, 1988-1991**  
*miles de litros de diesel*

Producto	1988		1989		1990		1991	
	ton	%	ton	%	ton	%	ton	%
<b>Maíz</b>	<b>45 413</b>	<b>100</b>	<b>40 794</b>	<b>100</b>	<b>40 382</b>	<b>100</b>	<b>20 814</b>	<b>100</b>
<i>Puerto</i>	24 710	54	33 797	83	33 407	83	16 623	80
FFCC	8 078	33	15 170	45	20 130	60	6 518	39
Auto	16 632	67	18 627	55	13 277	40	10 105	61
<i>Frontera</i>	20 703	46	6 997	17	6 976	17	4 192	20
FFCC	12 180	59	6 418	92	2 428	35	3 334	80
Auto	8 523	41	579	8	4 548	65	858	20
<i>Rendimiento combinado (lt/ton)</i>	13.6		11.2		9.9		13.3	
<b>Trigo</b>	<b>13 033</b>	<b>100</b>	<b>3 642</b>	<b>100</b>	<b>3 031</b>	<b>100</b>	<b>4 067</b>	<b>100</b>
<i>Puerto</i>	10 924	84	2 770	76	2 718	90	2 956	73
FFCC	7 886	72	2 057	74	1 769	65	1 462	49
Auto	3 038	28	713	26	949	35	1 494	51
<i>- Frontera</i>	2109	16	872	24	313	10	1 111	27
FFCC	1 549	73	651	75	63	20	432	39
Auto	560	27	221	25	250	80	679	61
<i>Rendimiento combinado (lt/ton)</i>	10.7		8.5		8.9		5.8	

**Nota:** El rendimiento combinado se refiere al promedio ponderado de consumo de energético de acuerdo a la combinación modal y al efecto de las distancias.

**Fuente:** Elaboración propia.

- El incremento de las importaciones por vía marítima tiene efectos significativos sobre el consumo de energía; sin embargo, para que esto ocurra deberá mantenerse al menos el actual reparto modal y de ser posible disminuir la participación del autotransporte.
- Para lograr un ahorro significativo, si se incrementan las importaciones por frontera deberá promoverse una mayor utilización del ferrocarril.

- uno de los mayores efectos que se pueden lograr para el ahorro de energía es a través de buscar menores distancias de recorrido en ambos modos; para lograr esto se deberán minimizar las distancias recorridas por los flujos de maíz tanto de la producción nacional como de las importaciones.

***Para el trigo:***

- la actual estructuración y tendencia de las importaciones hace que existan ahorros significativos de energía; de tal manera que deben evitarse cambios en la participación de los modos de transporte como el ocurrido en 1991;
- se considera que en las importaciones de este grano se ha llegado a un adecuado nivel de consumo de energía de transporte.
- los efectos de menores distancias de recorrido son igualmente significativos que en el caso del maíz.

Es importante señalar que el análisis anterior puede hacerse más extenso si se consideran algunas alternativas de reparto modal y de modificación en las distancias recorridas en ambos modos, e inclusive si se considera la posibilidad de incorporar la utilización del transporte marítimo de cabotaje, el cual, como se mencionó en la Tabla 12, es el modo con los menores consumos de energía por tonelada-kilómetro.

#### **IV. Conclusiones**

En los ciclos productivos y de comercialización se presentan muy diversos problemas de abasto y distribución en los que interviene el transporte de manera decisiva para asegurar su continuidad. Asociados a estos problemas se tiene la vertiente energética.

El transporte eficiente de mercancías contribuye a hacer más fluidos los procesos de aprovisionamiento, producción y distribución de cualquier tipo de bienes; además de que permite lograr un ahorro significativo de energéticos.

En los últimos años se ha detectado que, dependiendo del origen de los graneles agrícolas, cambia la participación de los modos de transporte terrestre. El análisis conjunto de las cadenas, permite hacer algunas inferencias en términos del papel de los modos de transporte en los flujos que involucran el origen de los granos y la ubicación geográfica de las zonas productoras y consumidoras. Además, da un panorama general del impacto que el repliegue del Estado dentro de la comercialización de productos básicos tiene sobre la estructuración de algunos flujos de transporte y el consumo energético asociado.

Dentro de un nuevo esquema de relaciones de mercado, que eventualmente involucre la concurrencia de productos agrícolas del exterior será necesario establecer mecanismos que permitan hacer frente a las nuevas condiciones, entre las que destacan una utilización más racional de los transportes e infraestructura existente.

Así, se recomienda una mayor disponibilidad de equipo ferroviario tanto en los puertos y en las fronteras que permita un desalojo expedito. Evidentemente también tendría que mejorarse la calidad del servicio, básicamente en términos de tiempos de recorrido, ya que estos influyen determinantemente en los costos financieros, los que hacen que eventualmente el autotransporte sea más conveniente desde otras perspectivas que no son muy congruentes con la perspectiva energética.

Se recomienda definir y revisar con mayor grado de detalle la operación y eficiencia de las principales cadenas de transporte que se utilicen para establecer flujos de importación o exportación de productos agrícolas. Se deberá determinar con el mayor grado de detalle la manera en que se complementan las importaciones y la producción nacional para atender a la demanda. En estos tipos de estudios deberá utilizarse la metodología aquí desarrollada, de manera que se incorpore la perspectiva energética en el estudio de cada uno de los elementos de la cadena y eventualmente el impacto ambiental que el transporte tenga sobre los principales corredores utilizados.



## MODELOS ALTERNATIVOS ENERGETICOS

*Fernando Tudela*<sup>1</sup>  
El Colegio de México, A. C.

---

### **Agua, energía y alimentos: una integración necesaria**

El agua y la energía constituyen factores esenciales que participan en el proceso de producción, circulación y consumo de alimentos. No se suelen concebir sin embargo como componentes de un mismo proceso, ni se emplea siquiera la posibilidad de una gestión unificada de los mismos. En el sector público, las dependencias que se ocupan de la gestión de los sistemas alimentario, hídrico y energético se encuentran desmembradas en dos secretarías, tan alejadas entre si como la SARH y la SEMIP. No es mejor la desarticulación entre las dependencias internas, incluso integradas en una misma Secretaría, como la CNA, el IMTA, y las Subsecretarías especializadas en los distintos ramos de la producción agropecuaria y forestal, en el marco de la SARH, o la CFE y PEMEX en el ámbito de la SEMIP.

Se detecta por otra parte una carencia de investigación relativa a los anexos y las relaciones entre los factores de referencias. Se necesitaría un acuerdo operativo sobre la formulación de las preguntas conductoras que pudieran guiar estos nuevos esfuerzos de investigación. Entre ellas, quisiéramos proponer la siguiente: ¿qué funciones desempeñan en el sistema alimentario el agua y la energía? y en ¿qué medida intervienen en la definición de sus condiciones estructurales de estabilidad y vulnerabilidad?.

En este contexto, definiríamos el "sistema alimentario" como el conjunto de factores componentes y de relaciones cambiantes entre los mismos de los que depende la accesibilidad al alimento por parte de los sectores mayoritarios de la población. Insistimos en el énfasis en la accesibilidad de los alimentos, más allá de cualquier propuesta que se concentre en la búsqueda de una mayor productividad, basados en el largo historial de situaciones

<sup>1</sup> Director del Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano, El Colegio de México, A. C.

modernizadoras en las que los incrementos en la producción se han logrado a costa de la sustentabilidad ambiental o en detrimento de la calidad de la vida de amplios sectores sociales, que además de verse excluidos de los beneficios de la modernización, se han visto particularmente afectados por sus costos sociales o ambientales. En esta propuesta, agua, energía y producción agropecuaria se verían subsumidos en un sistema de alcance bastante amplio. Desde luego este enfoque no tendría porque excluir otros, cuyos intereses pudieran ser tan diversos como los de averiguar en qué afecta la producción de alimentos a los sistemas hídricos o a los sistemas energéticos.

### Los problemas de la información

Desde una perspectiva epistemológica moderna, la búsqueda de información no puede constituir un paso previo, neutro respecto a la direccionalidad de la investigación. De hecho, sabemos hoy que los observables se construyen a partir de los intereses mismos de la investigación, en función de las conceptualizaciones teóricas que se adopten. Desde luego, a partir de conceptualizaciones elementales, se puede identificar indicadores básicos, multifuncionales, utilizables en un marco diversificado de interés.

#### a) Agua

La información disponible en el IMTA y la CNA es bastante amplia. Sin embargo, se centra mucho más en los aspectos cuantitativos que en los cualitativos, y en las aguas superficiales más que en los acuíferos subterráneos<sup>2</sup>.

#### b) Energía

La SEMIP ha publicado balances energéticos minuciosos, relativamente recientes. Sin embargo, en este ámbito se perciben dificultades metodoló-

<sup>2</sup> Es poco conocido que por una ironía del destino, Iraq y los Estados Unidos comparten los dos primeros lugares mundiales en cuanto al uso global de agua *per cápita*. En el caso Iraq se consumen 3 311 galones de agua por habitante y día, de los cuales el 90 por ciento se utiliza con fines de irrigación. Los Estados Unidos consumen por su parte 1 565 galones por habitante y día, siendo en este caso la utilización industrial más importante. Los etíopes, haitianos, nigerianos, angoleños se tienen que contentar con niveles de consumo diario inferiores a los 35 galones por habitante.

gicas mucho más serias que en el caso del agua, algunas de ellas inherentes a la pluriformidad del factor que se intenta medir.

En efecto, la energía asume múltiples formas que si bien pueden ser equivalentes desde el punto de vista físico, presentan peculiaridades económicas irreductibles. El valor entrópico diferencial introduce además diferenciaciones cualitativas de suma relevancia. Desde el punto de vista de su aprovechamiento, la misma unidad de energía tomada de la red de suministro eléctrico es mucho más versátil y aprovechable respecto a la misma cantidad de energía, pero bajo la forma de radiación solar que incide sobre una superficie dada.

Las mediaciones tecnológicas de los aprovechamientos resultan por lo demás fundamentales. Cantidades de leña y de petróleo que sean equivalentes desde el punto de vista de su contenido calorífico resultarán disímbolas en cualquier apreciación de índole socio-económica.

### *c) Alimentos*

Más allá de las dificultades para recabar datos fidedignos a partir de Censos Agrícolas, Ganaderos y Ejidales o de estimaciones sectoriales, quisiéramos referirnos a otra dificultad frente a la cual las estadísticas se suelen mostrar opacas. El maíz blanco, con marcadas significaciones culturales, producido en condiciones de autoconsumo por comunidades campesinas, aparece en la mayor parte de nuestras estadísticas indiferenciado del maíz amarillo importado del país vecino, donde se produce comercialmente -con amplios subsidios energéticos, por cierto- para su utilización como pienso. Esta reflexión apunta no sólo a una distinción entre productos, sino a una de carácter más fundamental, entre procesos.

A título de ejemplo, la reciente reintroducción del cultivo del maíz en el Bajío Guanajuatense, tras su eliminación hace más de una década para dar entrada a un cultivo masivo de sorgo, no es una vuelta a la situación original. El maíz de hoy es un cultivo comercial que se desarrolla gracias a una coyuntura de corto plazo, a punto de desaparecer en el marco de la nueva apertura comercial, y que determinó precios de garantía muy favorables. El maíz de antes de su sustitución por el sorgo se producía en unas condicio-

nes campesinas que se alteraron después en forma irreversible. Aún si no hubiera diferencia alguna en el producto, el proceso integral que determina dicho producto cambió radicalmente. En definitiva, son los procesos -no los productos- los que inciden sobre la calidad de vida y el medio ambiente.

### **Dificultades y bloqueos conceptuales**

Dos son las principales trampas conceptuales a las que nos enfrentamos: el fetichismo del producto y el dogma de la conmensurabilidad.

El fetichismo del producto consiste, como es sabido, en subsumir en el producto características propias de los procesos socio-económicos y, agregaríamos nosotros, ecológicos, como si el producto en sí asumiera valores vicarios o intrínsecos. La visión fetichista del producto conlleva una opacidad en relación con las relaciones sociales y ecológicas subyacentes en el proceso.

La conmensurabilidad se obtiene por vía de reducción de las múltiples características pertinentes a una dimensión única que permite establecer equivalencias perfectas entre productos. Por lo general, estas equivalencias son monetarias, pero también se han propuesto reduccionismos de índole energética. Aunque sus raíces son mucho más antiguas, este reduccionismo energético tuvo especial vigencia mientras prevaleció una visión "a la Odum" de la ecología.

Las experiencias que intentan relacionar las variables biofísicas con las económicas han estado plagadas de trampas conceptuales como las referidas, que pueden contaminar cualquier medición o contabilidad.

La intensidad energética de una economía, por ejemplo, se expresa mediante una proporción entre la energía utilizada, medida por ejemplo en tep, y el Producto Interno Bruto, medido en unidades monetarias constantes. Una economía de servicios, moderna y tecnificadas, como por ejemplo la de Japón, puede aparecer, a través de este indicador, como mucho más eficiente desde el punto de vista energético de lo que en realidad es, puesto que en la contabilidad energética no aparecen importaciones de materias primas o productos cuya elaboración implica un alto contenido de energía.

Como no se trate de productos que se conceptualicen específicamente como "energéticos", el contenido energético implícito en su elaboración pasa siempre desapercibido en nuestras estadísticas económicas.

Volviendo al caso de Japón, sería útil recordar que en 1989, dicho país importó por ejemplo 2.44 millones de toneladas métricas de aluminio, para lo cual erogó unos 5 080 millones de dólares<sup>3</sup>. Todo ello aparece registrado como "importaciones metálicas" que se presentan como ajenas por completo al sector energético. La producción de una tonelada métrica de aluminio requiere sin embargo de casi 300 Gigajoules de energía, cantidad ocho veces mayor que la requerida por la elaboración de una masa equivalente de acero, y veinte mil veces superior a la que se necesita para producir yeso. El petróleo "oculto" en las importaciones japonesas de aluminio resulta por lo tanto equivalente a unos 128 millones de barriles de petróleo por año.<sup>4</sup>

Elegimos el ejemplo de aluminio por su elevado contenido energético, pero el argumento mantiene todo su valor si lo referimos a cualquier otro producto, como los de índole agropecuaria.

La energía y el agua no son los únicos elementos que se pueden relacionar por implicación con la producción agropecuaria. Los nutrientes constituyen un aspecto esencial para la sustentabilidad del proceso.

La isla caribeña de Santa Lucía produjo en 1988 una cantidad récord de bananos: 170 mil toneladas, la mayor parte de las cuales se destinaron a la exportación. Sabemos que cada tonelada de producto fresco que se recolecta y se exporta contiene aproximadamente 3.73 kg de potasio puro que se extrae del sustrato edáfico.

La exportación de banano conlleva pues una exportación oculta de potasio, entre otros nutrientes. En el año señalado, para reponer el potasio que emigró por medio de su exportación de banano, Santa Lucía hubiera tenido que importar unas 634 toneladas del nutriente en cuestión. Por supuesto, la

<sup>3</sup> Department of International Economic and Social Affairs, Statistical Office: 1989 International Trade Statistics Yearbook, Vol. I; Trade by Country, United Nations, New York, 1991.

<sup>4</sup> Factor de conversión utilizado: 1 tep (tonelada equivalente de petróleo) = 41.868 GJ = 10 millones de kcal; 1 tonelada métrica de petróleo (de densidad promedio) = 7.32 barriles. Véase: 1988 Energy Statistics Yearbook, United Nations, New York; 1990.

exportación de banano de Santa Lucía se presenta en las estadísticas como "exportación agrícola", ajena por completo a las transacciones comerciales en el ramo de "fertilizantes".

En realidad la elaboración de los insumos agroquímicos en general, y de los fertilizantes en particular, exige también la utilización de una cantidad de petróleo nada despreciable. Por ello se ha llegado a decir que la agricultura moderna equivale a cultivar con petróleo.

Las plantas modernas de producción de fertilizantes nitrogenados, basadas en el proceso Haber-Bosch, necesitan no menos de 35 MJ para sintetizar un kilogramo de nitrógeno en forma de amoníaco, no resulta manejable, se suele producir más bien urea, cuya síntesis requiere de unos 6 580 MJ/kg de nitrógeno. En todas sus facetas, la producción y utilización de fertilizantes presenta una dimensión energética que no podemos ignorar.

En relación con la utilización de fertilizantes, y las consiguientes implicaciones energéticas, las comparaciones internacionales son bastante ilustrativas. Haití y el Reino Unido no difieren mucho en cuanto a la disponibilidad de suelo agrícola: hacia 1989 estos dos países utilizaban respectivamente 0.14 y 0.12 hectáreas de tierra cultivable por habitante. Sin embargo, en el período de 1985-87, mientras Haití consumía tres kg/ha de fertilizantes, el Reino Unido utilizaba 120 más (364 kg/ha).

Sin llegar a estos extremos de contraste, Bolivia y España cultivan ambos cerca de media hectárea de tierra/habitante, siendo los consumos respectivos de fertilizantes de dos y 92 kg/ha<sup>5</sup>.

Parece inevitable la progresiva instauración de medidas internacionales de control de las emisiones generadas por la quema de combustibles fósiles. Si no se revisan los sistemas de contabilidad energética, algunos países poderosos no podrán resistir la tentación de transferir a sus vecinos algunas de las etapas productivas más onerosas en términos de consumo de energía para su correspondiente maquila, con el doble fin de alejar la contaminación y de salir mejor librados en los procesos de fiscalización internacional que se establezcan.

<sup>5</sup> World Resources Institute: *World Resources: 1990-91*, Oxford University Press; Oxford, 1990.

El análisis de las relaciones entre la energía y la producción agrícola parece un campo muy poco explorado en nuestro medio académico. No obstante, las bases metodológicas y los primeros trabajos en ese campo se desarrollaron ya a fines del siglo pasado. El médico ucraniano Sergio Podolinsky publicaba entre 1880 y 1883 trabajos centrados en el análisis de rendimientos en función de inputs energéticos en diversos tipos de uso agrícola. El concepto de "rendimiento", reducido hoy al indicador standard de las "toneladas por hectárea", fue ya problematizado. En los mismos años ochenta, pero del siglo pasado, Eduard Sacher publicó trabajos sobre el flujo de energía en la agricultura.

Debemos a Juan Martínez Alier<sup>6</sup> una reconstrucción minuciosa de la historia de estos esfuerzos antecedentes, cuyo conocimiento detallado nos es imprescindible para emprender nuevos programas de investigación. Sorprende el profundo olvido en que han caído cuestiones que tanto preocupaban a los investigadores de hace más de un siglo.

Aunque estas cuestiones se retomaron después, en los años setenta, por algunos economistas, entre los que destaca Georgescu Roegen, preocupados por las relaciones entre la dimensión física, energética, de los procesos productivos y su dimensión económica, tampoco sus trabajos encontraron el eco que merecían<sup>7</sup>.

### **Agua y energía en la agricultura mexicana: una reflexión final**

Si se compara con la energía que consume la producción industrial, la energía que, bajo forma de fertilizantes, permitiría incrementar o facilitar la producción en contextos sociales campesinos sería muy poco significativa. El ecologismo no debería ser pretexto para condenar a los campesinos mexicanos, o de cualquier otro país, a multiplicar sus esfuerzos para la supervivencia mediante reglas del juego ampliamente ignoradas por los demás sectores. No tiene por que ser el campesino portador de virtudes ecológicas absolutas, de las que pudieran carecer por completo el resto de la sociedad.

<sup>6</sup> Joan Martínez Alier and Klaus Schlupmann, *La Ecología y la Economía*, Fondo de Cultura Económica, México, 1991.

<sup>7</sup> Georgescu-Roegen, Nicholas, *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, 1971. Que sepamos, no se ha considerado todavía que este trabajo seminal merezca el esfuerzo de su traducción al español, en beneficio de una audiencia amplia.

Otro tanto sucede con la energía para la reproducción social, y en particular para la utilización en el hogar. Aún si se trata de leña recolectada en condiciones sustentables, el aprovechamiento de la misma suele implicar un esfuerzo injustificable, centrado en el trabajo de la mujer o de los niños. Los humos de su combustión generan una contaminación peligrosa, de cuya consideración se suele prescindir por razones sobre todo culturales. Si se superan las limitaciones derivadas del status cultural del fuego de leña, la disponibilidad de combustibles comerciales modernos podría representar un alivio notable en las condiciones de salud y de trabajo de los sectores rurales. A todo ello se suma la circunstancia de que, en medida creciente, la madera o leña para uso doméstico se tiende a recolectar en condiciones que comprometen la perdurabilidad de los bosques.

Asumir por decreto la sustentabilidad ambiental absoluta de un sistema socio-económico, en condiciones de "estado estacionario", implicaría de inmediato una reorganización drástica de nuestros sistemas productivos para que estuvieran en condiciones de operar con el único subsidio sustentable: los escasos pero seguros  $1\ 350\ \text{watt/m}^2$  que se reciben en las capas exteriores de nuestra atmósfera gracias a la radiación solar. Esta situación no sería hoy ni factible, salvo en el caso de los más sufridos campesinos "ecológicos", ni deseable. En este sentido absoluto, no existen hoy "producciones sustentables" de escala significativa, pues en mayor o menor medida se basan en una utilización irreversible de recursos, en el aprovechamiento de recursos no renovables, o en el manejo de muchos de los renovables como si no lo fueran.

Sería un error, sin embargo, concebir en términos absolutos la sustentabilidad del desarrollo. Sería tanto como reducir el concepto a una utopía pura, a una quimera inalcanzable. El desarrollo sustentable no puede concebirse como un estado, sino como un proceso. Lo que debería preocuparnos es la transformación, el cambio, los avances hacia una mayor racionalidad en la utilización de los recursos naturales para beneficio de la población mayoritaria.

# ETNOECOLOGIA Y ESTRATEGIA CAMPESINA DE PRODUCCION DE ALIMENTOS: CRITERIOS PARA UN MODELO ALTERNATIVO

*Victor M. Toledo*  
Centro de Ecología, UNAM

---

## Introducción

A los investigadores nos enseñaron a buscar las técnicas, a inventariar las especies utilizadas, y a descubrir los sistemas de producción, energía y abasto. Rara vez nos enseñaron a mirar desde los ojos de los hombres y de las mujeres que día con día laboran la naturaleza precisamente mediante esas técnicas, esas especies y esos sistemas. Por ello el conocimiento científico que es una creación de Occidente, ha fracasado en sus intentos por comprender de manera cabal, las formas no-occidentales de apropiación de la naturaleza.

La etno-ecología, que busca entender las relaciones que se establecen entre la naturaleza y la sociedad, mediante el estudio integrado del *corpus* y la *praxis* del productor rural<sup>1</sup>, constituye un nuevo intento, acaso el último, por descifrar los lenguajes codificados por esos productores. Una codificación que ha resultado de una interacción con la naturaleza de más de 10 000 años de antigüedad. Esos lenguajes de larga historia, todavía sobreviven en las mentes y en las manos de lo que aun queda del campesinado contemporáneo. En estos lenguajes milenarios, largamente ignorados, deformados o mal interpretados, se encuentran las claves para remontar la actual crisis ecológica que hoy sufre el planeta, la cual fue desencadenada por la revolución urbano-industrial, la expansión de la economía de mercado y la aplicación exclusiva del pensamiento racionalista. Se trataría, en última instancia, de proponer un modelo alternativo que induce el paso de la *sostenibilidad campesina*, de carácter premoderno, a la sostenibilidad ecológica que la sociedad post-moderna aunque contemporánea, esta requiriendo.

Esta propuesta, que en el fondo implica la *evolución del modelo campesino*, y no su sustitución por un modelo "moderno" social y ecológicamen-

te destructivo e incapaz de garantizar la sostenibilidad de la producción de alimentos y materias primas, parece ser la única salida posible a la crisis del agro en México. Ello se ve fundamentado por la presencia de un sector campesino que todavía hacia el cierre del siglo veinte conforma buena parte de la población rural mexicana.

### **Los tres modos básicos de apropiación de la naturaleza: una visión histórica**

La sistematización y clasificación (tipologías) de las maneras como las sociedades humanas usan la naturaleza, ha sido una preocupación permanente en la investigación científica contemporánea. En los últimos años, esta preocupación se ha intentado relacionar con la necesidad de evaluar las implicaciones ecológicas (utilizando conceptos como el de eficiencia energética, racionalidad ecológica o, en fin, el de sostenibilidad). Estos intentos por lo común han estado basados en criterios de carácter tecnológico o tecnoambiental, lo cual conduce a diferenciar tantas formas, prácticas o sistemas de producción o de uso, como criterios o conjuntos de ellos son utilizados por el analista. Esto los deja sin validez para su sistematización. Partiendo del hecho que los seres humanos, cualesquiera que sean las formas tecnológicas que adquieren, interactúan a la escala de la producción con ecosistemas, es posible distinguir formas básicas de uso de la naturaleza.

Un ecosistema es un conjunto bien definido de seres vivos y su matriz ambiental, que presenta una cierta estructura, una dinámica (material y energética) bien definida, y que posee la capacidad de automantenerse, autorregularse y autorreproducirse, es decir, que existe independientemente de la sociedad. De esta manera, es posible distinguir **tres modos básicos de apropiación de la naturaleza** a través de la historia. Estos conforman tres grandes momentos de carácter cualitativo, dentro de cuyos márgenes las diferentes sociedades han interactuado con la naturaleza en diferentes periodos de la historia. Tal distinción se logra mediante el empleo de tres criterios principales, a saber:

1. El grado de transformación de los ecosistemas que se apropian;
2. La fuente de energía empleada durante la apropiación; y,

3. El tipo de manipulación efectuado sobre los componentes y los procesos de los ecosistemas (para una discusión más detallada véase: Toledo<sup>2</sup>).

El primer modo de apropiación que aquí llamaremos **primario**, es aquel que prevalece desde los orígenes mismos de la especie humana y sus parientes biológicos (hace aproximadamente dos millones de años) hasta la aparición hace 10 000 años de ciertos instrumentos y de formas domesticadas de especies vegetales y animales. Se trata de las que Meillassoux<sup>3</sup> llamó sociedades "cinegéticas" o extractivas, que dicho sea de paso han abarcado más del 90 por ciento de la historia de la especie. En este caso, el rasgo fundamental del fenómeno apropiativo reside en el hecho de que el conjunto de operaciones puestas en acción no alcanzan a transformar ni la estructura ni la dinámica de los ecosistemas que se apropian.

Esta afirmación surge de un hecho: los productores se limitan a extraer todos sus medios de subsistencia a través de la recolección de especies vegetales y animales y sus productos, la pesca, y la caza (y el entrapamiento). No obstante ser, para la especie humana, el modo primigenio de apropiación de la naturaleza, este es aun practicado por una población estimada en más de 300 000 habitantes<sup>4</sup>, que se distribuyen por el Polo Norte, los desiertos del Sur de Africa y Australia, y los bosques tropicales de Africa y Sudamérica<sup>5</sup>.

El modo de apropiación **secundario**, se gesta cuando los seres humanos logran por vez primera una transformación (limitada) de los ecosistemas. Ello se hizo posible por medio de una *doble humanización* de objetos naturales: especies de plantas y animales de una parte, ciertos metales del otro. La manipulación de las especies (y en sentido estricto de sus particulares mecanismos evolutivos) fue un proceso de domesticación logrado por medio del favorecimiento, la selección y la hibridación de ciertas especies vegetales y animales. De otra parte, el dominio sobre ciertos metales (hierro primero, bronce después), permitió la elaboración de herramientas ligadas a la domesticación biológica: arados y otros aperos agrícolas, yugos, arneses y herraduras. La transformación realizada por las sociedades humanas no se limitó a las masas de vegetación. La acción alcanzó a transformar suelos, topografías, microclimas, etcétera y a manipular ciertos procesos de carácter

ecológico (por ejemplo la regeneración de los bosques) y microbiológico (por ejemplo la fermentación a través de microorganismos, con el fin de obtener alimentos).

Un rasgo distintivo de este modo secundario, que aquí denominaremos el **modelo campesino**, ha sido el uso de la energía solar como fuente energética fundamental del proceso apropiativo, logrado a través del uso cada vez más perfeccionado de los organismos vivos (convertidores biológicos). Ello mantuvo la acción humana sobre la naturaleza en una escala limitada de transformación ecosistémica por más de 10 000 años, desde las primeras sociedades domesticadoras de plantas y animales hasta el advenimiento de la revolución industrial y científica en el siglo XVIII. En este largo período se sucedieron una extensa cadena de diversas configuraciones societarias, las cuales se mantuvieron y se reprodujeron bajo un mismo modo general de uso de la naturaleza.

El tercero y último modo básico de apropiación de la naturaleza (**el modelo agro-industrial**) aparece cuando los seres humanos realizan la extracción de bienes de la naturaleza movilizándolo ya no únicamente energía solar sino otras formas de energía principalmente de origen mineral.

El salto de una producción rural eminentemente solar a una otra fundamentalmente basada en energía fósil o mineral, que tuvo lugar a partir de la revolución industrial, provocó un cambio cualitativo en el grado de transformación de los ecosistemas. De esta forma, el uso de máquinas movidas a través de energía no solar (tractores, bombas, autotransportes), amplificó a tal magnitud la capacidad transformadora, que un solo productor rural bajo este nuevo modo pudo multiplicar varias veces la superficie apropiada.

Por otra parte, el desarrollo de la investigación científica en la química de los suelos primero y de la genética después, dio lugar a nuevas formas de manipulación de los componentes naturales al introducir fertilizantes químicos y pesticidas y nuevas variedades de plantas y animales. Al mismo tiempo apareció un nuevo fenómeno de afectación ecológica provocada ya no durante la apropiación misma de la naturaleza, sino por los materiales generados en el último paso del proceso metabólico: la excreción de desechos. Tales desechos provinieron tanto de los procesos de carácter indus-

trial (y agro-industrial) como del crecimiento, la multiplicación y la concentración de los asentamientos urbanos.

### **La producción rural en México: del modelo campesino al modelo agro-industrial**

Más allá de las numerosas configuraciones concretas y específicas que toma la producción rural en México, es posible arribar a dos modos básicos de uso de los recursos naturales, cada uno de los cuales conforman dos **modelos** radicalmente diferentes de apropiación de la naturaleza: **el campesino** que en el apartado anterior denominamos como secundario, y **el agro-industrial** o terciario. Se trata, como hemos visto, de dos modos no sólo con diferentes rasgos sino con dos diferentes orígenes históricos.

El modo campesino encuentra sus raíces en los orígenes mismos de la especie humana y en el proceso de co-evolución que ha tenido lugar entre la sociedad humana y la naturaleza. Por el contrario, el modelo agro-industrial es un producto de Occidente y de la revolución industrial y científica que tuvo lugar en Europa y otros países templados a partir del siglo dieciocho. Por ello es una propuesta que surge del mundo urbano-industrial, especialmente diseñado para generar los alimentos, materias primas y energías requeridas en los enclaves no rurales del planeta.

La distinción de estos dos modelos contrastantes se logra a través de siete criterios básicos de carácter ecológico, económico, agrario y cultural, específicamente:

#### **1. Energía**

Una primera distinción básica se refiere al tipo de energía utilizada durante el proceso de apropiación/producción. En un extremo, la producción campesina se basa en el uso predominante de la energía solar, a través de la manipulación y el uso de los convertidores biológicos (especies domesticadas y no domesticadas de plantas, animales, hongos, microorganismos, etcétera) y de los procesos ecológicos, que existen y tienen lugar en su escenario productivo. Por ello, la fuerza humana y animal y la utilización de la biomasa, más que los combustibles fósiles, son sus principales fuentes de

energía. En el otro extremo, la producción agro-industrial o moderna tiende a maximizar el uso de energía fósil a través del empleo de maquinaria, gasolina, fertilizantes químicos, pesticidas, semillas mejoradas, regadío, secado, y transporte.

## **2. Escala**

Un rasgo propio de los productores campesinos es que estos son pequeños propietarios (agrupados o no en comunidades), es decir, realizan un proceso de apropiación/producción a pequeña escala. Esto resulta válido tanto para el manejo agrícola o pecuario como para el forestal o el pesquero. Los estudios realizados sobre la estructura agraria de los países Latinoamericanos, muestran que el tamaño habitual de los predios agrícolas campesinos rara vez sobrepasan las 10 hectáreas, generalmente oscilan entre las cinco y las 10 hectáreas y en ocasiones se sitúan por debajo de las cinco hectáreas. Ello los ubica por encima de los tamaños promedio de los predios campesinos de los países asiáticos (por ejemplo China e India), donde la mayoría de los productores se ubican en torno a menos de cinco e incluso una hectárea.

Por el contrario, la producción agro-industrial, supone y requiere de predios mucho mayores. En Canadá y los Estados Unidos donde la producción agro-industrial predomina casi de manera absoluta, el tamaño promedio de las unidades de producción era de 208 y 187 hectáreas, respectivamente, hacia finales de los ochenta. En el caso de la agricultura moderna se ha demostrado que el óptimo se alcanza sobre tamaños medios y grandes. Por ejemplo un estudio reveló que en Estados Unidos los óptimos de producción de frutales se dan entre las 36 y las 44 hectáreas, en tanto que las de hortalizas, algodón, alfalfa y varios cereales se alcanza en torno a las 260 hectáreas<sup>6</sup>.

## **3. Autosuficiencia**

Un rasgo típico campesino es su relativamente alto grado de autosuficiencia, pues las familias campesinas (la unidad de producción) consumen una parte sustancial de su propia producción y, concomitantemente, producen casi todos los bienes que consumen. En otros términos, en la produc-

ción campesina hay un predominio evidente de los valores de uso (bienes consumidos por la unidad de producción) sobre los valores de cambio (bienes no autoconsumidos sino que circulan como mercancías fuera de la unidad de producción). Esta primera singularidad deriva a su vez de un hecho: la producción combinada de valores de uso y mercancías busca la reproducción simple de la unidad doméstica campesina. Por lo anterior, el productor campesino presenta un nulo o bajo empleo de insumos externos, es decir, la apropiación/producción se realiza mediante un mínimo número de *inputs* externos (sea de energías, materiales vivos y no vivos o fuerza de trabajo asalariada). En las unidades de producción agro-industriales, por lo contrario, la mayor parte, si no eso que toda, lo que se produce se vuelca hacia el mercado. Y es de la venta de estos productos de donde se obtienen los fondos para comprar todos o casi todos los bienes requeridos por la unidad productiva. Por lo mismo el proceso productivo se realiza mediante el empleo de un alto grado, es decir existe una alta dependencia del proceso respecto del resto de la sociedad.

#### **4. Fuerza de trabajo**

Los campesinos están comprometidos en un proceso de producción basado predominantemente en el trabajo de la familia y/o de la comunidad a la que pertenecen. Ello hace que, por lo común, la unidad doméstica de producción campesina ni venda ni compre fuerza de trabajo. Aun cuando la unidad doméstica emplee fuerza de trabajo por fuera de lo que constituye la propia unidad de producción (la familia campesina), esta se realiza de manera temporal y mediante mecanismos no mercantiles (por ejemplo la mano vuelta o el tequio de muchos sitios de Mesoamérica y los Andes) tales como acuerdos de carácter cultural e incluso religiosos. En el otro extremo, en las unidades de producción agro-industriales, quienes laboran la naturaleza pueden ser tanto los propietarios como los trabajadores contratados por ellos. En muchos casos, los requerimientos de la producción inducen el empleo de abundante fuerza de trabajo asalariada.

#### **5. Diversidad**

Aunque la agricultura tiende a ser la actividad productiva central de cualquier unidad doméstica campesina en las áreas terrestres, esta es siem-

pre complementada (y en algunos caso reemplazada como actividad principal) por prácticas como la recolección, la extracción forestal, la horticultura y arboricultura, la pesca, la caza, la cría de ganado y las artesanías. La combinación de estas prácticas protege a la familia campesina contra las fluctuaciones del mercado y contra los cambios o eventualidades medioambientales.

En su *versión óptima*, una explotación campesina típica, es aquella donde sus dos fuentes de recursos naturales (el medio ambiente natural y el medio ambiente transformado) se convierten en un mosaico en que cultivos agrícolas, áreas en barbecho, bosques primarios y secundarios, huertos familiares, pastos y cuerpos de agua son segmentos de un sistema integrado de producción.

Este mosaico representa el escenario sobre el que el productor campesino, como un estratega del uso múltiple, realiza el juego de la subsistencia a través de la manipulación de los componentes geográfico, ecológico, biológico y genético (genes, especies, suelos, topografía, clima, agua y espacio), y de los procesos ecológicos (sucesión, ciclos de vida y movimiento de materias).

La misma disposición diversificada tiende a ser reproducida en cada uno de los sistemas productivos, por ejemplo cultivos poliespecíficos terrestres o acuáticos en lugar de monocultivos agrícolas o piscícolas. Bajo esta estrategia, la producción campesina tiende a volverse un sistema integrado de carácter agro-pecuario-forestal-pesquero o agro-silvo-pastoril-piscícola. Esta estrategia está basada en un conjunto de conocimientos de carácter empírico sobre la vegetación, las especies vegetales y animales, los suelos, los fenómenos climáticos y meteorológicos y las dinámicas biofísicas y ecológicas<sup>7</sup>.

En contraste con lo anterior, el modelo agro-industrial es casi siempre un sistema especializado de producción en donde todo el espacio productivo es dedicado a la implantación de sistemas agrícolas, pecuarios, forestales o pesqueros donde se generan uno o unos cuantos productos. La especialización del modelo moderno induce por lo tanto sistema productivos de muy baja diversidad.

## **6. Desechos**

En la producción campesina existe una baja o nula producción de desechos. Este rasgo deriva del uso predominante de energía solar y de la manipulación de fenómenos biológicos y ecológicos y en el bajo uso de insumos externos de carácter industrial. De nuevo, contrasta la situación de la producción agro-industrial donde se generan desechos a veces de manera masiva que contaminan los recursos de la naturaleza (por ejemplo pesticidas que contaminan suelos, aire y agua, e incluso los propios productos rurales).

## **7. Cosmovisión**

El proceso campesino de apropiación/producción se basa en un conjunto de conocimientos de carácter holístico y en una visión no-materialista de la naturaleza. Este rasgo aparece más nítidamente en aquellos sectores campesinos que pertenecen a alguna de las culturas indígenas que existen en la región y cuya visión proviene de una tradición cultural diferente a la de Occidente, y tiende a desvanecerse y a ocultarse. En estas visiones la naturaleza (y sus elementos y procesos) aparece siempre como una entidad viviente con la cual o dentro de la cual los seres humanos interactúan y con la cual es necesario dialogar y negociar durante el proceso productivo.

Contrastando con lo anterior, los productores del modelo agro-industrial manejan conocimientos especializados y particulares sobre la naturaleza, basados en la tradición científica y técnica occidental. A ello se agrega una visión materialista, productivista y pragmática de los recursos naturales, en los que la naturaleza se concibe como una entidad separada de la sociedad y sujeta de ser manipulada y domeñada mediante la tecnología y la investigación científica.

Los dos modelos aquí definidos, operan como dos "formas puras" cuya representación en la realidad no aparece igualmente contrastante que su definición teórica dada la gama de situaciones existentes en cada uno de los siete rasgos utilizados como criterios básicos y las posibles combinaciones que se generan en los casos particulares y concretos. Los diferentes mecanismos del llamado desarrollo rural que por lo común tienden a transformar

el modelo campesino en un modelo agroindustrial dejan para cada región o ámbito de la realidad regional todo un abanico de situaciones. En otros términos, la realidad no aparece como un tablero de ajedrez de cuadros blancos y negros nítidamente contrastados, sino como una matriz de tonalidades grises, resultado de la intensidad que toma el proceso de transformación de lo campesino hacia lo agro-industrial en el fragmento de la realidad que se examina.

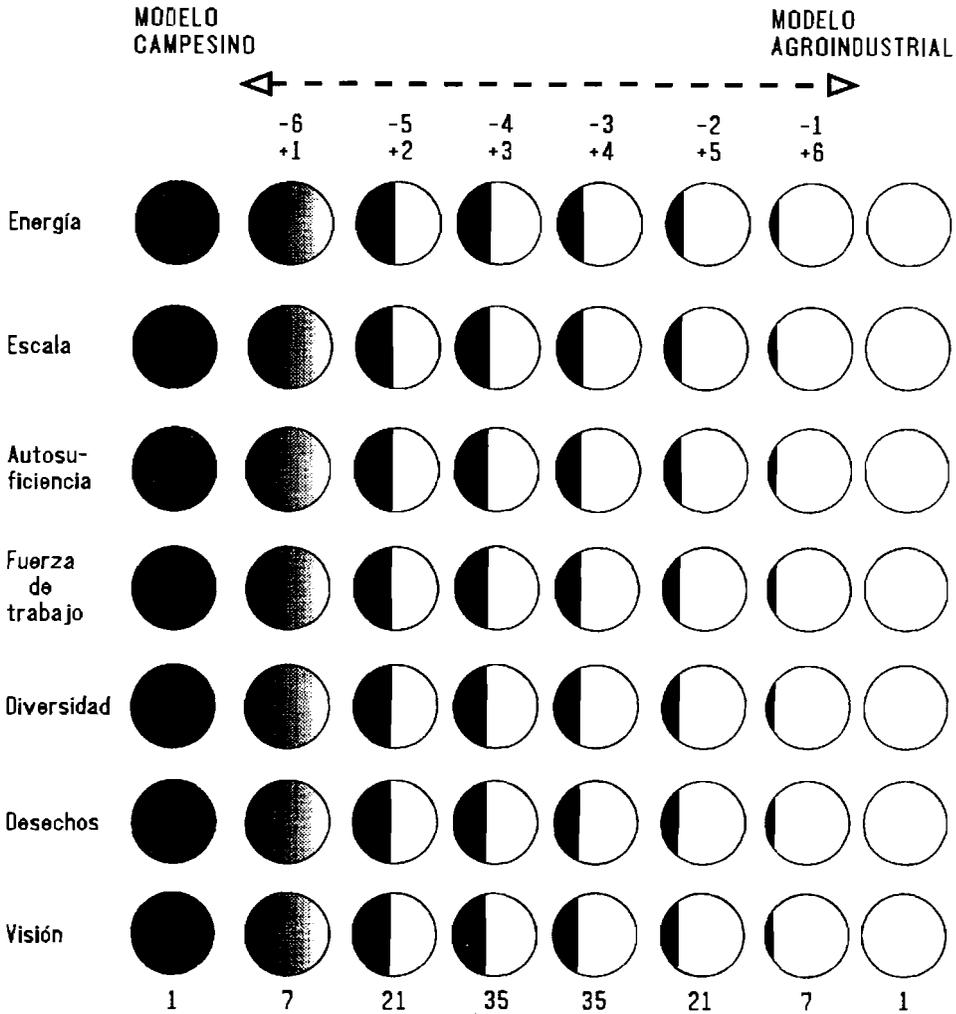
El cálculo matemático revela la existencia de 126 combinatorias posibles entre el modelo campesino y el modelo agro-industrial, cuando se emplean siete criterios como los arriba descritos (Figura 1).

### **Implicaciones ecológicas de la estrategia campesina**

Una estrategia de usos múltiples como la que el productor campesino tiende a adoptar, implementada a través de un sistema integrado de prácticas productivas y que se expresa en el espacio como un paisaje diversificado (Figura 2), posee varias ventajas desde el punto de vista ecológico.

En primera instancia constituye una respuesta a la heterogeneidad eco-geográfica de los paisajes naturales, pues por lo común como veremos en la sección siguiente, el productor campesino tiende a mantener o a implementar unidades productivas de acuerdo a las características y potencialidades de las unidades de paisaje reconocidas. Este mosaico productivo permite y favorece entre otras cosas las interacciones biológicas, los mecanismos de regulación de las poblaciones de organismos, la estructura trófica y el reciclaje de nutrientes.

En otra dimensión facilita y aun incrementa la diversidad biológica y genética expresada en la riqueza de especies y de variedades vegetales y animales contenida en dicho mosaico. Asimismo el mantenimiento de policultivos agrícolas, forestales o piscícolas (y la integración de estos) favorece sistemas de mayor productividad y reduce la acción de malezas y pestes. El mantenimiento de estos mosaicos productivos conlleva también ciertas ventajas en la dimensión temporal, pues permite un uso más eficiente del esfuerzo del productor a lo largo del ciclo anual. En cierta forma esta estrategia favorece el acoplamiento entre la actividad del productor y los ciclos



Obtenido mediante la expresión:  $N = \frac{n!}{m!(n-m)!}$  donde: n = número total de casos y m = número total de casos con atributo.

**Figura 1.** Intensidad del proceso de transformación de lo campesino hacia lo agroindustrial.

naturales (biológicos y físico-químicos) a través del año. El resultado global de todo lo anterior es el favorecimiento de sistemas productivos con buena

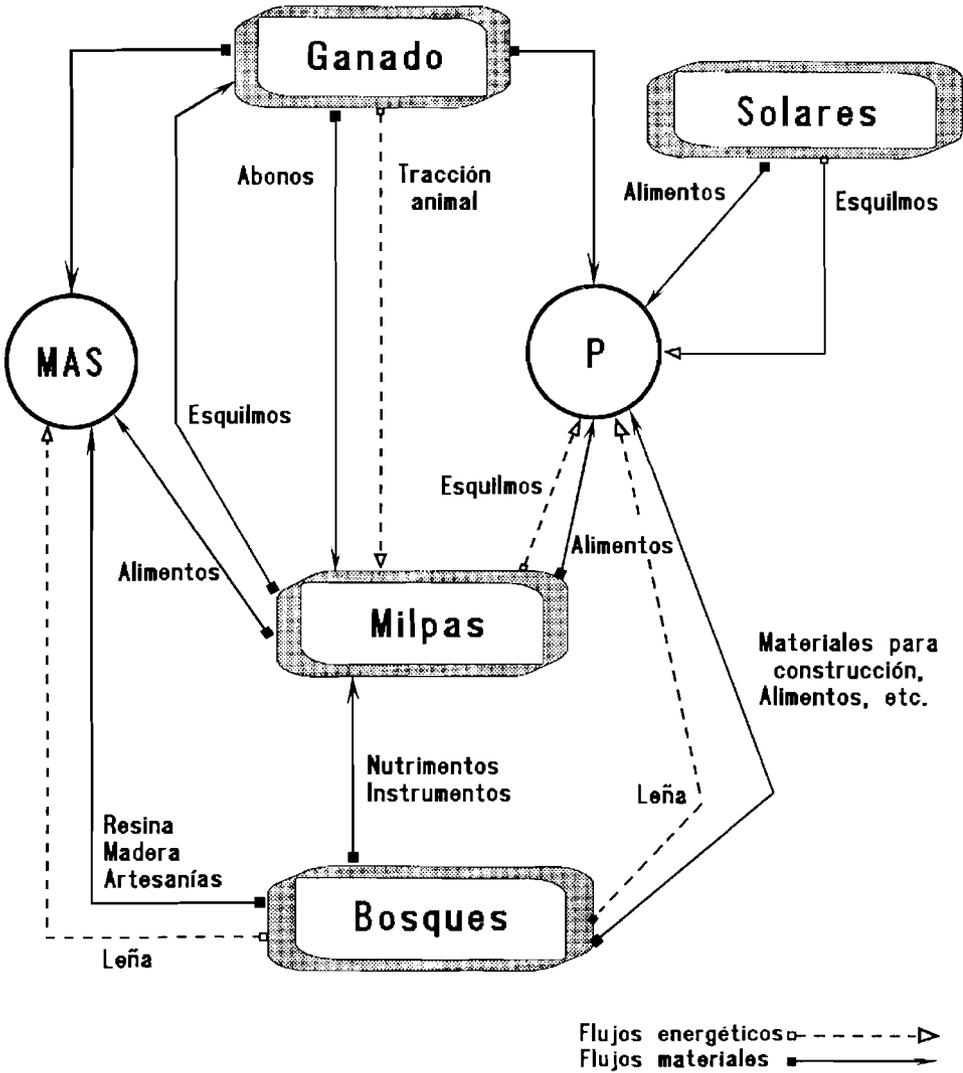


Figura 2. Flujos materiales y energéticos para una comunidad indígena de la Meseta Tarasca en Michoacán) México<sup>12</sup>.

parte de los atributos postulados y recomendados desde las nuevas corrientes ecológicas con aplicación en la producción rural tales como la agro-ecología<sup>8-10</sup> o la agro-forestería<sup>11</sup>.

En efecto, no obstante que los seguidores de estas corrientes tienden a concentrarse en sistemas específicos de producción (generalmente agrícolas o agroforestales) o en el uso de especies, sin alcanzar a contextualizar el carácter integral de los sistemas productivos y sus implicaciones ecológicas, económicas e históricas, buena parte de sus principales autores reconocen en los sistemas campesinos los principios que ellos postulan<sup>13</sup>.

En primer lugar, una mayor **estabilidad** en los ecosistemas que se apropian, pues la mayor diversidad estructural y funcional promovida por los mosaicos productivos campesinos es un rasgo que favorece de principio la resistencia o resiliencia de los sistemas naturales intervenidos. Podría decirse que de alguna forma la humanización de la naturaleza que desencadena toda intervención humana en los ecosistemas, bajo la estrategia campesina del uso múltiple, toma la forma de una mínima artificialización. Ello minimiza los riesgos tanto ecológicos como económicos de los sistemas productivos y disminuye los subsidios externos vía insumos materiales, energéticos o de fuerza de trabajo.

Probablemente el mejor indicador de lo anterior sean los altos índices de eficiencia energética que tienden a presentar los sistemas campesinos de producción (véase la siguiente sección), lo cual refleja la existencia de mecanismos de restauración del equilibrio ecológico en los sistemas productivos. Estos mecanismos permiten en conjunto la recuperación de las poblaciones de especies, de la fertilidad de los suelos, o de la renovación de los recursos hidráulicos o las masas de vegetación que son involucrados durante el proceso apropiativo.

El segundo atributo que se ve favorecido es la **productividad**, medida no sólo como el volumen extraído o canalizado desde los ecosistemas sino en su variedad de productos y en su permanencia a lo largo del ciclo anual, dos rasgos que tienden a ser ignorados en las mediciones de corte exclusivamente económico (economicismo).

El tercer atributo es la permanencia de esta productividad a lo largo del tiempo. En efecto, la **sostenibilidad** de buena parte de los sistemas productivos campesinos, expresada en el uso de los recursos durante períodos de cientos y hasta miles de años, constituye otro de los rasgos fundamenta-

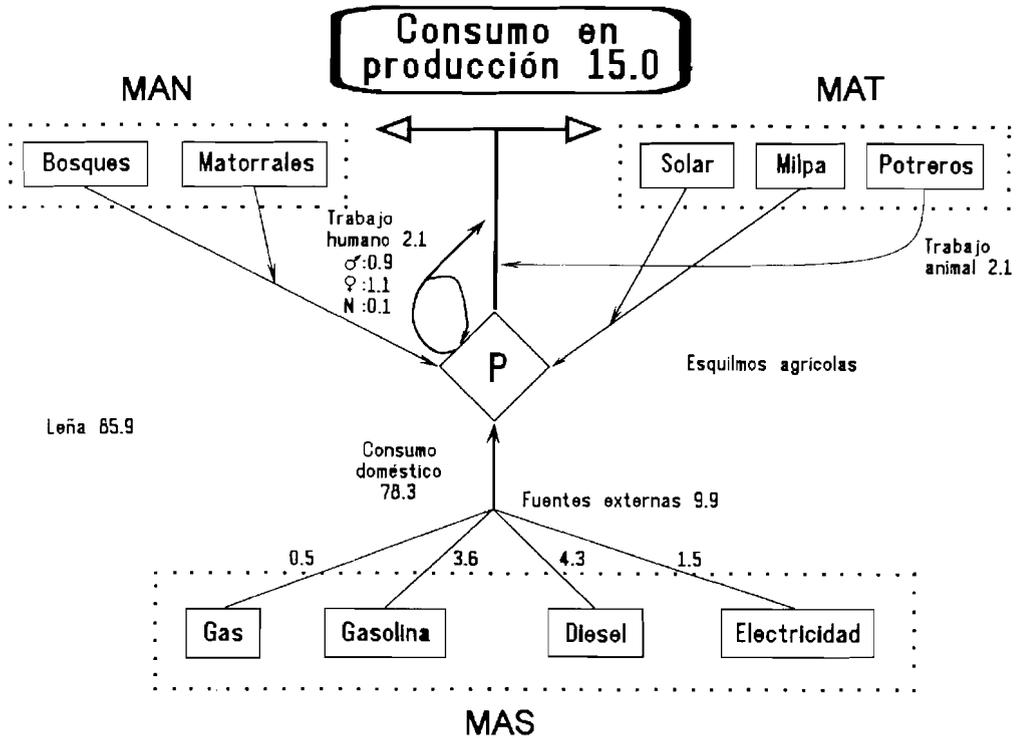
les desde una perspectiva ecológica. Finalmente, en íntima relación con la estabilidad, el uso mínimo o nulo de insumos externos favorece la **autosuficiencia** (en la escala de la unidad doméstica de producción, las comunidades o aun las regiones), en varias dimensiones: alimentaria, energética, tecnológica, de materiales de construcción, etcétera.

Los siguientes apartados están dedicados a mostrar y discutir a través de la revisión de varios estudios de caso y de diferentes evidencias de carácter empírico la existencia de estos cuatro atributos en los sistemas productivos campesinos.

### **Evaluación energética de la estrategia campesina**

La "radiografía energética" de la producción campesina se logra mediante el inventario detallado tanto de las formas que toma el consumo energético como de las fuentes de las que se deriva la energía utilizada. Tal análisis puede realizarse en una unidad doméstica de producción o bien a la escala de una comunidad rural. En lo que aparentemente es el estudio energético más completo de una comunidad rural, Maserá, *et. al.*<sup>14</sup> lograron establecer lo que al parecer conforma el patrón de consumo y obtención de energía en una comunidad campesina típica. Dicho análisis reveló, entre otras cosas (Figura 3), la relevante importancia de la biomasa, que en forma de leña, constituye la primer fuente de energía para la comunidad (casi 86 por ciento del total utilizado) y el bajo empleo de los insumos energéticos externos, representados por el gas, la gasolina, el diesel y la electricidad.

La energía humana y la energía (cinética) animal apenas representan cada una el dos por ciento del total utilizado. Ello confirma el carácter mismo de la estrategia campesina, que tiende a la salvaguarda de la autosuficiencia. En este caso, el 90 por ciento de la energía requerida por la comunidad es generada de manera local. El mismo análisis mostró que el 80 por ciento de la energía consumida es dedicada a las actividades domésticas y en especial a la cocción de los alimentos, actividad que emplea el 86 por ciento de la energía consumida domésticamente. Este hecho corre en paralelo con la certificación de que las mujeres realizan un mayor esfuerzo en su trabajo que los hombres, confirmando que el valor del trabajo doméstico acumulado sobrepasa el invertido en las labores de apropiación/producción.



**Figura 3.** Fuentes de energía y demanda energética en una comunidad campesina (Charanástico, Michoacán) de México. Las cifras indican porcentaje del total obtenido o consumido. Elaborado con datos de Masera, *et. al.*<sup>14</sup>.

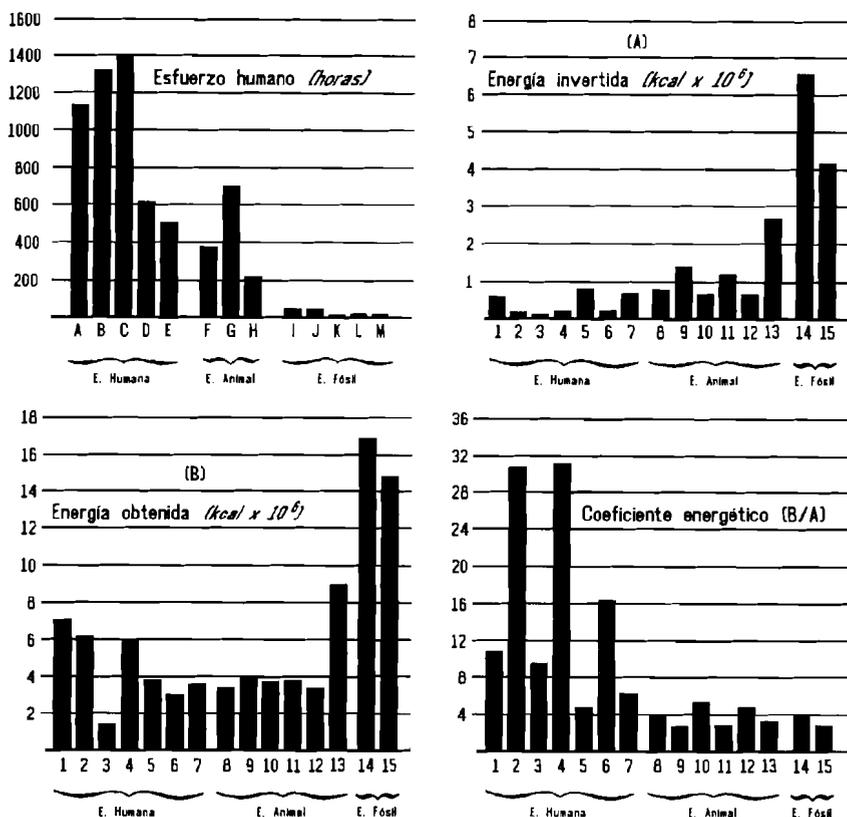
En tal contexto, el uso de la leña y el consumo de energía en la cocción de los alimentos, se convierten en los dos factores más importantes del balance energético campesino<sup>12,16</sup>. Ello remite a una reconsideración, desde la perspectiva energética, de la estrategia campesina del uso múltiple que tiende a mantener mosaicos donde la presencia de las masas forestales (arboladas y no arboladas) juegan un papel estratégico como fuentes primarias de energía para la subsistencia campesina. Dicho de otra forma, para la racionalidad campesina, la leña tiene el mismo papel estratégico que el que posee el petróleo para las sociedades industriales.

Lo arriba revelado, permite explicar fenómenos de escala nacional tales como el alto consumo de leña en las áreas rurales, en cierta forma un in-

dicador de la magnitud de la producción campesina de un país determinado. La preferencia por la leña, que es una fuente renovable, local, controlable y de muy bajo costo para los productores rurales, confirma también la "ventaja comparativa" de la estrategia campesina en materia energética frente a las alternativas que la sociedad urbano-industrial ofrece a los habitantes rurales. Ello explica porque entre la población rural de China, que es el país más tractorizado del mundo, el 70 por ciento de la energía consumida provenga aun de la leña y los esquilmos agrícolas y que el 80 por ciento de la energía se consuma en actividades domésticas<sup>15</sup>, un fenómeno que se repite en México, un país rico en petróleo, donde hacia 1987 el 69 por ciento de la energía consumida por sus habitantes rurales provenía de la leña y otras fuentes de biomasa<sup>16</sup>.

El análisis energético también puede centrarse en el sólo proceso de apropiación/producción, que es la forma como habitualmente se evalúa la eficiencia ecológica de los sistemas productivos. El cálculo de la eficiencia energética se obtiene mediante la correlación de la energía obtenida con la energía invertida por el productor, en una determinada superficie y en una cierta unidad de tiempo. Para ilustrar las diferentes eficiencias energéticas, utilizaremos el caso del maíz, cultivo para el cual existen abundantes cálculos en diferentes situaciones tecnológicas y sociales que permiten el análisis comparativo. La Figura 4, muestra la energía invertida y obtenida (medida en kilocalorías) durante la producción de una hectárea de maíz en 15 diferentes situaciones: siete representan una típica producción campesina donde no se emplea más energía que aquella derivada del propio esfuerzo del productor; seis constituyen estados intermedios donde la producción campesina combina el uso de energía humana con energía derivada de la tracción animal; los dos últimos conforman casos modernos donde el empleo de maquinaria y de fertilizantes y pesticidas químicos, accionados y elaborados con energía fósil son parte del sistema de producción. En los primeros dos conjuntos el productor dedica enormes períodos de tiempo en el proceso productivo: entre 500 y 1 500 horas para hacer producir una sola hectárea de maíz.

Por el contrario el productor moderno que sólo emplea a través de su sistema tecnificado unas cuantas horas puede hacer producir más de 100 veces lo que un productor campesino utilizando energía humana y/o animal<sup>17</sup>. No obstante lo anterior, en términos estrictamente energéticos, que



**Figura 4.** Evaluación de la eficiencia energética de la producción de una hectárea de maíz para tres situaciones diferentes: con solo energía humana, con energía animal (y humana) y con energía fósil<sup>18</sup>.

es la forma como los investigadores calculan la eficiencia de un sistema productivo, los productores campesinos resultan mas eficientes que los modernos. La explicación se encuentra en el hecho de que mientras la producción campesina invierte de 200 000 a 1 500 000 kcal por hectárea, los sistemas modernos requieren de 15 a 20 millones kcal para realizar el mismo proceso. Dado que la energía total obtenida en los sistemas modernos solo es de tres a cinco veces mayor que las dos primeras, **la producción moderna resulta energéticamente menos eficiente que la campesina** (véanse los coeficientes energéticos en la Figura 4).

En el ejemplo anterior, que representa una simplificación del proceso global campesino, la energía obtenida ha sido calculada mediante la conversión en kcal del total de la semilla producida. Esta sin embargo representa tan sólo una quinta parte de la biomasa producida, pues el restante 80 por ciento está representado por el llamado "esquilmo agrícola", es decir, la porción vegetativa del cereal de importancia capital bajo la lógica campesina. En efecto, si se incluye la biomasa total producida y se recuerda que en los sistemas cerealeros, el manejo campesino tiende a integrar agricultura con ganadería mediante el traslado recíproco de energía (en forma de forrajes desde los cultivos y de abonos para estos a través de los estiércoles animales), la panorámica cambia nuevamente en favor del uso campesino. La alta eficiencia energética de estos sistemas agropecuarios integrados que tienden a reproducirse casi por sí solos a través del tiempo (sostenidamente), y en la que el productor campesino se ve beneficiado a través de la toma anual de alimentos, ha sido demostrada por Odend'hal<sup>18,19</sup> para una comunidad en China. Ello le ha permitido explicar porque en ese país tras las descolectivización auspiciada por el gobierno, la población de animales empleados en la agricultura (y no los tractores) se han incrementado de manera notable.

En la misma perspectiva, Maser<sup>16</sup> ha mostrado con base en un detallado estudio de caso, que la mecanización de la agricultura campesina (y el consecuente uso de energía externa) no significa necesariamente un avance tecnológico, pues la introducción de los tractores trae como consecuencia cambios en la composición tardicional de cultivos, en la sucesión de las prácticas agrícolas y, sobre todo porque tiende a dislocar la demanda de trabajo dentro del ciclo anual campesino que, como hemos señalado, resulta de la aplicación de la estrategia general del uso múltiple dentro de la cual la práctica agrícola es solo una parte.

### **Economía ecológica de la estrategia campesina: un estudio de caso**

En México, la zona tropical cálido húmeda conforma alrededor del 10 por ciento del territorio nacional con 20.5 millones de hectáreas de territorio, la mitad de las cuales se encuentran usufructuadas por formas sociales de propiedad (ejidos y comunidades indígenas) de carácter minifundario. Como sucede en el resto de las zonas ecológicas, la estrategia campesina de uso

de los recursos del trópico cálido húmedo tiende a constituir una síntesis histórica de sistemas de producción.

En efecto, en su versión mas acabada el productor campesino tiende a combinar:

1. El sistema de milpa que puede llegar a constituir un policultivo de hasta 20-25 especies agrícolas y forestales (y de anuales y perennes) que tiene como eje el cultivo del maíz, pero que en muchas ocasiones se combina y aun se sustituye por productos agrícolas dirigidos al mercado (chile, arroz, lenteja, etcétera);
2. La obtención de productos de las selvas primarias o maduras y de las selvas secundarias de diferentes edades que resultan del proceso de sucesión por el cual el ecosistema selvático se reestablece, y que opera como el mecanismo para lograr la recuperación de la fertilidad de los suelos utilizados con fines agrícolas;
3. La manipulación de secuencias de unidades forestales en diferentes grados de perturbación antrópica, de las cuales se obtienen ciertos productos comercializables (principalmente café, vainilla y cacao);
4. La implantación y manejo de huertos familiares o solares, que son sistemas agro-forestales ubicados junto a o cerca de las viviendas, en la que se cultivan toda una variedad de especies nativas e introducidas generalmente para el autoconsumo, y en donde existe una cría de animales menores (gallinas, cerdos, patos, etcétera);
5. La obtención de productos de los cuerpos de agua disponibles (ríos, lagunas y pantanos), principalmente peces, tortugas y crustáceos;
6. El manejo de áreas de ganadería bovina de pequeña escala, que por lo común son áreas de pastizales combinados con especies de leguminosas y árboles esparcidos con alguna utilidad y en la que la alimentación del ganado se encuentra integrada a la agricultura mediante el empleo de los esquilmos agrícolas como forraje.

7. Areas de plantaciones agrícolas o forestales (caña de azúcar, hule, cítricos, etcétera) que por lo común constituyen sistemas dirigidos a la generación de productos comercializables. De esta forma, el resultado es un sistema integrado de varias unidades productivas (Figura 5) en el que se combinan elementos de origen pre-hispánico (como la milpa o la pesca), con otros derivados del contacto europeo (como el café o muchas de las especies cultivadas en los huertos, o el ganado bovino), y otros francamente "modernos" (como el uso de variedades mejoradas o el empleo de pesticidas y fertilizantes químicos).

En la implantación y empleo de estos sistemas productivos, el productor campesino está obligado a buscar la combinación óptima que garantice de un lado la autosuficiencia alimentaria y del otro la venta lo más exitosa posible de productos en el mercado. En este contexto se tornan decisivos

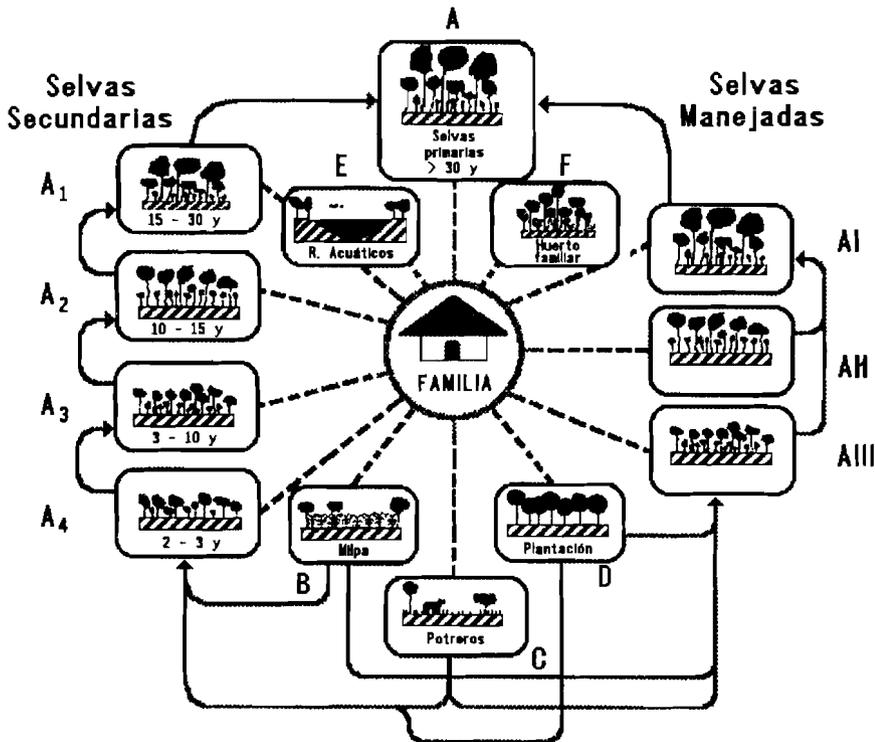


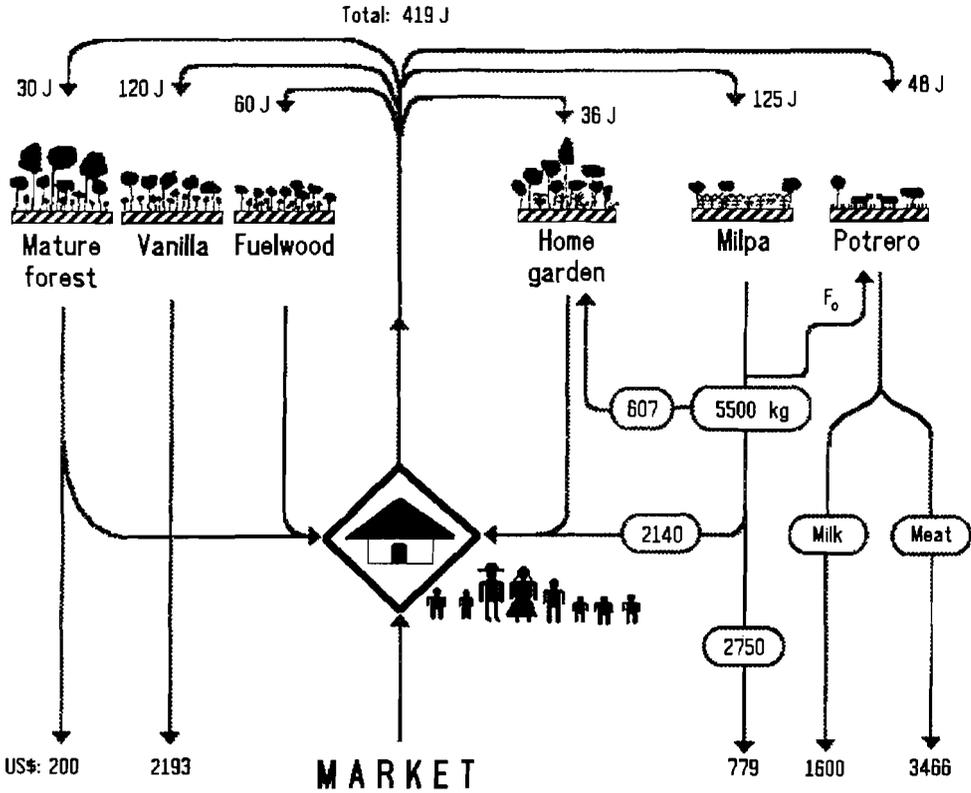
Figura 5. Sistema integrado de varias unidades productivas.

los sistemas de producción cuyos bienes se emplean para su comercialización. En México, como en el resto de Latinoamérica el ganado bovino, cuya expansión fue promovida en las pasadas décadas por los bancos internacionales y nacionales, tiende a ser adoptado como "punta de lanza" comercial en el sistema campesino. Sin embargo a diferencia de otras regiones latinoamericanas, en México la tradición de las culturas indígenas habitantes de esta zona (23 grupos étnicos con una población de 1.6 millones en 1990) han inducido un manejo agroforestal dirigido al mercado con base en el café, la vainilla y otros productos. Las recientes fluctuaciones del mercado han hecho que el café no constituya al menos por el momento una opción factible, pues este producto vive hoy una de sus peores cotizaciones en el mercado internacional. El productor debe entonces procurar el manejo de un sistema de abasto seguro que mantenga la autosuficiencia alimentaria, combinado con uno o varios productos comercializables de alta cotización.

Los estudios realizados en una comunidad de indígenas totonacos, en la región de Papantla, Veracruz<sup>21-23</sup>, ilustran un caso exitoso de manejo campesino en el trópico cálido húmedo bajo la estrategia del uso múltiple en las condiciones actuales. En efecto, como lo muestra la Figura 6, la típica familia campesina con siete miembros, emplea 418 jornales de trabajo al año para manejar su minifundio de ocho hectáreas que es el predio promedio en la comunidad. Este esfuerzo lo dedica al trabajo en la milpa (que es un policultivo con maíz y hasta otros 20 cultivares), el huerto familiar, la recolección de leña, la producción de vainilla, la extracción de diversos productos forestales y el manejo del potrero.

En este contexto destaca la milpa con dos ciclos productivos al año y sobretodo el potrero con ocho cabezas de ganado por hectárea. Esta última cifra hace que el potrero indígena produzca de cuatro a ocho veces más que los predios de los modernos ganaderos veracruzanos, mediante la integración del forraje verde derivado del maíz y otros cultivos y el manejo adecuado de los suelos del pastizal.

Vista desde el espacio, ésta y otras pocas comunidades indígenas del centro de Veracruz aparecen como islas policromas que son el resultado de mosaicos productivos formados por vegetación forestal de diferentes edades, milpas, áreas agroforestales y potreros. Esto es así porque desde hace



**Figura 6.** Manejo campesino en el trópico caliente húmedo bajo la estrategia del uso múltiple.

tres décadas el paisaje del centro veracruzano, que en el pasado constituía un vergel de diversidad biológica y genética, comenzó a transformarse en un inmenso mar de pastizales para la ganadería extensiva.

En el balance ecológico-económico, la familia indígena alcanza lo siguiente: un superavit productivo con excedentes de maíz y venta de leche, carne en pie, vainilla y algunos productos de la selva; logra la autosuficiencia energética (a partir de la leña) y alimentaria (con productos de la milpa y del huerto familiar, y la compra de algunos productos); afecta mínimamente el equilibrio ecológico local y regional y, de paso, contribuye a conservar la

alta biodiversidad tropical mediante las áreas forestales (que representan entre el 30 y 40 por ciento del territorio).

La misma estrategia permite el mantenimiento de un sistema integrado en el que las superficies agrícola, pecuaria y forestal (en este caso representada por las selvas secundarias utilizadas para el cultivo de vainilla, la procuración de leña y la obtención de otros productos), se mantienen en un estado de equilibrio, cada uno con áreas cercanas al 30 por ciento del total del predio campesino (Tabla 1). Esta estrategia de supervivencia sólo es posible cuando el productor mantiene sistemas productivos complementarios, en este caso los huertos familiares y las áreas forestales. En México un recuento de los productos obtenidos por los grupos indígenas de las selvas tropicales húmedas (primarias y secundarias) arrojan más de 1 000 especies útiles, la mayor parte de las cuales forman parte de las selvas secundarias y un alto porcentaje de las cuales proveen alimentos (¡475 productos!)<sup>23-25</sup>.

**Tabla 1**

**Superficies agrícola, pecuaria y forestal en la comunidad de Plan de Hidalgo, Veracruz, México**

	Superficie ha	Por ciento
<b>Superficie agrícola</b>	<b>597.5</b>	<b>47.21</b>
Maíz	459.5	36.30
Frijol	17.5	1.38
Chile	14.5	1.15
Otros	18.0	1.42
Naranja	41.5	3.28
Plátano	2.0	0.16
Caña de Azúcar	44.5	3.52
<b>Superficie pecuaria</b>	<b>298.0</b>	<b>23.54</b>
Potreros	298.0	23.54
<b>Superficie forestal</b>	<b>370.5</b>	<b>29.32</b>
Acahuales	291.5	23.03
Acahuales para vainilla	79.0	6.29
<b>Total</b>	<b>1 266</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Ortiz<sup>22</sup> y datos inéditos.

## Conclusiones

Las evidencias teóricas y empíricas mostradas en este ensayo parecen sugerir que en México, donde todavía en 1990 más de tres millones de unidades campesinas usufructuaban la mitad del territorio nacional (cerca de 100 millones de hectáreas), la vía más adecuada de modernización rural es aquella que toma como punto de partida el modelo campesino. Ello no significa adoptar una posición romántica o idealista que busca retornar al pasado y que niega la importancia de la investigación científica y tecnológica contemporánea. Por el contrario, de lo que se trata es de desarrollar investigación científica de punta (como la biotecnología), a partir de la experiencia ganada por los productores campesinos a través de cientos (quizás miles) de años de interacción con la naturaleza.

Se trata de lograr una síntesis entre una tradición no-occidental representada en este caso por las culturas campesinas e indígenas mesoamericanas y la vertiente que partiendo de la revolución intelectual europea ha dado lugar a la ciencia contemporánea de México. Una visión que, en suma, deja atrás los planteamientos equivocados del desarrollismo y la tecnocracia que busca la destrucción del campesinado y el establecimiento de una modernidad que aparece cada vez mas sospechosa y cada vez menos legítima.

## Bibliografía

1. Toledo, V. M., 1992, *What is Ethnoecology: Origins, Scope and Implications of a Rising Discipline*, *Etnoecológica* 1: 5-22
2. Toledo, V. M., 1994, *La Otra Ecología: Un Estudio de la Apropiación Campesina de la Naturaleza*, Edit. Quinto Sol /UNAM (en prensa).
3. Meillassoux, C. S., 1967, *Recherche d'un niveau de détermination dans la société cinégetique*, *L'Homme et la Société* (6): 95-106.
4. Burger, J., 1987; *Report from the frontier*, Zed Books, London, pp 310.
5. Cashdan, E., 1989, *Hunters and gatherers: the economy of bands*, En : S. Plattner (Ed), *Economic Anthrpology*, Stanford University Press: 43-78.
6. U. S. Department of Agriculture, 1969, *Economies of Size in Forming Agriculture*, *Economical Report* 107, Washington, D. C., Gov. Printing Office.
7. Toledo, V. M., 1990, *El Juego de la Supervivencia: Un Manual para la Investigación Etnoecológica en Latinoamérica*, CLADES, Santiago, Chile y Berkeley, California, USA
8. Altieri, M., 1987, *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture*, Westview Press.
9. Conway, G. R., 1987, *The properties of Agroecosystems*, *Agricultural Systems* 24:95-100.
10. Gliessman, S. R., 1990, *Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*, Springer-Verlag.
11. Nair, P. K. R., 1990, *Agroforestry: an Approach to Sustainable Land Use in the Tropics*, En: M. Altieri and S. Hecht (Eds), *Agroecology and Small Farm Development*, CRC Press: 121-135

12. Masera, O., 1990, *Sustainable Scenarios for Rural Mexico: An Integrated Evaluation Framework for Cooking Stoves*, Master in Science Thesis, University of California, Berkeley.
13. Altieri, M., 1992., *¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?* En: La Tierra: Mitos, Ritos y Realidades, M. González-Alcantud and M. González Molina (Eds), Edit. Anthropos: 332-351.
14. Masera, O., et al., 1987, *El Patrón de Consumo Energético y su Diferenciación Social: Estudio de caso en una Comunidad Rural de México*, Cuadernos sobre Prospectiva Energética 108, El Colegio de México.
15. Zhaoling, Z., 1991, *Energy Consumption in Rural Areas*, En: G. Guohua and L. J. Peel (Eds), *The Agriculture of China*, Oxford University Press: 173-176.
16. Masera, O., 1990, *Crisis y Mecanización de la Agricultura Campesina*, El Colegio de México.
17. Pimentel, D. and M. Pimentel, 1977, *Food, Energy and Society*, Edward Arnold.
18. Toledo, V. M., J. Carabias, C. Toledo and C. González-Pacheco, 1989, *La Producción Rural de México: Alternativas Ecológicas*, Fundación Universo XXI.
19. Odend'hal, S., 1993, *The Carrying Capacity of Cattle Utilizing Agricultural Wastes in a Small Chinese Village*, *Bioresource Technology* 43:53-57
20. Odend'hal, S., 1993, *Intermediary Agricultural Energetics: A Case Study of Solar Energy Linkage with Chinese Working Cattle*, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 43:217-233
21. Medellín-Morales, S., 1988, *Arboricultura y Silvicultura Tradicional en una Comunidad Totonaeca de la Costa*, Tesis Maestría, INIREB, Xalpa, Veracruz.
22. Ortiz, B., 1993, *La Cultura Asediada: Espacio en el Trópico Veracruzano*, Tesis de Maestría en Antropología Social, CIESAS, México.
23. Toledo, V. M., B. Ortiz and S. Medellín-Morales, 1994, *Biodiversity Islands in a Sea of Pastureland: Indigenous Management of Tropical Forests in Mexico*, *Etnoecológica* 3 (en prensa)
24. Toledo, V. M., A. I. Batis, R. Becerra, E. Martínez and C. H. Ramos, 1992, *Products from the Tropical Rain Forest of Mexico: An Ethnoecological Approach*, En: M. Plotkin and L. Famolare (Eds), *Sustainable Harvest and Marketing of Rain Forest Products*, *Conservations International/Islands Press*: 99-109.
25. Toledo, V. M., 1994, *La Selva Útil: Productos Obtenidos por las Culturas Indígenas del Trópico Húmedo de México*, enviado a Interciencia.



# LA AGRICULTURA MEXICANA: UN MODELO EN TRANSICION<sup>1</sup>

*Felipe Torres Torres\**

Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM

---

## Introducción

La agricultura mexicana se ha caracterizado a lo largo del tiempo, por incorporar modelos que resultan demasiado generales a la diversidad de problemas espaciales, obedecen a lineamientos de control político en el campo, o bien tienen alcances restringidos que se agotan antes de cumplir con los objetivos básicos. En prácticamente ningún caso se observa que dichos modelos hayan permitido, mediante la agricultura, un desarrollo general equilibrado y un uso racional de los recursos naturales.

Lo que en todo caso se aplica, son esquemas tecnológicos, cuya constante ha sido el deterioro de los recursos naturales y la alteración del entorno ecológico. Estos esquemas se mantienen a lo largo del tiempo, pero no es posible hablar de que exista uno de tipo hegemónico en la agricultura mexicana, dados los alcances restringidos de la política sectorial, el desequilibrio regional y la heterogeneidad de los productos.

Actualmente es posible detectar, de manera predominante, la presencia en el agro nacional de tres modelos tecnológicos. Un primer caso es la debatida Revolución verde que mantiene una influencia significativa en las áreas más capitalizadas de la agricultura; el segundo caso es el de la biotecnología que si bien incipiente se empieza a registrar su impacto en algunos cultivos comerciales pero que todavía presenta dificultades en el caso de los granos básicos; el tercero se refiere a la ahora llamada agricultura orgánica, basada en el equilibrio ecológico y el eprovechamiento de los recursos naturales de manera sustentable. Este último tipo de agricultura ha estado presente milenariamente, pero ahora se trata de reactualizarla con base en un

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido elaborado en el marco del proyecto de investigación: ***Agricultura sustentable en México y sus vínculos con el mercado Internacional***, financiado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM

mayor control del conocimiento respecto al comportamiento de los cultivos en el entorno natural.

Por tanto la agricultura mexicana registra ahora más bien un modelo de carácter transicional heterogéneo con diferentes esquemas tecnológicos, cuya hegemonía dependerá a futuro, de cómo se configura el mercado interno e internacional sustentado en el tipo de alimentos que demanden los grupos de consumidores.

### **La valorización de los recursos naturales en los modelos agrícolas**

Un modelo ideal del desarrollo económico es aquel que considera la racionalidad en el uso de los recursos productivos; el equilibrio entre costos de producción y precios de distribución equitativa del ingreso, así como la instrumentación de respuestas inmediatas a la demanda de empleo frente a la tasa de incremento demográfico. Casi todos los factores expuestos han sido considerados por los modelos de crecimiento económico, aun cuando éstos no resuelvan plenamente la problemática que plantea el desarrollo, sin embargo los recursos naturales aparecen ignorados o parcialmente incluidos como soporte fundamental.

Un buen número de economistas atribuyen dicha exclusión a que los recursos naturales no han entrado secularmente en los estados contables de las empresas, ni para la valorización del capital, sea por su abundancia, o el costo poco significativo que tienen en el proceso productivo. No obstante, a medida que se deterioran o agotan, comienzan a tener mayor atención en el conjunto de la economía buscando la racionalidad en su uso. Adquiere así importancia la frase de que "no hay economía sin ecología".

Si bien resulta grave que los modelos del crecimiento general ignoren la importancia de los recursos naturales en los procesos productivos, dado que de su conservación depende el equilibrio del planeta, resulta más reprochable que los propios modelos agrícolas, a pesar de su interdependencia con la naturaleza, propongan estrategias que contribuyan a su destrucción. Ello deriva de que en el afán persistente de la modernización, se sustentan en un esquema productivista que rápidamente se vuelve antieconómico y antiecológico.

Es más, casi ningún modelo agrícola ha propuesto el equilibrio ecológico y la conservación del germoplasma por encima del mercado. Más bien se abocan al incremento de rendimientos, adaptabilidad tecnológica para ampliar la frontera agrícola y reforzamiento de la competitividad por vías antiecológicas que encarecen y deterioran los recursos naturales.

Para el caso de México, los modelos de desarrollo agropecuario plantean estrategias económicas orientadas a resultados específicos<sup>1</sup>. Por ello, dichos modelos generalmente no son viables al entorno ecológico y rápidamente se cancelan sin alcanzar sus objetivos. Desde que comenzaron a introducirse elementos de planeación en la agricultura mexicana, ha predominado la aplicación de tres modelos que han incidido en la sobreexplotación de aguas y suelos, ofreciendo resultados pobres en rendimiento.

Un primer modelo identificado es el que se conoce como "Desarrollo Rural Integrado". Este modelo corresponde<sup>2</sup>, al que se aplica en países de crecimiento demográfico acelerado y donde el resto de los sectores económicos no tienen capacidad para absorber el excedente de ocupación agrícola. Sus propósitos son erradicar la pobreza y satisfacer las necesidades básicas de la población incrementando la productividad y redistribuyendo los medios de producción. La clave del crecimiento agrícola es el desarrollo rural pero a la vez la agricultura exige el desarrollo del sector secundario, al igual que el sector terciario y todas las fuerzas sociales.

En síntesis se trata de un modelo que propone la productividad en el centro de los problemas del campo, aunque no cuenta con una estrategia tecnológica clara y mucho menos incorpora a los recursos naturales como parte nodal para incrementar dicha productividad.

Un segundo caso es el de los modelos operacionales de área. En estos se reconoce la vigencia del problema agrario y la posibilidad latente de siempre hacer algo por resolverlo ya que ningún sistema social es monolítico. En contraposición al anterior, el sistema de áreas es una unidad predominante ecológica o natural y también definida en términos político-administrativos; considera la conformación de empresas asociativas de producción y la revalorización de elementos sociales, culturales y económicos que lo sustentan y dinamizan.

Un tercer modelo de amplia acepción en el agro mexicano, es aquel que se conoce como Extensionismo Agrícola. El modelo se rige por la premisa de que la extensión es un proceso educativo, que como tal, debe encuadrarse en las leyes fundamentales de la enseñanza-aprendizaje. El aspecto humano adquiere una importancia significativa ya que, considera, el individuo no puede ser tratado como simple instrumento de producción.

La extensión plantea el cambio gradual del individuo, así como la cooperación y la democracia. La ciencia agrícola adquiere también importancia y son los científicos (extensionistas) el puente de comunicación entre ésta y los campesinos.

En la práctica adquiere una estructura tutelar sobre el campesino, particularmente los más pobres, ignorando sus propias capacidades para generar el cambio técnico con base en su experiencia, sabiduría y autogestión. La sustentabilidad y el uso apropiado de los recursos materiales son ignorados y se reduce, en países subdesarrollados, a un instrumento más de penetración y control político del Estado en el medio rural.

En los tres casos expuestos no aparece una estrategia tecnológica definida; por tal razón los esquemas de producción en la agricultura mexicana mantiene un camino aislado en el contexto del desarrollo y no forman parte de una propuesta global. Por ello, describir los avances de una agricultura mexicana representa señalar el éxito o fracaso de un modelo, en términos de la apropiación o modificación de los recursos naturales y su impacto ecológico en regiones y estratos de productores.

En síntesis, los modelos de desarrollo agrícola son demasiado generales o exageradamente parciales, además de inviables desde la perspectiva financiera y tecnológica.

Se diseñan para incorporar un tipo específico de regiones, productos, productores, tecnología, etcétera, pero no buscan la integración armónica entre la política económica, las posibilidades reales del entorno ecológico y la disponibilidad real de los recursos naturales. Esta premisa ha caracterizado a planes tales como SAM, PRONAL, PRONADRI, PRONAMOCA, Plan Puebla, Plan Jalisco, Ixtleros, Zonas Henequeneras, Nueva Laguna, etcétera.

## **La agricultura mexicana ¿un modelo hegemónico?**

Hablar de un esquema tecnológico formal en la agricultura mexicana es referirnos a la Revolución Verde. Antes de aparecer este modelo, lo que observamos más bien, fue una combinación de prácticas regionales que recrearon la experiencia acumulada, alternando monocultivos (principalmente maíz y frijol) y el problema de la productividad se resolvió por la vía de ampliar la frontera agrícola hacia tierras vírgenes. El esquema se combinó, en algunos casos, con los llamados cultivos asociativos.

El uso de la energía estuvo centrado básicamente en el trabajo humano la tracción animal; el agua provenía de represas y canales de la humedad residual, pero se dependía fundamentalmente de los ciclos de lluvia. También supervivieron esquemas de carácter prehispánico, centrados en la ahora llamada sustentabilidad.

La Revolución Verde es el primer esquema tecnológico que cumple con los requisitos formales de un modelo hegemónico de producción, ya que cuenta con un sustento tecnológico controlado, define una ruta de mercado para sus insumos, configura un tipo de región receptora y va dirigida para agentes productivos específicos. Es cierto que nunca definió el espectro de consumidores y sobre todo las repercusiones que tendría en términos de la salud y del contexto ecológico. Sin embargo, su filosofía no era esa, sino resolver el problema de la productividad y abatir el hambre. Tampoco destacaba entre sus objetivos el cuidado de los recursos naturales sino aprovechar el germoplasma criollo, obtener nuevas variedades y extender, mediante el riego, más ampliamente los ciclos del cultivo.

En síntesis, la mecanización inherente a esta estrategia plantea por primera vez la intensificación en el uso de dos recursos vitales: agua y energía.

De cualquier manera, el modelo no se generalizó en todas las regiones agrícolas de México y los éxitos iniciales de la productividad pronto decrecieron, aumentando en cambio los costos. Por tanto, el modelo se impuso sólo en las áreas más capitalizadas, pero en franca convivencia con otras formas de producción, atrasadas o no, que han concebido el desarrollo agrícola mediante el uso más racional de los recursos.

Entonces, si hacemos alusión a la Revolución Verde, nos estamos refiriendo no al fracaso en términos de productividad, ni de la integración del mercado de insumos y productos agrícolas, sino al fracaso ecológico que tuvo efectos destructores de los recursos en el corto y mediano plazo.

La viabilidad del modelo Revolución Verde ha quedado agotado en el terreno de la discusión teórica, sea por sus efectos perniciosos en la salud de consumidores productores, el impacto que tienen los costos al introducir nuevos insumos, la revalorización mundial de la ecología, la presión para rescatar esquemas tecnológicos tradicionales y la reorientación de los apoyos financieros de las empresas agrícolas hacia formas más innovadoras, como por ejemplo la biotecnología.

Por otra parte, la aparente declinación del modelo Revolución Verde, también obedece al hecho de que para los principales países productores mundiales de granos, ha quedado claro que el liderazgo de mercado, como bien se desprende de las recientes negociaciones del GATT y otros organismos multilaterales relacionados con el sector. El problema estriba ahora justamente en cómo resolver el problema de los excedentes mundiales sin provocar un mayor abatimiento de precios en los granos, al igual que frenar la canalización de subsidios gubernamentales con la garantía de conservar o ampliar los mercados.

De cualquier manera, la Revolución Verde no es precisamente un gobierno agotado, pero tampoco la biotecnología, ni la agricultura orgánica, ha logrado imponerse con una claridad tal que podamos definir ahora cuál será el modelo hegemónico del futuro. Así mismo, cada una de ellas plantea dudas sobre el uso de los recursos naturales y de cómo resolverán la dicotomía ecología-mercado; por tanto lo que más bien detectamos ahora es un **modelo transicional heterogéneo**, dada la presencia de tres esquemas tecnológicos cuyos productos tienen una presencia real en el mercado.

A futuro la hegemonía que pueda ganar un modelo sobre otro, está determinada cada vez más por el mercado en términos de las preferencias de los consumidores hacia un producto u otro (de mejor presentación y tamaño, en el caso de la Revolución Verde y la biotecnología; o más saludable en la agricultura orgánica). En tal caso, la opción más clara parece orientarse

hacia una alimentación sana, que prescinda del uso de agroquímicos, conservadores y otros insumos nocivos a la salud, y que además garantice la conservación de los recursos naturales o haga un uso racional de ellos; si esto es así, la agricultura orgánica ha ganado desde ahora la batalla. Sin embargo, un modelo futuro de desarrollo agrícola más equilibrado, debe apuntar a plantear diversas soluciones regionales, de mercado y de agentes productivos, incorporación tecnológica novedosa y de conservación de los recursos que ninguno de los tres esquemas puede resolver.

***El modelo biotecnológico*** presenta entre otras ventajas, la de que por primera vez se conoce la estructura del código genético de los cultivos y presenta la posibilidad, mediante la ingeniería genética, de introducir información específica para explotar las cualidades de un producto. Sin embargo, es una opción que no puede generalizarse en el caso de la agricultura mexicana, porque se trata de un modelo empresarial que demanda fuertes inversiones de capital en el largo plazo y finalmente no resuelve el problema del deterioro de los recursos, factor que estará presente cada vez más en la valorización de las empresas agrícolas, aunque la última palabra la tiene los consumidores sobre el nuevo tipo de producto que demanden y ello finalmente, permeará la estructura del modelo agrícola hegemónico.

En una conferencia mundial reciente sobre el mercado de los productos agrícolas orgánicos<sup>3</sup>, se concluyó que sin duda "el conocimiento de los genes ofrece muchas posibilidades seductoras", pero los compradores de alimentos deben ser incluidos en torno a la forma en que la biotecnología deberá ser aplicada, cuáles serán sus beneficios, quién se hace merecedor de ellos y quién los asimilará. O bien, si se permitirá la entrada al mercado de la Ingeniería Genética con el conocimiento previo de que los beneficiarios serán los productores de países desarrollados vinculados con los mercados de exportación. El verdadero desafío es asegurar que cada nuevo producto potencial sea evaluado exhaustivamente.

Dicha evaluación contemplaría las consecuencias sociales, ecológicas, en el medio ambiente, económicas y culturales de largo plazo, lo cual significa que cada nuevo producto deberá requerir de una prueba previa muy estricta para ser considerado como positivo desde el punto de vista natural y social.

La Ingeniería Genética es diametralmente opuesta a los principios y prácticas de la agricultura orgánica; la integridad del producto y la Ingeniería Genética son mutuamente excluyentes. Por ello se considera que ésta deberá restringirse a la modificación genética de los organismos y bacterias que intervienen en el procesamiento de alimentos. Aquí destacan aquellos alimentos producidos mediante organismos vivos como el yoghurt; el pan donde se emplea levadura; la salsa de jitomate tipo "catsup" y el queso. Es decir, la Ingeniería Genética debe ampliar las posibilidades nutricionales y productivas de estos organismos vivos, o en todo caso, abocarse hacia el control de plagas benéficas y dañinas para la agricultura. De otra manera, la Revolución Genética sólo servirá para extender sistemas agrícolas no ecológicos y no autosustentables.

Ello se sustenta en que este tipo de tecnología incorpora el enfoque monocultural, la fijación rápida, la intensificación, el plazo corto y el estilo industrial hacia la agricultura; para lo cual se basa en el aislamiento, la cuantificación y el control de fenómenos, factores todos ellos que provocaron la crisis ecológica del planeta. La biotecnología estaría consolidando una prolongada era de pesticidas, las ocho compañías más grandes en este ramo, y que se relacionan con la industria de las semillas, vienen invirtiendo sus recursos de investigación en propósitos relacionados con herbicidas; así se pierde definitivamente de vista a la naturaleza.

Se supone que todos los factores adversos que se detectan ya ,caso por caso en la biotecnología, deben servir para un impulso de la agricultura orgánica, principalmente por lo que representa en el contexto del ordenamiento ecológico mundial. El modelo de agricultura orgánica se basa en la consideración de que "la ecología del mañana, es mucho más importante que la economía de hoy"; su propósito es detener la degradación y restablecer los equilibrios naturales<sup>4</sup>.

La agricultura orgánica tiene una base más cercana a la racionalidad en uso de los recursos naturales. En un principio se sustentó en la recuperación de prácticas tradicionales que venían realizando los campesinos más pobres por herencia milenaria; se definió esta opción por el simple hecho de que estas prácticas prescinden casi totalmente de la mecanización, del uso de fertilizantes sintéticos y de los plaguicidas. Sin embargo, con el tiempo

ha venido aumentando su complejidad en la medida que es necesaria la incorporación del conocimiento científico, ya que se requiere saber el comportamiento del ciclo de los nutrientes, los tiempos adecuados para la siembra y cosecha, el manejo de almacigos y semillas, los sistemas de almacenamiento y conservación natural, etcétera.

El modelo orgánico adquiere entonces su propia valorización en el mercado el equilibrio con el medio ambiente. Así, por ejemplo, incrementaría entre los productores la necesidad de uso de abono orgánico y desarrollaría una industria natural de fertilizantes en clara conexión con granjas lecheras y avícolas para la fabricación de composta; desarrollaría también la lombricultura; la maquinaria apropiada para el manejo controlado de malezas; la cría masiva de insectos para el control biológico de plagas; la industria de envases reciclables, entre otros. Por otra parte, la propuesta no se centra solo en el rescate ecológico sino que plantea opciones reales de sobrevivencia a pequeños productores de países pobres, garantizando alimentos más sanos sin violentar la naturaleza, el mercado y el orden económico.

De cualquier modo, no todo parece ser "miel sobre hojuelas" para la agricultura orgánica; existe por lo menos dos factores que pueden frenar su éxito. Uno de ellos es la falta de acuerdos legales para que los productos orgánicos cuenten con un certificado de garantía y de etiquetación; el otro se refiere al establecimiento de reglas en el comercio mundial que rescaten el verdadero sentido de la sustentabilidad y sean diferentes a las asimetrías que se presentan en el renglón convencional. En cuanto al primer factor, tenemos que la veracidad en la etiquetación la integridad del producto orgánico todavía se encuentra bajo una discusión difícil ya que se mezcla y enfrenta con los intereses de la biotecnología en aquellos países que dictan las reglas del comercio, es decir, los compradores.

La industria de alimentos orgánicos es ampliamente elogiada por su cercanía a un proyecto de recuperación ecológica, pero en la misma proporción es ignorada en las normas establecidas para la etiquetación, en la producción convencional de alimentos y en la política agrícola general.

Estos tres últimos puntos son importantes de reafirmar, porque de otra manera los productos orgánicos corren el peligro de perder un prestigio que

apenas han ganado en el terreno teórico. La misma agroindustria convencional provoca confusiones entre los consumidores con leyendas en las etiquetas tales como "ligero", "sin grasa", "rico en fibras", "pocas calorías" o "sin colesterol"; debe pugnarse entonces por la legalidad en la información para verdaderamente garantizar una dieta saludable e identificar los productos que contribuyen a esta.

Los consumidores concientes de una alimentación sana, que finalmente conforman por ahora el mercado de productos orgánicos (Tablas 1 a 6 del Apéndice) y son los principales promotores de un cambio en el modelo agrícola, todavía encuentran interrogantes sobre el uso de agroquímicos. Al demandar productos saludables, necesitan la seguridad de que son producidos de manera natural. Existe un interés considerable por los productos orgánicos, de tal manera que las ventas anuales alcanzan ya 1.5 billones de dólares y se espera que para el año 2000 concentren el 10 por ciento del comercio mundial.

Pero junto a lo anterior, también han aparecido ya una gran variedad de etiquetas erróneas acerca de la forma en que son producidos o cultivados algunos tipos de alimentos "naturales". En dichas etiquetas se incluyen leyendas tales como "sin rociador", "libre de pesticidas", "probado con test multiclean", entre otros. Todo ello contribuye al desprestigio de un futuro modelo alternativo, si antes no se legisla de manera universal al respecto y se define la especificidad de un producto orgánico frente al convencional. La leyenda "nivel bajo de residuos" en las etiquetas no es suficiente para marcar las diferencias en el mercado de los productos saludables respecto de los que no lo son.

Respecto a la necesidad de nuevas reglas en el comercio mundial tiene sentido en la propia filosofía de la agricultura orgánica. Es decir, se busca un mayor sentido de solidaridad y justicia entre productores y consumidores; el inconveniente es que las directrices del comercio mundial siguen concentradas por las empresas que venden productos orgánicos en los países compradores más ricos y son ellas quienes fijan los criterios para la certificación, aspecto donde se encuentra la clave para cuestionar la procedencia orgánica de un producto y el castigo consecuente en el precio; además, la certificación es un costo que debe absorber el productor si desea colocar

sus cosechas. Lo anterior es especialmente importante porque el mayor volumen de producción orgánica se localiza justamente en las regiones de los países más pobres que tradicionalmente han sufrido los efectos de un esquema comercial inequitativo.

Si bien los productos orgánicos tienen actualmente un sobre precio en el mercado internacional con respecto a los convencionales, lo cierto es que los países productores ocupan la misma posición en la división internacional del trabajo agrícola como proveedores de materia prima pero sin participación en el procesamiento ni en la fijación de precios.

De persistir este esquema, únicamente se reorienta la dependencia que estos países viven secularmente, se contradicen los principios de la agricultura orgánica y se hace más frágil el futuro del modelo alternativo.

Hasta aquí hemos visto los límites y posibilidades de un modelo tecnológico respecto de otro, básicamente en términos de mercado, falta por aclarar si podrían ser válidos en términos del aprovechamiento racional de dos recursos antes ubicados como inagotables (el agua y la energía), considerando las demandas alimentarias globales de la población.

Entre los cuatro principales granos básicos existe, en un modelo y otro, una diferencia cuantitativa importante respecto al uso del agua y la energía. Para el caso de México, más del 80 por ciento de la producción nacional de maíz se realiza bajo condiciones de temporal, por lo tanto la oferta de agua depende en esa misma proporción de los ciclos de lluvia; el frijol tiene el mismo comportamiento y en ambos casos el empleo de energía humana y animal es considerable, si bien ha ganado terreno el uso del tractor, y al incorporarse nuevas áreas de riego, el bombeo absorbe ahora más energía. Los casos del trigo y el arroz son diferentes porque en ambos casos se emplea el agua de manera intensiva y la mayor superficie sembrada se localiza en áreas de riego, por extensión el uso de la energía es significativo, sobre todo si tomamos en cuenta el alto grado de pendiente de los suelos agrícolas nacionales.

En tales condiciones resulta más viable el modelo de agricultura orgánica, porque garantiza recuperar amplias áreas deterioradas y llevaría a una

utilización más intensiva de la energía humana, fortaleciendo de paso el empleo agrícola.

## Referencias

1. Aguirre, L., *Modelos de Desarrollo Agrícola*, Universidad Autónoma "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México, 1992.
2. *Idem*.
3. Tercera Conferencia Internacional IFOAM, *El derecho de los Consumidores a la Información, Veracidad en la Etiquetación, Biotecnología e Integridad del Producto*, Baltimore, USA, 1993.
4. *Idem*.

## Apéndice

Tabla 1

## Marcas de alimentos orgánicos, 1993

Marcas	País	Giro	Productos
1 Albert's Organics	EU	Alimentaria	Frutas y vegetales
2 Alfalfa's	EU	Alimentaria	Frutas y vegetales
3 Altadena	EU	Alimentaria	Lacteos: leche, yogurt, helado
4 Alvarado St. Bakery	EU	Alimentaria	Tortillas
5 American Prade	EU	Alimentaria	Cereales orgánicos
6 Apache	EU	Alimentaria	Frituras
7 Arbico	EU	Agrícola	Insectos y organismos benéficos para la producción orgánica y consultorias para el manejo del suelo
8 Beartos	EU	Alimentaria	Alimentos orgánicos (granos, frijoles y vegetales)
9 Cafe Altura	EU	Alimentaria	Café
10 Celestial Seasonngs	EU	Alimentaria	Té helado
11 Country Grown	EU	Alimentaria	Rosquetas de maíz
12 Crystal Wave	EU	Alimentaria	Manzana, frutas
13 Earth's Best Baby Food	EU	Alimentaria	Alimentos para niños
14 Erewhon	EU	Alimentaria	Cereales orgánicos
15 Ferraro's Fine Juices	EU	Alimentaria	Jugos de manzana y zanahoria
16 Frey Vineyards	EU	Vinícola	Vinos naturales
17 Garden Spot	EU	Comercial	Distribución de productos orgánicos
18 Gold Mine Natural Food Company	EU	Alimentaria	Alimentos orgánicos
19 Harbor House Cofee & Tea Co.	EU	Alimentaria	Café y té
20 Health-Rich Ltd	EU	Alimentaria	Fresa, plátano, manzana
21 IFM	EU	Agrícola	Productos y servicios para la agricultura natural
22 Integro Organic	PR	Alimentaria	Pastas
23 Key Line Plow	EU	Agrícola	Renovación de suelo
24 Legume	EU	Alimentaria	Vegetales orgánicos
25 Maestro-Gro	EU	Agrícola	Condicionadores del suelo, fertilizantes orgánicos
26 Mur Glen	EU	Alimentaria	Salsas de tomate orgánicas
27 Naturally	EU	Alimentaria	Jugos
28 Nature's Path	EU	Alimentaria	Cereales orgánicos
29 Nevada County Wine Goid	EU	Vinícola	Vinos
30 New Leaf Foods	EU	Comercial	Provedora de productos orgánicos y naturales
31 Nutrina	EU	Alimentaria	Jugos
32 Odwalla	EU	Alimentaria	Jugos
33 Oregon Organic Brokerage. Inc.	EU	Alimentaria	Frutas y vegetales
34 Organik Bulk	EU	Alimentaria	Granos, frijoles, semillas, frutas deshidratadas
35 Pavich Family Farms	EU	Alimentaria	Pasas
36 Pleasant Grove Farms	EU	Alimentaria	Rosquetas de maíz
37 Santa Cruz Natural	EU	Alimentaria	Jugos de frutas orgánicas, limonadas, pure de manzana
38 Simeon's Organic Plant Food	EU	Alimentaria	Alimentos orgánicos
39 Soy Deli	EU	Alimentaria	Alimentos rápidos
40 Sunrise Farm	EU	Alimentaria	Frambuesas
41 Sunspire	EU	Alimentaria	Dulces
42 The Healthy Oil Company	EU		Aceites
43 The Organic Wine Co.	EU	Vinícola	Vinos
44 T. F. Benzler & Sons	EU	Alimentaria	Producción y empaque de alimentos orgánicos
45 Trout Lake Farm	EU	Medicinal	Té, hierbas orgánicas medicinales
46 Waffers	EU	Alimentaria	Alimentos orgánicos de holanda

Tabla 2

### Proveedores de alimentos orgánicos, 1993 Servicios

*consultorias, certificantes y grupos individuales y no lucrativos*

<b>Empresas</b>	<b>País</b>	<b>Servicio</b>	<b>Tipo de servicio</b>
1 Agry's Tems International	EU	Consultoría	Servicio de consultoría a agricultura orgánica
2 Blobaum & Associates	EU	Consultoría	Servicio de consultoría a agricultura orgánica
3 Diane Joy Goodman Consultant	EU	Consultoría	Servicio de consultoría a agricultura orgánica
4 Bart Jones Consultant	EU	Consultoría	Servicio de consultoría a agricultura orgánica
5 Organic Agsystems Consultin	EU	Consultoría	Servicio de consultoría a agricultura orgánica
6 J. Smille Consulting	EU	Consultoría	Servicio de consultoría a agricultura orgánica
7 Starr Track	EU	Consultoría	Servicio editorial
8 Cowboy Marketing	EU	Consultoría	Servicio de consultoría a agricultura orgánica
9 New Equity Partners	EU	Consultoría	Servicio de consultoría a agricultura orgánica
10 Cuai Organics	EU	Consultoría	Servicio de consultoría a agricultura orgánica
11 Vaupel Associates	EU	Consultoría	Servicio de consultoría a agricultura orgánica
12 California Certified Organic Farmers (CCOF)	EU	Certificante	Certificación orgánica
13 California Organic Fields Crops Association (COFCA)	EU	Certificante	Certificador
14 Demeter Association Inc.	EU	Certificante	Certificación bio-dinámica agrícola y orgánica
15 Farm Verified Organic Inc.	EU	Certificante	Certificación de alimentos orgánicos
16 Georgia Organic Growers Assoc.	EU	Certificante	Certificación educación agrícola y hortícola para granjeros y jardineros
17 International Certification Service	EU	Certificante	Certificación
18 Mountain State Organic Growers & Buyers Association	EU	Certificante	Certificación de granjas
19 Natural Organic Farmers Association of Connecticut	EU	Certificante	Certificación y educación
20 Natural Organic Farmers Association of Massachusetts	EU	Certificante	Certificación y educación
21 Natural Organic Farmers Association of New Hampshire	EU	Certificante	Certificación y educación
22 Natural Organic Farmers Association of New Jersey (NOFA-NJ)	EU	Certificante	Certificación programas educativos y de mercadotecnia
23 Natural Organic Farmers Association of New York (NOFA-NY)	EU	Certificante	Certificación , asistencia técnica y educativa
24 Natural Organic Farmers Association of Vermont (NOFA-VT)	EU	Certificante	Certificación, asistencia técnica y educativa
25 Oregon Tiith Certified Organic Productores ,	EU	Certificante	Certificación de procesadores y empacadores
26 Organic Growers & Buyers Assoc. (OGBA)	EU	Certificante	Certificación y educación
27 Ovona, Inc.	EU	Certificante	Certificación de cosecha
28 Ozark Organic Growers Association (OOGA)	EU	Certificante	Certificación
29 Peace River Organic Producer Assn (PROPA)	EU	certificante	Certificación de productos orgánicos
30 Quality Assurance International	EU	Certificante	Certificación de cosecha y comerciantes de alimentos
31 Virginia Association for Biological Farming (VABF)	EU	Certificante	Certificación orgánica
32 Washington State Department of Agriculture	EU	Certificante	Certificación orgánica
33 Ocia Federation	EU	Certificante	Certificación
34 S.O.O.P.A.	EU	Certificante	Certificación
35 Comitee for Sustainable Agriculture (CSA)	EU	Editorial	Publicación de "Organic food matters" y "Organic market news and information service"
36 Henry A. Wallace Institute for Alternative Agriculture	EU	Investigar	Investigación de agricultura sustentable servicio de información
37 Institute of Alternative Agriculture	EU	Editorial	Publicación mensual del "American Journal of Alternative Agriculture"
38 Merchandising Organic Foods	EU	Información	Información de mercado y fuentes de información agrícola
39 Michael Fields Agricultural Institute	EU	Información	Conferencias y cursos

40	Bio-dinamic Farming & Gardening Assn. Inc	EU	Editorial	Publicación de libros y de la revista titulada "Biodinamics"
41	California Action Network	EU	Editorial	Publicación del "1993 National Directory of Organic Food Whole Alers & Farm Suppliers" contiene mas de 400 comerciantes de productos orgánicos en norteamérica
42	Cooperative Grocer	EU	Editorial	Publicación de revistas de comercio para cooperativas de alimento
43	Independent Organic Inspector Assoc.	EU	Seguridad	Inspección de la industria orgánica
44	New Hope Communications	EU	Editorial	Publicación de las revistas "Natural Foods Merchandiser" y "Organic Times", sobre el comercio
45	Northern Plains Sustainable Ag. Society	EU	Investigador	Educación e investigación acerca de la agricultura orgánica y sustentable
46	Sundance	EU	Promotor	Promotor de productos orgánicos

Tabla 3

## Proveedores de alimentos orgánicos 1993

Empresas	País	giro	Productos
1 Alameda Farms	EU	Medicinal	Hierbas medicinales y aromáticas
2 Apalachan Draem	EU	Alimentaria	Vegetales y frutas
3 Badger Mountain Vineyard	EU	Alimentaria	Jugos
4 Baugher Ranch	EU	Alimentaria	Almendras, mantequilla de almendras
5 Capay Canyon Ranch	EU	Alimentaria	Almendra, nuez de nogal
6 Cheshire Garden	EU	Alimentaria	Frutas, hierbas, flores y vegetales
7 Coke Farm Inc.	EU	Alimentaria	Jitomate, espinacas, lechuga y pimienta.
8 Dragon Fly Frarm	EU	Alimentaria	Jitomate, flores y fresas
9 Erhard Organics Farms	EU	Alimentaria	Vegetales, hierbas y árboles frutales
10 Fetzter vineyards	EU	Alimentaria	Licor
11 Goat Hill Organic Farm Inc.	EU	Alimentaria	Jitomates y vegetales
12 Kirschenwanna Frmlly Farms	EU	Alimentaria	Biodinámica de cosecha de granos
13 Lundrerg Family Farm	EU	Alimentaria	Arroz
14 Piedmont Farms	EU	Alimentaria	Frijol, alfalfa y vegetales
15 Pine Island Organic	EU	Alimentaria	Jitomate, pimienta, berenjena y fruta
16 Pine International	EU	Alimentaria	Cebada, trigo y hierba
17 Rieece's Canadian Lake Wild Rice	CAN	Alimentaria	Arroz silvestre y arroz tostado
18 Sea Run Holdings inc.	EU	Alimentaria	Salmon fresco
19 Southern Brown Rice	EU	Alimentaria	Arroz, café
20 Trout like Farm	EU	Alimentaria	Hierbas, ajos y vegetales deshidratados
21 Wooden Shoe Garden	EU	Comerciante	Producción y distribución de productos orgánicos
22 Amy'skitchen Inc.	EU	Alimentaria	Comida vegetariana congelada
23 Baldwin Hill Bakery	EU	Alimentaria	Pan de pasta orgánica orgánico
24 Banana Plantation	EU	Alimentaria	Plátano, banano y albaricoque
25 Beech-nut Nutrition Corp.	EU	Alimentaria	Frutas y vegetales (alimento para niños)
26 Blooming Praire Warehouse	EU	Comerciante	Café y te (distribución)
27 Caudri Seed Company	EU	Alimentaria	Semillas y frijol
28 Celestial Sea Sonngs	EU	Alimentaria	Té negro
29 Certifield Organic	EU	Comerciante	Venta de productos fescos
30 Charlie's Produce	EU	Comerciante	Venta de productos orgánicos
31 Clean Foods, Inc.	EU	Alimentaria	Café
32 Dommunity Milland Bean, Inc.	EU	Alimentaria	Frijol y harina de granos
33 Country GrownFoods	EU	Alimentaria	Frijol, semillas, nuez y maíz
34 Earth's Best	EU	Alimentaria	Cereal,frutas,vegetales (alimento para niños)
35 Equal Exchange	EU	Alimentaria	Café y frijol (empaque)
36 Flora Distributors LTD	EU	Alimentaria	Aceite y té herbal
37 Fronter Cooperative Herbs	EU	Alimentaria	Extractos de hierbas y especias
38 Garden Of Batin	EU	Alimentaria	Postres congelados, pan
39 Garden Spot Distributors	EU	Comerciante	Frijol, granos, pastas, harinas (distribución)
40 Granum, Inc.	EU	Alimentaria	Té y soya
41 Green Supreme,inc.	EU		Tabletas de hojas de cebada verde
42 Health Valley Food	EU	Alimentaria	Productor de ingredientes orgánicos
43 JBJ Distributing	EU	Alimentaria	Frutas y vegetales
44 Lakeshore Enterprises	EU		
45 Mczand Herbal, Inc.	EU	Alimentaria	Extractos de hierbas dietéticas
46 Millstone Milling	EU	Alimentaria	Maíz y harina de centeno
47 Minnesota Waxy Corn Gowers Export Company Inc.	EU	Alimentaria	Harina de avena, soya y maíz
48 Montana Fluor & Grans	EU	Alimentaria	Lenteja y harina
49 Murglen Organic Tomatoes	EU	Alimentaria	Jitomate en pasta, enlatado y en pure
50 Necessary Trading Co.	EU	Fertilizantes	Fertilizantes orgánicos
51 NMC American Corp.	EU	Comerciante	Exportación de productos orgánicos
52 NRW Haevest Grans	EU	Alimentaria	Cereales (desayunos rápidos)
53 Nurcan Seeds, Inc.	EU	Comerciante	Granos, semillas, arroz (exportación)
54 Northbest Natural Products	EU	Comerciante	Granos, pasta, algas (distribución).
55 Northeast Cooperatives	EU	Alimentaria	Queso, café, té, condimentos frijol y frutas secas
56 Natural Source, Inc.	EU	Comerciante	Distribución de productos naturales.
57 Nutrex Inc./cyanotech Corp.	EU	Médica	"spirulina pacinca" (tabletas)
58 Omega Nutrition USA, Inc.	EU	Alimentaria	Aceite sin refinar orgánico
59 Once Again Nut butter Inc.	EU	Alimentaria	Maní y mantequilla de maní
60 Oregon Organic Brokerage	EU	Comerciante	Col, manzana, pera, papas, ajo,albaricoque,cereza (distr.)
61 The Organic Cofee Co, Inc.	EU	Alimentaria	Café orgánico

62	Organic World	EU	Alimentaria	Frutas y vegetales orgánicos frescos
63	Organically grown Co, Inc.	EU	Alimentaria	Remolacha, col, coliflor, ajo y calabaza
64	Pacific Soybean and Grain	EU	Alimentaria	Soya y granos
65	Pure-Gar	EU	Alimentaria	Brócoli y ajo sin olor en tabletas, polvo y cápsulas
66	Pure-Sales, Inc	EU	Alimentaria	Granos aceites, nueces semillas, harina y frijol
67	Purity Life Health Products Ltd.	EU	Alimentaria	Granos cereales, frijol, sopas, aceites
68	Rudys Bakery	EU	Alimentaria	Pan y tortas (orgánico)
69	San-J International Inc.	EU	Alimentaria	Soya
70	Santa Cruz Natural	EU	Alimentaria	Jugo de fruta y pure de manzana
71	Stengel Seed & Grain Co.	EU	Alimentaria	Limpieza de granos y pelado de cebada y trigo
72	Stretch Island Fruit	EU		Aromas de frutas (manzana, uva y frambuesa)
73	Surata Sayfoods Co, Op.	EU	Alimentaria	Soya
74	Tree of Life, Inc	EU	Comerciante	Distribución del cereal, frijol condimentos, harina de frutas, aceite de nuez, pasta y arroz
75	Tziana	EU	Alimentaria	Venta de productos orgánicos
76	U.S. Mills, Inc.	EU	Alimentaria	Cereales
77	Ventre Packing Co. Inc	EU	Alimentaria	
	Enrico's Natural Sauces	EU	Alimentaria	Salsas
78	Veritable Vegetable	EU	Comerciante	Distribución, transporte de productos orgánicos
79	Vitasoy (USA), Inc.	EU	Alimentaria	Bebida de soya en siete sabores
80	Wildwest Organic Harvest Co. Op.	EU	Alimentaria	Conservas y jugos de manzana, jitomate y nuez
81	Wingro, Inc.	EU	Alimentaria	Productos para el incremento de la vitalidad de las plantas
82	Organics Proyects Overseas, Ltd.	EU	Comerciante	Té (importación)
83	Sid Alpers Sale Company	EU	Comerciante	Granos, arroz, jarabe de maple, pasta y nuez (distribución)

Tabla 4

## Productos orgánicos distribuidos en el mercado norteamericano, 1992

Alimentos Frescos	Alimentos Procesados	Bebidas	Lácteos	Carnes	Otros
<b>Básicos</b>	Brócoli y ajo en tabletas, polvo y cápsulas	Licor	Queso	Salmón	Arboles frutales
Maíz	Almendras, condimentos		Yogurt	Fes	
Trigo	Mantequilla de almendra				Hierbas medicinales y aromáticas
Arroz	Frutas secas	Jugos de frutas	Leche	Puerco	Flores
Frijol	Nuez de nogal				Semillas
Soya	Vegetales deshidratados	Bebidas de soya			
	Pure de manzana	Jugo de manzana			
<b>Hortalizas</b>					
Jitomate	Pure de tomate, aceite de nuez	Jitomate y nuez			Tabletas de hojas de cebada
Espinaca	Pan, algas, salsas				Fertilizantes orgánicos
Lechuga	Alimentos para niños				Tabletas de algas
Fresas	Cereales (desayunos rápidos)	Cervezas			spirulina pacífica
Berenjenas	Café				Aromatizantes de frutas
Ajos	té (negro y herbal)				Jarabe de maple
Albaricque	Harina de avena, soya y maíz				
Orgánicos	Lentejas				
Col	Aceites				
Papa	Extractos de hierbas y especias				
Coliflor	Postres congelados				
Calabaza	Pastas de trigo para sopas				
	Ingredientes orgánicos				
	Harina de centeno				
<b>Frutas</b>	Mantequilla de maní				
	Frituras de maíz				
Plátano	Pan y galletas de amaranto,				
Mango	Ciruelas pasas				
Manzana	Aceite de coco				
Pera	Tortillas de maíz y trigo,				
Cereza	Miel				
	Alimentos preparados: pizzas, empanadas, pasteles ,etc.				
Otros	Rosquetas de maíz				
Amaranto	Legumbres enlatadas				

Fuente: Elaboración propia a partir del Directorio de Miembros de la Asociación Norteamericana de Productores Orgánicos (OF-PANA), 1993, Greenfield, Ma., 1993

Tabla 5

**Principales actividades de las empresas dedicadas a productos orgánicos registradas en OFPANA**

Actividad	<i>Producción y comercialización</i>									
	Producción de granos	Producción de vegetales y frijol	Producción de café orgánico	Producción de hierbas	Producción de jugos	Otros	Distribución	Venta	Exportación	
Nº empresas	28	22	9	7	5	20	7	3		2
<p>En el rubro de otros se encuentran los siguientes productos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceites</li> <li>• Lácteos: leche, crema, queso y yogurt</li> <li>• Pan</li> <li>• Postres</li> <li>• Ingredientes orgánicos</li> <li>• Licor</li> <li>• Productos para la agricultura orgánica</li> <li>• Medicinales (tabletas)</li> </ul>										
<b>Servicios</b>										
Actividad	Certificación	Consultoría	Edición	Investigación	Información	Seguridad	Promoción			
Nº empresas	23	12	6	2	2	1				1

**Tabla 6**

**Actividades de las asociaciones registradas en el IFOAM**  
*por países*

\ Actividad país \	Número de Asociaciones	Capacitación y educación	Producción agrícola	Investigación	Inspección	Certificación	Consultor	Procesamiento	Comercio	Publicación	Política
Argentina	11	9	8	7		4			2		
Australia	7	5	4			3				3	
Austria	10	5	2		4	3	4			3	
Bélgica	12	5	2		4	3	4			3	
Bolivia	6	5		2			4			3	
Brasil	9	4	4	4	3						
Burkina Faso	3	3	3	3						2	
Camerún	1	1									
Canadá	8	3	2		2	2		3			
Chile	6	6	5	4				3			
China	1	1		1							1
Colombia	8	7	6	6			5			5	
Costa Rica	3	1	2	2							
Checoslovaquia	4		3	4	3	3		3	3		
Dinamarca	10	3	2	3	1	1	3	1	2	3	5
Rep. Dominicana	2	2	1	1			1				
Ecuador	4	3	4	2			2				
Estonia	1	1	1	1	1						
Finlandia	3	2	1		1	2				2	1
Francia	35	10	11	10	6	10	6			5	
Alemania	62	30	20	18	14	14	13	16	24	23	14
Ghana	2	1	2				2				1
Grecia	1	1		1	1	1		1		1	1
Guatemala	6	4	5		3				5		
Guinea	1	1	1				1	1			
Honduras	1	1	1	1						1	1
Hungría	3	1	2	2					2	2	1
India	6	5		5						3	
Irlanda	1	1			1	1				1	1
Israel	1	1	1	1		1		1			
Italia	35	15	12	15	13	17	11	11	9	11	4

(Continuación Tabla 6)

Actividad país \	Número de Asociaciones	Capacitación y educación	Producción agrícola	Investigación	Inspección	Certificación	Consultor	Procesamiento	Comercio	Publicación	Política
Japón	6	5		3			2			4	
Kenya	2	2	2				2				
Lituania	1	1	1	1			1			1	
Luxemburgo	2	1	1	1	2	1	2			1	1
Mauricio	1	1	1							1	
México	14	5	10	4				5			
Nepal	1	1	1	1			1				
Países Bajos	19	8	6				4	6			
Nueva Zelanda	4	4				4	3				3
Nicaragua	3	1	2				1				
Nigeria	2	2	2	2	2		2				
Noruega	6		2	4			4				
Pakistán	1	1		1							
Paraguay	4	3					4	2			
Perú	5	3	4	3							
Filipinas	8	8	6	3			7				
Polonia	3	1	1	1	1	2	1			1	1
Portugal	1	1			1					1	1
Rusia	1	1	1	1	1						
Senegal	1	1	1	1	1						
Sierra Leona	1	1	1	1	1					1	
Sudáfrica	1	1			1					1	
España	9	5	3	3	3	4		2			
Sn Lanka	6	2	5	2			4	4			
Sudán	1	1	1	1	1	1					
Suecia	10	6		5			4				
Suiza	13	4	4				6	3			4
Tanzania	1						1				
Trinidad y Tobago	1	1	1	1	1		1	1			
Uganda	1	1	1	1			1				
Reino Unido	12	9	5	4		5		5		5	
Estados Unidos	26	15	8	9	4	7	12	5	4	11	8
Vaticano	1	1					1				
Venezuela	4	4	2	4	4		2				
Yugoslavia	5	3	5	4	4	2					
Zambia	1	1	1	1	1			1			1
<b>Total</b>	<b>443</b>	<b>235</b>	<b>182</b>	<b>158</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>126</b>	<b>48</b>	<b>75</b>	<b>99</b>	<b>53</b>



# LA BIOTECNOLOGIA Y SU APORTE EN LA PRODUCCION DE LOS GRANOS BASICOS

*Hilda Susana Azpíroz Rivero\**

Programa de Biotecnología del CEVAMEX- INIFAP

---

## Introducción

Este artículo presenta una síntesis de cómo las nuevas técnicas de la biotecnología moderna pueden ser usadas como herramientas que hagan más eficientes las metodologías tradicionales de mejoramiento genético en plantas, así como algunas prácticas agronómicas.

Se analizan las ventajas y desventajas del uso de cada una de las técnicas biotecnológicas en las diferentes etapas de selección realizadas en mejoramiento genético.

Se compara, sobre todo, la facilidad de manipulación y el ahorro de tiempo logrado mediante la integración de la componente biotecnológica a los procesos usados tradicionalmente por el mejorador, así como algunas ventajas de la biotecnología en el control integrado de plagas y enfermedades. Las técnicas discutidas son:

- Cultivo *in vitro* de órganos y tejidos;
- Transformación génica; y,
- Marcadores genéticos moleculares.

Por otro lado, se analiza el potencial de la agricultura modificada por la biotecnología así como las posibilidades de otras técnicas que tendrán un desarrollo en lo futuro para apoyar a la agricultura sustentable mediante el uso eficiente del agua y la energía en nuestro país.

\* Investigador titular del Programa de Biotecnología del CEVAMEX-INIFAP, Apdo. Postal 10, Chapingo, México 56230.

En este documento se analizarán las posibilidades de aplicación de algunas técnicas de la biotecnología en el mejoramiento genético, así como algunos aspectos relacionados con el control integrado de plagas y enfermedades en la producción de autoconsumo y comercial. Dando un enfoque adecuado a la transferencia de la biotecnología en los países del tercer mundo, se podría lograr una mayor eficiencia en el uso del agua y energía en la cadena alimentaria para lograr por un lado la autosuficiencia y por otro un ahorro de recursos bióticos y abióticos en la naturaleza.

La Biotecnología en sí es un proceso de principios y técnicas que se han utilizado desde tiempos muy antiguos, empezando con el uso de levaduras en la fabricación de pan o las fermentaciones tradicionales. Actualmente, los avances tecnológicos nos permiten clasificar a la Biotecnología en Tradicional y Moderna. Dentro de la Biotecnología Tradicional podemos mencionar las fermentaciones, la propagación rápida, el control biológico de plagas y enfermedades y la producción convencional de vacunas.

La Biotecnología Moderna comprende el uso de nuevas tecnologías generadas por el conocimiento profundo de la genética molecular y la Biología Molecular, como son las técnicas relacionadas con el cultivo *in vitro* de órganos inmaduros, la manipulación de ADN recombinante y los marcadores genéticos moleculares. Debe señalarse que la mayoría de estos métodos han sido utilizados primeramente en el sector salud y, sólo hasta hace poco, han pasado a ser aplicados en plantas.

Las técnicas de la biotecnología que a la fecha se han implementado como herramientas para complementar y hacer más rápidos los procesos de mejoramiento genético en plantas son aquellas que nos permitan:

- Crear variación genética;
- Explotar más efectivamente la variabilidad existente; y,
- Acelerar las diferentes etapas dentro del programa de mejoramiento.

Así, tenemos que las técnicas del cultivo *in vitro*, la manipulación de genes por medio de ingeniería genética y el uso de marcadores genéticos

moleculares, son poderosos auxiliares en el mejoramiento tradicional que están permitiendo avances sustanciales tanto para la obtención de nuevos individuos más productivos como para la comprensión de ciertos fenómenos ligados a la genética cuantitativa. Además en las prácticas agrícolas ya están representando una nueva alternativa como el uso de bioinsecticidas, plantas mejor adaptadas a cepas bacterianas modificadas fijadoras de nitrógeno y otras más.

### **Cultivo *in vitro* de órganos y tejidos**

En el área de cultivo *in vitro* de órganos y tejidos vegetales, las técnicas desarrolladas han permitido apoyar fuertemente a la biotecnología moderna, siendo su utilización necesaria tanto en investigaciones básicas como en procesos industriales.

Actualmente, es de todos conocido que las células aisladas pueden continuar funcionando y reproduciéndose *in vitro* si se les provee de un medio de cultivo adecuado. En el caso de células vegetales, éstas son totipotentes y omnipotentes, es decir, cada célula puede reproducir una planta completa si al medio de cultivo se le agregan los nutrientes y un balance de hormonas adecuados.

Este descubrimiento ha tenido gran repercusión en la investigación agrícola pero aún hoy en día algunas familias de plantas son muy difíciles de manejar *in vitro* (especies recalcitrantes).

La utilización del cultivo de tejidos y/u órganos inmaduros dentro de la genotecnia tradicional es de gran ayuda para acelerar el progreso genético. Ciertas técnicas de cultivo de tejidos se han desarrollado con este objetivo; así tenemos:

1. El cultivo de embriones inmaduros, somáticos y cigóticos;
2. La producción de plantas haploides, a partir del cultivo *in vitro* de gametofitos;
3. La producción de híbridos somáticos a partir de protoplastos;

4. Selección *in vitro*; y,
5. La regeneración *in vitro*.

### **Cultivo *in vitro* de embriones cigóticos**

Un caso concreto de la utilización de estas técnicas en el mejoramiento de plantas, es el cultivo *in vitro* de embriones cigóticos inmaduros como técnica complementaria de los métodos tradicionales de selección. El cultivo de embriones inmaduros, evita la larga fase de maduración y de dormancia de las semillas permitiendo una reducción notable en la duración del ciclo de selección<sup>1,2</sup>. Por lo que ésta metodología puede ser usada en la obtención de líneas endocriadas, extirpando los embriones inmaduros 3 o 18 días después de la polinización (dependiendo de la especie). Esta operación se realiza en cada ciclo de autofecundación y aprovechando las siembras denominadas de invierno o los invernaderos, se pueden tener hasta cuatro ciclos por año, representando un ahorro de tiempo hasta de un 50 por ciento si lo comparamos con la metodología tradicional. Asimismo, esta técnica puede ser utilizada para realizar retrocruzas aceleradas, con la finalidad de adicionar algún carácter agronómico importante que haga más redituable el uso de la variedad.

Tenemos como ejemplos, las retrocruzas con materiales resistentes a enfermedades o para introducir el carácter de androesterilidad, este último puede favorecer al productor de semilla ya que se reducirían los costos de obtención de los híbridos. Por ejemplo: en Trigo (*Triticum aestivum*), Maíz (*Zea mays*), Arroz (*Oryza sativa*), Colza (*Brassica napus*), y Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) tenemos esta posibilidad. Este tipo de caracteres pueden introducirse por retrocruzas aceleradas mediante el cultivo de embriones inmaduros en 390 días mientras que por el método tradicional es necesario de cuatro a seis años.

Por otra parte, es una técnica empleada en el rescate de embriones interespecíficos entre especies para permitir el aumento de la variabilidad genética mediante el cruzamiento de especies cultivadas y especies silvestres. Esta incompatibilidad, representa una dificultad para el cruzamiento, la viabilidad y la fertilidad de los híbridos obtenidos<sup>3</sup>. Sin embargo, como este pro-

blema se debe a la malogración del endospermo como consecuencia de la tardanza de la división celular en la microspora<sup>4</sup>, el cultivo de los embriones inmaduros *in vitro* evita el aborto y permite el desarrollo normal del embrión interespecífico.

También los embriones inmaduros pueden ser cultivados *in vitro* para producir embriones somáticos vía callo<sup>5</sup>. La producción de callo se logra cultivando los embriones inmaduros en condiciones de rigurosa asepsia sobre medio de cultivo nutritivo<sup>6</sup>, utilizando fitohormonas como agentes que propiciaran el desarrollo celular en forma masiva. Una vez desarrollado el callo se transplanta en el mismo medio sin hormonas para propiciar la diferenciación celular o producción de embriones somáticos.

Posteriormente, los embrioides y brotes darán origen a nuevas plántulas, las cuales seran transplantadas en otros medios para su desarrollo adecuado, siendo después transferidas en cubos de tierra estéril e incubadas en invernadero para que más tarde se transplanten en campo.

Esta técnica puede ser útil en la propagación masiva y rápida de algún genotipo en especial, como es el caso de líneas necesarias en la producción de híbridos; o bien, en el mejoramiento de poblaciones pensando en la variación somaclonal, si se demuestra que ésta es suficientemente grande y que las variantes deseables son reproducibles a través de las generaciones. Asimismo, esta técnica permite detectar los genotipos aptos a la regeneración *in vitro* como se verá en el apartado referente a la regeneración.

### **Obtención de haploides *in vitro***

Otra aplicación de las técnicas *in vitro* en mejoramiento vegetal es la haploidización. Los haploides *in situ* se presentan de una manera espontánea o son inducidos por la acción de diversos tratamientos. La frecuencia de este tipo de haploides varía según la especie y el genotipo; pero, en general, es muy baja; pueden ser detectados gracias a dos métodos: uno es con la trilla de granos poliembriónicos y el otro usando marcadores genéticos.

Aparentemente la técnica del cultivo *in vitro* de gametofitos (anteras y ovarios) ha permitido la obtención de haploides en ciertas especies, con una

frecuencia más elevada. El interés de la obtención de haploides radica en los siguientes puntos:

1. La obtención de líneas homocigóticas por doblamiento espontaneo o artificial (Colchicina) del stock cromosómico de individuos haploides;
2. Esta vía presenta una ganancia en tiempo muy apreciable, si la comparamos con la vía tradicional, donde la homogeneidad fenotípica se obtiene después **de siete a 10 generaciones de autofecundaciones sucesivas**; y,
3. Bajo el plan de conocimiento del genoma, la vía haploide presenta igualmente numerosas ventajas (sobre todo si se admite que la realización de la fase haploide se opera sin selección). Así por ejemplo:
  - Permite un análisis fino de las interacciones alélicas pudiéndose apreciar directamente ciertos parámetros de la genética cuantitativa;
  - Se logra la obtención de una gama de segregación gamética y favorece su difusión de manera estable bajo la forma de líneas puras; y,
  - Esta técnica pone en evidencia ciertas recombinaciones recesivas, que pueden eliminarse o utilizarse a conveniencia de la selección.

La obtención de plantas haploides puede ser realizada espontaneamente o utilizando procedimientos inductivos, dentro de estos últimos se puede mencionar el aislamiento *in vitro* que puede realizarse en gametos masculinos (técnica llamada androgénesis) y en gametos femeninos (ginoagénesis). Este último método permite un ahorro de tiempo al fitomejorador hasta de un 70 por ciento en la obtención de híbridos, ya que las líneas endogámicas a partir del cultivo del explante pueden obtenerse prácticamente tres años.

### **Obtención, cultivo y fusión de protoplastos**

Otra de las técnicas en la que se puede apoyar el mejorador es el cultivo de protoplastos. Los protoplastos son células cuya pared celular ha sido removida por métodos mecánicos y enzimáticos (cloroplastos, mitocondrias, etcétera).

Estas células o protoplastos son viables y rápidamente sintetizan una nueva pared celular, crecen y se pueden dividir llegando en algunas especies a regenerar una nueva planta. Cuando la célula está en estado de protoplasto se puede manipular y ésta absorbe varios tipos de materiales genéticos. Esta propiedad de los protoplastos se utiliza ampliamente en biotecnología.

Esta técnica ofrece la oportunidad de fusionar protoplastos derivados de especies que son sexualmente incompatibles en la naturaleza. Siempre debe recordarse que todo el proceso de fusión es enteramente físico y difícil de repetir, ya que se pueden obtener autofusiones, heterofusiones, fusiones incompletas y, ésto da origen a una gama muy diversa en cada experimento.

En especies de Tabaco (*Nicotiana tabaco L.*), Papa (*Solanum tuberosum*), Tomate (*Lycopersicum spp*), Colza y Arabidopsis (*Arabidopsis talyana*), se han obtenidos varios híbridos; sin embargo, el uso está limitado debido a que no siempre es posible regenerar plantas a partir de sus protoplastos. En arroz (*Oryza spp.*) hay algunas líneas de las subespecies Indica y Japónica que han contribuido mediante éste método al mejoramiento de Indica. En maíz es también posible regenerar plantas a partir de protoplastos<sup>7</sup>.

Otra aplicación de esta técnica es la fusión entre protoplastos de la misma especie o entre especies sexualmente compatibles a fin de introducir recombinaciones epigénicas y citoplásmicas (aloplasma y fusión citoplásmica para introducir androesterilidad)<sup>7</sup>.

### **Selección *in vitro***

Por otra parte, la posibilidad de mejorar la resistencia de plantas frente a la acción de factores bióticos y abióticos del medio reviste una gran impor-

tancia para el fitomejorador. Al respecto, se ha propuesto, por varios investigadores la selección *in vitro* para aislar plantas resistentes a enfermedades, salinidad, frío y al déficit hídrico.

La ventaja potencial de esta técnica radica tanto en la rapidez de selección como en la capacidad de efectuar el tratamiento sobre un gran número de individuos ubicados en un espacio relativamente pequeño

La selección *in vitro* se hace por medio del aislamiento aséptico de células y órganos en un medio de cultivo que contiene sustancias químicas o metabolitos, así como otras sales que inhiben el crecimiento. Entre esas sustancias podemos mencionar los pesticidas, toxinas o filtrados de organismos patógenos, metales pesados, sales minerales o simplemente sustancias que aumenten la presión osmótica del medio de cultivo.

Este tipo de selección de materiales con resistencia a factores bióticos o abióticos puede realizarse tanto a nivel celular como a nivel de órganos jóvenes<sup>8</sup>. La selección a nivel celular parte de un grupo de células llamado callo, el cual una vez demostrada su resistencia a ciertos factores, se cambia del medio para permitir el desarrollo de embrioides somáticos que serán el origen de plantas con resistencia al factor limitante. En cambio, la selección a nivel de embriones inmaduros permite una eliminación de los no resistentes y los resistentes se cambian a un medio propicio o directamente a tierra para su desarrollo.

### **Regeneración *in vitro***

Como hemos indicado en párrafos anteriores, las células que se cultivan en condiciones apropiadas son capaces de desarrollar individuos completos como lo hace el cigote. el éxito en el establecimiento de un sistema de regeneración se basa en tres condiciones: la selección apropiada del explante, del medio de cultivo y el control de las condiciones físicas donde deberá desarrollarse este explante<sup>9</sup>.

Al proceso en el que el explante evoluciona hacia la producción de meristemoides, posteriormente primoidios, brotes y finalmente la formación de raíces adventicias, es llamado organogénesis o diferenciación directa de

tejidos. Mientras que a la formación de embriones somáticos directamente de la masa de células desarrolladas a partir del explante se le llama embriogénesis<sup>10</sup>. Tanto la organogénesis como la embriogénesis somática son formas eficientes para la regeneración y la multiplicación clonal; por otro lado este tipo de regeneración es muy importante para los trabajos de ingeniería genética, ya que un explante transformado que no llega a regenerar plantas completas no tiene ningún valor de aplicación directa dentro de la problemática agrícola.

### Transformación génica

La introducción de genes en la misma especie, entre especies o géneros diferentes, puede lograrse mediante cruzas tradicionales o, bien, usando sistemas de transformación de Ingeniería Genética. La manipulación de genes o transformación de plantas y animales comprende una serie de técnicas que permiten la inserción de uno o más genes provenientes de otros organismos o que han sido sintetizados en el laboratorio. Antes de insertar un nuevo gen es necesario identificar y aislar ese gen, para luego clonarlo con el promotor, el cual va a regular la expresión del gen, posteriormente se debe identificar el mejor sistema para introducirlo en la planta o animal a modificar.

La aplicación de esta metodología equivale a la incorporación de una característica monogénica por retrocruzamiento a un material genético dado, con la ventaja de que con la transformación ***la incorporación de dicha características es instantánea***.

Hay varias maneras de introducir genes o transformar plantas y animales, y ésto se ha logrado en varias especies. En la última década los nuevos conocimientos de la estructura y regulación de genes así como el desarrollo de vectores han abierto nuevas expectativas y se han logrado producir y estudiar plantas y animales transgénicos.

Las plantas en que se ha logrado dicha transformación con éxito son las dicotiledoneas que se pueden reproducir por cultivo de tejidos a partir de protoplastos y, además, responden bien al sistema de transferencia de genes que en la naturaleza lleva a cabo la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*<sup>11</sup>.

En la actualidad, se logran transformaciones genéticas estables en forma rutinaria sobre varias especies vegetales, como Tabaco, Tomate, Papa, Algodón (*Gosypium* spp.), Colza y, aún, en algunas especies forestales<sup>12</sup>.

En plantas los sistemas de transformación se pueden dividir en directos e indirectos:

- a) Los directos, que incluyen absorción directa de ADN por protoplastos, electroporación, microinyecciones y el uso de microproyectiles<sup>11,13</sup>.
- b) Los indirectos, se realizan mediante el uso de vectores, tales como *A. tumefaciens*, virus, bacterias, hongos y elementos genéticos móviles o transposones<sup>14</sup>.

### **Métodos directos de transformación**

Las dificultades que presenta el uso de *A. tumefaciens* en algunas especies vegetales ha aumentado el interés por encontrar otros sistemas de transformación alternos, entre ellos tenemos:

- ***Uso de protoplastos***

Los protoplastos que como ya se dijo absorben ADN proveniente de cromosomas, plasmidos y fagos. Además, se ha demostrado que la asociación de este ADN con el núcleo de los protoplastos en cuestión se aumenta con la presencia de policationes como poly-L- lisina y poly-L-ornitina al igual que el uso de polietilenglycol (PEG); sin embargo, la frecuencia de transformación es baja (uno por cada 10 protoplastos).

Estos tipos de procedimientos se han utilizado en Cebada (*Hordeum vulgare*) y en Trigo diploide (*Triticum monococcum*). Pero los protoplastos que formaron pequeños callos y que mostraron resistencia al marcador empleado (Kanamicina) no fueron capaces de regenerar plantas.

En Arroz también se ha intentado usar este procedimiento alcanzándose frecuencias de transformación más altas. El mayor problema en este mé-

todo, además de las bajas frecuencias de transformación, lo constituye la regeneración de plantas a través de los protoplastos<sup>15,16</sup>.

- ***Electroporación***

La electroporación es un proceso en el que las células se someten a pulsos eléctricos de alto voltaje. Esto causa perforaciones pequeñas en la membrana celular; así se logra la difusión de moléculas de ADN al interior de la célula, la cual regenera su pared celular y continúa desarrollándose normalmente. Este procedimiento se usa mucho en la transformación de células animales y se ha usado con éxito en la transformación de protoplastos de Maíz, Arroz y Colza que llegaron a regenerar plantas transformadas<sup>15,16</sup>.

- ***Uso de microproyectiles***

La metodología llamada de microproyectiles o balística se realiza mediante un bombardeo, con una especie de pistola, que proyecta bajo vacío pequeñas partículas de tungsteno (1.2 micro milímetros) que van cubiertas de moléculas de ADN.

Este procedimiento requiere tejidos vegetales, callos embriogénicos o, inclusive, embriones cigóticos. En maíz se ha logrado transformar para la obtención de resistencia a herbicidas y también en cebada<sup>13,17</sup>.

- ***Microinyección***

La microinyección es una técnica que se ha probado en embriones cigóticos, inflorescencias en desarrollo de diversos cultivos, el ADN que se inyecta ha contenido el gen para la resistencia a la kanamicina; sin embargo, la frecuencia de esta transformación es muy baja en plantas, pero en embriones unicelulares de animales la frecuencia de transformación ha sido todo un éxito.

## **Métodos indirectos**

Los métodos indirectos comprenden el uso de vectores en transformación de plantas con los cuales se logra la inclusión de genes que han sido

debidamente caracterizados y, a su vez, éstos son incorporado en las células vegetales.

En plantas, el vector más ampliamente utilizado es *Agrobacterium tumefaciens*, una bacteria del suelo que tiene un sistema natural para transferir genes a la planta hospedera causando la enfermedad de la Agalla de la Corona.

En 1975 se estableció que el plásmido PTI contenía a los genes que controlaban la inducción de las agallas en la planta. Asimismo, se demostró que en la región VIR se encontraban los genes responsables de la producción de la agalla y los genes responsables de la transferencia del TADN a las células vegetales. Es precisamente en esta zona donde se sustituyen los genes que producen los tumores, por los genes que van a transformar a la planta en estudio, incluyendo genes marcadores responsables de la resistencia a antibióticos que servirán para la selección de los materiales transformados<sup>18</sup>.

Este sistema de transformación se puede resumir en cinco etapas:

1. Identificación y aislamiento de los genes a introducir;
2. Introducción de genes foráneos en cepas desarmadas de *A. tumefaciens*;
3. Infección con *A. tumefaciens* a células o tejido vegetal para permitir la transferencia del gen o genes deseados;
4. Selección y regeneración de células y tejidos transformados; y,
5. Análisis y verificación de la expresión de los genes en las plantas transformadas.

Las plantas transformadas tienen apariencia normal y la herencia del ADN transformado (T-ADN) es Mendeliana. La mayor parte de las plantas transgénicas que existen en estos momentos han sido creadas usando como vector a *A. tumefaciens*.

Así, por ejemplo, Murai *et al.*, introdujeron en el genoma de girasol el gene responsable de la producción de faseolina que se aisló del género *Phaseolus*, usando como vector *A. tumefaciens*, pero este gene no se expresó. El material genético que se introduce en la planta debe tener todos los elementos reguladores que aseguren la correcta expresión de los genes introducidos.

En 1989 se probaron las primeras plantas transformadas de tomate con el gene responsable de la producción de una endotoxina (*Bacillus turingensis*) que evita el ataque de insectos a esta especie.

También, usando los genes antisentido se logró la obtención de tomate transgénico con mayor vida de anaquel, ya que este gen impedía la producción de la poligalacturonasa en el fruto y éste se conserva verde por más tiempo.

Gould<sup>19</sup> demostró en 1991 que el maíz puede transformarse usando *Agrobacterium tumefaciens* y el plásmido PGUS3 conteniendo los genes para la resistencia a la Kanamicina (NPT II) y la producción de B-glucoronidasa (Gus). Con este estudio se demostró que las monocotiledoneas también pueden ser transformadas usando como vector *Agrobacterium*.

Otros vectores que se han desarrollado para transformación son los virus de ADN de cadena doble y simple, así como de hongos. En la actualidad se esta trabajando para transformar cereales como el maíz, pero desde un punto de vista práctico como lo es la introducción de los genes responsables de la producción de la endotoxina de *Bacillus turingensis*, lo que haría a este cultivo resistente al ataque de insectos.

La utilización de estas técnicas de transformación podrían auxiliar fuertemente a la producción de semillas cuando se necesite introducir rápidamente algún gene en particular que mejore alguna variedad ya existente, o para la introducción rápida de la apoximis, por ejemplo, una vez que se identifique el gen responsable de esa característica y se aise.

Otra aplicación práctica de la técnica de transformación es en la producción de biopesticidas, la Agencia Americana de la Protección del Am-

biente (EPA) autorizó en Junio de 1991 por primera vez a la Compañía Mycogen, de San Diego, California, dos bioinsecticidas genéticamente modificados<sup>20</sup>.

Estos bioinsecticidas son virus modificados, así, por ejemplo, tenemos los trabajos de Tomalski<sup>21</sup> y Stewart<sup>22</sup>, quienes han logrado aislar los genes responsables de la producción de neurotoxinas en los himenópteros; esta neurotoxina causa la parálisis en lepidópteros. Estos genes se han usado para transformar los baculovirus; estos virus atacan específicamente a lepidópteros y transformados sirven de vehículo para que dentro del cuerpo del insecto se produzca la toxina.

Por lo tanto, las larvas infectadas por báculo virus modificados se paralizan mientras el virus sigue su proceso destructivo convencional en el interior de la larva, evitándose así el ataque destructivo por parte de las larvas a los cultivos de interés comercial, ya que normalmente cuando el lepidóptero es atacado por el virus no transformado, la larva del insecto sigue destruyendo el cultivo por una semana hasta que muere, presentándose pérdidas económicas muy fuertes para el productor.

Las ventajas del uso de estos bioinsecticidas radican por un lado en evitar el uso indiscriminado de insecticidas convencionales los cuales deterioran el ambiente y, por otro lado, la especificidad de éstos evita la destrucción de insectos benéficos. Esta puede ser una aplicación directa tanto en el control integrado de plagas como en la agricultura sostenible.

### **Marcadores genéticos moleculares**

Otra técnica biotecnológica importante en lo que se refiere al mejoramiento genético, es el uso de marcadores genéticos moleculares. En la actualidad, varios países han integrado a sus programas de mejoramiento genético el uso de marcadores genéticos moleculares como son: el estudio del poliformismo de isoenzimas, el de la longitud de fragmentos de ADN determinados por sitios de restricción (RFLP) y el del ADN amplificado al azar (RAPD). Estas técnicas pueden ser usadas para identificar y localizar genes de caracteres cuantitativos, medir cambios de frecuencias génicas por efectos de selección natural o artificial; se pueden predecir grados de heterosis

mediante la medición de divergencia genética. Además, a un nivel práctico los marcadores genéticos moleculares están siendo usados en algunos países para complementar la caracterización fenotípica y fenológica en el registro de las nuevas variedades vegetales.

Estos marcadores tienen las ventajas de presentar efectos neutros sobre la planta; en la mayoría de esos "loci" se presentan efectos codominantes como en el caso en isoenzimas y RFLP's y dominante en caso de los RAPD's; se pueden tener marcadores a lo largo del genoma; el genotipo se puede determinar en cualquier estado fenológico de la planta y en cualquier tejido; se puede trabajar casi con cualquier población natural y estos marcadores no se enmascaran por el ambiente.

## Enzimas

Las enzimas son proteínas con una actividad catálica, cuyo estudio y análisis nos permite conocer también la variabilidad genética en poblaciones de individuos que poseen polimorfismos para estos componentes.

Los genes que codifican las enzimas poseen dos propiedades que las hacen interesantes para los genotecnistas:

**Primera:** Una porción importante de esos genes son polimorfos, es decir, que ellos existen bajo la forma de dos o más alelos.

**Segunda:** Los alelos de genes codificadores de las enzimas son generalmente codominantes.

Para estudiar las enzimas se utiliza la técnica de electroforesis que las discrimina por su peso molecular y su carga superficial sobre gel de almidón, poliacrilamida o agarosa.

Estos dos parámetros están ligados a la constitución en aminoácidos y reflejan la diversidad genética asociada de la misma forma que en el caso de las proteínas de reserva. Las enzimas así separadas se revelan por medio de reacciones específicas de coloración, dando bandas que forman un diagrama electroforético.

Con las isoenzimas sólo se pueden estudiar alrededor de 40 loci dependiendo de la especie que se esté analizando, en cambio con los RFLP y los RAPD se puede estudiar todo el genoma de la especie de interés.

### **Polimorfismo de la longitud de fragmentos de restricción**

Un RFLP es simplemente una diferencia en el ácido desoxiribonucleico entre dos individuos. Esta diferencia se puede deber a muchas razones pero la más común es, generalmente, la inserción o eliminación de un pequeño segmento de ADN o un cambio en una o dos bases dentro de la secuencia del ADN.

Para detectar un RFLP se aísla el ADN de un individuo y se digiere con una o más enzimas de restricción. Estas enzimas cortan la secuencia de ADN en sitios específicos. El ADN digerido se separa en un gel mediante cargas eléctricas, se transfiere a una membrana y ésta se usa como un molde original para detectar el largo de cada fragmento individualmente.

Un RFLP se observa como una diferencia entre dos individuos en el largo de los fragmentos generados por una enzima de restricción específica. A veces se pueden generar patrones más complicados que abarcan no sólo diferencias en los largos de los fragmentos, sino también en el número de bandas, esto dependerá de la nueva ubicación del sitio de restricción.

Estos marcadores, desde su descripción en 1975 por Grodzcker y colaboradores<sup>23</sup>, se han usado con varios fines y en producción de semilla han permitido el establecimiento de similitudes y disimilitudes genéticas muy interesantes<sup>24,25</sup>.

### **Polimorfismo del ADN amplificado al azar**

Hace poco tiempo, en diciembre de 1990, se publicó información acerca de un segundo tipo de marcadores moleculares<sup>26,27</sup>. Estos marcadores se han denominado polimorfismo del ADN amplificado al azar (RAPD's) y se basan en la amplificación del ADN mediante la reacción cíclica múltiple para amplificar pequeñas secuencias de ácido desoxiribonucleico usando una secuencia primaria de nucleótidos como iniciador.

Esta secuencia primaria es conocida, por lo que las reacciones de amplificación se pueden repetir.

Una reacción típica se realiza con un amortiguador simple, los cuatro dinucleótidos trifosfatados (D'ATP, D'CTP, D'GTP y D'TTP), la secuencia primaria, taq polimerasa y unos pocos nanogramos del ADN del organismo estudiado. Después de cuatro horas de amplificación donde se pasa por procesos de desnaturalización, anillamiento y replicación, los productos se separan en un gel de agarosa mediante cargas eléctricas donde directamente se tiñe y visualiza el ADN amplificado. Esta técnica ha sido propuesta para la caracterización de variedades de polinización libre recientemente<sup>28</sup>.

### **Potencialidad de la transferencia de la biotecnología para la obtención de una agricultura sustentable**

Todas estas metodologías, que son poderosas herramientas en varios campos del sector agropecuario, como son: el mejoramiento genético, el diagnóstico de enfermedades de especies vegetales, la producción de bioinsecticida y biofertilizantes, harán de la agricultura bien dirigida una agricultura responsable que trate de usar genotipos con mayor eficiencia en el uso general de insumos, del agua y de la energía.

Ejemplos de este tipo de agricultura los observamos en varios países en desarrollo como son la detección de materiales de frijol resistentes a la roya<sup>29</sup> mediante el uso de marcadores genéticos moleculares, evitando así el uso indiscriminado de fungicidas. Otras metodologías relacionadas con la transformación de plantas que permiten la introducción de genes que codifican para la endotoxina de *bacillus turingiensis* o para la cubierta protéica de ciertos virus responsables de fuertes enfermedades en plantas<sup>30,31</sup>. Este tipo de transformaciones evitarán en lo futuro el uso de pesticidas, lográndose una mejor calidad en el ambiente y de los productos que se consumen.

En lo que se refiere a las bacterias fijadoras de nitrógeno se ha avanzado en su conocimiento y en los mecanismos de simbiosis lográndose transformantes que permiten el aprovechamiento del nitrógeno atmosférico con mayor eficiencia por parte de la planta<sup>32,33</sup>. El uso eficiente del agua por parte de los cultivos básicos ha sido manejado adecuadamente por los

fitomejoradores a nivel mundial y en particular en México logrando variedades como Gálvez y Temporalara en trigo, Morelos A83 y A88 en arroz VS22, H34 y otras más en Maíz. Este enfoque tradicional del fitomejorador sobre el uso eficiente del agua puede ser apoyado por las nuevas técnicas de la biotecnología.

## Conclusiones

En resumen hemos tratado de dar una panorámica de la utilización de las herramientas biotecnológicas en el Sector Agropecuario, así como sus implicaciones.

Por otro lado y de acuerdo a las posibilidades en nuestro país así como la de colaboración internacional, podríamos concluir de lo anteriormente expuesto que:

1. Es posible la rápida integración de la componente biotecnológica a los procesos de mejoramiento genético en nuestro país;
2. Es necesaria la integración de la componente biotecnológica a nivel de productores para que ellos evalúen las posibilidades de estas técnicas y sean aprovechadas en beneficio de una agricultura sostenible con menores costos ecológicos y económicos; y,
3. El desarrollo armónico de las nuevas técnicas biotecnológicas en México Latina dependerá de las políticas gubernamentales en materia de investigación científica y en transferencia de tecnología hacia los sectores productivos y de autoconsumo.

## Referencias

1. Alissa, A., R. Jonard, H. Serieys et P. Vincourt, 1986, *La culture d'embryons isolés in vitro dans programme d'amélioration du tournesol*, C. R. Acad Paris t.302. Série II, N° 5, p. 161-164.
2. Azpíroz, H. S., P. Vincourt, H. Serieys et A. Gallais, 1987, *La culture in vitro des embryons immatures dans l'accélération du cycle de sélection des lignés de tournesol et ses effets morphogénétiques*, Helia 10, 35-38.
3. Al-Yasiri, S. A. and D. P. Coyne, 1966, *Interspecific Hybridization in the Genus Phaseolus*, Crop. Science 6:59-60
4. Rabakoartihata, A. S., E. S. Mok, and M. C. Mok, 1979, *Fertilization an Early Embryo Development in Reciprocal Interspecific Crosses of Phaseolus*, Theor. Appl. Genet 54 (2) 55-59.

5. Green, C. E. and R. I. Philips, 1975, *Plant Regeneration from Tissue Culture of Maize*, Crop Sci. 15:417-42.
6. Chu C. C., C. C. Wang, C. S. Sun, C. Hsu, K. C. Yin and C. Y. Chu, *Establishment of an Efficient Medium for Anther Culture of Rice Through Comparative Experiments on the Nitrogen Sources*, Sci. Sin. 659-688.
7. Fischer, M., 1990, *Aplicaciones de la Biotecnología en la Mejora de Cereales. (mimeografía-do)*, Colegio de Posgraduados, Montecillo, Mex. p. 48.
8. Azpiroz, H. S., P. Vincourt, and H. Serieys, 1988, *Utilization of in Vitro Test as an Early Screening Technique for Grought Stress Evaluation in Sunflower*, Proc. 12<sup>th</sup> International Sunflower Conf., Novi Sad, Yugoslavia, pp. 207-213.
9. Thorpe, T. A., 1980, *Organogenesis in vitro Structural Physiological and Biochemical Aspects*, Int. Rev. of Cytology, Supplement, 11A:71-111.
10. Winton, L. I. and S. A. Verhagen, 1977, *Shots from Douglas-first Cultures*, Can. Bot. 55:1246-1250
11. Fromm M., L. P. Taylor and V. Walbot, 1985, *Expression of Genes of genes Transferred into Monocot and Dicot Plants Cells by Electroporation*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 82: 5824-5828.
12. Fischhoff D. A., K. S. Bowdish, F. L. Perlak, P. G. Marrone, S. M. Cornick, J. G. Niedermeyer, D. A. Dean, K. Kusano-kretzemer, E. J. Mayer, D. E. Rochester, S. G. Royers and R. T. Fraley, 1987, *Insect-tolerant Transgenica Tomato Plants*, Bio/Technologie 5:807-813
13. Klein T. M., E. D. Wolf, R. Wu and J. C. Sandorf, 1987, *High Velocity Microprojectiles for Delivering Nucleic Acids into Living Cells*, Nature 327:70-73.
14. Klee, H., R. Horsch and S. Rogers, 1987, *Agrobacterium Mediated Plant Transformation and its Further Applications to Plant Biology*, Ann. Rev. Plant Physiol, 38:487-496.
15. Rhodes, C. A., K. S. Lowe, and K. L. Ruby, 1988, *Plant Regeneration from Protoplast Isolated from Embriogenic Maize Cell Cultures*, Biotechnology 6:56-60.
16. Rhodes, C. A., D. A. Pierce, T. J. Metler, D. Mascarenhas, and J. J. Detmer, 1988, *Genetically Transformed Maize Plants from Protoplasts*, Science 240:204-206.
17. Klein T. M., T. Gradziel, M. E. Fromm and J. C. Sandorf, 1988, *Factors Influencing Gene Delivery into Zea Mays Cell by High-velocity Microprojectiles*, Biotechnology 6:559-663.
18. Zambryski, P., L. Herrera-Estrella, M. de Block, M. Van Montagu, and J. Shell, 1984, *The Use of the Ti-plasmid of Agrobacterium to Study the Transfer and Expression of Foreign DNA in Plant Cells: New Vectors and Methods*, In Genetic Engineering: Principles & Methods, (Ed) J. K. Setlow and S. A. Hollaender, 6: 253-278. New York/London, Plenum.
19. Gould, J., M. Devey, O. Hasegawa, C. E. Ulian, G. Peterson and R. Smith, 1991, *Transformation Of Zea Mays L. Using Agrobacterium Tumefaciens and the Shoot Apex Plant*, Physiol, 95:426- 434.
20. Bouguerra, M. L., 1992, *Les virus modifiés: Une nouvelle arme biologique contre les chenilles?*, La Recherche N° 241, 23:356-364.
21. Tomalski, M. D. and L. K. Miller, 1991, *Insect Paralysis by Baculovirus Mediated Expresion of a Mite Neurotoxin Gene*, Vol. 352: 82-85
22. Stewart, L. M., M. H. Hirst, M. López Feber, A. I. Menyweather, P. J. Clayley, and R. D. Possee, 1991, *Construction of an Improved Baculo Vrus Insecticide Containing an Insectspecific Toxin Gene*, Nature, Vol. 352:85-22.
23. Grodzcker T., J. Williams, P. Sharp and J. Sambrook, 1974, *Physical Mapping of Temperature Sensitive Mutations of Adenoviruses*, Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 39:439-446.
24. Smith J. S. S. and O. S. Smith, 1991, *Restrictions Fragment Length Polymorphisms can Differentiate Among U.S. Maize Hibrids*, Crop Sc. 31:893-899.
25. Melchinger A. E., M. M. Messmer, M. Lee, W. L. Woodman, and K. R. Lamkey, 1991, *Diversity and Relationships Among U.S Maize Inbreds Revelated by Restriction Fragment Length Polymorphisms*, Crop. Sci. 31:669-678.

26. Welsh J. and M. McClelland, 1990, *Finger Printing Genomes Using PCR with Arbitrary Primers*, Nucl. Acids Res. 18:7213-7218.
27. Williams J. G., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski and S. W. Tingey, 1990, *DNA Polymorphisms Amplified by Arbitrary Primer are Useful as Genetic Markers*, Nucleic Acids Res.: 18:6531-6535.
28. Fischer M., S. Azpíroz S. and D. Hoisington, 1991, *Comparison of RFLP and RAPD Technologies for Analysing Genetic Diversity in Open-pollinated Maize Varieties*, The International Society for Plant Molecular Biology, Third International Congress Molecular Biology of Plant Growth and Development Tucson, Arizona.
29. Kelly, J. D., R. Stavely, P. Miklas, L. Afanador, and S. D. Haley, 1993, *Pyramiding Rust Resistance Genes Using Rapd Markers*, Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 36:6-167.
30. Lambert, B., and M. Peferoen, 1992, *Insecticidal Promise of Bacillus turingiensis*, BioScience, American Institute of Biological Sciences V. 42(2):112-122
31. Quemada, H. D., D. Gonsalves, and J. L. Slightom, 1991, *Expression of Coat Protein Gene from Cucumert Mosaic Virus Strain C in Tobacco: Protection Against Infections by CMV Strains Transmitted Mechanically or by Aphids*, Phytopathology v. 81(7): p 794-802.
32. Navikova, N. and V. Safronova, 1992, *Transconjugants of Bacterium Rediobacter Habouring Sym Genes of Rhizobium Galegae Can from an Effective Symbiosis with Medicago Sativa*, F. E. M. S. Microbiology Letters, Federation of European Microbiological Societies, Ed. Elseiver Science Publisher V. 93(3):p 261-268.
33. Rasanen, L. K., U. Heikkila-Kallio, L. Suominen, P. Lipsanen, and K. Linstrom, 1991, *Expression of Rhizobium Galegae Common Nod Clones in Varius Backgrounds*, Molecular Plant Microbe Interaction V. 4(6) P 535-544.

## Bibliografía adicional

- Bartley, D., L. Denis and M. Backert, 1989, *Comparison of the Aptitude for anter Culture in Some Androgenic Doubled Haploid Maize Lines*, Maydica 34:303-308.
- Clapham, D., 1971, *In vitro Development of Callus from de Pollen of Lolium and Hordeum*, Z. Pflanzenzucht 65:285-292
- Coyne, D. P., 1964, *Species Hybridization In Phaseolus*, J. Hered 55:5-6.
- Cuyang, T. W., H. Hu, C. C. Chuag and C. C. Tzeng, 1973, *Inductions of Pollen Plants from Ant-hers of Triticum Aestivum L. Cultured in vitro*, Sci. Sinica 16:79-95.
- Grimsley, N., Y. T. Hohn, J. W. Davis and B. Hohn, 1987, *Agrobacterium Mediated Delivery of iNfections Maize Streak Virus into Maiza Plants*, Nature 325: 177-179.
- Herrera-Estrella L., A. Depicker, M. Van Montagu, and J. Schell, 1983, *Expression of Chimaeric Ganes Transferred into Plants Using a Ti-plasmid Vector*, Nature 303:209-213.
- Nakata, K. and M. Tanaka, 1968, *Differentiation of Embryos from Developing Germ Cells in Ant-her Culture of Tobacco*, Jap. J. Genet. 43:65-71.
- Rogers S. G., R. B. Horsch and R. T. Fraley, 1985, *Gene Transfer in Plants: Production of Trans-formed Plants Using Ti-plasmid Vectors*, In Methods for Plant Molecular Biology, A. Weisbch and H. Weissbach (Eds), Acad. Press New York, 423-436. .

# BIOTECNOLOGIA AGRICOLA

*Federico Sánchez*  
Instituto de Biotecnología, UNAM  
*Ernesto Moreno*  
Instituto de Biología, UNAM

---

## Introducción

La biotecnología ha sido practicada por el hombre desde hace milenios, cuando el hombre empezó a domesticar las plantas silvestres y las convirtió en las plantas que ahora son la base de la alimentación; e igualmente cuando puso a trabajar a ciertos microorganismos en la obtención de algunos alimentos y bebidas.

En esas actividades biotecnológicas, el hombre no tenía los conocimientos básicos de los fenómenos biológicos involucrados que manejaba, pero si tenía la sabiduría necesaria para inducir los cambios que le beneficiaban con la obtención de nuevos alimentos o productos. A medida que el hombre avanzó en el conocimiento de la biología de las plantas y de los microorganismos, las técnicas empleadas se han ido mejorando, hasta llegar a las que ahora permiten la manipulación de las características genéticas a nivel molecular.

En las últimas décadas hemos sido testigos del nacimiento y consolidación de la biotecnología moderna. El surgimiento de esta nueva etapa de la biotecnología se da como resultado del desarrollo de la biología molecular, disciplina que permitió descifrar hace cuarenta años la estructura del DNA, material genético de los seres vivos, así como el entendimiento de los mecanismos para traducir la información genética residente en el DNA. Posteriormente, surgieron las técnicas para el manejo del DNA recombinante (ingeniería genética), que permiten aislar y manipular el material genético e inclusive trasplantar DNA entre especies. Estos conocimientos sobre el DNA, las proteínas, así como los métodos y técnicas para su manipulación han

permitido hoy en día tener una buena imagen, a nivel subcelular, bastante precisa del funcionamiento de la célula.

Como resultado de estos avances de la biología molecular y del desarrollo de técnicas cada día más sofisticadas y precisas se llegó a la conclusión de que ahora el enfoque y la solución de problemas biológicos, que antes se abordaban con disciplinas aisladas y con herramientas y métodos muy particulares, debe ser de tipo multidisciplinario, en donde a través del concurso y de la convergencia de muy variados conocimientos y herramientas, pueden vislumbrarse las posibilidades de éxito para abundar en el conocimiento científico que conlleve finalmente a la solución de los problemas alimentarios y del bienestar general del hombre.

### **La Biotecnología moderna como área prioritaria y estratégica para el desarrollo agrícola de México**

Es claro que al tener en nuestro país y en el mundo entero una gran demanda de tecnología adecuada, limpia y competitiva para resolver problemas relevantes en el sector agrícola, el desarrollo de la biotecnología moderna es un asunto prioritario. Por ello, consolidar grupos de investigación científica de frontera, como plataforma fundamental para la generación de tecnología en las universidades y otras instituciones de investigación superior, resulta de alta prioridad. Si no contamos en México con estos grupos, no tendremos la capacidad para generar nuestra propia tecnología biológica, ni la capacidad de interlocución que se requiere con las instancias de planificación del desarrollo armónico del país.

Por lo tanto, la biotecnología moderna es una área estratégica para el desarrollo de nuestro país y una de las razones básicas que apoyan esta aseveración es la siguiente:

México es la cuarta región del planeta más rica en cuanto a recursos naturales renovables, es decir con una gran diversidad genética. Tenemos en nuestro país animales, plantas, insectos y microorganismos que no existen en ningún otro lugar del planeta y que, a diferencia del petróleo (cuya explotación y comercialización ha sido fundamental para el desarrollo de la economía son recursos renovables que nos podrían permitir plantear estrate-

gias, con la aplicación de la biotecnología moderna, para el uso racional y a largo plazo de estos recursos, con beneficios económicos, sociales y ecológicos de gran relevancia para nuestro país.

En diversos foros se ha señalado que México, al igual que otros países, requiere de tecnologías competitivas y con un impacto mínimo o nulo sobre los ecosistemas; el poder contar con la capacidad para desarrollar nuevos procesos y/o productos dentro de este campo, permitirá mayor autosuficiencia en cuanto a la elaboración de productos básicos para el bienestar del mexicano (por ejemplo, alimentos, vacunas, eliminación o reducción de contaminantes, etcétera).

El carácter multidisciplinario de la biotecnología permite una rápida generación de nuevos procesos y/o productos, presentando la oportunidad de impactar a varios sectores. De tal manera que el conocimiento generado por los biotecnólogos del área médica pueden ser utilizados por los de la agropecuaria; además los conocimientos generados en una disciplina o en un área pueden tener un efecto sinérgico cuando se combinan con otros desarrollos.

Si permitimos y aseguramos la consolidación de la biotecnología moderna mexicana, generaremos con ello, la capacidad de desarrollar nuevos productos y tecnologías biológicas, a partir de nuestros abundantes recursos naturales. Lo anterior, por una parte, deberá permitir incorporar elementos que propiciaran la solución de varios de nuestros problemas importantes y, por la otra, proyectar internacionalmente a nuestro país a través de definir nuevas estrategias de desarrollo mediante el uso de productos biológicos novedosos y con ello, participar en el concierto internacional científico y comercial.

### **Tendencia de la biotecnología moderna a nivel internacional**

La tendencia a nivel internacional es la de generar conocimientos de frontera para:

- a) El desarrollo de nuevos procesos u optimización de los existentes, con el objetivo de generar tecnología limpia, económica y técnica-

mente viable, que permita obtener mayores rendimientos y una utilización respetuosa e inteligente de los recursos naturales renovables; y,

- b) El desarrollo de productos, de alta calidad y competitividad que no alteren el medio ambiente.

Hasta el momento actual a nivel mundial, el impacto de la biotecnología moderna ha sido mayor en el sector de la salud particularmente la humana, seguida por el de la **agricultura**.

Sin embargo, se vislumbra un impacto importante muy próximo en otros sectores tales como el industrial y el del tratamiento de la contaminación ambiental.

Por otro lado, es importante resaltar que la biotecnología moderna se ha desarrollado a ritmos y con enfoques diferentes en los países industrializados. Esta evolución ha estado influenciada principalmente por los siguientes factores:

- 1) La existencia de una infraestructura científico-tecnológica, así como la disponibilidad de recursos humanos altamente calificados;
- 2) La participación del gobierno para apoyar directa o indirectamente, la generación de conocimiento, a través de investigación de frontera y su aplicación en el desarrollo de tecnología que, a su vez, posibilite la instalación de nuevas industrias y/o el fortalecimiento de las existentes;
- 3) La participación sustancial y comprometida del sector industrial en el proceso de investigación como el elemento fundamental para renovar y diseñar tecnología competitiva. En este sentido, la vinculación con las Universidades y otras instituciones de investigación ha sido una vía muy importante para propiciar y sustentar este desarrollo. En este aspecto el papel que los Gobiernos de diferentes países han jugado, a través de estimular fiscalmente esta situación ha tenido un papel también fundamental; y,

- 4) La disponibilidad de capital de riesgo para la instalación de nuevas empresas biotecnológicas, esto particularmente en los Estados Unidos ya que en Japón y Europa han sido otros esquemas los que han favorecido el desarrollo de nuevas empresas.

### **La biotecnología moderna en México**

Los grupos de investigación en el campo de la biotecnología moderna, se encuentran ubicados casi en su totalidad en universidades o centros de investigación y educación superior.

Las principales instituciones en las que se ubican estos grupos de trabajo son: la Universidad Nacional Autónoma de México, en particular, la Facultad de Química y los Institutos de Biotecnología, Biología, Investigaciones Biomédicas, y Fisiología Celular; el Instituto Politécnico Nacional, en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (Unidades D. F. e Irapuato). La Universidad Autónoma Metropolitana, plantel Iztapalapa; la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas; la Universidad Autónoma de Chapingo y el Colegio de Posgraduados de Chapingo; el Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán la Universidad Autónoma de Nuevo León el Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias y el CICESE de Baja California.

### **Áreas estratégicas en la biotecnología moderna para la agricultura**

- ***Marco de referencia***

La **agrobiotecnología** se puede definir como la aplicación de la biología molecular y de técnicas especiales, tales como el cultivo de tejidos y la ingeniería genética, con el propósito de modificar tanto a organismos vivos como a materiales para producir bienes y servicios, a partir de actividades agropecuarias.

La biotecnología moderna, junto con la investigación agropecuaria y forestal "tradicionales", ofrecen un potencial enorme para el mejoramiento de procesos biológicos a nivel industrial. Puede permitir el desarrollo de cultivos con mayores rendimientos cuantitativos y cualitativos, en beneficio de la disponibilidad de alimentos y de mejor calidad nutricional. Este enfo-

que hace factible el mejoramiento genético de plantas resistentes a enfermedades, insectos y a condiciones adversas ambientales (sequía heladas, etcétera). A través de este nuevo enfoque científico se puede reducir el uso de agroquímicos, fertilizantes y pesticidas. En la producción animal, su potencial más inmediato se refleja en el desarrollo de vacunas y sistemas de diagnóstico para el control de enfermedades que afectan la economía del productor y del país.

La biotransformación el uso de organismos y de sus metabolitos, ofrece oportunidades para el desarrollo de nuevos productos, para el tratamiento y uso de desechos agropecuarios y el uso de recursos renovables para la producción de energéticos.

***Se considera que la principal tendencia de la biotecnología moderna en el sector agrícola, es el desarrollar una agricultura competitiva que mantenga un balance entre la productividad y la preservación del medio ambiente y que genere simultáneamente productos de alta calidad nutricional y sanitaria.***

En estos días la actividad agrícola en México es poco rentable, particularmente en alimentos básicos (maíz, frijol). Lo anterior se debe, entre otros aspectos, al debilitamiento del aparato productivo en el sector agropecuario y a la desigual competencia en el mercado internacional de estos productos, por la alta tecnología empleada y por los subsidios proteccionistas de los países desarrollados hacia sus actividades agrícolas.

Esto genera como resultado la necesidad de importar básicos, con la consecuente pérdida de divisas y una desfavorable situación estratégica del país.

Los cambios estructurales, la apertura de fronteras comerciales y un nuevo orden económico mundial, basado en el avance científico y la innovación tecnológica, obliga a nuestro país a reforzar su planta científica y generar tecnología agropecuaria competitiva a nivel internacional, hacia la obtención de productos agropecuarios generados con el mínimo de insumos nocivos para el ecosistema y la salud. Esto implica considerar nuevas estrate-

gias no contempladas hasta ahora en la política agropecuaria nacional, que debe sustentarse en los avances logrados en la investigación agrícola de sus instituciones.

Para lograr un desarrollo competitivo del sector agropecuario, es necesario reforzar la investigación básica con programas sólidos en fisiología vegetal y animal, en bioquímica, en genética y biología molecular, dentro de las disciplinas agropecuarias como lo son la entomología, la fitopatología, la relación planta-suelo-agua. Lo mismo se puede señalar en el área pecuaria, en particular en aspectos de mejoramiento genético, patología, etcétera.

La solidez, rapidez y profundidad con que se generen estos conocimientos básicos, definirá la velocidad con que la biotecnología moderna impacte al sector agropecuario y forestal.

Gracias a los avances actuales y perspectivas de la Biotecnología Moderna se deberá estimular la investigación en la solución de los problemas de la agricultura y la ganadería; este esfuerzo deberá ser dirigido a ciertas áreas de particular importancia, entre ellas:

- Identificación de genes, la gran diversidad biológica de nuestro país permitirá identificar y utilizar genes de importancia para la agricultura;
- Investigar la estructura y función de los productos de los genes en el metabolismo y en el desarrollo de características agronómicas importantes;
- Desarrollo de técnicas para el cultivo de células, regeneración de plantas, manejo de embriones; y además,
- Investigar y entender el comportamiento y el efecto de los organismos transgénicos en los ecosistemas naturales y agrícolas.

Considerando todos los elementos anteriores, a continuación se señalan algunas de las áreas que se consideran estratégicas para el sector agrícola.

## **Áreas estratégicas de la biotecnología moderna para el sector agrícola**

- ***Aumento de la productividad y calidad de productos agrícolas***

En esta área, varios son los campos en donde es importante hacer coincidir esfuerzos relevantes de la investigación biotecnológica moderna, lo cual favorecerá su desarrollo y consolidación y a la vez dará frutos que impulsarán el desarrollo de una de las actividades básicas del hombre, la agricultura.

*a) Semillas híbridas*

Es de gran importancia la obtención de plantas macho estériles, ya que éstas permiten reducir costos en la producción de semillas mejoradas y evitan la contaminación genética de los híbridos comerciales, la ingeniería genética juega en esto, un papel fundamental.

*b) Desarrollo de plantas transgénicas resistentes a plagas de insectos, enfermedades, y herbicidas*

La ingeniería genética de plantas está permitiendo el desarrollo de plantas transgénicas resistentes a diferentes factores nocivos a la producción agrícola, como los arriba citados.

*c) Control de crecimiento y del desarrollo de las plantas y sus frutos*

Como ejemplo de esto cabe mencionar que ya se ha considerado la posibilidad de controlar el retardamiento de la maduración de frutos como el jitomate, lo cual podrá hacerse extensivo a otros frutos como el aguacate, el plátano y otras frutas tropicales, de gran importancia comercial y social para nuestro país.

*d) Desarrollo de cultivares con altos rendimientos*

Existe el potencial de incrementar los rendimientos por unidad de su-

perficie, considerando un menor uso de insumos agrícolas, o es de vital importancia en la agricultura moderna, sobre todo para mantener esta actividad dentro de un marco comercial de competitividad, tanto nacional como internacional.

*e) Desarrollo de cultivares con mayor calidad nutricional o con mayor valor agregado*

Es posible expresar genes en semillas que codifiquen para proteínas con mayor contenido de aminoácidos esenciales, deficientes en la mayoría de los granos básicos, tales como cisteína y metionina para leguminosas y lisina y triptofano para cereales. También se pueden producir en plantas transgénicas con proteínas de un elevado valor agregado, como son algunas hormonas y péptidos bioactivos.

*f) Mejoramiento de oleaginosas*

La industria demanda actualmente un incremento en la producción de aceites con características y calidad particulares, o tendrá un impacto muy importante y para ello, es necesario incrementar el estudio **básico de la genética y bioquímica de la biosíntesis** de lípidos en plantas.

En México existen algunos laboratorios que pueden ser apoyados para desarrollar esta capacidad.

*g) Preservación de la cantidad y calidad de los granos y semillas durante su almacenamiento*

Una forma de aumentar la disponibilidad de alimentos, equivalente a producir mayores cosechas, es evitando el deterioro cuantitativo y cualitativo de los granos y de las semillas, después de la cosecha, durante su almacenamiento.

Entre los problemas más importantes de los granos están los hongos productores de aflatoxinas, que se desarrollan en zonas semitropicales y tropicales, en donde se encuentran enclavados los países con menor desarrollo tecnológico y con mayores carencias económicas, de infraestructura física y

de recursos humanos para la realización de la investigación necesaria para resolver los problemas de postcosecha.

La ingeniería genética puede contribuir a la introducción de genes que confieran resistencia a insectos y a hongos en granos almacenados de importancia económica, como lo son el frijol, el maíz, el trigo y el arroz que son motivo de este foro. Ejemplo de esto es el caso de la proteína de almacenamiento, con propiedades insecticidas contra los gorgojos del frijol.

El desarrollo de sondas de diagnóstico para detectar la presencia de patógenos específicos en semillas, es un área de gran relevancia para una producción agrícola que sea menos afectada por los agentes causales de enfermedades, que son la causa de severas pérdidas económicas para los propios agricultores y por ende para la economía del país

- ***Disminución en el tiempo y costo de los programas de fitomejoramiento***

En el fitomejoramiento tradicional se cruzan plantas, dando como resultado que decenas de miles de genes se mezclen, por lo que se requiere un gran esfuerzo y tiempo para obtener la recombinación deseada de genes que darán a los híbridos las características buscadas. La ingeniería genética, en combinación con las técnicas del fitomejoramiento tradicional, ofrece un panorama muy prometedor para el desarrollo en tiempos más cortos, de nuevos genotipos de los cultivares de importancia estratégica para la alimentación de nuestra población y para la exportación de productos agrícolas de alta calidad, que se pueden producir en México con mayores ventajas, dadas las condiciones climatológicas favorables para su cultivo, con particular énfasis en los cultivos tropicales que por razones obvias no pueden ser aún cultivados en los países nórdicos.

Mediante la combinación de técnicas tradicionales de micropropagación con transformación genética, es posible acelerar el crecimiento y vigor de plantas libres de virus y patógenos. En particular se ha logrado un gran avance en el conocimiento básico de la producción y acción de hormonas vegetales y en las bases moleculares de los mecanismos de defensa de las plantas a microorganismos patógenos.

- **Desarrollo de biopesticidas y control biológico de plagas y enfermedades**

Otra estrategia para aumentar la producción y calidad de los productos agrícolas y evitar un deterioro del medio ambiente, es sustituir la utilización de pesticidas químicos con **aquellos de origen biológico**.

Algunas estrategias en esta área se mencionan a continuación:

- Las feromonas son utilizadas en el manejo de plagas de insectos con propósito de trampeo, monitoreo y estudio de poblaciones;
- Las hormonas juveniles son utilizadas para evitar la maduración de las larvas;
- La bacteria *Bacillus turingiensis* produce toxinas potentes que son bioinsecticidas de gran importancia económica. Estas toxinas son muy específicas para determinadas especies de insectos. Una de las tendencias actuales es transferir a las plantas los genes que codifican para estas toxinas, modificadas por medio de la ingeniería genética para ampliar su espectro y aumentar su efectividad; y,
- El uso de patógenos naturales contra plagas, entre los que se encuentran bacterias virus y hongos, han sido utilizados como agentes de control biológico.
- La biotecnología moderna facilita el manejo de esos agentes patógenos de plagas de cultivos económicamente importantes. Los hongos del genero *Trichoderma* tienen un gran potencial como agentes contra hongos patógenos del suelo; por otra parte los baculovirus, que son virus de insectos en cuyo genoma es posible clonar genes de patogenicidad, representan una gran promesa, ya que no infectan a los vertebrados ni a las plantas.

La tendencia actual de la agricultura moderna es la de alcanzar una agricultura sustentable a través de preservación del medio ambiente, de la sustitución parcial o total de insumos químicos por biológicos (bioinsectici-

das y fijación de nitrógeno) combinada con la práctica de actividades agrícolas más racionales, con respeto a los ecosistemas. Esto resulta ser ya una tendencia adoptada por algunos de los ministerios de agricultura de los países avanzados. La biotecnología moderna en este sentido ya ha empezado a dar frutos promisorios, no sólo contribuyendo con la producción de bioinsecticidas, sino también con la obtención de cultivares transgénicos de algodón, tabaco y papa, resistentes o tolerantes a los virus y ciertas plagas de insectos, los cuales podrán ser comerciales a mediados o finales de la década.

- ***Evaluación y utilización racional y respetuosa de la diversidad biológica y genética de los recursos vegetales***

Como es bien conocido, México esta enclavado en una de las regiones del planeta con mayor diversidad biológica y por lo tanto genética. A este respecto, la biotecnología moderna ha contribuido recientemente a evaluar y a presentar planteamientos de uso racional de los mismos mediante el uso de técnicas moleculares, como son la generación de mapas de ligamiento por el polimorfismo de los tamaños de fragmentos de restricción (RFLPS), la amplificación al azar de secuencias repetidas (RAPS) y la reacción de polimerización en cadena (PCR), las cuales permiten junto con las técnicas tradicionales del fitomejoramiento, la identificación más expedita de genotipos deseables y la manipulación de caracteres genéticos cuantitativos, que son la mayoría de las características agronómicas de importancia, como son la tolerancia a la sequía, la resistencia a plagas y la fijación del nitrógeno, por mencionar algunas.

- ***Estudio de plantas como modelos genéticos***

Aunque tradicionalmente la genética del maíz del jitomate son de las más avanzadas, recientemente se ha impulsado mucho el estudio básico de la fisiología y genética molecular de *Arabidopsis thaliana*, planta cuyo genoma está completamente mapeado y se tienen planes para obtener su secuencia de nucleótidos completa en menos de una década. El conocimiento generado en el estudio de esta planta modelo, permitirá en un futuro la manipulación con mayor facilidad de genes entre cultivares dentro y fuera de una determinada especie.

- ***Desarrollo de la virología vegetal moderna***

Uno de los avances más importantes que se han dado en la biología molecular de plantas, ha sido el entender cómo se replican y diseminan las infecciones virales en plantas. Estos estudios han llevado a generar plantas transgénicas con umbrales superiores, para presentar síntomas virales. Esto tiene una importancia económica enorme, ya que en algunos cultivos, como en las solanáceas, éstos son una de las causas más frecuentes de pérdidas en dichos cultivos.

Las plantas que resultan tolerantes lo hacen debido a que expresan una proteína de la cápside del virus, con lo cual se inhibe su replicación. Las bases de este descubrimiento se fundamentan en un antiguo principio usado por los fitopatólogos para proteger a los cultivos mediante la infección previa con virus atenuados, el cual es conocido como "protección cruzada".

- ***Desarrollo de plantas transgénicas que requieran menos agua y fertilizantes para su desarrollo***

A través de este documento se ha esbozado el panorama y el potencial de la biotecnología moderna en el desarrollo del campo mexicano y por lo tanto de la producción primaria de alimentos de origen vegetal, los que requieren **agua y energía** para su producción y transformación en productos más elaborados y competitivos en el mercado nacional e internacional. En relación a esto, la Biotecnología tiene un tremendo potencial para generar plantas que requieran menor cantidad de agua y que a la vez tengan una mejor capacidad de aprovechamiento de los fertilizantes, para transformar esos elementos en frutos con características especiales, de acuerdo a la demanda del consumidor. Esto cobra particular importancia en el caso de nuestro país, en donde la falta de agua es el principal problema que limita la producción agrícola y pecuaria.



*El Agua y la Energía en la Cadena Alimentaria: Granos Básicos*, editado por los Programas Universitarios de Energía y Alimentos y el Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. La Edición consta de 1 300 ejemplares impresos en papel cultural de 90 g para interiores y couché de 210 g para los forros. Se terminó de imprimir en Impresiones MBL en octubre de 1994.

Diseño: Rodolfo Cano Ramirez

Biblioteca "Mtro. Jesús Silva Herzog

HD9044.M62 A48



28427



Investigación en la Cadena Alimentaria: Granos Básicos

