

REVISIÓN

ARTÍCULO ORIGINAL



<http://opn.to/a/xaPSn>

Agricultura de Conservación: consideraciones para su adopción en agroecosistemas arroceros de Pinar del Río

Conservation Agriculture: considerations for its adoption in rice agroecosystems of Pinar del Río

MSc. Calixto Domínguez-Vento^{I*}, Guillermo Díaz-López^{II}, Dr.C. Alexander Miranda-Caballero^{III},
Dr.C. Carmen Duarte-Díaz^{IV}, MSc. Amaury Rodríguez-González^{IV}, Dr. Augusto Guilherme de Araújo^V

^I Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), UCTB Pinar del Río, Cuba.

^{II} Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Unidad Científico Tecnológica de Base Los Palacios (UCTB-LP), Pinar del Río, Cuba.

^{III} Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{IV} Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

^V Instituto Agronómico de Paraná (IAPAR), Paraná, Brasil.

RESUMEN. La agricultura de conservación, es parte de las medidas de adaptación promovidas para continuar proveyendo de alimentos a la población mundial, a la vez que se presenta como una alternativa para mitigar los efectos de la producción arrocera frente al cambio climático. En Cuba, el cultivo del arroz constituye una prioridad para la alimentación de la población, por lo que el estado lleva a cabo un fuerte programa inversionista con el propósito de sustituir las importaciones. No obstante, el arroz se cultiva mayoritariamente de forma tradicional (labranza y riego por inundación), lo que implica un elevado consumo de agua y deteriora el suelo, además de que requiere mucho tiempo y grandes costos energéticos, económicos y ambientales. Sin embargo, en un contexto de cambio climático la cantidad de agua disponible y la baja fertilidad de los suelos son las principales limitantes en la producción de arroz, por lo que el uso eficiente del agua y la mejora de la fertilidad de los suelos determina el futuro del cultivo. En el trabajo se presenta una revisión de las experiencias desarrolladas a nivel mundial y en Cuba con el uso de la agricultura de conservación, enfocadas al ahorro del agua y la mejora de la fertilidad del suelo, así como los principales pasos a seguir para su adopción.

Palabras claves: arroz, cero labranza, rotación de cultivos, manejo de cobertura, siembra directa.

ABSTRACT. Conservation agriculture is part of the adaptation measures promoted to continue providing food to the world population, while presenting itself as an alternative to mitigate the effects of rice production on climate change. In Cuba, the cultivation of rice is a priority for the Government, and for this reason a strong investment program is carried out with the purpose of replacing imports. Nevertheless, rice is mostly grown in the traditional way (tillage and irrigation by flooding), which implies a high consumption of water and deteriorates the soil, besides that it requires a lot of time, and great energy, economic and environmental costs. However, in a context of climate change, the amount of water available and the low fertility of soils are the main limiting factors in rice production, so the efficient use of water and the improvement of soil fertility determine the future of the crop. In the work we present a review of the experiences developed in Cuba and worldwide with the use of conservation agriculture, focused on saving water and improving water quality, the fertility of the soil, as well as the main steps to follow for its adoption.

Keywords: Rice, zero tillage, crop rotation, coverage management, no-tillage.

*Autor para correspondencia: Calixto Domínguez-Vento, e-mail: esp-iagric@dlg.minag.gob.cu

Recibido: 28/07/2018.

Aceptado: 15/03/2019.

INTRODUCCIÓN

El arroz, es el cereal más consumido a nivel mundial según Piedra *et al.* (2017) y el alimento más común en la dieta de los cubanos, con una demanda nacional de anual de 700 mil toneladas y un índice de consumo promedio de más de 70 kg por persona al año. Pero los rendimientos que se obtienen como promedio en los últimos 20 años no superan las 3,5 t/ha, lo que representa el 50% del potencial productivo de los cultivos comerciales según Ruiz *et al.* (2016), por lo que el estado está obligado a importar más de 400.000 toneladas de arroz anualmente (FAO, 2016). Ante esta situación, se lleva a cabo un fuerte programa inversionista con el propósito de sustituir las importaciones.

No obstante, el cultivo del arroz constituye el máximo consumidor de agua del país, con el 28% del total destinado a los diferentes usos según Herrera *et al.* (2000) y ante la creciente escasez se han tenido que reducir las áreas de siembra por no contar con suficiente agua en los embalses según Ruiz *et al.* (2016), motivado por las variaciones del clima y la baja eficiencia de su uso en las arroceras, estimada entre el 30 y el 67% (Duarte *et al.*, 2017; Pérez *et al.*, 2018).

En la actualidad, predomina la producción especializada, la cual exige de un alto grado de mecanización, condicionada por las diferentes tecnologías de siembra que se utilizan y las extensiones que se destinan para su explotación, existiendo suelos con grandes problemas de bajos contenidos de materia orgánica, de fósforo y potasio, lo que evidencia la necesidad de cambiar el modelo tradicional de producción del arroz.

En el municipio Los Palacios, en la Provincia de Pinar del Río, uno de los principales productores de arroz en el país (con 43 610 ha destinadas a este cultivo), se perciben las influencias del cambio climático en frecuentes afectaciones por sequía, que limitan la disponibilidad de agua embalsada para las siembras, lo que de conjunto con una baja eficiencia en el uso del agua (46%) y la existencia de otros factores limitantes como la baja fertilidad física y química, compactación, mal drenaje y baja profundidad efectiva de los suelos, afectan la producción arroceros del territorio (Duarte *et al.*, 2017; Pérez *et al.*, 2018).

Estos problemas están asociados fundamentalmente a la labranza tradicional basada en el uso de implementos como la grada de discos, la nivelación deficiente de los campos, el monocultivo y el cultivo en condiciones de inundación permanente según Díaz *et al.* (2004); González *et al.* (2014); Ruiz *et al.* (2016); Duarte *et al.* (2017); Pérez *et al.* (2018), lo que contribuye a la degradación de los suelos e implica además un elevado consumo de agua, grandes emisiones de gases contaminantes y un elevado costo energético por concepto de explotación de la maquinaria agrícola (González *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2016).

En países como Estados Unidos, Brasil, Argentina, Australia, India y Canadá, entre otros, se utilizan prácticas agrícolas que permiten conservar el suelo, ahorrar agua y disminuir los costos, sin dañar el medio ambiente (Sánchez, 2015; Barreto, 2017; Piedra *et al.*, 2017). La más difundida, es la denominada agricultura de conservación, a la que se le reconoce como una alternativa reformadora de las tecnologías tradicionales.

En Cuba, se conoce poco al respecto en el cultivo del

arroz, por lo que el objetivo de este trabajo consiste en recopilar parte de la información que existe sobre la producción de arroz empleado principios de la agricultura de conservación.

DESARROLLO DEL TEMA

Principios de la agricultura de conservación

La agricultura de conservación (AC) es un sistema agrícola que se caracteriza por la interrelación de buenas prácticas agrícolas basadas en tres principios fundamentales: mantener permanente el suelo cubierto con restos de cosecha o cubiertas vegetales al menos en un 30%, una perturbación mínima del terreno y una diversificación de las especies cultivadas en rotación (rotación de cultivos). Teniendo como objetivo aumentar la productividad y la estabilidad de los rendimientos a largo plazo, con un mejor uso de los recursos naturales sin dañar el medio ambiente (Sánchez, 2015; Barreto, 2017; Piedra *et al.*, 2017).

¿Cómo y dónde empezar con un sistema de siembra directa en agroecosistemas arroceros?

Para cambiar de la tecnología tradicional de labranza del suelo, a una agricultura de conservación basada en cero labranza y tener éxito, es necesario conocer todos los componentes del sistema.

Primeramente, antes de iniciar el sistema cero labranza se debe de realizar un análisis del suelo y corregir siempre que sea posible, eventuales deficiencias de nutrientes. Luego se recomienda nivelar el campo para garantizar un uso más eficiente del agua, evitar problemas en la siembra y una mala germinación de la semilla, además de establecer un buen sistema de drenaje (Derpsch, 1999).

Igualmente, es necesario tener en cuenta que no se puede implantar un sistema de cero labranza en suelos arroceros compactados (por encima de 1.30 Mg.m⁻³ según Díaz *et al.* (2009). En estos casos es apropiado descompactar antes de la siembra del primer cultivo, para no tener dificultades en la implantación y el posterior desarrollo de las raíces (Friedrich, 2007). Pero en general tanto en Brasil, como en Paraguay y Argentina es suficiente realizar una subsolación o labor de escarificado para solucionar el problema (Derpsch, 1999).

Posteriormente es necesario obtener una cobertura muerta con residuos de cultivos o abonos verdes que permanecerán sobre la superficie del suelo, sobre los cuales se realizará la siembra y se regeneraran a través de prácticas de rotación de cultivos.

Por otro lado Friedrich (2007), plantea que la siembra directa empieza por la cosecha, adecuando la cosechadora al sistema, a través de un dispositivo para distribuir los restos de cosecha uniformemente en todo el ancho de labor de la máquina. Las cubiertas radiales, deben generar las menores huellas y compactación posible al suelo, al igual que las tolvas auto-descargables y los tractores que acompañan el proceso de cosecha, por lo que los neumáticos han de ser de baja presión de inflado y nunca deben de ingresar al campo con más de 30 lbs/pulg, lo cual está en correspondencia con lo planteado por (Derpsch, 1999) ya que esto puede resultar en un mal desempeño de los herbicidas y de las máquinas sembradoras.

Igualmente, resultados obtenidos por Bonnin *et al.* (2017), coinciden en que una mayor presión de inflado proporciona una menor deformación del neumático y en consecuencia menor área de contacto entre el rodado y el suelo, dando como resultado una mayor compactación, la cual se incrementa con la intensidad de tráfico. Y si bien es cierto que por lo general el tráfico de las máquinas agrícolas se concentra en las capas superficiales de 0 a 200 mm Cunha y Casção (2009), para el caso de la mayor presión de inflado de los neumáticos, se registran valores significativos de compactación (medida como resistencia a la penetración) hasta la profundidad de 200-300 mm. Además se debe evitar, realizar actividades terrestres con la maquinaria agrícola cuando el suelo está húmedo o saturado, teniendo en cuenta que es más propenso a la deformación bajo estas condiciones según Barreto (2017), por lo que resulta extremadamente importante tener un buen sistema de drenaje y drenar el campo 15 días antes de cosechar para que el suelo este seco, de manera que no queden hullas que luego sea necesarios eliminar mediante operaciones de labranza.

El tiempo entre aplicación del herbicida y siembra es fundamentalmente, dependiente del tipo y tamaño de la maleza, así como de las condiciones climáticas. Cuando existe presencia de malezas estoloníferas, se aconseja un período mayor entre aplicación y siembra (aproximadamente de 7 a 10 días), para permitir la movilización del producto herbicida hasta el sistema radicular. Si la siembra se lleva a cabo inmediatamente de la aplicación del herbicida, los discos de la sembradora cortan los estolones, impidiendo, de esta manera, la traslocación del producto, generando así un control deficiente.

La siembra es la labor más importante en agricultura de conservación, para lo que es necesario contar con una sembradora que en suelo sin preparar y con residuos sobre la superficie pueda colocar la semilla en un sector del mismo que posea las condiciones indispensables para la germinación, la emergencia y el establecimiento de las plántulas (Friedrich, 2007).

En estas condiciones, los diques deben construirse más anchos, más bajos y con una sección más suave para facilitar el tránsito por ellos, lo cual permite realizar la siembra sobre ellos y conservarlos de un año para otro, con una ligera reparación si fuera necesario.

Además, la cobertura debe de estar seca según Tullberg *et al.* (2010), puesto que de haber llovido recientemente o existir mucho rocío, la paja sería plegada hacia el interior del surco en vez de ser cortada por los discos sembradores. En tal caso la semilla se depositaría sobre este pliegue y al volverse a secar la paja por el sol, se levantaría hacia la superficie. El manejo posterior a la siembra resulta muy semejante al practicado en el sistema convencional. Algunos autores como Sousa y Gomes (1993) plantean que puede surgir un déficit inicial de nitrógeno debido a la menor mineralización de la materia orgánica, evidenciado en una coloración verde amarillenta en las hojas, especialmente cuando la siembra se realiza sobre los rastrojos de gramíneas. Quirós y Ramírez (2006), luego de tres años de investigación no encontraron suficiente evidencia científica para justificar la necesidad de aplicar mayor cantidad de fertilizante nitrogenado en comparación como los sistemas tradicionales.

No obstante, esta diferencia causada por la descomposición de los rastrojos tiende a desaparecer con el establecimiento de la lámina de agua en el terreno y trascurridos varios ciclos continuos bajo labranza cero y siembra sobre residuos se logra mantener mayor estabilidad en la dinámica total del nitrógeno, con lo que podría reducirse la cantidad necesaria de aplicaciones de fertilizante a largo plazo. Sin embargo, es conveniente realizar estudios complementarios que validen estos resultados para las condiciones de Cuba (diferentes variedades de arroz, diferentes condiciones edáficas, manejos de cultivo y mayor duración del período experimental).

Con la adopción de un sistema cero labranza, se requieren nuevos conceptos para el manejo del agua en el cultivo de arroz y se enfrentan otros retos con el manejo de los rastrojos y la cobertura, relacionado con el flujo de agua adecuado en sistemas de riego superficial según Friedrich (2017), por lo que se impone la necesidad de desarrollar investigaciones a escala local que permitan llegar a soluciones concretas.

Además es necesario, establecer bancos de semilla de abonos verdes o de los cultivos a rotar y garantizar la conservación de las semillas debido a que su capacidad de germinar desaparece con rapidez cuando no se conserva en las condiciones adecuadas.

Buenas prácticas asociadas a la AC

Varios autores coinciden en que para obtener resultados positivos en la AC, deben de integrarse buenas prácticas agrícolas como: labranza cero, la rotación de cultivos, el manejo integrado de malezas, plagas y enfermedades, una nutrición balanceada con reposición de nutrientes y un uso racional de insumos externos (Friedrich, 2007; Baker *et al.*, 2008; Kassam *et al.*, 2018).

Sin dudas, la labranza cero, practicada en unas 180,4 millones de hectáreas en todo el mundo según Kassam *et al.* (2018) es una de las buenas prácticas que más llama la atención. Un sistema en el cual la semilla es depositada directamente en el suelo no labrado donde se han mantenido los residuos del cultivo anterior en la superficie (Sánchez, 2015).

Esta tecnología está muy difundida en países como Estados Unidos, Brasil, Argentina, Australia, India y Canadá, e incluso en algunos países de América del Sur la están utilizando en un 70...80% de la superficie cultivada total, y dada su sostenibilidad se nota un incremento significativo en Asia, África y Europa (Kassam *et al.*, 2018). También en Cuba a escala experimental se han obtenido buenos resultados: como parte de un proyecto financiado por la FAO, en la cuenca hidrográfica Guantánamo-Guaso en el cultivo de otros granos, se logró en tres años, aumentar la materia orgánica de 1,64% a 2,1%, disminuir la densidad aparente de 1,34 a 1,25 g/cm³, e incrementar la retención de humedad en el suelo en un 40 %. Experiencias en la provincia de Pinar del Rio en el cultivo del tabaco muestran un aumento de la materia orgánica (0,26%), la porosidad total del suelo (6,94%) y disminución de la densidad aparente en 0,17 g. cm⁻³, con un ahorro de combustible de 100 L/ha al año respecto a la labranza tradicional según Llanes *et al.* (2015), y ha sido adoptada como política del país una hoja de ruta para la transición hacia prácticas de conservación.

En el caso particular del arroz tiene la ventaja de que el nivelado de los campos se mantiene por muchos años sin necesidad de rectificar la nivelación según Friedrich (2007), permite incrementar los niveles de materia orgánica y del nitrógeno del suelo según Baker *et al.* (2008; Barreto 2(017), obtener mayor uniformidad en la germinación de la semilla del arroz, reducir el consumo de agua entre 15-33% (Baker *et al.*, 2008); así como disminuir, las pérdidas totales de carbono hasta cinco veces respecto a parcelas preparadas convencionalmente; ahorrar hasta un 80 por ciento del combustible y el tiempo usado para el establecimiento de cultivos, siendo necesarias hasta un 60 por ciento menos de horas/hombre/ha, menores costos de explotación de la maquinaria necesaria (50%) para establecer cultivos Friedrich (2007); Baker *et al.* (2008) y disminuir los costos (20%) de producción hasta en 125 USD/ha en comparación con sistemas tradicionales (Kumar y Ladha, 2011).

Uso y manejo de cobertura

Teniendo en cuenta, que resulta mucho más ventajoso mantener los rastrojos en la superficie del suelo que incorporarlos (Quirós y Ramírez, 2006a). Mantener el suelo cubierto con restos de cosecha o cubiertas vegetales, es uno de los principios fundamentales de la agricultura de conservación y el elemento más importante para el manejo de malezas según Friedrich (2005), por lo que en el caso particular del cultivo del arroz se le debe de prestar la mayor importancia para hacer un uso racional del agua.

Las coberturas, están asociadas a la conservación del agua presente en el suelo, ya que actúan como barrera física que impide la incidencia directa de la radiación solar sobre la superficie del suelo, disminuyendo la pérdida del agua por evaporación, lo que generalmente se expresa en una mayor disponibilidad de agua para las plantas, la que además incide, en que la temperatura media del suelo sea más baja y, en consecuencia, los procesos biológicos sean más lentos (Silva y Acevedo, 2005). Por otro lado, protegen el suelo contra agentes erosivos como las lluvias y los vientos, a la vez que aportan materia orgánica y nitrógeno al suelo (Piedra *et al.*, 2017).

En los campos arroceros, el rastrojo de arroz es una fuente de nutrientes muy importante, debido a que la paja contiene el 70% del potasio y casi la totalidad del silicio que la planta absorbe. Al dejar el rastrojo en superficie para que se descomponga lentamente, la reserva de estos elementos en el suelo se incrementa, pudiendo satisfacer la demanda de la planta, lo que constituye un ahorro de dinero en fertilizantes (Castilla, 2012; Hidalgo *et al.*, 2014). No obstante, estudios realizados por Hidalgo y Pozzolo (2007) señalan que una cantidad de rastrojo de arroz superior a 600 kg ha⁻¹ al momento de la siembra de la próxima campaña, provocará inconvenientes en esta labor y el establecimiento del cultivo posterior, aún sin detección de enfermedades fúngicas, pero esto depende de las condiciones climáticas.

Igualmente, cuando en la cosechadora se concentran residuos (cosechadora sin distribuidor uniforme de rastrojo) puede perjudicarse su mineralización, afectando significativamente la siembra del cultivo siguiente según Hidalgo y Pozzolo (2007) y Tullberg *et al.* (2010), por lo que se recomienda emplear

cosechadoras con esparcidores centrífugos que garanticen una distribución uniforme de los residuos de cosecha según Hidalgo *et al.* (2014), lo que permite una mejor mineralización del rastrojo, quedando cantidades en todo el ancho de corte que no perjudicaría la siembra siguiente.

Como alternativa para acelerar la mineralización del rastrojo puede usarse el rolo cuchilla (técnica muy usada en la regiones arroceras de Argentina y Brasil) o la adición de urea, no existiendo diferencias significativas con el uso de las dos variantes, aunque la variante química resulta más costosa, por lo que el método mecánico es más factible. No obstante, el uso del rolo cuchilla no es apropiado cuando se usan máquinas sin esparcidor y con desparramador deflector (Hidalgo *et al.*, 2014).

El corte de los residuos en partículas pequeñas aumenta su superficie específica de contacto con el suelo, lo que puede incrementar la población microbiana, el intercambio de nutrientes y agua con el suelo circundante (Quirós y Ramírez, 2006a). Pero a medida que se reduce el tamaño de los rastrojos su descomposición se incrementa, principalmente cuando los residuos son de menor tamaño (6 cm) y se aplica *Trichoderma* con el residuo húmedo más compost (Castilla, 2012).

Por otro lado, según Friedrich (2007), en la agricultura de conservación es muy importante que la cobertura de suelo, normalmente formada de rastrojos, se mantenga tanto tiempo como sea posible para proteger el suelo y realizar un mejor control de malezas. Se debe evitar, que los rastrojos se desplacen con el flujo de agua o que lo obstruyan, por lo que es aconsejable dejarlos en trozos grandes y evitar un corte muy pegado al suelo, siempre que no dificulten la siembra del cultivo (Friedrich, 2017).

Una manera de optimizar la descomposición de los rastrojos del arroz es aprovechar el tiempo de descanso entre ciclos del cultivo, cuando los terrenos no son utilizados con fines productivos, intercalando la siembra de una planta leguminosa a manera de abono verde, lo que permite además incrementar la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos siguientes y elevar los rendimientos en la cosecha de arroz (Quirós y Ramírez, 2006b). Igualmente Castilla (2012), plantea que realizando el manejo de residuos de cosecha y reciclaje de nutrientes se logra incrementar el rendimiento del arroz entre 1.0 y 1.4 t ha⁻¹.

Rotación de cultivos

La rotación de cultivo es un factor importante en la implementación de la AC ya que permite mantener la fertilidad del suelo y obtener una alta productividad (González *et al.*, 2014). Esta consiste en alternar plantas de diferentes familias y con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante distintos ciclos, evitando que el suelo se agote y que las plagas que afectan a un tipo de plantas se perpetúen en un tiempo determinado.

La rotación de cultivo en general proporciona beneficios a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Esta es una de las formas de suministrar materia orgánica al suelo a través de abonos verdes o rastrojos, de mantenerlo cubierto durante todo el año, de preservar su humedad y de protegerlo contra agentes erosivos que propician su degradación (Derpsch, 1999; González *et al.*, 2014).

Además, usando plantas leguminosas, mediante la fijación biológica del nitrógeno se añaden al suelo hasta 300 kg de nitrógeno por hectárea al año (FAO, 2016). Asimismo, usando cultivos de cobertura que poseen efectos alelopáticos se evita la emergencia de malezas (Friedrich, 2007).

El arroz, es un cultivo que agota rápidamente la riqueza nutrimental y la productividad de los suelos, lo cual implica la necesidad de implementar la rotación de cultivos o la siembra de abono verde para mantener la fertilidad del suelo (Díaz *et al.*, 2009; González *et al.*, 2014). Aunque, esta práctica puede ser limitada en áreas arroceras por la dificultad en establecer otros tipos de cultivos en las zonas donde prevalece el arroz.

Varias especies leguminosas son usadas como cultivos de cobertura o abonos verdes para mejorar la fertilidad del suelo e incrementar la producción de los agroecosistemas. El frijol terciopelo “*Mucuna deringina* Merr; *Stizolobium deeringianum*, Bort” es una planta leguminosa con capacidad para realizar la fijación biológica del nitrógeno en los nódulos de sus raíces, florece entre 45 y 50 días después de la siembra y produce hasta 5 t/ha de rastrojos, lo que permite incrementar los rendimientos del arroz en un 25% (Singh, *et al.*, 1995). Quirós y Ramírez 82006a) utilizando la combinación de rastrojos de arroz con los de esta planta leguminosa lograron un cambio significativo en el contenido de materia orgánica en los primeros cinco centímetros del perfil de suelo, el cual pasó de 2,24 % a 4,1%.

Por otro lado, González y Ramírez (1991) apreciaron que los rastrojos de una planta leguminosa como la soya provoca aumentos de 1,5 t ha⁻¹ en la producción de arroz, independientemente del nivel de fertilización nitrogenada aplicada al cultivo. En Uganda, donde la falta de nitrógeno del suelo es el factor que más limita los sistemas agrícolas, la plantación de frijoles de terciopelo antes del cultivo de arroz aumentó los rendimientos del arroz en grano de 1,5 a 2,3 t ha⁻¹, semejante a la mejora obtenida con fertilizantes minerales. Igualmente, la introducción de sesbania como cultivo de cobertura o intercalada es muy aceptada por los agricultores, lo que aumenta los rendimientos en arrozales no anegados (Friedrich, 2007). Práctica muy aceptada en Lombok (Indonesia) y que está difundiendo a otras partes de Asia (Hasniati y Shelton, 2005). De igual forma, en los últimos decenios, la rotación del cultivo de arroz y maíz se ha extendido con rapidez en Bangladesh (Timsina *et al.*, 2010).

Los resultados más importantes para el cultivo del arroz en Cuba, indican la posibilidad de emplear la Sesbaniastrata, leguminosa capaz de aportar no menos de 80 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, algo de fósforo y además mejorar la estructura del suelo (Socorro *et al.*, 1997 citado por González *et al.* (2014). Por otro lado, Hernández *et al.*, 1997 (citado por González *et al.* (2014), definieron que todos los sistemas de rotación con plantas leguminosas y oleaginosas aportan cantidades importantes de biomasa, lo que se traduce en un mejor comportamiento del rendimiento; pero que la soya “*Glycine max*” es el cultivo que más incide en los rendimientos del arroz al alcanzarse entre un 25.7 y 27.5% de incremento; además demostraron que al establecer la rotación arroz - soya - girasol, se logra mayor estabilidad (20%) de los rendimientos en el tiempo.

En la provincia de Pinar del Río se han utilizado además,

otras especies vegetales en rotación, como: el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L), boniato (*Ipomea batata* L), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) y Maní (*Arachis hypogaea*) (Díaz *et al.*, 2004 y Díaz, 1985 citado por González *et al.* (2014), alcanzándose para la variedad de arroz INCA LP-5 en rotación con frijol terciopelo, dolichos “*Dolichos lablab*, Lin”, o kenaf “*Hibiscus cannabinus* Lin” rendimientos cercanos a su potencial productivo.

El propio estudio de González *et al.* (2014), en un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférico con más de quince años sin perturbar (araduras, pastoreo, quemas), después de tres años de explotación con el cultivo del arroz como cultivo comercial y realizando la incorporación de un abono verde (frijol terciopelo, dolichos, o kenaf) después de dos siembras de arroz, apreciaron que el contenido de materia orgánica permaneció muy cercano a al observados al inicio de investigación.

Manejo integrado de malezas

La invasión de malezas, es uno de los grandes problemas a enfrentar en el cultivo del arroz y su manejo es de las actividades más costosas de la producción arroceras. Las malas hierbas compiten directamente con el cultivo por la luz, los nutrientes y el agua del suelo, a la vez que actúan como reservorio y medio de transmisión de plagas y enfermedades al arroz, afectando los rendimientos del cultivo (Sánchez, 2015; FAO, 2016).

En Asia, la pérdida directa de la producción de arroz debido a la presencia de malezas en los arrozales se estima en cerca de 20 por ciento y pueden llegar a 40-100 por ciento cuando no son controladas (FAO, 2016). El problema tiende a incrementarse conforme aumenta el tiempo dedicado al cultivo del arroz, sobre todo la incidencia de los arcos contaminantes (arroz rojo) que constituyen las más difíciles de manejar y la de mayor importancia en América Latina y el Caribe ya que no existe un control químico adecuado (FAO, 2016)

Tradicionalmente la labranza y la inundación son consideradas como una práctica indispensable para el control de las arvenses en el arroz, pero está ampliamente demostrado que implican un elevado consumo de agua, grandes costos económicos y ambientales, además de que requiere mucho tiempo y deteriora el suelo, por lo que la tendencia mundial está dirigida a adoptar sistemas de labranza cero en los que no se inundan los campos. Aunque algunos investigadores plantean que los problemas de manejo de malezas pueden agravarse si se asocia el cultivo sin inundación con la siembra directa de acuerdo con Mishra y Singh (2012), la realidad es que la AC demanda nuevos enfoques de manejo

En este caso pueden ser controladas por medio de herbicidas, lo que simplifica mucho el control de las arvenses pero depender demasiado de cualquier herbicida químico finalmente da como resultado que algunas se vuelvan resistentes (Tullberg, *et al.*, 2010), por lo que está siendo desarrollada una tecnología más sostenible basada en una combinación de prácticas culturales, conocida como Manejo integrado de malezas (MIM), en la que se potencia la competitividad contra las malezas y se beneficia toda la explotación agrícola (FAO, 2016; Centro de Información del Paraquat, 2017).

El sistema (MIM) tiene como objetivo manejar las arvenses en lugar de controlarlas y de ser aplicado en forma correcta, puede reducir costos, proteger el suelo y ayudar al control de plagas y enfermedades. Si bien no hay un plan perfecto, los agricultores deben tomar las técnicas apropiadas que se adapten al cultivo, al lugar y a la estación según el Centro de Información del Paraquat (2017), como por ejemplo:

Buenas prácticas agrícolas: Uso de semilla certificada de buena calidad y sin semillas de malezas; limpieza de cosechadoras combinadas entre cultivos; eliminación del barro de las ruedas de los tractores al trasladarse de un campo a otro, etc.

Técnicas preventivas: Labranza cero (Baker *et al.*, 2008; Tullberg, *et al.*, 2010) que reduce el estímulo para la germinación de nuevas malezas; y prácticas agronómicas, como la rotación de cultivos (Gutiérrez y Solís, 2016), lo que permite interrumpir el ciclo de las arvenses, al modificarse anualmente el ambiente (Friedrich, 2007); cultivos de cobertura, algunos por efectos alelopáticos pueden sanear completamente un campo (Friedrich, 2007); cubiertas vegetales (mulches); elegir cultivares con capacidad para formar macollos rápidamente, lo cual permite producir una densa vegetación que puede ahogar las malezas; manejo del riego para fomentar la emergencia de las arvenses y ejecutar un control adecuado antes del establecimiento del cultivo.

Técnicas curativas: Uso de diversos métodos para eliminar las arvenses cuando están presentes, por ejemplo usando herbicidas adecuados de pre – y post-emergencia.

No obstante, según Friedrich (2005) el manejo de la cobertura, sea viva o muerta, es el elemento más importante para el manejo de malezas en la AC. Por otro lado, Tullberg *et al.* (2010) afirman que la mayoría de los problemas de arvenses pueden ser resueltos por una combinación de medidas agronómicas y herbicidas. Igualmente, de acuerdo con Mubeen *et al.* (2014) el momento de realizar la siembra de arroz es importante para el control de arvenses cuando se aplica la siembra directa. Además de que con el tiempo, el manejo de malezas en general, se vuelve más fácil como resultado de la adopción de prácticas tales como cultivos de cobertura, y menos perturbación del suelo para estimular la germinación. Igualmente, en algunas áreas donde la Agricultura de Conservación ha sido establecida hace más de cinco años, usando un rodillo o cilindro con cuchillas de corte para aplastar y/o matar un cultivo de cobertura, ya no es necesario el uso de productos químicos y el control manual.

Manejo integrado de plagas

El tránsito de los sistemas con labranza convencional a los sistemas de AC basados en cero labranza, provoca un cambio en los tipos de plagas y sus daños a los cultivos (Lietti *et al.*, 2008); sobre todo teniendo en cuenta, que la labranza cero y la retención de los residuos en la superficie, favorece algunas plagas y enfermedades, y cambia el hábitat de otras. No obstante, tales condiciones también favorecen a sus predadores, con lo que surge un equilibrio del ecosistema, por lo que cuando se utilizan medidas correctas de control de plagas y malezas, los riesgos pueden ser menores que con la labranza y en muchos casos se puede disminuir el uso de productos fitosanitarios (Baker *et al.*, 2008).

Los enfoques modernos de protección vegetal enfatizan el manejo integrado de las plagas antes que su control o erradicación (FAO, 2016). El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un concepto que tiene más de 60 años (Vivas, 2017) y se aplicó por vez primera en los arrozales de Asia para luchar contra los brotes de pulgón marrón que fueron desencadenados por las fumigaciones indiscriminadas con insecticidas de amplio espectro, los que eliminaron a los enemigos naturales de la plaga y permitieron el rápido crecimiento de sus poblaciones (Gould *et al.*, 1991). El MIP consiste en la utilización armónica de una serie de prácticas que sin alterar el equilibrio del medio ambiente, pretenden prevenir que los daños de enfermedades y plagas superen el nivel económicamente aceptable según Suquilanda (2017), haciendo uso de factores naturales tales como los predadores y los parásitos que previenen el incremento de una plaga particular (FAO, 2016).

El MIP se basa en una combinación de prácticas y estrategias de sentido común con base científica, en lugar de recurrir exclusivamente a la aplicación de pesticidas (USEPA, 2017). No es un método de control de plagas único, sino que se trata de un enfoque que incluye una serie de evaluaciones, decisiones y controles relacionados con el manejo de plagas. Pero más allá de las diferencias, en los programas exitosos de MIP utilizan los siguientes principios (Piedra *et al.*, 2017; USEPA, 2017):

Definir los umbrales de la acción. Que significa establecer un punto predeterminado en el cual la densidad poblacional de plagas o las condiciones ambientales indican que deben tomarse medidas orientadas a controlar las mismas. Teniendo en cuenta, que el hecho de detectar una plaga en particular no siempre significa que sea necesario adoptar un control (USEPA, 2017).

Monitorear e identificar las plagas. No todas requieren de la implementación de un control. Muchas no son dañinas e incluso, algunas resultan beneficiosas, por lo que resulta necesario, monitorearlas e identificarlas con exactitud, de manera que las decisiones de supresión correspondientes, sean tomadas teniendo en cuenta los niveles poblacionales críticos en los que se requiere tomar acción (USEPA, 2017).

Prevenir. Es decir, la eliminación de condiciones que favorecen las plagas, lo que implica adoptar medidas como: siembra en la época que las condiciones climáticas son más favorables para el cultivo; uso de densidades de siembra adecuadas; rotar entre distintos cultivos, seleccionar variedades resistentes y sembrar semillas sin contaminación; realizar una correcta fertilización y eliminar hospederos alternos (Friedrich, 2007; FAO, 2016; Piedra *et al.*, 2017; Suquilanda, 2017; USEPA, 2017).

Control con fundamentos biológicos

Estos métodos no suelen tener efectos tóxicos sobre los animales y las personas, y no dejan residuos tóxicos o químicos permanentes en el medio ambiente, ya que están compuestos de derivados de plantas, animales, hongos, bacterias, ciertos minerales u otros compuestos que no son productos artificiales. Igualmente tiene en cuenta que, ciertos microorganismos, como las bacterias, los hongos, los virus y los protozoos, pueden contribuir a controlar de manera efectiva las plagas (Piedra *et al.*, 2017; USEPA, 2017).

Se recomienda utilizar pesticidas biológicos como por ejemplo, feromonas de insectos, que interrumpen el ciclo de

apareamiento de la plaga, y o utilizar enemigos naturales, tales como insectos predadores, parasitoides y competidores que contribuyen a reducir las poblaciones de plagas (Piedra *et al.*, 2017; Suquilanda, 2017; USEPA, 2017).

No obstante, cuando el monitoreo y la identificación indican que estos controles no son efectivos, es necesario implementar controles adicionales, como la aplicación específica de un pesticida a base de productos químicos que directamente matan o inactivan la plaga. Debiendo tener en cuenta que solo afecte a la plaga pertinente (USEPA, 2017).

Manejo del agua

En el contexto mundial actual, donde el uso racional del agua y la productividad con que se maneja adquiere una relevancia incluso superior a la productividad del cultivo, las investigaciones están dirigidas a la búsqueda de métodos de manejo alternativos en que los campos se siembren en seco y no se inunden permanentemente.

Uno de estos métodos es la alternancia humectación/seca, en la que el arrozal se anega y se deja secar antes de volver a anegar. En Asia, con esta alternancia los arrozales pueden permanecer sin riego hasta 10 días, lo que ha reducido la necesidad de agua de un 15% a un 30%, sin registrarse pérdidas de rendimiento (Richards y Sander, 2014). Esta práctica se ha integrado en los programas nacionales de Bangladesh, Filipinas, Myanmar y Viet Nam (FAO, 2016); igualmente es promovida por FEDEARROZ en Colombia, ya que se alcanzan rendimientos similares al sistema tradicional (González y Alonso, 2016).

Otro método es el arroz aeróbico, destacándose los sistemas basados en el riego por aspersión con máquinas de pivote central, tecnologías que logra la mayor productividad del agua (1.44 kgm⁻³). Pero el éxito de esta tecnología depende del riego oportuno, el control la mala hierba, del desarrollo de variedades con buena conductividad hidráulica en la zona radicular y capacidad de absorber agua (González y Alonso, 2016).

En Cuba aunque las principales variedades ofrecen los mejores resultados en condiciones de aniego, múltiples investigaciones

reportan, que la exposición del cultivo a condiciones de estrés controlado por déficit hídrico, ha favorecido el incremento del rendimiento y reducido el consumo de agua. Además, se conocen las principales fases o momentos en que el cultivo del arroz demanda una cantidad de agua mayor, por lo que es posible reducir la cantidad de agua que no contribuye a la formación del grano y obtener buenos rendimientos (Polón *et al.*, 1995, 2001; Polón y Castro, 1999). Teniendo en cuenta lo anterior es posible retirar el agua de los campos arroceros 15 días previos a la cosecha sin que ello implique disminución del rendimiento y realizar las operaciones mecanizadas con el suelo seco.

Por otra parte, para mejorar la eficiencia en la conducción del agua, son utilizados politubos de un diámetro determinado que se extienden a lo largo del campo y de manera espaciada presentan orificios para la salida de un caudal establecido. En Uruguay, se han obtenido ahorros hasta de un 50% en el volumen de agua y un 30% en costo de mano de obra, y en Colombia se han realizado varias pruebas en lotes comerciales (González y Alonso, 2016). Igualmente, en Cuba se ha probado con buen resultado en la provincia de Camagüey y se introduce para su evaluación en el municipio Los Palacios.

CONCLUSIONES

- En Cuba, no existe experiencia práctica en la aplicación de la agricultura de conservación en los agroecosistemas arroceros, así como del tipo de maquinaria agrícola a utilizar para su implementación en los suelos degradados donde se cultiva el arroz: no obstante, a escala mundial, se cuenta con información y resultados suficientes para la implementación de los principios básicos de la AC.
- Introducir la agricultura de conservación en los agroecosistemas arroceros pinareños, teniendo en cuenta las ventajas de la implementación de la labranza cero, el manejo de la cobertura y la rotación de cultivo, podría constituir una valiosa contribución al ahorro de agua, las disminuciones de los gastos de explotación de la maquinaria agrícola, así como para la mejora, conservación y manejo del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, C.J.; SAXTON, K.E.; RITCHIE, W.R.; CHAMEN, W.C.T.; REICOSKY, D.C.; RIBEIRO, M.F.S.; JUSTICE, S.E.; HOBBS, P.R.: *Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación (edición en español)*, Ed. Acribia, S.A., Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO ed., Zaragoza, España, 2008, ISBN: 978-92-5-305389-6.
- BARRETO, U.F.: "Las propiedades físicas del suelo en los sistemas de producción agraria", En: *II Congreso Paraguayo de Ciencia del Suelo. V Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos*, vol. CDD: 631.4., Encarnación, Paraguay, pp. 33-37, 17 de agosto de 2017, ISBN: 978-99967-0-452-9.
- BONNIN, J.J.; FRANCO, R.A.; VERA, P.A.; CHAMORRO, S.M.; VALINOTTI, J.C.: "Influencia de la cobertura del suelo en la compactación, en función de la presión de interna del neumático asociado al tráfico de maquinarias agrícolas", En: *II Congreso Paraguayo de Ciencia del Suelo. V Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos*, vol. CDD: 631.4, Encarnación, Paraguay, p. 84-89, 17 de agosto de 2017, ISBN: 978-99967-0-452-9.
- CASTILLA, A.: *Manejo productivo de los residuos de la cosecha de arroz*, Ed. Especial 500 Ediciones, vol. Revista Arroz, Vol. 60 No. 500, 10-17 p., 2012, ISBN: 978-958-98466-2-9.
- CETRO DE INFORMACIÓN DEL PARAQUAT: *Manejo integrado de malas hierbas en sistemas con labranza cero, [en línea]*, 2017, Disponible en: <https://paraquat.com>, [Consulta: 2 de febrero de 2018].

- Domínguez *et al.*: Agricultura de Conservación: consideraciones para su adopción en agroecosistemas arroceros de Pinar del Rio
- CUNHA, J.A.R.; CASÇÃO, V.N.: “Compactação causada pelo tráfego de trator em diferentes manejos de solo”, *Acta Scientiarum Agronomy, Maringá*, (3): 371-375, 2009, ISSN: 1679-9275.
- DERPSCH, R.: “Expansión mundial de la siembra directa y avances tecnológicos”, En: *7º Congreso Nacional de Siembra Directa de AAPRESID*, Mar del Plata, Argentina, pp. 79-97, 17 de agosto de 1999.
- DÍAZ, G.S.; HERNÁNDEZ, T.; CABELLO, R.: “La rotación de cultivos, un camino a la sostenibilidad de la producción arroceros”, *Cultivos Tropicales*, 22(3): 19-44, 2004, ISSN: 0258-5936.
- DÍAZ, G.S.; RUIZ, M.; CABRERA, J.A.: “Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.)”, *Cultivos Tropicales*, 30(3): 40-46, 2009, ISSN: 0258-5936.
- DUARTE, D.C.; LÓPEZ, S.T.; CISNEROS, Z.E.; ALMAGRO, O.; MARTÍNEZ, C.J.A.: “Propuesta de medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario local en Cuba”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(2): 21-30, 2017, ISSN: 2306-1545, E-ISSN-2227-8761.
- FAO: *Problemas de manejo del cultivo del arroz. [en línea]*, Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), vol. Simbioti-k-Formación & Consultoría, Rome, Italy, diciembre de 2016, Disponible en: <http://www.simbioti-k.com>.
- FRIEDRICH, T.: “Does no-till farming require more herbicides?”, *Outlooks on Pest Management*, 16(4): 188, 2005, ISSN: 1743-1026.
- FRIEDRICH, T.: “Agricultura de Conservación”, En: *Seminario Internacional de Ingeniería Agrícola de la Universidad Técnica de Manabí*, Portoviejo/Ecuador, 22/07 de 2007.
- FRIEDRICH, T.: “Manejo sostenible de suelo con Agricultura de Conservación. Significado para el cultivo de arroz”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(1): 3-7, 2017, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- GONZÁLEZ, M.; ALONSO, A.M.: “Tecnologías para ahorrar agua en el cultivo de arroz”, *Nova*, 14(26): 111-126, 2016, ISSN: 2462-9448.
- GONZÁLEZ, M.; RAMÍREZ, C.: “Respuesta del arroz (*Oryza sativa*) a la fertilización nitrogenada en rotación con sorgo (*Sorghum bicolor*) y soya (*Glycine max*)”, *Agronomía Costarricense*, 15(1-2): 143-149, 1991, ISSN: 0377-9424.
- GONZÁLEZ, M.C.; LÓPEZ, D.G.A.; HERNÁNDEZ, C.S.: “El abono verde una vía a la sostenibilidad de la producción arroceros”, *Avances*, 16(2): 134-143, 2014, ISSN: 1562-3297.
- GOULD, F.; KENNEDY, G.G.; JOHNSON, M.T.: “Effects of natural enemies on the rate of herbivore adaptation to resistant host plants”, *Entomologia experimentalis et Applicata*, 58(1): 1-14, 1991, ISSN: 0013-8703.
- HASNIATI, D.; SHELTON, M.: “*Sesbania grandiflora*: a success full treelegume in Lombok, Indonesia”, *Tropical Grasslands Journal*, 39: 217, 2005, ISSN: 2346-3775.
- HERRERA, P.J.; LÓPEZ, G.; ALEMÁN, C.: *Propuestas de Normas Netas Totales y Coeficientes de Eficiencia para los Principales Cultivos de Cuba*, Ed. INRH-MINAG-MINAZ, La Habana, Cuba., 2-5 p., 2000.
- HIDALGO, J.R.; BOTTA, F.G.; TOLÓN, B.A.; POZZOLO, R.O.; DOMINGUEZ, F.J.; SERAFINI, E.: “Rastrojo de arroz (*Oryza sativa* L.) en sistemas de siembra directa: alternativas de manejo”, *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 46(2): 163-175, 2014, ISSN: 0370-4661. e- ISSN 1853-8665.
- HIDALGO, R.; POZZOLO, O.: *Cosecha. Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para el cultivo de arroz en Corrientes*, Inst. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Convenio Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA), Argentina, 65-71 p., 2007.
- KASSAM, A.; FRIEDRICH, T.; DERPSCH, R.: “Global spread of Conservation Agriculture”, *International Journal of Environmental Studies*, ser. Online, 2018, ISSN: 1029-0400.
- KUMAR, V.; LADHA, J.K.: “Direct seeding of rice: recent developments and future research needs”, *Advances in agronomy*, 111: 297-413, 2011, ISSN: 0065-2113.
- LIETTI, M.; GAMUNDI, J.C.; MONTERO, G.; MOLINARI, A.; BULACIO, V.: “Efecto de dos sistemas de labranza sobre la abundancia de artrópodos que habitan en el suelo”, *Ecología austral*, 18(1): 71-87, 2008, ISSN: 1667-782X.
- LLANES, J.M.; CABRERA, E.; DE LA NUEZ, E.: “Influencia de la agricultura de conservación sobre el suelo y el cultivo del tabaco en San Juan y Martínez, Cuba”, *Revista Avances*, 17(4), 2015, ISSN: 1562-3297.
- MISHRA, J.S.; SINGH, V.P.: “Tillage and weed control effects on productivity of a dry seeded rice-wheat system on a Vertisol in Central India”, *Soil and Tillage Research*, 123: 11-20, 2012, ISSN: 0167-1987.
- MUBEEN, K.; NADEEM, M.A.; TANVEER, A.; JHALA, A.J.: “Effects of seeding time and weed control methods in direct seeded rice (*Oryza sativa* L.)”, *Journal of Animal and Plant Science*, 24(2): 534-542, 2014, ISSN: 1018-7081.
- PÉREZ, L.N.; DÍAZ, L.G.; CASTRO, A.R.; MIRANDA, C.A.: “La producción arroceros frente a las variaciones del clima en la localidad “Los Palacios””, *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(1): 26-32, 2018, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- PIEDRA, C.L.; RAMÍREZ, M.F.; LUNA, M.S.; ARAYA, V.A.: *Manual de buenas prácticas agrícolas y ambientales para el cultivo arroz en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado (RNVS Barra de Colorado)*, Costa Rica, [en línea], Costa Rica, 17 p., 2017, Disponible en: <https://www.sinac.go.cr>, [Consulta: 2 de febrero de 2018].
- POLÓN, R.; CASTRO, R.: “Aplicación del estrés hídrico como una alternativa para incrementar el rendimiento en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.)”, *Cultivos Tropicales*, 20(3): 37-39, 1999, ISSN: 1819-4087.
- POLÓN, R.; MESA, S.; LÓPEZ, E.; CASTRO, R.: “La aplicación del estrés hídrico como alternativa para incrementar el rendimiento en el

- cultivo del arroz”, *Cultivos Tropicales*, 16(2): 18-20, 1995, ISSN: 1819-4087.
- POLÓN, R.; PARRA, Y.; CASTRO, R.I.; MOREJÓN, R.: “Diferentes momentos de establecimiento del aniego permanente en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) y su influencia sobre el rendimiento, sus componentes y el control de malezas”, *Cultivos Tropicales*, 22(1): 53-55, 2001, ISSN: 1819-4087.
- QUIRÓS, R.; RAMÍREZ, C.: “Efecto de rastros en el nitrógeno de biomasa microbiana en un agroecosistema arrocerero inundado”, *Agronomía Mesoamericana*, 17(2): 167-178, 2006a, ISSN: 2215-3608.
- QUIRÓS, R.; RAMÍREZ, C.: “Evaluación de la fertilización nitrogenada en arroz inundado”, *Agronomía mesoamericana*, 17(2): 179-188, 2006b, ISSN: 2215-3608.
- RICHARDS, M.; SANDER, B.O.: “Alternate wetting and drying in irrigated rice”, 2014, *Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/34363/retrieve>*, [Consulta: 2 de febrero de 2018].
- RUIZ, S.M.; MUÑOZ, H.Y.; POLÓN, P.R.: “Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial”, *Cultivos Tropicales*, 37(3): 178-186, 2016, ISSN: 0258-5936.
- SÁNCHEZ, L.F.J.: *Cultivo del arroz aeróbico aplicando técnicas de agricultura de conservación en las Vegas del Guadiana: efectos en parámetros agronómicos y dinámica de los herbicidas Bispyribac-Sodio y Bensulfurón-Metil*, [en línea], Universidad de Extremadura, PhD. Thesis, España, 2015, *Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es>*, [Consulta: 2 de febrero de 2018].
- SILVA, P.; ACEVEDO, E.: *Adopción de la cero labranza en los principales cultivos anuales. Identificación de problemas y posibles soluciones*, Inst. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Informe para SAG e INDAP, Santiago de Chile, Chile, 26 p., 2005.
- SINGH, B.M.; SRIVASTAV, V.K.; KIDWAI, M.A.; GUPTA, V.; GUPTA, R.: “Aloe psoralea and Mucuna”, *Advance in Horticulture*, ser. Medicinal and aromatic plants. Malhotra Publ, 11: 512-525, 1995, ISSN: 2167-0412.
- SOUSA, R.; GOMES, A.: “Adubacao nitrogenada em plantio direto”, En: *Plantio Direto de Arroz Irrigado, Uma Ponte Entre Passado e Futuro. EMBRAPA/CPATB*, Brasil, pp. 26–29, 1993.
- SUQUILANDA, M.B.: *Manejo agroecológico de plagas*, no. Primera edición, Inst. MAGAP. Empresa Pública Medios Públicos del Ecuador, Quito, Ecuador, 180 p., 2017.
- TIMSINA, J.; JAT, M.L.; MAJUMDAR, K.: “Rice-maize systems of South Asia: current status, future prospects and research priorities for nutrient management”, *Plant and Soil*, 335(1-2): 65-82, 2010, ISSN: 1573-5036.
- TULLBERG, J.N.; DIXON, J.; KEARNS, S.: *La agricultura de conservación en Australia*, [en línea], Australia, 2010, *Disponible en: www.mapama.gob.es%2Fes%2Fministerio%2Fservicios%2Finformacion%2FAustralia_tcm30102391.pdf&usg=AOvVaw2KGpbHYFVKB9D31-WjlqWr*, [Consulta: 2 de febrero de 2018].
- USEPA: *Manejo Integrado de Plagas, Hoja informativa. EPA 731-F-17-001 julio, 2017*, Inst. United State Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs (7511P), USA, 2017.

Calixto Domínguez-Vento, Investigador Agregado, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAGric), UCTB Pinar del Río, Cuba., e-mail: esp-iagric@dlg.minag.gob.cu

Guillermo Díaz-López, e-mail: gdiaz@inca.edu.cu

Alexander Miranda-Caballero, e-mail: alex@inca.edu.cu

Carmen Duarte-Díaz, e-mail: jdptoriego@iagric.cu

Amaury Rodríguez-González, e-mail: dptomecan8@iagric.cu

Augusto Guilherme de Araújo, e-mail: esp-iagric@dlg.minag.gob.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.