

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA AGRICULTURA SUSTENTABLE DE MAÍZ EN MÉXICO

María de Jesús Mestiza Rojas¹

A 10 años de implementado el Tratado de Libre Comercio para América Latina, la producción de maíz se incrementó ligeramente aún cuando la superficie sembrada disminuyó un poco más de la mitad de lo que había crecido el periodo anterior. Aún cuando los efectos esperados sobre la producción de granos durante el TLCAN fueron amortiguados por los subsidios ya sea a la producción y/o a la comercialización que el gobierno federal diseñó e implementó durante el llamado periodo de transición hasta el 2008, el cultivo de maíz para consumo humano perdió terreno frente a las importaciones de maíz amarillo de uso agroindustrial. En esta lógica, los efectos netos de la apertura serán evidentes una vez que se elimine el sistema de cupos de importación de maíz, y los apoyos de PROCAMPO y PROGRESA lleguen a su fin tal y como estaba planeado.

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

En este panorama, 2008 plantea retos importantes para la agricultura de maíz de temporal asociados no sólo en cuanto a su competitividad y productividad, sino en resolver el cómo lograr el incremento de la productividad sin afectar la capacidad natural de reproducción del suelo agrícola. La variable ambiental sin embargo, no está dentro de

¹ Doctora en Economía. Centro de Investigaciones China-México. Facultad de Economía. UNAM
jesusa7106@prodiqv.net.mx

las prioridades de los encargados de diseñar la política pública para el sector y sus consecuencias ambientales tienen efecto sobre todos los estratos de productores.

La liberación de las importaciones de maíz en el marco del TLCAN, productores agrícolas y responsables de implementar la política agrícola coinciden en apuntar como única solución al problema de la baja productividad el incremento en el uso de insumos (fertilizantes químicos y semilla mejorada) sin considerar otras posibilidades menos agresivas al ambiente, igualmente efectivas y, sobre todo, de menor costo. Los procesos de sustitución de insumos derivados de la energía fósil para la agricultura en México comienzan a ser relevantes de forma tardía para la literatura económica ante un mercado de fertilizantes químicos dominado por las importaciones, que se incrementaron 32% entre 1997 y 2004, a pesar de lo cual su consumo ha disminuido 30% (INIFAP, 2005) debido, principalmente, al incremento de los precios y a la desaparición de la empresa estatal FERTIMEX, quizás este hecho puede considerarse como benéfico para el suelo agrícola.

Algunos fundamentos de la sustitución de insumos de la Revolución Verde

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

El modelo es resultado de una combinación de intereses políticos y científicos que inició con la creación del CIMMYT en 1956 para desarrollar variedades de alta productividad de maíz y trigo (un modelo anterior al IRRI) y posteriormente con el Centro Internacional de Agricultura Tropical en Colombia y el International Institute of Tropical Agriculture en Nigeria. Tales sistemas de investigación y aplicación de tecnologías se consolidaron con la creación, durante la década de 1970, de tres grandes centros internacionales de investigación auspiciados por el Banco Mundial a través del Consultive Group on International Agricultural Research (CGIAR) cuyo objetivo, en opinión de la autora, fue el

desmantelamiento de los centros nacionales de investigación en el, entonces llamado, Tercer Mundo.

Aunque la tecnología de la RV se concentró en la investigación y desarrollo de variedades de semillas híbridas de alto rendimiento, el desarrollo de insumos relacionados (fertilizantes y pesticidas) de origen sintético fue el complemento necesario para que la productividad agrícola efectivamente creciera como estaba planeado.

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

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

La tendencia decreciente en el consumo de fertilizantes en la UE se debe a la implementación de programas específicos que desde 1985 controlan el nivel de oferta, la agricultura norteamericana ha experimentado un proceso similar aunque en menor grado. En AL la situación es distinta, así cuando el costo de la innovación biológica es menor que el costo de la innovación sintética, los agricultores con menores ingresos acceden a la primera casi sin considerar su efecto ambiental. Ramachanda y Martínez Alier (1997) demuestran que la restricción presupuestaria es la razón principal por la que el uso de fertilizantes químicos sea menor en los países pobres. Al relacionar la tierra disponible para la agricultura y el uso de fertilizantes químicos per cápita, encuentran que los países de América Latina presentan menores niveles de crecimiento del uso de fertilizantes per cápita agrícola en comparación a los países desarrollados utilizan mayor cantidad de fertilizantes químicos en una menor cantidad de tierra cultivable.

Aún cuando la FAO calcula que el uso de fertilizantes nitrogenados en el 2030 disminuirá en un 37%, excepto en China e India, el consumo total de este tipo de aditivo es significativamente mayor para todos los países que otro tipo como los fosfatados. La tendencia en el consumo mundial la imponen los fertilizantes nitrogenados que crecen muy por arriba de los fosfatados. En América Latina el consumo de fertilizantes nitrogenados está asociado a la producción de cultivos exportables (frutas y hortalizas) que, generalmente, son producidas bajo agricultura de contrato y requieren de cantidades y tipos específicos de fertilizantes químicos.

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

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

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

Eficiencia productiva de la tecnología de la RV

Ante este panorama de precios altos de los insumos, en los últimos 10 años el análisis económico ha dado cuenta de las experiencias agrícolas cuyo paquete tecnológico se aleja de la RV resaltando las bondades ambientales y económicas que distintos procesos de sustitución de insumos y prácticas han tenido lugar dentro de la producción agrícola orgánica, cuya rentabilidad está determinado por la creación de un nicho de mercado cuya entrada depende del cumplimiento de las reglas de certificación que garanticen el uso de insumos y prácticas amables al ambiente. El cumplimiento de tales normas permite a los productores obtener un precio mayor que responde, principalmente, al aprovechamiento de un nicho de mercado y, en teoría, al pago por los beneficios ambientales que la producción genera.

Sin embargo, al funcionar con barreras a la entrada, este mercado excluye por completo a un buen número de productores que por su paquete tecnológico contribuyen a la conservación del suelo agrícola y no son reconocidos por ningún mercado. Desde el lado de la economía la adopción de innovación tecnológica de este tipo ha sido poco estudiada, en cambio la literatura está dominada por el análisis de los sistemas de producción orgánicos, a pesar de ser marginal al ocupar 0.20% de la superficie sembrada total en el país.

Aún antes de la creación de mercados orgánicos, existen productores que se encuentran entre la producción orgánica y los sistemas convencionales para los que la adopción de tecnologías libres de agentes contaminantes, combinadas con insumos químicos, es un

proceso cotidiano y sin embargo no existe un mercado especial cuyos precios reflejen el cuidado del ambiente, este hecho los hace invisibles ante la sociedad y las instituciones como agentes de cambio ante la creciente degradación del suelo y diluye su capacidad de ser remunerados por los servicios ambientales que producen. Para la agricultura mexicana su estudio resulta de gran importancia no sólo desde el punto de vista de la conservación de los recursos naturales, sino además porque pudieran ser la generalidad del paquete que aplica la mayoría de los productores nombrados de subsistencia, para ellos el análisis de las consecuencias económicas y biológicas de la adopción de tales tecnologías, es escaso.

En términos generales, las posibilidades de sustitución de insumos de los productores responden a su restricción presupuestaria no importando el tamaño de la extensión ni el cultivo. Ahora bien, ¿qué tipo de insumos incorporan los productores?, la pregunta es difícil de responder puesto que no existen datos actualizados ni mucho menos históricos sobre el tipo de fertilizantes (biológicos o químicos) que se utilizan en la agricultura mexicana.

La entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) en 1987 reporta cambios en el tipo de insumos que se aplican en las unidades de producción agrícola, así, durante el periodo 1960-1976, los insumos adquiridos fuera del sector (de origen sintético) crecieron a un ritmo de 11.6% anual y de éstos destacan el crecimiento de alimentos balanceados y semillas certificadas que crecieron a un ritmo de 6.6 y 6.5% cada uno. En cambio, los insumos que se originan en la unidad (biológicos) lo hicieron a una tasa del 5.9%. Sin embargo, durante la etapa de crisis comprendida entre 1981 y 1984, la utilización de insumos provenientes de otros sectores de la economía se vieron seriamente afectados decreciendo a una tasa del -5.5% anual. En cambio los insumos provenientes del propio sector agropecuario tuvieron un crecimiento del 2%. Al respecto, el documento establece que ello estaría indicando que fue la política de ajuste la que en buena medida explica la desaceleración en el uso de insumos provenientes de fuera del sector agropecuario, dado que éstos son los beneficiados con la canalización de subsidios...se puede suponer que los productores comerciales fueron los que recibieron en mayor medida el impacto de dicha política por ser los que más emplean este tipo de bienes.

Desgraciadamente, la estadística sobre este punto a partir de la década de 1990 no hace diferencia entre insumos biológicos y sintéticos por lo que resulta difícil seguir la pista a estos datos, aunado a lo anterior está el hecho de que la regionalización del paquete tecnológico, en cuanto a insumos, es prácticamente imposible de realizar pues en la mayoría de los casos los datos para los Distritos de Desarrollo Rural no son seriados y se reportan datos para años distintos y cultivos. La falta de uniformidad de estadística para este tema es una carencia grave pues impide analizar con puntualidad la correspondencia entre la aplicación de insumos y el incremento y/o disminución de la productividad, tan socorrida al momento de argumentar la necesidad de incrementar la aplicación de fertilizantes químicos.

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

En el mismo sentido se expresan algunos productores de maíz de riego en Sinaloa² para el ciclo O-I 2003-2004. Para ellos el incremento de los precios de los fertilizantes nitrogenados significa una menor aplicación de éstos con el riesgo de disminuir el nivel de rendimiento. La distribución del fertilizante parece ser el principal problema pues el hecho de que tenga que aplicarse en un momento específico del proceso de siembra, determinado por el clima, provoca que las grandes distribuidoras acaparen el producto y lo distribuyan hasta el último momento antes del periodo de aplicación, manipulando con ello los precios. Otra cuestión importante es que las distribuidoras no venden el fertilizante a crédito y dado que su precio se mueve constantemente durante todo el año por los problemas de distribución, los productores se encuentran incapacitados para planear los gastos de la siembra y por tanto la disminución de costos puede ser imposible pues el

² Trabajo de campo, julio de 2005

riesgo de obtener un nivel menor de rendimientos por hectárea comparada con el ciclo anterior es muy alto.

Política pública para la difusión de tecnología

Lo que puede ser un recurso sin comprobar para justificar políticas públicas específicas también puede ser un argumento de fomento a la aplicación de tecnologías distintas a las de la RV de menor costo pero con los mismos efectos benéficos sobre el incremento de la productividad al incentivar a los científicos a desarrollar nuevos insumos acorde con las necesidades ambientales y productivas específicas para cada cultivo.

Muestra de ello son los resultados de instituciones de investigación pública para desarrollar insumos que contribuyan a la mejora de las condiciones de nutrición del suelo agrícola, sin embargo, una falla del diseño de las políticas de fomento a la innovación agrícola a partir de los procesos de desincorporación de las empresas estatales es la falta de seguimiento a tales desarrollos científicos en cuanto a la aplicación de los mismos en campo a pesar de su efectividad probada, situación que pudiera mejorar el aprovechamiento de las innovaciones.

Desde 1999 el modelo de innovación y difusión de tecnologías inducidas se concentra en Alianza para el Campo mediante el Subprograma de Investigación y Transferencia de Tecnología (SITT). Su objetivo es otorgar apoyos para generar tecnologías así como su transferencia y difusión. De acuerdo con la FAO3 (2005), el SITT busca mejorar la calidad de los productos agrícolas que se insertan en una cadena agroindustrial específica. El modelo de generación y difusión de la tecnología es distinto en cada estado puesto que la federalización de los recursos de Alianza permiten que los recursos sean utilizados de acuerdo a las prioridades y oportunidades que los gobiernos estatales identifican, a los que se suman recursos propios del estado y donde es posible financiar no sólo a las instituciones públicas de investigación, sino a otro tipo de organizaciones. Las tecnologías que se difunden son diversas, en 2005 por ejemplo, el Edomex subsidió fertilizantes químicos y semillas híbridas generados por investigadores del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX) junto con el CIMMYT y el INIFAP. Para ese mismo año en Sinaloa, el SITT se concentró en el apoyo y difusión de variedades de semillas híbridas junto con otras tecnologías para maíz que

³ http://www.evalalianza.org.mx/Eval2005/Resultados2005/PDFs/Nacional/InfEvalNal_ITT_2005.pdf

incluye la aplicación de fertilizantes químicos. Bajo este esquema, cada estado diseña y aplica un modelo de generación y difusión de tecnologías dependiendo de la cadena agropecuaria de importancia en la zona y de la capacidad de interacción de los agentes productores y consumidores de tecnología en las regiones y de la competitividad de los cultivos beneficiados.

Actualmente no existe una política específica para la fertilización, a pesar de ello desde 2004, SAGARPA ha establecido un subsidio al precio del amoníaco, fertilizante que se utiliza mayoritariamente en la producción de granos de alto rendimiento en el norte del país. A través del Programa de Apoyos a la Competitividad por Rama de Producción, SAGARPA diseñó el Apoyo a Insumos Estratégicos con dos objetivos, el primero la satisfacción de las necesidades de abasto de fertilizantes químicos a menor precio para reducir los costos de producción de granos de alto rendimiento y mejorar con ello su competitividad. En segundo lugar se buscó reactivar la producción de gas natural, principal insumo del amoníaco, pues ante la desaparición de FERTIMEX los precios del amoníaco se han duplicado debido a que son importaciones que tienen problemas de transporte desde los puertos de llegada hacia los centros de consumo.

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

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

⁴ Reglas de operación, DOF del 4 de septiembre de 2003, p. 256

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

Política pública para la conservación del suelo

A diferencia del modelo de la RV en donde el proceso de incorporación de insumos químicos fue un proceso inducido por el Estado, el modelo actual deja abierta la posibilidad de incorporar las tecnologías a la decisión de los funcionarios locales, si bien esto tendría que atender las necesidades agroambientales de las diversas zonas productivas sin descuidar el incremento de la productividad, en la práctica, todo indica que las decisiones se siguen tomando bajo el esquema de la RV. Aún así, podemos encontrar experiencias distintas dentro del mismo esquema de difusión de tecnologías que promueven la sustitución de insumos químicos por biológicos como una forma de disminuir costos de producción que por razones ambientales, pero que al utilizar insumos diseñados para lograr ambos objetivos resultan en casos exitosos y se pueden calificar de viables en términos económicos y ecológicos.

En este sentido, desde finales de la década de 1990 la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA), ha implementado algunos programas de apoyos que fomentan la sustitución de las tecnologías de la RV.

En 1999 Alianza para el Campo subsidió al 100% un biofertilizante, elaborado por la UNAM, que fue entregado a los beneficiarios a nivel nacional pero que al no tener acompañamiento técnico fue aplicado de forma incorrecta y en consecuencia, los resultados no fueron satisfactorios. De tal experiencia el registro de datos correspondiente a la superficie fertilizada por los beneficiarios de Alianza no hace diferencia entre la aplicación de un biofertilizante o de fertilizante químico. Considerados como biofertilizantes microbianos⁵, su uso fue recomendado en Cumbre de la Tierra de Rio de Janeiro en 1992 al considerarlos ambientalmente seguros, factibles a nivel científico y técnico y proveer de beneficios tangibles a los usuarios, pues mejoran la disponibilidad y transporte de nutrientes, favorece además el crecimiento de las raíces, la fijación de

⁵ En 1985 se les llamaba inoculantes, en 1978 fertilizantes bacterianos y en 2000 se les nombró biofertilizantes.

nitrógeno, la solubilización de minerales, la producción de estimuladores del crecimiento vegetal y el biocontrol de patógenos. Actualmente en México se utilizan tres tipos de bacterias: *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium etli*, *Bradyrhizobium japonicum* y el hongo *Glomus intraradices*, aún cuando su desarrollo en nuestro país es reciente, el estudio de bacterias de este tipo se remonta a la década de 1970 como resultado de la crisis energética en algunos países europeos y asiáticos. (Aguirre Medina, 2003)

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

La innovación tecnológica en este campo sin embargo, no ha sido una prioridad de la política pública a nivel federal. A pesar de que el 7 de diciembre de 2001 se publica la Ley de Desarrollo Rural Sustentable bajo la cual debieron diseñarse una serie de instrumentos económicos para la agricultura donde uno de sus objetivos es preservar la base de recursos naturales y la biodiversidad mediante su uso sustentable, es hasta 2005 que el gobierno federal a través de la SAGARPA diseñó una forma de

financiamiento público dirigido a unidades de producción que busquen reconvertirse hacia la producción orgánica o bien estén en proceso de certificación. Operado por el Fideicomiso de Riesgo Compartido para la Agricultura (FIRCO) por medio del Programa de Apoyos e Incentivos a Sistemas Orgánicos y/o Sustentables de Producción dentro del Fondo de Riesgo Compartido para el Apoyo a los Agronegocios, otorga desde 2005⁶ financiamiento a organizaciones de productores que se encuentren en proceso de reconversión a la agricultura orgánica y/o en proceso de certificación

A partir de la década de 2000 la experiencia de las políticas estatales es distinta, algunos estados de la república a través de sus gobiernos locales han impulsado el cambio de paquete tecnológico a partir de 2004 basado en la sustitución de insumos químicos por biofertilizantes desarrollados por instituciones de investigación pública. Los gobiernos de Michoacán, Guerrero, Puebla y Distrito Federal (DF) cuentan con programas que fomentan la producción alternativa, aunque los instrumentos de política son distintos en todos los casos, la innovación tecnológica que se promueve y apoya es la sustitución de insumos. El caso del DF es distinto a los anteriores puesto que es la primera entidad en México que cuenta con una norma ambiental para la agricultura ecológica del suelo de conservación del Distrito Federal (NADF-002-RNAT-2002). Se trata de lineamientos técnicos que deben seguir las unidades de producción que así lo decidan para lo cuál tienen acceso a un financiamiento a fondo perdido renovable cada ciclo productivo mediante el cuál podrán cumplir con lo establecido en la norma y obtener así la certificación orgánica (Sello Verde) que el Gobierno del DF emite. Esta norma certifica a los productores como orgánicos sin que los lineamientos sean aceptados en su totalidad por IFOAM u otras agencias certificadoras por lo que los productores no acceden a mercado de exportación y/o ocales en donde obtengan un precio mayor.

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

La Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla (SDR) a través del Departamento de Fertilización promueve el uso del biofertilizante de la BUAP desde 2000. Después de haber participado en el programa de biofertilización nacional de 1999 a través de Alianza

⁶ Reglas de Operación en el DOF del miércoles 2 de marzo de 2005, p.25

para el Campo, en 2000 la SDR inicia la distribución del BiofertiBuap como un proyecto piloto. En ese año, se entregó de forma gratuita a cinco mil productores principalmente en los Valles altos (Libres, Grajales, Acajete, Aljojuca, San José Atenco, Cd. Serdán) para la producción de maíz, sorgo y cebada, se observó entonces un incremento de la productividad en 20%. Junto con la entrega del BiofertiBuap se da capacitación para la aplicación y se hace énfasis en el costo en comparación al químico

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

De los cinco mil productores a los que les entregó el bf en 2000, en 2005 sólo 1,200 continuaron con la aplicación, en opinión de los funcionarios esto se debe a la falta de acompañamiento del proceso de aplicación.

Bajo este esquema, en 2006 se cubrieron 85 000 hectáreas en el estado, y se buscó que se generaran procesos de sustitución hasta en un 90% de insumos orgánicos distintos al bf, sin embargo, no hubo productores que lo aplicaran porque fue un buen año agrícola y decidieron no aplicarlo. En 2007, por el recorte de presupuesto, se espera cubrir 65 000 has que representan el 5% del total del estado y para el caso particular del bf se espera que se sustituya un 20% de la fertilización química con bf. Para 2008 está planeado que sí se entregue el bf a los productores mediante un subsidio de 50% al precio de mercado. Desafortunadamente, no existe un seguimiento puntual por parte de la Secretaría de Desarrollo Rural (SDR) que indique el efecto sobre el nivel de productividad del maíz de temporal gracias a la sustitución de insumos. La falta de personal y de presupuesto es su principal razón para no realizar este seguimiento.

Productos de investigación y desarrollo con recursos públicos

A pesar de ello, aún cuando no existan instrumentos específicos de política pública para inducir a la sustitución, en el estado de Puebla existen productores que aún antes que la SDR tratara de inducir la sustitución han estado aplicando insumos bajo la guía técnica del personal del Departamento de Microbiología de Suelos de la Universidad Autónoma de Puebla quienes elaboran el producto Biofertiup con la bacteria *Azospirillum brasilense* el Biofertiup gracias al trabajo de extensionismo que realizan los propios investigadores con intereses científicos antes que comerciales. Este tipo de inducción y seguimiento a las aplicaciones tecnológicas que promueven la conservación del ambiente pero que no tienen un referente en precios y se comercializa en un mercado convencional tienen un impacto cuantificable en los costos de producción. Así por ejemplo, la producción de maíz de temporal en los municipios de Acajete y Tecuitlapa en los valles altos del Estado de Puebla para los años 2001 y 2002, cuyo paquete tecnológico se compone de fertilizante químico, Biofertiup y semilla criolla lograron una reducción de costos totales, comparados con un testigo que no aplicó Biofertiup, de 30% para el primero y de 32% para el segundo, con esta estructura de costos, los productores sin embargo no incrementan su nivel de rendimiento pues la sustitución del insumo mantiene el nivel de producto anterior a la innovación, la viabilidad ambiental se traduce en el ahorro que les representa la sustitución de insumos, el precio del Biofertiup es el único aliciente que encuentran los productores para convertirse en alternativos, los precios del producto final no son un indicador para la toma de decisiones.

Usando como referente los precios deflactados de la tonelada de maíz en la zona, la relación costo-beneficio de la innovación tiene ventajas por sobre la agricultura convencional. En 2001 el precio por tonelada en la región fue de \$1654.54 lo que implica una pérdida de \$1292.26 por tonelada comercializada, los productores que sustituyen insumos pierden el 44% de su inversión, para el testigo en cambio, a pesar que tiene un rendimiento mayor que los productores alternativos (3.5 tn/ha), tiene una pérdida de 60% resultado de costos de producción mayores debido a la aplicación de fertilizantes químicos. Lo anterior significa que los productores innovadores tienen menores pérdidas respecto a los que usan la tecnología de la RV, aún cuando los productores alternativos comercializan en el mercado convencional, la innovación tecnológica los hace más competitivos que la producción basada en la RV, lo anterior sólo si el precio del Biofertiup se mantienen por debajo de los fertilizantes químicos.

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

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

Estas condiciones de baja difusión de innovación tecnológica aunado a la posición de los productores de maíz como tomadores de precios en un mercado con un alto grado de incertidumbre, permiten concluir que mantienen una parte de su esquema de fertilización química, puesto que les garantiza, *ceteris paribus*, al menos el nivel de producto del ciclo anterior, por ello, puede afirmarse que la toma de decisiones de estos agentes está guiada por su aversión al riesgo.

Desgraciadamente, a pesar de la evidencia existente, el criterio de diseño de política pública para el fomento a la fertilización sigue siendo el mismo. En ese sentido, las políticas de inducción y acompañamiento resultan ser un elemento importante para maximizar la rentabilidad social de la inversión pública en ciencia y tecnología contribuyendo al mismo tiempo a la minimización del riesgo de los productores más pobres. Lo anterior es una necesidad dada la lógica de reproducción del sistema de producción agrícola en cualquier país del mundo, de otra forma no se explicarían los niveles de inversión en programas de financiamiento público, de cualquier tipo permitido, en los países de mayor productividad agrícola.

México, D.F. 24 de agosto de 2007

Bibliografía

- Aguirre Medina, Juan Francisco. Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del programa y resultados de validación en México. Ponencia presentada en el Simposio de Biofertilización La biofertilización como tecnología sostenible. INIFAP, Centro de Tecnología Genómica. Rio Bravo, Tamaulipas. México. 25 de noviembre de 2004.
- Alston, Julian. Pardey, Philip y Smith, Vincent.(1999). Paying for Agricultural Productivity. The Johns Hopkins University Press.
- Audley, Papademertriu, Polansky y Vaughan (2003). La promesa y la realidad del TLCAN. Lecciones de México para el hemisferio. Carnegie Endowment for International Peace,.
- Avila Dorantes, et al. (2002) El mercado de los fertilizantes en México a finales del siglo XX. CIESTAAM,
- CONACULTA-Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. (2003). Sin maíz no hay país. CONACULTA.
- Davis, Benjamín (2002). Las políticas de ajuste de los ejidatarios frente a la reforma neoliberal en México. Revista de la CEPAL 72, diciembre.
- De Janvry, Sadoulet y Gordillo de Anda (1995). NAFTA and Mexico's Maize Producers. World Development Vol. 23, No.8
- Freebairn, Donald. Posibles pérdidas y ganancias en el sector agrícola bajo un Tratado de Libre Comercio en Estados Unidos y México.
- Gómez Cruz, Manuel Angel y Schwentesius Rinderman, Rita. El modelo neoliberal y la desmodernización de la agricultura mexicana. El caso de la naranja. Reporte de Investigación 29. CIESTAAM, abril 1996
- King, Amanda (2006). Ten years with NAFTA: a review of the literature and an analysis of farmer responses in Sonora and Veracruz, México. CIMMYT Special Report 06-01, México D.F. CIMMYT/Congressional Hunger Center,
- Mascarúa, Caballero y Carcaño (1994). Biofertilización en gramíneas. Tecnologías ambientales para el desarrollo sustentable. Instituto de Ecología, A.C.
- Mestiza Rojas y García De la Cadena (2005). Informe de Evaluación Nacional. Programa de Apoyos a la Competitividad por Rama de Producción. FAO-SAGARPA.

- Muñoz Rodríguez, Manrubio (2006). Informe de Evaluación Nacional. Subprograma de Investigación y Transferencia de Tecnología. Alianza para el Campo, 2005. FAO-SAGARPA.
- Nadal y Wise (2004). Los costos ambientales de la liberalización agrícola: El comercio de maíz entre México y EE.UU. en el marco del NAFTA. Discussion Paper No.4. Working Group on Development and environment in the Americas.
- Norse, David (2003). Fertilizers and world food demand implications for environmental stresses. Ponencia presentada en el foro: Global food security and the role of sustainable fertilization. IFA-FAO
- OXFAM (2003). Dumpling sin fronteras. Documento de posicionamiento de Oxfam internacional, No. 50, agosto
- Puyana y Romero (2005). Diez años con el TLCAN. Las experiencias del sector agropecuario mexicano. FLACSO-COLMEX
- Rello y Pérez (1996). Liberalización económica y política agrícola: el caso de México. La agricultura mexicana y la apertura comercial. Barrón y Hernández Coord. UNAM-UAM,
- SARH-ONU-CEPAL. (1987). El desarrollo agropecuario en México. Tomo X. El empleo de insumos en las actividades agropecuarias 1960-1984. Informe 1987.
- Shiva, Vandana (1991) The violence of the green revolution. Third world agriculture, ecology and politics. The other India Press..
- ----- (2000) Seeds of suicide. The ecological and human costs of globalisation of agriculture. Research foundation for science, technology and ecology.
- Schwentesius, Gómez y Calva (2004) ¿El campo aguanta más?. CIESTAAM-La Jornada, Segunda Edición.
- USDA-Committee on the Role of Alternative Farming Methods in Modern Production Agriculture (1989). Alternative agriculture.
- Yúnez Naude (1998). El TLC, las reformas de cambio estructural y la agricultura mexicana. TLC y agricultura ¿Funciona el experimento?, Schwentessius y Gómez Coord. CIESTAAM.
- ----- Barceinas (2004). The agriculture of Mexico after ten years of NAFTA implementation. Documento de trabajo No. 277. Banco Central de Chile.
- ----- Taylor (2006). The effects of NAFTA and domestic reforms in the agriculture of México: Predictions and facts. Région et Developpement No. 23