

PUNTOS DE VISTA

DOI: <http://dx.doi.org/>

Manejo sostenible de suelo con Agricultura de Conservación. Significado para el cultivo de arroz

Sustainable management of soil with Conservation Agriculture. Meaning for the rice cultivation

Dr. Theodor Friedrich

Representante de FAO en Cuba, Reparto Náutico, Playa, La Habana, Cuba.

RESUMEN. Los desafíos que resultan del crecimiento poblacional mundial, la degradación de los recursos naturales utilizados para la producción agrícola y el cambio climático obligan a concentrar esfuerzos para incorporar elementos de sostenibilidad ecológica en la intensificación de la producción agrícola. Los actuales sistemas de producción agrícola basados en 90% en la aplicación de labranza del suelo, demuestran tendencias peligrosas de una merma en productividad y un aumento de los daños ambientales colaterales a la producción. El futuro requiere sistemas agrícolas, altamente productivos, que al mismo tiempo respondan a las necesidades multifuncionales para una sostenibilidad ecológica, económica y social. Estos sistemas tienen que responder a una serie de desafíos locales, nacionales e internacionales, incluyendo el suministro de alimentos, agua, recursos energéticos, cambio climático, pobreza rural y la degradación de los recursos naturales. Este trabajo presenta un análisis bibliográfico y de puntos de vista del autor sobre este tema, haciendo énfasis en la importancia de la adopción de las tecnologías de la agricultura de conservación como alternativa viable en este empeño y en particular para los sistemas arroceros.

Palabras clave: cero labranza, cobertura del suelo, diversificación de cultivos, mejora infiltración, manejo controlado riego.

ABSTRACT. The challenges resulting from global population growth, the degradation of natural resources used for agricultural production and climate change require efforts to incorporate elements of ecological sustainability into the intensification of agricultural production. The current agricultural production systems, based 90% on the application of land tillage, demonstrate dangerous trends of a decrease in productivity and an increase in collateral environmental damage to production. The future requires highly productive agricultural systems that, at the same time, respond to multifunctional needs for ecological, economic and social sustainability. These systems have to respond to a number of local, national and international challenges, including the provision of food, water, energy resources, climate change, rural poverty and degradation of natural resources. This paper presents a bibliographic analysis and the author's views on this subject, emphasizing the importance of the adoption of conservation agriculture technologies as a viable alternative in this endeavor and in particular for rice systems.

Keywords: No tillage, soil cover, crop diversification, improved infiltration, controlled irrigation management.

INTRODUCCIÓN

Los desafíos que resultan del crecimiento poblacional mundial, la degradación de los recursos naturales utilizados para la producción agrícola y el cambio climático obligan a concentrar esfuerzos para incorporar elementos de sostenibilidad ecológica en la intensificación de la producción agrícola. Los actuales sistemas de producción agrícola basados en 90%

en la aplicación de labranza del suelo, demuestran tendencias peligrosas de una merma en productividad y un aumento de los daños ambientales colaterales a la producción¹². El futuro requiere sistemas agrícolas, altamente productivos, que al mismo tiempo respondan a las necesidades multifuncionales para una sostenibilidad ecológica, económica y social. Estos

¹ FORESIGHT: The Future of Food and Farming. The Government Office for Science, London, 2011.

² WDR: Agriculture for Development, World Development Report. Washington, DC: World Bank, Washington, DC, 2008.

sistemas tienen que responder a una serie de desafíos locales, nacionales e internacionales, incluyendo el suministro de alimentos, agua, recursos energéticos, cambio climático, pobreza rural y la degradación de los recursos naturales.

La respuesta a estos problemas pareció ser la reducción del uso de insumos químicos, la agricultura orgánica. Sin embargo, al reducir la cantidad de fertilizante se reducen los rendimientos más rápidamente que la contaminación ambiental. En vista de las necesidades de alimentar una población cada vez más creciente, esto no puede ser la respuesta (Friedrich, 2007).

Queda cada vez más obvio que la causa principal de la degradación de los suelos, la merma en la productividad y los problemas de la contaminación ambiental, reflejándose en una pérdida completa de la salud de los suelos, está radicada en el paradigma de una agricultura que está minando los recursos de carbono del suelo con la labranza mecánica. Con esto está al mismo tiempo debilitando e interrumpiendo las funciones de nuestros ecosistemas, que están basados en un suelo sano. La pérdida de carbono de suelo por labranza mecánica es aún más rápida en zonas de clima tropical, comparado a zonas templadas. Suelos labrados pierden su capa protectora de rastrojos, la macro y mesofauna del suelo pierde su hábitat y su alimento al destruirse la materia orgánica dentro del sistema. Los resultados son una pérdida de biodiversidad, de materia orgánica y de estructura en los suelos y, por lo tanto, de las capacidades de éstos en responder a eventos extremos y recuperarse de impactos ambientales. A pesar de los intentos de conservar suelos y optar por labranza de conservación, la degradación de los suelos siempre es mayor y más rápida que la recuperación natural de los mismos. Todo esto lleva a compactaciones, aumento de escorrentías de aguas superficiales y erosión. El colapso de los ecosistemas también conlleva a un aumento de problemas con plagas, enfermedades y malezas como resultados visibles del mal estado de salud de los suelos en todo el mundo. Estos fenómenos no son nuevos, se puede observar a lo largo de la historia humana, pero con el aumento de la población, estos problemas ahora afectan prácticamente todos los suelos cultivados de la tierra (Montgomery, 2007).

Por lo tanto la causa principal de los problemas no puede ser el uso de los agroquímicos, sino sigue siendo la labranza mecánica de los suelos. La agricultura basada en labranza de los suelos, independientemente de si es industrializada o campesina, que destruye la vida y la materia orgánica del suelo con cada cultivo ya no es apropiada para dar las respuestas a los desafíos del nuevo milenio. El futuro requiere sistemas agrícolas, altamente productivos, que al mismo tiempo respondan a las necesidades multifuncionales para una sostenibilidad ecológica, económica y social. Tiene que responder a una serie de desafíos locales, nacionales e internacionales, incluyendo el suministro de alimentos, agua, recursos energéticos, cambio climático, pobreza rural y la degradación de los recursos naturales (Friedrich 2007, Kassam & Friedrich 2012).

DESARROLLO DEL TEMA

Soluciones propuestas: Agroecología sin labranza

Con el problema radicando en la labranza mecánica de los suelos, la respuesta natural para una agricultura sostenible y

agroecológica tiene que ser un modelo agrícola que no usa la labranza. Este descubrimiento no es nada nuevo y desde los años 30 del siglo veinte, cuando extensas zonas del medio oeste de Estados Unidos fueron devastadas por tormentas de polvo del “*dust bowl*”, como resultado del uso intensivo de arados y rastrillos en suelos frágiles y en tiempos de sequía extendida se sabía de los problemas que trae la labranza. Pero no se conocía conceptos prácticos y técnicas que permitieron producir sin disturbar el suelo. Más recientemente, David Montgomery (2007), en su libro denominado “*Dirt: The Erosion of Civilizations*” (Suelo: la Erosión de las Civilizaciones), demuestra que con cualquier forma de labranza, incluyendo la labranza de conservación, la degradación de los suelos y las tasas de erosión siempre son superiores a las tasas de formación de suelos naturales. De acuerdo a las investigaciones de Montgomery, la labranza del suelo ha llevado a la destrucción de la base de recursos agrícolas y de su capacidad productiva durante la historia del hombre, y continúa aún con su labor destructiva. Desde los tiempos del “*dust bowl*” se ha investigado en sistemas de labranza cero y hoy por hoy existen experiencias prácticas con tales sistemas por más de medio siglo, demostrando que en realidad se puede dar respuestas a los desafíos de una agricultura sostenible y productiva.

La Agricultura de Conservación (AC) representa un sistema de cultivo con labranza cero, y constituye una solución efectiva para detener la degradación de tierras agrícolas, rehabilitación de tierras ya degradadas, y para una intensificación de la producción agrícola de forma sostenible. La AC se caracteriza por los siguientes principios interconectados (Friedrich *et al.*, 2009):

1. Mínima o ninguna perturbación mecánica del suelo y siembra directa en el suelo no removido, para mantener y mejorar el contenido de materia orgánica en el suelo, la estructura y la sanidad del mismo.
2. Cobertura continua de la superficie del suelo con material orgánico, utilizando cultivos comerciales o de cobertura y rastrojos de los mismos. Esto protege la superficie del suelo, conserva agua y nutrientes, promueve la actividad biológica del suelo y contribuye a un manejo integrado de malezas y plagas.
3. Diversificación de especies, tanto anuales como perennes, en asociaciones, secuencias y rotaciones de cultivos, incluyendo árboles, arbustos, forrajes, pasturas y cultivos comerciales, contribuyendo a una mejor producción vegetal y animal, y a la resistencia de los sistemas contra impactos negativos.

Estos principios y prácticas claves ofrecen una alternativa apropiada, para los sistemas modernos y tradicionales, en la agricultura de todas las agro-ecologías, con un potencial de frenar y retroceder las pérdidas en productividad y los daños ambientales causados por la agricultura de labranza. Junto a otras buenas prácticas complementarias para el manejo integrado de nutrición, plagas, enfermedades y agua, buenas semillas y variedades adaptadas, la implementación de la Agricultura de Conservación constituye la base para la intensificación sostenible de la producción agrícola. Estos principios pueden ser incorporados en la mayoría de los sistemas de producción agrícola, tanto en condiciones de secano (sin riego) como bajo riego para mejorar la sostenibilidad ecológica.

La AC es un ejemplo claro de un paradigma agro-ecológico para una intensificación sostenible de la producción. Se reconoce esto como un nuevo paradigma de la producción agrícola, porque permite alcanzar la sostenibilidad ecológica, económica y social sin sacrificar niveles de producción. Es promovida por la FAO, como se puede constatar en la publicación “Ahorrar para Crecer” (FAO, 2011; FAO, 2016). Empíricamente, se puede comprobar que la adopción de la Agricultura de Conservación bajo el liderazgo de los mismos agricultores va a pasos acelerados a nivel global. Se estima que la AC se practica a nivel global en unos 157 millones de hectáreas (un 11% de la tierra cultivada) en todos los continentes y todas las zonas agroecológicas, con un 50% de esta superficie en regiones en desarrollo (Kassam *et al.*, 2014; FAOaquastat, 2015).

La AC también trae ventajas para la adaptación al cambio climático, con una mejor capacidad de infiltración de agua en los suelos en caso de lluvias torrenciales y una mejor capacidad de almacenar agua en el suelo en caso de sequías, resultando en menores problemas de escorrentía, inundaciones y erosión, pero también en menos cosechas destruidas por sequías. Además, la AC contribuye a la mitigación contra el cambio climático, reduciendo las emisiones de gases con efecto invernadero producto del ahorro de 50-70% de combustible, 20-50% de fertilizantes y agroquímicos, 50% de maquinaria agrícola y el uso de tractores más pequeños de por medio. A esta reducción de emisiones se suma el secuestro de carbono de 0.2 - 0.7 toneladas métricas de carbono por hectárea y año. Estos valores pueden incluso ser superados dependiendo del clima, la ecología y el tipo de residuos y su manejo y la no-quema de materia orgánica. Además, se pueden reducir emisiones de otros gases, como metano y óxido nítrico, por la mejor aeración y estructuración de los suelos particularmente en el cultivo de arroz, cambiando hacia la Agricultura de Conservación y evitar la irrigación por inundación (Corsi *et al.*, 2012).

Para la comunidad y sociedad en general, la AC ofrece bienes públicos, que incluyen la disminución de la contaminación ambiental con costos reducidos para el tratamiento de agua potable, niveles de ríos más estables con disminución de los peligros de inundaciones, reducción de los costos de mantenimiento de infraestructura vial (terrestre y acuática), aire más limpio (menos polvo) y reducción significativa de sedimentos en represas hidroeléctricas (Mello and Raji, 2006). Adicionalmente, la AC ofrece mejores servicios de ecosistemas, tales como el suministro de alimentos y agua limpia, regulación del clima y de plagas y enfermedades, apoyo a ciclos de nutrientes, polinización, recreación cultural, biodiversidad y control de erosión³.

La Agricultura de Conservación y el Cultivo de Arroz

En muchas zonas importantes donde se cultiva arroz los rendimientos comienzan a estancarse y los recursos de agua

para la inundación escasean cada vez más^{4,5} (RWC-CIMMYT, 2003). No solo se desgasta mucha agua con la evaporación de la misma desde las áreas inundadas, sino que también el agua de la lluvia no logra infiltrar y recuperar los mantos freáticos debido al sellado de los suelos arroceros. Además, las áreas arroceras inundadas se destacan como uno de los más grandes emisores de gases con efecto invernadero, particularmente metano y óxidos nitrosos⁶. Por lo tanto es tiempo de también cuestionar el modelo convencional de cultivar el arroz. Otro problema que se presenta en áreas de altas concentraciones del cultivo de arroz es el manejo de la paja de arroz. Debido a su bajo valor para otros usos y las dificultades de incorporar la paja en el suelo se quema la paja en muchos países, con resultados desastrosos para el medio ambiente, la salud humana y las economías nacionales por los problemas causados por las “nubes negras”.

Aplicando los conceptos de la Agricultura de Conservación al arroz, los cambios más marcados resultan de la misma definición de la agricultura de conservación: la labranza cero, que incluye el fangueo cero, la cobertura permanente de la superficie y la rotación de cultivos. Técnicamente, para el establecimiento del cultivo de arroz tanto en siembra directa como en trasplante, la labranza cero no es realmente un impedimento, y hoy por hoy existen tecnologías para alcanzarlo. Sin embargo, la alta demanda de agua del cultivo de arroz de alto rendimiento, requiere, por lo menos en las temporadas secas, en la mayoría de los casos el uso de riego.

En el cultivo convencional, se aplica el riego con inundación, que sirve al mismo tiempo para control de maleza. Esta forma de regar no es compatible con otros cultivos de rotación, que contrario al arroz no pueden vivir en suelos anaeróbicos. Además, sin el fangueo no se mantiene la capa sellada en el suelo y resulta difícil mantener la lámina de agua permanente. También, los beneficios de la Agricultura de Conservación en términos de aumento de materia orgánica e incremento de la biodiversidad y biomasa viva en el suelo, que son la base para los servicios ambientales que un suelo vivo puede brindar, no se dan, si el suelo está periódicamente puesto en condiciones anaeróbicas. Con esto se requieren nuevos conceptos para el manejo del agua en el cultivo de arroz, que va mano a mano con el manejo agronómico (Uphoff *et al.*, 2011).

El arroz aeróbico

El arroz, mientras sobrevive en condiciones de suelos anaeróbicos, crece y produce mejor en condiciones de suelos aeróbicos, particularmente cuando la planta esté expuesta a estas condiciones desde el inicio de su establecimiento y cuando en las primeras dos semanas de emergencia encuentra suficiente espacio para desarrollar el potencial completo de ahijamiento. Este descubrimiento llevó al desarrollo del Sistema de Intensificación del Cultivo de Arroz (SICA) (Kassam *et al.*, 2011; SRI, 2016) y está actualmente comprobado por muchos

³ HAUGEN-KOZYRA, K., GODDARD, T.: Conservation agriculture protocols for greenhouse gas offsets in a working carbon markets. Paper presented at the IV World Congress on Conservation Agriculture, 3-7 February 2009, New Delhi, India, 2009.

⁴ AULAKH, K.S.: Punjab Agricultural University, accomplishments and challenges, 23pp., Ludhiana, Punjab, India, 2005.

⁵ PDCSR: Project Directorate for Cropping Systems Research, 143pp., Annual Report 2004-05, Modipuram-Meerut, India, 2005.

⁶ IPCC: Climate Change 2007; Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press 2007.

agricultores que tratan de aplicar los conceptos de la agricultura de conservación al cultivo de arroz.

Cuál es el significado práctico de esto, entrando con el arroz en un sistema de agricultura de conservación? Aparte de la labranza cero y la retención de la paja del arroz o de otros rastrojos de cultivos, se nota un mejor desarrollo de las plantas, de modo de que se puede reducir la densidad de siembra en un 70% o más y el consumo de agua hasta casi 90% (Turmel *et al.*, 2011).

Para el riego es importante, particularmente en las fases críticas de desarrollo del cultivo, mantener la humedad en el suelo en niveles de capacidad de campo, pero siempre en condiciones aeróbicas. Se puede hacerlo usando cualquier tipo de riego, desde riego tecnificado hasta usando las terrazas tradicionales, inundándolas periódicamente de acuerdo a las condiciones de suelo y clima con un alto flujo de agua para alcanzar una distribución pareja del agua y después dejarlo infiltrar sin ocupar mucho tiempo en la condición inundada. Sin embargo, pensando en la rotación de cultivos y particularmente cultivos de hileras, como maíz, leguminosas, hortalizas incluyendo papa, que en Asia están en rotación con el cultivo de arroz, se presta mejor el riego en surcos con los cultivos creciendo en camas (Singh *et al.*, 2010; Stoop *et al.*, 2009). Obviamente, estando en un sistema de labranza cero permanente, estas camas serían camas permanentes. Según las características del suelo y la difusión del agua en el mismo, las camas pueden ser estrechas con unos 60 cm de ancho, o anchas hasta 120 cm de ancho. La única labor moviendo suelo, que se hace en estos sistemas, es periódicamente reformar los surcos para el riego, pero no se mueve el suelo en las camas. Además, los surcos llegan a ser también las líneas de tráfico, y de esta forma se alcanza un sistema de tráfico controlado sin compactar las zonas donde crecen los cultivos.

Conceptos para sistemas de riego

En estos sistemas de riego por surcos en la agricultura de conservación, el riego determina la forma de cultivar, que para todos los cultivos será en camas permanentes (Nurbekov *et al.*, 2015). Este sistema se aplica con mucho éxito en cultivos que tradicionalmente se cultivan en plano, como el arroz y el trigo, tanto en México, como en muchos países de Asia Central, Sur y Este. (Sayre & Govaerts, 2012). En el trópico, el riego por aspersión no trae ventajas por las altas pérdidas de agua por evaporación en el aire y de las superficies de las plantas mojadas. Además puede causar un riesgo de infección con enfermedades por el ambiente húmedo que está creando la aspersión. Aplicando técnicas avanzadas, como una buena nivelación de los surcos para establecer un llenado de los surcos de forma rápida y pareja, llevando el agua en canales revestidos o mejor en tubería hasta la distribución en los mismos surcos y la posibilidad de poder controlar el flujo de agua según las necesidades del cultivo igual al riego tecnificado, el riego superficial en surco es una buena opción de riego considerando

eficiencia, agronomía y costo de inversión. En combinación con la Agricultura de Conservación tiene incluso otras ventajas, tal como la aplicación fácil de un sistema de tráfico controlado, pero también el ahorro de agua y el mejor drenaje interno de los suelos y la reducción del peligro de salinización (Nurbekov *et al.*, 2008).

Sin embargo, riego superficial, sea en terraza, lámina ancha o en surco, en combinación con la agricultura de conservación, también tiene sus retos en relación al manejo de los rastrojos y la cobertura. Hay que evitar, que los rastrojos se desplacen con el flujo de agua o que obstruyan el mismo. Para esto hay que evitar una picadura muy fina de los rastrojos y un corte muy pegado al suelo. Además hay que adecuar el flujo de agua y mantener los surcos abiertos.

La diferente dinámica del drenaje interno de los suelos bajo agricultura de conservación también sugiere un posible cambio en el manejo de riego y diseño de áreas regadas (Basch *et al.*, 2012). En sistemas convencionales de riego el suministro de agua exige normalmente la demanda de las plantas, haciendo indispensable infraestructuras de drenaje. Además lleva a un desperdicio de agua. En un sistema ideal, el riego debería solo aportar exactamente la cantidad de agua necesaria para las plantas y la aplicación no debería exceder la capacidad de campo. En suelos de agricultura de conservación, además de esto, el drenaje interno de los suelos puede garantizar una infiltración de excedentes temporales de agua, siempre y cuando quedan dentro de los límites de la capacidad de infiltración. De esta forma se podría establecer sistemas de riego, aplicando solo las cantidades de agua necesarias, controladas por medidores de humedad en el suelo o incluso en las plantas. Esto igual se podría alcanzar con riego tecnificado por surcos. La cobertura permanente en los suelos además evita la acumulación de sales en la superficie de los suelos y reduce el peligro de salinización⁷.

CONCLUSIONES

- La AC es muy relevante para varios elementos de la agenda global. Conformar la base para alinear una agricultura intensiva y altamente productiva con la agenda de sostenibilidad y servicios de ecosistema, correspondiendo al objetivo estratégico de la FAO que apunta a una intensificación sostenible de la producción agrícola, basada en este nuevo paradigma de la agricultura (FAO, 2011). Al mismo tiempo mejora las perspectivas para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Para el futuro, la AC constituye el mejor conjunto de prácticas disponibles para la agro-ecología, respondiendo a las necesidades de adaptación y mitigación del cambio climático, dando respuesta a los riesgos cada vez más altos por la variabilidad del clima, y reduciendo la vulnerabilidad contra sequías, inundaciones, calores extremos y viento, alcanzando al mismo tiempo niveles productivos altos permitiendo satisfacer las demandas de una población creciente. En todo el mundo existen evidencias científicas, como también

⁷ NURBEKOV, A., SULEIMENOV, M., FRIEDRICH, T., TAHER, F., IKRAMOV, R., NURJANOV, N.: No-Till practices in the drought and salt affected region of Uzbekistan; in: International Dryland Development Commission: Proceedings of the 9th Conference on Dryland Development, Sustainable Development in the Drylands, Meeting the Challenge of Global Climate Change, 7-10 November 2008, Alexandria/Egypt, 2008.

observaciones prácticas de agricultores, que demuestran que se puede obtener beneficios significativos en productividad, economía, beneficios sociales y ambientales para los mismos agricultores y la sociedad en general. Además, la AC apoya el sustento de la vida rural, contribuye a reducir la pobreza rural y, eventualmente, revierte la migración de las áreas rurales hacia los centros urbanos.

- Dentro del contexto de la agricultura de conservación y su relevancia para la agenda de desarrollo sostenible, los cambios posibles en el cultivo de arroz y en el manejo de riego son probablemente entre los factores más significativos con los cuales la AC puede reducir la huella ambiental del sector agrícola y contribuir a un desarrollo verdaderamente sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASCH, G., KASSAM, A., FRIEDRICH, T., SANTOS, F.L., GUBIANI, P.I., CALEGARI, A., REICHERT, J.M., DOS SANTOS, D.R.: *Sustainable Soil Water Management Systems*, pp. 229-288, In: Lal, R. and Stewart, B.A. (eds.): *Soil Water and Agronomic Productivity, Advances in Soil Science*, CRC Press, 2012.
- CORSI, S., FRIEDRICH, T., KASSAM, A., PISANTE, M., DE MORAES SÀ, J.C.: *Soil Organic Carbon Accumulation and Greenhouse Gas Emission Reductions from Conservation Agriculture*, 101pp., A literature review, *Integrated Crop Management* Vol. 16-2012, AGP/FAO, Rome, 2012.
- FAO: *Save and Grow: a policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production*, 102pp., FAO, Rome, 2011.
- FAO: AquaStat 2015: CA Adoption Worldwide [en línea] 2015, Disponible en: www.fao.org/ca/6c.html [Consulta: abril 2016].
- FAO: *Ahorrar para crecer en la práctica – maíz, arroz, trigo; guía para la producción sostenible de cereales*, 110pp., FAO, Rome, 2016.
- FRIEDRICH, T.: *Degradation of Natural Resources and Measures for Mitigation*, pp. 47-61, in: APCAEM/MoA-PRC (Eds.): *Handbook of the International Seminar on Enhancing Extension of Conservation Agriculture Techniques in Asia and the Pacific*, Asian and Pacific Centre for Agricultural Engineering and Machinery (APCAEM) and Ministry of Agriculture of the Peoples Republic of China, Zhengzhou China, 24-26 Oct. 2007.
- FRIEDRICH, T., KASSAM, A.H., SHAXSON, F.: *Conservation Agriculture*. In: *Agriculture for Developing Countries. Science and Technology Options Assessment (STOA) Project*. European Parliament. European Technology Assessment Group, Karlsruhe, Germany, 2009.
- KASSAM, A.H., UPHOFF, N., STOOP, W.A.: Review of SRI modifications in rice crop and water management and research issues for making further improvements in agricultural and water productivity. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10333-011-0259-1>, *Paddy and Water Environment* 9:1, 2011.
- KASSAM, A., FRIEDRICH, T.: *An ecologically sustainable approach to agricultural production intensification: Global perspectives and developments; Field Actions Science Reports, Reconciling Poverty Eradication and Protection of the Environment, Special Issue 6 (2012)*. Institut Veolia Environnement, France, [en línea] 2012, Disponible en: <http://factsreports.revues.org/1382> [Consulta: abril 2016].
- KASSAM, A., FRIEDRICH, T., DERPSCH, R., KIENZLE, J.: *Worldwide Adoption of Conservation Agriculture*; in: *CTIC, SCCC (eds.): Proceedings of the 6th World Congress on Conservation Agriculture*, Winnipeg, Canada, [en línea] June 22-25, 2014, Disponible en: <http://www.ctic.org/WCCA/Proceedings/Abstracts/> [Consulta: abril 2016].
- MELLO, I., VAN RAIJ, B.: "No-till for sustainable agriculture in Brazil". *Proc. World Assoc. Soil and Water Conserv.*, P1: 49-57, 2006.
- MONTGOMERY, D. *Dirt: the erosion of civilizations*, 287pp., University California Press, ISBN: Berkeley and Los Angeles, 2007.
- NURBEKOV, A., MUSAEV, A., SYDYK, D., ZIYADULLAEV, Z., TUROK, J.: *Conservation Agriculture in Irrigated Areas of Azerbaijan, Kazakhstan and Uzbekistan*; pp. 44, Working Paper 26, ICARDA, Beirut/Lebanon, 2015.
- RWC-CIMMYT: *Addressing Resource Conservation Issues in Rice-Wheat Systems of South Asia*, 305pp., A Resource Book. Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains – International Maize and Wheat Improvement Centre. ISBN: New Delhi, India, 2003.
- SAYRE, K., GOVAERTS, B.: Chapter 15: *The principles of conservation agriculture*, pp. 164-174; in Rynolds, M., Pask, A., Mullan, D. (eds.): *Physiological Breeding I: Interdisciplinary Approaches to Improve Crop Adaptation, Providing a basis for the development of sustainable cropping systems*; CIMMYT. Int. Apdo. Postal 6-641, 06600 ISBN: Mexico, DF, Mexico, 2012.
- SINGH, V.K., DWIVEDI, B.S., SHUKLA, A.K., MISHRA, R.P.: "Permanent raised bed planting of the pigeonpea-wheat system on a Typic Ustochrept: Effects on soil fertility, yield, and water and nutrient use efficiencies", *Field Crops Research*, ISSN: 0378-4290, 116: 127-139, 2010.
- SRI: *International Network and Resources Center; sitio web de Cornell University SRI*; [en línea] 2016, Disponible en: <http://sri.cifad.cornell.edu/> [Consulta: abril 2016].
- STOOP, W.A., ADAM, A., KASSAM, A.: "Comparing rice production systems: A challenge for agronomic research and for the dissemination of knowledge-intensive farming practices", *Agricultural Water Management*, ISSN: 0378-3774, E-ISSN: 1873-2283, 96: 1491-1501, 2009.
- TURMEL, M-S., ESPINOSA, J., FRANCO, L., PÉREZ, C., HERNÁNDEZ, H., GONZÁLEZ, E., FERNÁNDEZ, G., ROJAS, C., SÁNCHEZ, D., FERNÁNDEZ, N., BARRIOS, M., WHALEN, J.K., TURNER, B.L.: "On-farm evaluation of a low-input rice production system in Panama", *Paddy Water Environ*, ISSN: 1611-2490, E-ISSN: 1611-2504, 9: 155-161, 2011.
- UPHOFF, N., KASSAM, A., HARWOOD, R.: "SRI as a methodology for raising crop and water productivity: productive adaptations in rice agronomy and irrigation water management", *Paddy Water Environ*, ISSN: 1611-2490, E-ISSN: 1611-2504, 9: 3-11, 2011.

Recibido: 10/05/2016.

Aprobado: 30/11/2016.

Theodor Friedrich, Representante de FAO en Cuba, Calle 154 y 3ra, #301, Reparto. Náutico, Playa, La Habana, Cuba; Teléfonos: (+53-7) 2086411, -12 y -13; Correo electrónico: Theodor.Friedrich@fao.org