VI Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola
11-13 de enero de 2010
Universidad de Concepción, Chile

Tecnología apropiada para una agricultura sustentable

Brian G Sims[1]

Resumen

El mundo enfrenta problemas dramáticos de contaminación y calentamiento climático debido al crecimiento demográfico y las emisiones de gases del invernadero. La agricultura convencional promueve la erosión del suelo y la contaminación de los ríos y mares, dejando suelos degradados incapaces de producir alimentos suficientes para la población actual y futura del planeta.

La agricultura de conservación (AC) combinada con agroforestería (AF) presenta alternativas saludables frente a esta situación. La AC consiste en cero labranza, cobertura permanente del suelo y la rotación de cultivos. Es capaz de reducir la pérdida de suelo y su fertilidad a casi cero y al mismo tiempo secuestra carbono. La AC refleja el sistema natural de reciclaje de nutrientes del bosque, de modo que es lógico pensar en combinar las practicas de AF con las de AC.

Uno de los constreñimientos más críticos para una adopción más amplia de la AC es la fabricación local y el suministro de maquinaria adecuada para la siembra, control de residuos y vegetación y aspersión de herbicidas. La industria debería ser apoyada a nivel nacional por medio de programas de investigación y desarrollo colaborativos entre el estado, el sector industrial y el agricultor. Otros obstáculos a una diseminación más amplia de la AC incluyen: servicios de extensión inadecuados y mal capacitados; políticas obsoletas del gobierno y sistemas de tenencia y pagos por servicios al ecosistema ausentes.

Palabras claves: Agricultura de conservación, agroforestería, adopción, políticas gubernamentales, maquinaria agrícola

1. Introducción. El estado del mundo

Si bien el mundo nuestro actualmente encara problemas atemorizantes en cuanto a su situación económica y ambiental, al mismo tiempo el mundo en vías de desarrollo está luchando para la simple existencia de mucha de su población. El primer Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM) de las Naciones Unidas planteó erradicar la pobreza extrema y reducir por la mitad la proporción de la población padeciendo de un hambre crónico; todo antes de 2015. No estamos ni cerca de lograr esta meta, y la verdad es que, en África sub-Sahariana (ASS) la situación es cada vez peor. La población mundial actualmente alcanza los 6.8 mil millones y sigue creciendo (ver http://opr.princeton.edu/popclock/ para una estimación actualizada) y alrededor de 30% de la población de 770 millones de ASS se encuentra crónicamente hambrienta

[1] Ingeniería para el Desarrollo, BEDFORD, RU. BrianGSims@aol.com

hoy en día. Encima de una situación ya abrumadora podemos ver, mientras que se asignan mayores recursos a la producción de bio-combustibles, el impacto de precios de alimentos rápidamente escalando (especialmente en cuanto a los alimentos básicos mundiales de arroz, trigo y maíz). Como resultado de todo esto, hoy en día existe una necesidad urgente de producir, de manera sustentable, cosechas cada vez más grandes de la agricultura mundial. La aplicación de prácticas de alta producción, compatibles con una protección ambiental, como la Agricultura de Conservación (AC) y la agroforestería (AF), sería una buena base sobre el camino de lograr semejante meta.

El impacto de muchas prácticas agrícolas actuales tiene un efecto deplorable sobre los suelos, recursos hídricos y ambientes rurales mundiales. Las tasas naturales de pérdida de suelos son muy bajas (Morgan, 2005) en la región de 0.0045 t ha^{-1} en áreas de relieve moderado, y solo llegando a 0.45 t ha^{-1} en pendientes fuertes. Estas se comparan con tasas de 45-450 t ha^{-1} para terrenos agrícolas. Por supuesto no es solo la cantidad del suelo que se pierde como consecuencia de prácticas agrícolas no sustentables, la calidad del suelo sufre también porque su fertilidad se asocia con las partículas más pequeñas preferentemente erosionadas. En la AC, una reducción de labranza y la agregación de materia orgánica (MO) y N por medio de cultivos de cobertura leguminosos conduce a incrementos constantes en el carbono orgánico del suelo (COS) con mejoras correspondientes en los niveles de N, P, K, Ca, Mg, pH más elevado e incrementos en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Benites, 2008). Los procesos erosivos del agua y el viento quitan la fertilidad del suelo junto con el primer suelo que se pierde. Esto rápidamente resulta en una pérdida de capacidad productiva del suelo con las consecuencias inevitables de rendimientos menores y costos de fertilización más altos.

No es solamente la pérdida de la fertilidad del suelo que resulta de la degradación del suelo como consecuencia de las prácticas agrícolas inadecuadas: los recursos hídricos, la biodiversidad y los ecosistemas también se afectan negativamente. Los suelos protegidos por la AC manifiestan mejores capacidades de retención de agua. La red mejorada de macroporos (producidos como resultado de la exploración radicular y de la fauna del suelo, principalmente las lombrices) facilita la infiltración del agua de la lluvia en el perfil del suelo, y así ayuda en la recarga de acuíferos (Friedrich, 2005). La materia orgánica de suelo (MOS) incrementada, mejora la disponibilidad del agua para las plantas (1% de MO en el perfil del suelo es capaz de almacenar 150 m^3 de agua ha^{-1}). La no-labranza del suelo reduce la evaporación de la humedad de este y, en total, se pueden reducir los requerimientos del cultivo por el agua hasta en 30% con cero labranza.

La biodiversidad es especialmente mejorada después de la adopción de prácticas de la AC. Los incrementos en MOS hospedan un rango amplio de bacteria, hongos, protozoos, nemátodos benéficos, lombrices y artrópodos, los cuales suelen ser los barómetros de un suelo productivo y saludable (Blank, 2008). Blank afirma que 'la tela alimenticia de un suelo mejora marcadamente la retención y reciclaje de nutrientes, la estructura de agregados, un incremento del O_2, la dinámica hídrica y la supresión de patógenos'. Sigue, entonces, que las mejoras en la calidad y salud del suelo resultando de la aplicación de prácticas de AC tendrán un impacto benéfico marcado sobre los ecosistemas cuando se mejora la biodiversidad y la calidad del agua. Además, los beneficios cuantitativos debido a una lixiviación reducida de

nutrientes y agro-químicos, junto con una reducción en la erosión del suelo llevan a mejorías importantes en la calidad del agua ambiental.

Después de mucha procrastinación, el mundo ahora se da cuenta cada vez más (y más dolorosamente) de la llegada inminente de los impactos negativos del cambio climático. Como sabemos, los cambios climáticos ya están sucediendo y constituyen un factor clave a considerarse en la producción futura de alimentos y el manejo de la tierra. Algunas regiones tal vez se beneficien por los cambios en temperatura y padrones de precipitación, mientras en otras los cambios serán catastróficos. Una de las principales preocupaciones es el derretimiento de los mantos de hielo polares. Los datos actuales indican que esto está sucediendo a una tasa mucho más rápida que la anticipada. El resultado será un incremento en el nivel de los océanos que afectará muchos de los terrenos agrícolas en las regiones costeras. Otra inquietud es el derretimiento de los glaciales del planeta que suministran agua fresca para la agricultura y consumo humano. Estos son las principales fuentes de agua dulce para las canastas alimenticias regadas del noreste de India y Pakistán – una región del mundo que depende del riego y que sería un desierto sin ello. Otros efectos de los cambios climáticos globales serían cambios de temperatura (hacia arriba y hacia abajo), sequías, inundaciones y otros eventos climáticos más violentos (huracanes, tifones, etc.) que pueden afectar seriamente la capacidad de la humanidad de producir alimentos suficientes a precios accesibles para la población mundial; o por lo menos en aquellos países seriamente afectados por los cambios climáticos (Sims *et al*., 2009). Es imprescindible tomar acciones ahora para reducir el impacto de los gases de invernadero sobre el cambio climático. Una vez que el *permafrost* empieza a derretirse, grandes cantidades de metano (con un potencial de calentamiento 21 veces más grande que el bióxido de carbono) serían liberadas a la atmósfera con consecuencias aún más serias para el calentamiento del planeta. Se precisan políticas que recompensan las actividades que resultan en la secuestración del carbono y reducen estas emisiones. Una manera de lograr esta meta sería implementar políticas e instituciones que promuevan la adopción de prácticas agrícolas sustentables y compatibles con la protección ambiental – tales como la agricultura de conservación y la agroforestería.

2. ¿Qué es la Agricultura de Conservación?

En resumen se puede describir la AC como un concepto para la producción de cultivos agrícolas que lucha por la obtención de ganancias aceptables junto con niveles de producción altos y sustentables mientras conserva el ambiente (www.fao.org/ag/ca).

La AC se caracteriza por tres principios vinculados:

- Una perturbación mínima del suelo;
- Cobertura orgánica permanente del suelo;
- Una rotación diversificada de cultivos (principales y de cobertura) o asociaciones de cultivos en el caso de cultivos perennes

La AC como una simulación del bosque

La AC con su movimiento mínimo del suelo y el mantenimiento de una cobertura permanente, tiende a simular sistemas naturales, sobre todo aquel del bosque húmedo.

En sistemas forestales, se reciclan los nutrientes mediante la hojarasca y su descomposición que requiere una biota rica del suelo. Al quitar dicha cobertura, se destruye el sistema de canales naturales para la infiltración del agua y el intercambio de gases y se precisa el reemplazo de los sistemas naturales y sustentables por una labranza costosa y dañina para la producción de cultivos. Una cobertura permanente de suelo también suministra otros beneficios importantes al suelo (el control de su temperatura y humedad son dos de ellos) pero sobre todo, la cobertura protege al suelo de los efectos de degradación debido a la erosión eólica e hídrica. Como se ha comentado, las tasas de erosión bajo los sistemas de AC, AF y bosque natural pueden ser reducidas a casi cero.

La AC es una tecnología comprobada

Los suelos labrados, expuestos a los impactos dañinos del viento y agua, están en su estado más vulnerable. La erosión del suelo resulta en pérdidas astronómicas a economías nacionales. Las pérdidas en los EEUU, por ejemplo, cuestan alrededor de US$30-44 mil millones por año (Morgan, 2005). Con el incremento inexorable de la población mundial, tendremos un uso cada vez más intensivo del recurso tierra que quiere decir que las tasas de erosión del suelo también subirán si no se emplean métodos productivos más sustentables. Además la erosión del suelo emite cantidades vastas de CO_2 a la atmósfera debido a la oxidación del MOS, contribuyendo así al efecto de invernadero y el calentamiento global. Lal (1995) estima que la erosión del suelo emite 1.14×10^9 toneladas de C cada año por este medio.

Dada la situación de incrementos en costos y reducciones en rendimientos, no es ninguna sorpresa que los sistemas de AC han evolucionado en paralelo con avances en tecnología (sobre todo en las áreas de herbicidas y maquinaria). Hoy en día, la AC ya no es novedosa, sino una tecnología comprobada por agricultores. La labranza tradicional del suelo (generalmente basada en el uso del arado) ha resultado en una degradación de los suelos y una pérdida de la productividad de los cultivos. La adopción de AC fue una respuesta directa a la degradación del suelo y el número creciente de agricultores que han adoptado la AC es testimonio de que es un sistema económicamente viable para lograr una agricultura sustentable (Hobbs *et al*., 2008).

El ahorro de energía en la AC

La agricultura moderna ha prosperado, pero al costo de una dependencia en combustibles fósiles baratos. Se emplean combustibles fósiles para la mecanización de labranza, deshierbe, pulverización y cosecha, y al mismo tiempo para bombear agua, secar cosechas y el transporte de insumos y productos. La energía de combustibles fósiles es además usada en el proceso Haber-Bosch para la conversión de nitrógeno en urea – una fuente principal de fertilizantes nitrogenados. El mundo está muy cerca al "pico petrolero" (la tasa máxima global de la extracción de petróleo fósil – Figura 1) y, quizá, ya lo hemos pasado. Una vez que se alcanza el pico petrolero, el petróleo disponible se declina y se acaban los días de combustibles baratos dado que la tasa de extracción será menos que la demanda. Al mismo tiempo los costos de extracción se incrementan dado que el proceso se vuelve más difícil y los precios aumentan, tanto para el petróleo como para la producción agrícola que lo emplea.

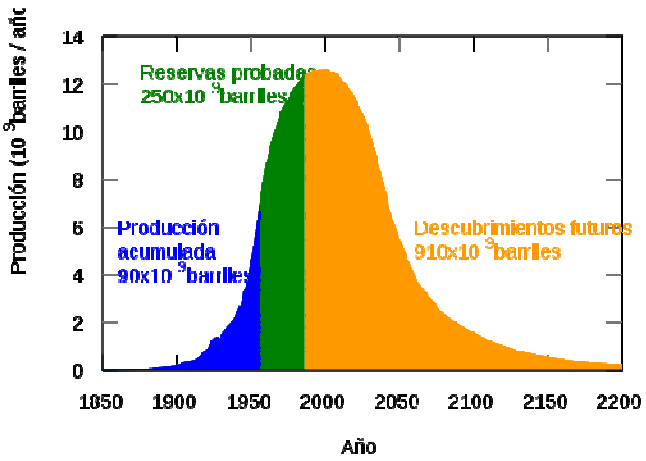

Figura 1. El pico petrolero donde el petróleo disponible empieza a disminuirse.
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Hubbert_peak_oil_plot-es.svg

El incremento rápido en precios para combustibles el año pasado es un ejemplo de dicho impacto y explica, parcialmente, el incremento en los precios de alimentos básicos. Lo mismo sucederá en el futuro y requerirá una agricultura que usa este recurso natural de manera más eficiente y, finalmente se tendrá que identificar fuentes alternativas de energía.

Cero labranza es una tecnología apropiada para lograr un uso más eficiente de energía en la agricultura. En cero labranza, se siembran los cultivos en un solo paso del tractor (animal, o productor). Datos del sur de Asia, donde el trigo sigue al arroz trasplantado, demuestran que los agricultores ahorran US$55/ha en el costo de diesel, o 50-60 litros/ha menos diesel para la preparación del suelo (Hobbs y Gupta, 2003). Esto es un caso extremo debido a la dificultad, en sistemas de labranza convencional, de obtener una cama de semilla en suelos anteriormente fangueados para el arrozal. La adopción de cero labranza en los llanos Indo-gangéticos de Asia es resultado de los ahorros considerables posibles. A nivel mundial se encuentran 100 millones de hectáreas bajo cero labranza (Derpsch 2008 a&b) las cuales representan grandes ahorros en el uso de combustibles fósiles y emisiones de gases de invernadero. La cero labranza tampoco perjudica los rendimientos, al contrario han sido sostenidos e incrementados con el tiempo (Hobbs, 2007). En los sistemas de arroz y trigo del sur de Asia los rendimientos con cero labranza son 100-200 kg/ha más grandes.

La compatibilidad entre AC y AF

La AF es, por supuesto, un concepto multi-facetado, sin embargo en su corazón pretende integrar árboles en terrenos agrícolas y, al lograrlo, diversifica y sostiene la producción para proveer más beneficios tanto para el agricultor como para el ambiente (Elevitch, 2004). El Cuadro 1 ofrece un análisis de la compatibilidad y complementariedad de los beneficios de la AC y la AF.

3. El requerimiento de equipo especializado

Las prácticas de AC se basan en la necesidad de mantener el suelo permanentemente cubierto y de tener que sembrar los cultivos por dicha cobertura con un mínimo de movimiento del suelo. Aunque esto se puede lograr manualmente se ha desarrollado (y se sigue desarrollando) equipo para cero labranza.

Los equipos tradicionales para la labranza, tales como arados de disco y de vertedera, cultivadores y rastras no se precisan para la AC. Hoy en día se cuenta con un rango de equipos especializados que emplean la potencia humana, animal y motorizada.

Cuadro 1. Los beneficios, complementariedad y compatibilidad de sistemas de AC y AF (adaptado de Elevitch, 2004)

Concepto	Constituyentes	Potencial de AC y AF
Eficiencia de uso de recursos naturales	Nutrientes del suelo	Reciclaje (árboles y cultivos con diferentes profundidades de sistemas radiculares). Hojarasca y residuos. Leguminosas en ambos casos
	Energía solar	Multi-pisos en los dos sistemas. Ausencia de suelo desnudo
	Agua	Más infiltración; menos escurrimiento
Ambiente que favorece una producción sostenida	Protección de viento	Cobertura del suelo más cortinas rompevientos
	Conservación de suelo	La salud y resistencia de suelos marcadamente mejoradas
	Reciclaje de nutrientes	De todo el perfil del suelo
	Diversidad de hábitat	Asociaciones de AC y AF incrementan biodiversidad
Sistemas más rentables	Costos reducidos	Menos fertilizantes y energía
	Productos diversificados	Frutos, madera leguminosas
	Flujo continuo de productos	Cultivos múltiples incrementan el número de productos
	Sustentos más seguros	Menos dependencia en productos comprados
Protección ambiental	Menos presión sobre bosques naturales	Menos presión para productos forestales con AF
	Diversidad de especies	Hábitats mejorados para macro y micro-fauna y flora
	Conservación de recursos	De suelo, nutrientes, agua en el paisaje
	Secuestración de C	En árboles y suelo
	Menos contaminación	Reciclaje de nutrientes implica menos aplicación de fertilizantes. Menos erosión y escurrimiento

Equipo manual

Probablemente el equipo más útil y de mayor uso para sembrar por el *mulch* de cobertura es la matraca (Figura 2). Se venden por millones a un sin-número de agricultores, se emplean para cualquier tipo de cultivo y fertilizante.

Figura 2. Matracas para la siembra directa de semilla con fertilizante de una fabrica especializada brasileña

Otro equipo manual para el manejo de cultivos de cobertura (CCs) y malezas es el Zamwipe aplicador de herbicida (Figura 3). Consiste de una mecha para aplicar herbicida sistémico (p.ej. glifostao) a las malezas entre hileras de cultivo. Además existe un rango de pulverizadoras más convencionales, algunas montadas sobre ruedas, para facilitar la aplicación de agro-químicos.

Figura 3. Zamwipe aplicador de herbicidas sistémicas

El manejo de vegetación (residuos de cultivos y CCs, malezas) puede ser químico o mecánico con machetes o mini rollo-cuchillos.

Equipo de tracción animal

Los equipos para la AC de tracción animal consisten de múltiples sembradoras de cero labranza además de un rango de pulverizadoras con diferentes capacidades de tanque y alcance de aguilón (Figura 4). En ASS una versión muy popular de AC es la siembra en surcos angostos rayados con cinceles inclinados. El mismo equipo puede ser equipado con un subsolador para romper estratos duros (muchas veces formados por el paso de implementos de labranza convencional).

Figura 4. Pulverizadora de tracción animal para el control de malezas antes de la siembra directa

Un equipo para el manejo mecánico de vegetación es el rollo-cuchillo. Aplasta la vegetación y por ello deja un mulch muerto de vegetación listo para la siembra directa.

Equipo para tractores

Sembradoras de cero labranza, que siguen un programa de desarrollo constante, han llegado a un nivel de perfeccionamiento técnico muy sofisticado Figura 5). Existen en el mercado máquinas para la siembra de cultivos de hilera ancha (maíz, soya, girasol) y también para cultivos de hileras angostas tales como cereales, colza y CCs. Pulverizadoras montadas sobre tractores han estado en producción comercial mucho antes de la adopción de la AC. Equipos de nivelación por láser, para la formación de camellones, para riego más eficiente (tanto riego por goteo como por aspersión) y otras tecnologías complementarias para la conservación de recursos están también

Figura 5. Sembradora de cero labranza para granos grandes y hileras anchas

cada vez más disponibles en los mercados grandes del sur de Asia y China. En Asia existe actualmente un número creciente de diseños de sembradoras de siembra directa para tractores pequeños de un eje. Son ideales para parcelas irregulares y pequeñas y para una fabricación local.

4. Constreñimientos a una adopción más amplia

Existen varios obstáculos a una adopción más amplia y una ampliación del área sembrada con AC. Uno de los más importantes es el carácter innato conservador de agricultores de escasos recursos. No quieren tomar riesgos ni experimentar con nuevas tecnologías. En el caso de África, Giller *et al*. 2009 sugieren que los pequeños productores temen posibles reducciones en rendimientos al iniciar el cambio, mayores requerimientos de mano de obra para el deshierbe cuando no hay herbicidas disponibles; más carga de trabajo para las mujeres; y una escasez de cobertura debido a la competencia del ganado.

Un cambio en la forma de pensar de los agricultores requiere un nuevo paradigma para extender la tecnología. En el sur de Asia se precisaron varios componentes (Harrington y Hobbs, 2009). Primero, un campeón local dispuesto a promover la tecnología; segundo, la identificación de agricultores innovadores dispuestos a experimentar y tomar riesgos; y tercero una sembradora funcional y disponible a un precio aceptable. Una vez establecidos estos requerimientos, los resultados positivos de los agricultores pioneros fueron mostrados a otros agricultores por medio de visitas agricultor-a-agricultor. Esta forma de extensión produjo una adopción más rápida que con el sistema de extensión tradicional 'desde arriba hacia abajo'.

Los agricultores resisten el cambio de prácticas de producción de cultivos que les ha servido bien en el pasado. Generalmente son crisis específicas que les convencen. Por ejemplo en Brasil en las tierras con pendiente de los Cerrados, se precisaron nuevas prácticas para frenar la degradación ambiental y reducción en rendimientos causados por la erosión del suelo. En el sur de Asia los problemas fueron el tiempo requerido para preparar el suelo para trigo, y la resistencia a herbicidas por la maleza *Phalaris minor*. Cero labranza supera ambos problemas.

La disponibilidad de equipos adecuados presenta un obstáculo grande en los primeros años de adopción y es la causa del lapso de 10 a 15 años comúnmente encontrado entre la introducción y uso generalizado. Varios países de ASS se encuentran actualmente en esta situación. En Brasil y Asia el catalizador ha sido la intervención

del estado e investigadores trabajando en conjunto con fabricantes y la industria para poner maquinaria adecuada en el mercado a un precio alcanzable.

Otro constreñimiento mayor a una adopción amplia es cuando existe un desacuerdo entre las comunidades de investigación y extensión sobre los beneficios de la tecnología. En Brasil fueron las asociaciones de agricultores quienes adelantaron las ideas a pesar de la falta de apoyo de extensión, hoy en día en el sur de Asia todavía hay extensionistas que no promueven cero labranza a pesar de las 4 millones de hectáreas de evidencia clara. En África algunos departamentos de mecanización en ministerios de agricultura siguen con la importación de arados de disco a pesar de los esfuerzos realizados por múltiples agencias dentro de sus países.

5. Conclusiones y recomendaciones

AC para una protección ambiental
A nivel mundial existe una preocupación entre los formadores de políticas acerca de la degradación ambiental, la reducción de contaminación, el ahorro de energía y el control del calentamiento global. La promoción de la AC y AF para lograr una adopción aún más amplia es una medida importante y atractiva para lograr dichas metas.

El suministro de equipos adecuados
En países donde no existe una historia de fabricación de equipos de AC, esto presenta un obstáculo importante en la adopción de la práctica. Algunas opciones de políticas para impulsar una fabricación local son:

- Un alivio de los impuestos de importación sobre los materiales de construcción de maquinaria agrícola.
- La compra de lotes de maquinaria para su venta a usuarios por medio del sector público (p.ej. el servicio de extensión agrícola).
- Investigación y desarrollo colaborativo. Con el objetivo de bajar el costo para el sector de fabricación, el sector publico (instituciones de investigación, universidades) deberían colaborar en el desarrollo de equipos con y para los agricultores.
- Pruebas comparativas y colaborativas de maquinaria nueva en conjunto con instituciones publicas, usuarios y fabricantes.
- Capacitación de fabricantes y otros actores en la cadena de suministro de equipos en habilidades como el manejo de negocios, técnicas de fabricación y el uso correcto de la maquinaria en el campo.

Facilitación de la adopción
Los agricultores en muchos países en vías de desarrollo no tienen acceso a la información disponible sobre la AC y AF, y sin información adecuada sería difícil hacer el cambio de sistema de producción necesario. Algunas medidas que se pueden tomar incluyen:

- La provisión de un servicio de extensión bien capacitado y con conocimientos actualizados.
- La capacitación de agricultores (por medio del servicio de extensión mejorado) en maneras de combatir el calentamiento climático. Paralelamente se requieren campañas por medio de todos los medios posibles (prensa, TV,

radio) advirtiendo las consecuencias de las prácticas actuales que degradan el ambiente.

- Los servicios de extensión tienen que capturar las adaptaciones regionales que los agricultores hacen a las tecnologías para adaptarlas mejor a sus situaciones específicas. Estas pueden ser diseminadas por medio de encuentros agricultor-a-agricultor, documentación y publicación.
- La creación de personal capacitado requiere el diseño e inserción de cursos formales en colegios y universidades sobre los beneficios de prácticas conservacionistas de producción agrícola. Las ideas tradicionales siguen siendo enseñadas.
- Las opciones de financiamiento para pequeños y medianos productores son, típicamente, escasas. El estado debería apoyar esfuerzos para hacer llegar mejores opciones a este grupo por medio de instrumentos bancarios o la formación de asociaciones para ahorro y crédito.

Revisión de políticas obsoletas

Muchas políticas gubernamentales han sido forjadas sobre los años y hoy en día resultan obsoletas e incompatibles con una visión dirigida hacia una protección ambiental y una agricultura más sustentable. Ejemplos son: subsidios para equipos pesados de labranza convencional; programas de riego que arruinan lagos y ríos o que bajan los niveles de acuíferos fósiles. Políticas que favorecen un uso no apropiado de recursos naturales tienen que ser podadas con urgencia.

Tenencia de la tierra y pagos para servicios ambientales

Sistemas de tenencia que no ofrecen seguridad no incentivan a los inquilinos a invertir en mejoras ambientales. Se precisan políticas que protejan las inversiones hechas y que ofrezcan remuneración para servicios que fortalecen los servicios del ecosistema, tales como la secuestración de carbono y mejoras en la salud del suelo.

Referencias

Benites, J.R. 2008. Effect of no-till on conservation of the soil and soil fertility. **In**: Goddard, T., Zoebisch, M, Gan, Y., Ellis, W., Watson, A. and Sombatpanit, S. (eds): No-till farming systems. Bangkok. World Association of Soil and Water Conservation (WASWC). pp59-72. ISBN: 978-974-8391-60-1.

Blank, D. 2008. A fresh look at life below the surface. **In**: Goddard, T., Zoebisch, M, Gan, Y., Ellis, W., Watson, A. and Sombatpanit, S. (eds): No-till farming systems. Bangkok. World Association of Soil and Water Conservation (WASWC). pp73-81. ISBN: 978-974-8391-60-1.

Derpsch, R. 2008a. Critical steps to no-till adoption. **In**: Goddard, T., Zoebisch, M, Gan, Y., Ellis, W., Watson, A. and Sombatpanit, S. (eds): No-till farming systems. Bangkok. World Association of Soil and Water Conservation (WASWC). pp479-495. ISBN: 978-974-8391-60-1.

Derpsch, R., 2008b. www.rolf-derpsch.com

Elevitch, C.R. (ed). 2004. The overstory book: cultivating connections with trees. Second edition. Holualoa, Hawai'i. Permanent Agricultural Resources. 526p.

Friedrich, T. 2005. Why should the world be concerned about sustainable resource management in agriculture? III World Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, October3-7. 7p.

Giller, K., Witter, E., Corbeels, M. y Tittonell, M. 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. Crops Research (2009) In press.

Harrington, L.W. and P.R.Hobbs. 2009. The Rice-Wheat Consortium and the Asian Development Bank: A History. IRRI, Philippines. (To be published in 2009.).

Hobbs, P. R. 2007. Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production? Journal of Agricultural Science, Cambridge 145, 127–138.

Hobbs, P.R. and R.K. Gupta. 2003. Resource conserving technologies for wheat in rice-wheat systems. **In***:* J.K. Ladha, J. Hill, R.K. Gupta, J. Duxbury and R.J. Buresh. (eds) Improving the productivity and sustainability of rice-wheat systems: issues and impact. ASA, Spec. Publ. 65, chapter 7: 149-171. ASA Madison, WI. USA.

Hobbs, PR, Sayre KD & Gupta, RK. 2008. The Role of Conservation Agriculture in Sustainable Agriculture. Philosophical Transactions of Royal Society B (UK): 363: 543-555

Lal, R. 1995. Global soil erosion by water and carbon dynamics. **In**: Lal, R., Kimble, J.M., Levine, E. and Stewart, B.A. (eds), Soil and global change. CRC/Lewis, Boca Raton FL: 131-141.

Morgan, R.P.C., 2005. Soil erosion and conservation. Third edition. Blackwell publishing (UK, USA, Australia). 304p. ISBN: 1-4051-1781-8.