

ROTACIÓN DE CULTIVOS: OBJETIVOS, PRINCIPIOS Y BENEFICIOS.

Ing. Javier Alejandro Falcón Suárez¹, Dr. C. Ramón Liriano González²

1. *Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios (ENPA), Vía Blanca Km.5, Matanzas, Cuba. desagrop4@enpa.mtz.minag.cu*

2. *Vía Blanca Km 3½ Matanzas, Cuba.*



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

RESUMEN.

El presente trabajo constituye una revisión bibliográfica de la rotación de cultivos, conformada por los objetivos de su aplicación, los principios técnicos a considerar para su diseño y planificación, así como sus beneficios para el productor, en el ámbito de su entorno productivo. Los principales elementos requeridos para la elaboración de los esquemas son: la familia botánica, el efecto sobre la fertilidad de suelo y las plantas indeseables, el sistema radical, los requerimientos nutricionales y la época de siembra. Su correcto diseño implica un aumento de la fertilidad del suelo y su actividad biológica, mejora de sus propiedades físicas e hidrofísicas, incremento del reciclaje de nutrientes y un mejor control de las plagas, entre otras; todo esto trae aparejado una mejora de los rendimientos y un impacto económico significativo en la calidad de vida de los productores.

Palabras claves: Rotación de cultivos, principios de la rotación de cultivos, beneficios de la rotación de cultivos.

INTRODUCCIÓN.

La rotación de cultivos según Díaz et al. (2004) puede definirse como una secuencia planificada de especies que lleven en consideración todo efecto negativo o positivo de un cultivo sobre el siguiente. Estos efectos pueden tener su origen en las sustancias tóxicas, el suministro de nutrientes, el incremento de materia orgánica, el sistema radical, los microorganismos, la modificación de la estructura y la humedad residual del suelo.

Entre los factores que permiten un uso y manejo apropiado de los recursos en la agricultura y que incide en la obtención de elevados rendimientos se haya la correcta rotación de los cultivos. Encuestas realizadas sobre el tema por Yong *et al.* (2016) reflejan que solo el 30 % de los campesinos y las unidades estatales realizan esta práctica y manifiestan dominarla. La investigación en esta temática se incluye dentro de los estudios de los sistemas agroecológicos de



producción, y constituye, en la actualidad, uno de los pilares principales para la sostenibilidad de la base productiva.

DESARROLLO.

Objetivos de la rotación de cultivos

El objetivo de usar una rotación de cultivos es ayudar a moderar/mitigar posibles problemas de malezas, enfermedades y plagas; utilizar los efectos benéficos de algunos cultivos sobre las condiciones del suelo y sobre la productividad del próximo; y proporcionar a los agricultores opciones económicas y viables que minimicen los riesgos (Verhulst et al., 2015 a). Rodríguez (2017) refiere como metas de la rotación: suelo a su máxima productividad, mayor posibilidad de control biológico y mecánico de plagas, máxima acumulación de nitrógeno y mayor posibilidad de movilidad de nutrientes presentes en el suelo.

1. Otros objetivos según Díaz et al. (2004) son los siguientes:
2. Asegurar la distribución uniforme de trabajo durante todo el año.
3. Control de la erosión y conservar la humedad del suelo.
4. Disminuir la aplicación de insumos (abono y pesticidas).
5. Lograr la estabilidad y hacer sostenible el agroecosistema.
6. Utilizar al máximo el potencial productivo del suelo y mejorar su fertilidad.
7. Aprovechar el período vegetativo de los cultivos y garantizar la utilización de las mejores épocas de siembras
8. Evitar la multiplicación en masa de malezas, así como de plagas y enfermedades de difícil (o sin) control y disminuir la densidad de los patógenos.
9. Contribuir a la estabilidad de las cosechas, entre otros.

Principios para la planificación de una rotación de cultivos

Rodríguez (2017) manifiesta que la base fundamental para elaborar una rotación es simple, consiste en alternar cultivos pertenecientes a diferentes familias y que difieran entre sí, en cuanto al tipo de vegetación, sistema radical, requerimientos nutricionales y comportamiento ante la presencia de plagas. Valerio et al. (2016) indican que la misma debe orientarse a la selección de



especies diferentes al cultivo principal con el propósito de fijar nitrógeno y romper el ciclo de plagas y enfermedades.

La alternancia de especies con diferente hábito de crecimiento, precocidad, sistema radical (profundidad, masa, longitud, capacidad exploratoria), uso de agua y nutrientes, resistencia a enfermedades, diferentes habilidades de competencia y asociación con malezas produce un mayor equilibrio de la biodiversidad y de las características químico-físicas del suelo. Esto conduce a una combinación de factores abióticos (suelo y clima) y bióticos (enfermedades, plagas de insectos y malezas) que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas de interés económico (Sarandón y Flores, 2014).

Familia botánica (precedente cultural)

El principio fundamental para elaborar una rotación es muy simple, se trata de alternar cultivos de diferentes familias que se diferencian en cuanto a: tipo de vegetación, sistema de raíces, necesidades nutricionales y comportamiento ante plagas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2013).

Suchini *et al.* (2017) plantean como regla para el diseño de rotaciones, no sembrar cultivos de la misma familia dos veces seguidas en el mismo sitio.

Efecto sobre la fertilidad del suelo.

Existen plantas agotadoras o esquilmanes que exigen muchos nutrimentos para su crecimiento, las cuales no deben volver con demasiada frecuencia a la misma parcela. Debe procurarse la entrada de especies como las leguminosas que en las nudosidades de las raíces (donde están las bacterias nitrificantes), fijan el nitrógeno del aire y enriquecen el suelo de este elemento. A estas plantas se les llama mejorantes (Díaz *et al.*, 2004; León y Ravelo, 2010).

Suchini *et al.* (2017) mencionan como regla para la rotación, que es bueno poner un cultivo exigente en nutrientes, después de uno que da nutrientes o que mejora el suelo, como las leguminosas. Sarandón y Flores (2014) coinciden al recomendar, que se debe alternar el uso de cultivos que tienden a agotar el suelo con aquellos que contribuyen a mejorar su fertilidad (por ejemplo, gramíneas y leguminosas).



Efecto sobre las plantas indeseables

León y Ravelo (2010) refiere que se deben alternar plantas que ensucian con otras que ahoguen la vegetación adventicia y otras que contribuyan a limpiar el suelo, los autores afirman que para mantener la limpieza es preciso que, a las plantas ensuciadoras sucedan plantas limpiadoras y ahogantes.

Se ha recomendado por Pérez y Vázquez (2001) que las rotaciones de cultivos en áreas muy infestadas por malezas deben estar basadas en la inclusión de aquellas especies más precoces y de amplia cobertura, al ser importante el orden en la secuencia para aprovechar su competitividad, así como las propiedades alelopáticas de algunas especies referidas por Vázquez *et al.* (2008) y Vázquez (2010). Rodríguez (2017) plante que para que funcione de forma adecuada debe considerarse relacionar cultivos que suban las poblaciones de malezas con aquellos que provoquen una reducción de las mismas.

Sistema radical

Algunas plantas tienen un sistema radical que profundiza poco en el suelo y se sitúa muy ramificado cerca de la superficie, y por consiguiente explota, la capa superficial del terreno. Otras especies presentan un sistema radical pivotante que alcanza gran profundidad, y extraen nutrientes que se encuentran en las capas más profundas, además de los que se encuentran en la parte superficial (León y Ravelo, 2010).

Sarandón y Flores (2014) refieren como pauta para el diseño de rotaciones, el alternar especies de plantas con diferente habilidad para absorber nutrientes del suelo o que tengan sistemas radicales que alcancen diferentes profundidades. Es decir, aquellas especies que tengan nichos ecológicos superpuestos de forma parcial.

Requerimientos nutricionales

Las especies cultivadas presentan distintas exigencias en cuanto a los macro y micro elementos que requieren para realizar sus distintos procesos fisiológicos y metabólicos.

Varios autores han indicado que los cultivos incluidos en la rotación deben beneficiarse de forma mutua, es decir, que tengan diferentes exigencias nutrimentales, de manera que se aproveche al



máximo la fertilización aplicada y no se produzca el agotamiento del suelo (Arozarena, 2003; Díaz *et al.*, 2004; Núñez, 2007). Rodríguez (2017) señala que se debe rotar los cultivos en dependencia de sus exigencias nutricionales, en especial de nitrógeno.

Plagas afines

Díaz *et al.* (2004) precisan que los cultivos seleccionados para el esquema de la rotación no deben ser atacados por plagas o enfermedades comunes a las del cultivo base.

León y Ravelo (2010) coinciden en señalar que, durante el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas, éstas resultan afectadas por plagas. Al realizar la recolección permanecen en el suelo restos de las mismas que contienen diferentes fases de esas afectaciones, además de las que se alojan en el campo como características intrínsecas. Esto determina que no sea aconsejable cultivar la misma especie u otra afín, porque de esta forma, los parásitos no encuentran el alimento conveniente e interrumpe así, su ciclo biológico.

Sarandón y Flores (2014) recomiendan alternar especies vegetales susceptibles a ciertas enfermedades y plagas con aquellas que son resistentes: de esta manera se logra, entre otros objetivos, disminuir la presión de selección y reducir la aparición de resistencia.

Distribución temporal y selección del cultivo cabecera

Rodríguez *et al.* (2007) consideran que respetar las fechas de siembra de cada hortaliza, puede evitar el ataque severo de algunas plagas y obtener un buen desarrollo de los cultivos, además de sembrar en la época del año más adecuada para cada uno. De esta forma, se pueden obtener, unidos a los efectos de rotación, los beneficios del período óptimo de desarrollo. García *et al.* (2015) concuerdan al recomendar que para el control de plagas se debe planificar la siembra según el calendario óptimo, y tener en cuenta el programa de rotación de cultivos.

Varios autores han planteado que un buen diseño debe contar entre sus premisas, con un cultivo principal o cabecera que indique el principio y fin de la sucesión escogida, así como una correcta utilización de la fecha de siembra de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2007). El cabecera deberá ser aquel de mayor impacto económico, sobre el cual se registrará el sistema de rotación.



Beneficios de la rotación de cultivos

Los beneficios no se limitan al aporte de nitrógeno por fijación biológica, sino que derivan de su combinación con otros factores como mejora en la estructura del suelo, reducción de plagas y enfermedades, reducción de sustancias fitotóxicas y producción de sustancias promotoras del crecimiento (Krüger, 2015).

Algunos autores consideran como efecto de rotación al incremento de rendimiento atribuible a un conjunto de factores no conocidos derivados de la secuencia. Definen el efecto total de la misma como la diferencia de rendimiento entre un cultivo en esta y uno en monocultivo, ambos sin fertilización nitrogenada. Esto incluye todos los efectos, conocidos o no (Krüger, 2015).

A continuación, se exponen criterios de diferentes autores donde se demuestran los beneficios de la rotación de cultivos:

Aumento de los rendimientos y la sostenibilidad del sistema

Según Jiménez *et al.* (2014) la secuencia correcta de los cultivos favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas. Siura *et al.* (2009) plantean que la aplicación de la rotación garantiza obtener mayores rendimientos que los producidos en monocultivo, el aumento de la producción compensa a menudo la menor frecuencia del cultivo principal, lo que supone una mayor eficiencia total del sistema. Scarlato *et al.* (2017) mencionan su incidencia positiva en los resultados productivos, y por consiguiente una mayor sustentabilidad del sistema, según González *et al.* (2016).

La rotación permite aportar diversificación y mayor seguridad de producción sin afectar la sustentabilidad del sistema (Krüger, 2015). La misma es una de las principales prácticas agronómicas que podrían aumentar los rendimientos y permitir una producción sostenible (Fernández, 2015).

Aumento de la fertilidad y actividad biológica del suelo

Existen numerosos factores a considerar cuando se evalúan las rotaciones. Al añadir los residuos de diferentes especies de plantas a los suelos ayudan a mantener la diversidad biológica. Esto



ocurre porque cada tipo de residuo de plantas, mientras esté disponible para muchos organismos, puede también estimular y/o inhibir a los organismos específicos del suelo (Jawson *et al.*, 1993). Kolmans y Vázquez (1999) señalan que las rotaciones aumentan la fertilidad mediante la actividad y equilibrio del edafón, ya que cada especie de planta favorece el desarrollo de tipos específicos de vida.

Un correcto diseño de la rotación favorece la colonización fúngica, mediante el mantenimiento de microorganismos rizosféricos benéficos, al incluir en la sucesión plantas micotróficas (Castillo *et al.*, 2016), lo cual coincide con Guillermo *et al.* (2013) quienes refieren como un efecto positivo de la secuencia de diferentes cultivos la mayor diversidad y cantidad de poblaciones bacterianas y fúngicas del suelo. Según Siura *et al.* (2009) una adecuada rotación mantiene un balance de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y mejora el equilibrio ecológico; Paleologos *et al.* (2017) agregan que además estimula su variedad de organismos.

Fijación biológica de nitrógeno

Las leguminosas son capaces de establecer asociaciones simbióticas con bacterias del suelo llamadas rhizobia. Estos microorganismos forman unos órganos especiales en las raíces de las leguminosas, los nódulos, donde el dinitrógeno (N₂) atmosférico se transforma en amonio que se exporta a la planta para su crecimiento (Ramírez-Bahena *et al.*, 2016). Acorde al autor se conoce como fijación biológica de nitrógeno al proceso de asimilación de N₂ atmosférico mediante la asociación bacteria-planta; la mitad de todo el N incorporado en los sistemas terrestres es resultado de la fijación biológica de nitrógeno en simbiosis, aunque él refiere la existencia de bacterias asimiladoras de N₂ en vida libre. Paredes (2013) señala el uso de bacterias diazótrofes fijadoras de nitrógeno atmosférico en gramíneas; estos microorganismos del género *Azospirillum*, *Azotobacter*, etc., no forman una asociación simbiótica.

La inclusión de leguminosas en las rotaciones, modifica las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo y mejora la productividad de los cultivos posteriores (Minoldo, 2010), el aporte de nitrógeno según Grahmann *et al.* (2013) y Verhulst *et al.* (2015 a, b) es uno de los factores claves.



En las rotaciones es frecuente la siembra de leguminosas gracias a su capacidad de fijación de N_2 atmosférico por simbiosis con rizobios del suelo (Sancllemente y Ararat, 2017). Las cantidades de N fijadas en el proceso simbiótico son muy diversas, con valores de 20 a 1000 kg de $N \cdot ha^{-1}$ en un ciclo de producción (Paredes, 2013); gran parte del nitrógeno asimilado en la biomasa verde retorna al suelo vía mineralización de la materia orgánica (Sosa *et al.*, 2014; Sancllemente y Ararat, 2017).

El laboreo y la rotación de cultivo con leguminosas son dos prácticas de manejo que pueden influir en la dinámica del N en el sistema suelo-planta, de forma especial por su efecto sobre la materia orgánica. Los residuos del cultivo de leguminosas son una fuente efectiva de N, sobre todo cuando éste es liberado en sincronía con la demanda de N del cultivo siguiente. La inclusión de una leguminosa en el sistema reduce la relación C/N de los residuos incorporados al suelo, esto puede alterar de forma significativa la actividad microbiana, las transformaciones de N, la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento de la planta. El N de las leguminosas se mineraliza de modo más lento y se utiliza de forma más eficiente que las altas dosis de N químico fertilizante (Fernández, 2015).

Empleo de nutrientes residuales del suelo y reciclaje de nutrientes

La FAO (2007) plantea que los nutrientes que han sido lixiviados a las capas más profundas y que no están disponibles para el cultivo comercial, pueden ser reciclados por los siguientes en la rotación. En la sucesión las raíces excretan diferentes sustancias orgánicas que atraen a diferentes tipos de bacterias y hongos los cuales, a su vez, tienen una función importante en la transformación de esas sustancias en nutrientes disponibles para las plantas. Minoldo (2010) reporta una mejor utilización de los recursos disponibles, lo que favorece el reciclado posterior de la mayor cantidad de nutrientes absorbidos.

Según Díaz *et al.* (2004) y Mateos *et al.* (2014) la rotación de cultivos favorece la movilización y transporte de nutrientes de capas más profundas para la superficie. Pérez y Penichet (2014) añaden que devuelve una parte de los nutrientes perdidos en la cosecha.



Los resultados de Beltrán *et al.* (2016) muestran que las rotaciones con gramíneas y leguminosas, muestran una mayor acumulación de algunos micronutrientes en los primeros cm del suelo, como Zn y Mn.

Aumento del contenido de materia orgánica, reducción de la erosión y aprovechamiento del agua

La rotación de cultivos aporta su contribución a la estabilización de los contenidos de materia orgánica del suelo mediante la incorporación de una elevada cuantía de residuos de buena calidad, y un mayor aporte de biomasa vegetal (González *et al.*, 2016), lo que concuerda con Minoldo (2010) que reporta un incremento de la producción de biomasa total.

La rotación de diferentes cultivos, optimiza la red de canales radicales, lo que permite el incremento en la penetración del agua y la capacidad del suelo para la retención de humedad (Jiménez, 2014). Grahmann *et al.* (2013) y Verhulst *et al.* (2015 b) afirman que mejora la eficiencia en el uso del agua y reduce la erosión del suelo, lo que coincide con lo descrito por Sarandón y Flores (2014) quienes agregan que las rotaciones disminuyen a la mitad la pérdida de agua por escurrimiento superficial y de la capa arable de 500 a 1100 kg.ha⁻¹.año respecto al monocultivo.

La alteración de la rotación de cultivos puede influir en el carbono orgánico del suelo al cambiar la cantidad y calidad del aporte de materia orgánica; esto puede deberse al aporte de biomasa, debido a la mayor producción total o debido al cambio en la calidad del aporte de residuos (Verhulst *et al.*, 2015 a).

Mejora de la estructura del suelo y su estabilidad

León y Ravelo (2010) indican que una de las ventajas de la rotación es que mejoran las condiciones físicas del terreno. Según la FAO (2015) como efecto de la misma se genera una mayor distribución de la red de canales o bioporos creados por las diversas raíces (varias formas, tamaños y profundidades). Estudios realizados por Arozarena (2003) señalan que el sistema radical de cada cultivo explora distintos estratos del perfil del suelo, produce la colonización del mismo y con ello, la formación posterior de poros que serán ocupados por aire, agua o ambos



elementos. Esto tiene un positivo efecto sobre las propiedades físicas del suelo y sobre su estabilidad. Verhulst *et al.* (2015 a) adicionan que las raíces de las plantas son agentes de unión importantes en la escala de macroagregados.

Hernández *et al.* (2006) y FAO (2007) plantean que alternar el uso de diferentes sistemas radicales y promocionar el laboreo biológico del suelo, en distintas profundidades, mejora la porosidad o el equilibrio entre macro y microporos y por consecuencia la aeración e infiltración del agua. FAO (2011) afirma que la rotación permite reconstruir las condiciones y dinámicas del suelo dañadas, así como acelerar la recuperación de su porosidad mediante la biota. Estudios realizados por Guillermo *et al.* (2013) reportan que favorece el nivel de polisacáridos, del carbono lábil y la estabilidad de la estructura.

Control de plagas

Según Arozarena (2003) se conoce que en un período de dos a tres años pueden reducirse las afectaciones causadas por hongos, en tanto las debidas a nemátodos requieren de tres a cinco años para su control y las ocasionadas por insectos, de cinco a seis años. La actividad biológica del suelo y su contenido de materia orgánica, características muy influenciadas por las prácticas de rotación, juegan un papel fundamental en el logro de este resultado. Vergel *et al.* (2016) concuerdan con lo planteado al recomendar su empleo para el control de enfermedades.

Es recomendable para el manejo agronómico por la reducción de uso de agroquímicos y su efecto en el control de plagas (Ingrid *et al.*, 2012). El principio básico de la rotación de cultivos es la eliminación de la fuente energética y nutricional de los patógenos (restos culturales) a través de su mineralización y descomposición, llevada a cabo por microorganismos del suelo que compiten con los patógenos por el mismo sustrato (Carmona *et al.*, 2015). Además, según Paleologos *et al.* (2017) promueven la actividad de organismos controladores de plagas o enfermedades del cultivo siguiente.

Zamar *et al.* (2015) indican que las rotaciones agrícolas promueven el cambio del vegetal hospedante ante las plagas, microorganismos patógenos y malezas que se instalan en el lote, al reducir su proliferación mediante la interrupción de sus ciclos biológicos. Verhulst *et al.* (2015 a)



añaden que la sucesión reduce la contaminación con patógenos de los residuos del cultivo en el suelo.

Control de plantas indeseables

Se puede decir que las rotaciones son la forma más efectiva de controlar malezas. Cada cultivo aplica un conjunto único de limitaciones bióticas y abióticas sobre la comunidad de malezas; esto promoverá el crecimiento de algunas malezas a la vez que inhibirá el de otras. En este sentido, cualquier cultivo dado puede ser considerado como un filtro, al solo permitir que ciertas malezas pasen a través de su régimen de manejo. La sucesión rotará las presiones de selección, esto previene que una maleza sea exitosa con modo repetitivo y, por lo tanto, prevenir su establecimiento. Las mismas alteran las presiones por medio de tres mecanismos principales: al alternar los manejos (por ejemplo, cronología de las actividades del campo, herbicidas), variación en los patrones de competencia por recursos y por la alelopatía (Nichols *et al.*, 2015). Sarandón y Flores (2014) afirma que diferentes especies de cultivos compiten o suprimen el crecimiento de malezas con distinta intensidad.

Zamar *et al.* (2015) mencionan que las rotaciones provocan un cambio en la composición de malezas que se asocian a cada cultivo, lo cual reduce sus efectos y el desarrollo de resistencia a través del cambio de los métodos de control.

Otros beneficios reportados

Existen múltiples beneficios reportados en la bibliografía asociados a la rotación de cultivos, entre los cuales se citan:

- Mejor aprovechamiento de la maquinaria y mejor estabilidad económica para el agricultor (Díaz *et al.*, 2004).
- Diversificación empresarial de riesgos (Carmona *et al.*, 2015) y reducción de insumos externos (Martín y Rivera, 2015).
- Conduce a una extracción más equilibrada de los nutrientes del suelo (Hernández *et al.*, 2006) y permite atender mejor los requerimientos del suelo (Siura *et al.*, 2009).



- Incrementa la agrobiodiversidad temporal (Paleologos *et al.*, 2017) y brinda servicios de polinización (FAO, 2011).
- Diversificación de la producción que da al sistema una mayor estabilidad frente a adversidades ambientales y/o económicas-financieras (Sarandón y Flores, 2014).

CONCLUSIONES.

El limitado conocimiento de los principios para el diseño de las rotaciones, conduce a la elaboración de esquemas incompletos, que restringen su impacto positivo sobre las áreas de producción, lo que imposibilita que los productores puedan beneficiarse de la sinergia de sus efectos. El diseño de la rotación de cultivos requiere de un análisis complejo, cada uno de los principios a considerar inciden directamente en sus resultados esperados. El mismo constituye la herramienta de programación principal del productor, pero por si sola no cumple sus objetivos, para su correcto funcionamiento requiere del cumplimiento de una planificación estratégica integral, que incluye una correcta estrategia de semilla, una adecuada organización de la preparación de suelos y aseguramiento de insumos, etc.

RECOMENDACIONES

Socializar el conocimiento entre los productores agrícolas para fomentar el correcto diseño de las rotaciones de cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

Arozarena, N. (2003). Fertilidad y manejo del suelo: bases para la agricultura orgánica. Rotación de Cultivos. En INIFAT. *Manual de Agricultura Orgánica Sostenible* (pp. 13-14). La Habana: INIFAT.

Beltrán, M., Brutti, L., Romaniuk, R., Bacigaluppo, S., Salvagiotti, F., Sainz-Rozas, H. y Galantini, J. (2016). Calidad de la materia orgánica y disponibilidad de macro y micronutrientes por la inclusión de trigo como cultivo de cobertura. *Ciencias del Suelo*, 34 (1), 67-79.



Carmona, M., Gally, M., Grijalba, P. y Sautua, F. (2015). Evolución de las enfermedades de la soja en la argentina: pasado, y presente. Aportes de la FAUBA al manejo integrado. *Agronomía & Ambiente*, 35 (1), 37-52.

Castillo, C., Morales, D., Fuentealba, F. y San Martín, V. (2016). Colonización temprana de hongos micorrícicos arbusculares en trigo con aplicación de productos naturales en un Andisol de La Araucanía. *IDESIA*, 34 (2), 63-68.

Díaz, G., Hernández, T. y Cabello, R. (2004). Reseña bibliográfica. La rotación de cultivos, un camino a la sostenibilidad de la producción arrocerá. *Cultivos Tropicales*, 25(3), 19 - 44.

FAO. (2007). *Agricultura de conservación para el manejo sostenible e integrado de los recursos naturales en microcuencas hidrográficas de Nicaragua. Manual para extensionistas.* (J. Benites, B. Caballero y F. R. Dolmus, Edits.) Roma: FAO.

FAO. (2011). *Ahorrar para crecer. Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola.* Roma: FAO.

FAO. (2013). *El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana.* Roma: FAO.

FAO. (2015). *FAO AG Agricultura de Conservación.* Recuperado de <http://www.fao.org/ag/ca/es/1b.html>.

Fernández, P. (2015). *Eficiencia en el uso del agua en las rotaciones de cultivo según el sistema de laboreo.* (Tesis de Doctorado). Universidad de Córdoba. Córdoba.

García, R., Machado, L., Piñón, D., Gómez, A. y Ventura, M. (2015). Diagnóstico fitosanitario y recomendaciones de manejo agroecológico de plagas en comunas de las provincias de Guayas y Santa Elena. *CUMBRES*, 1(1), 17 – 22.

González, A., Szostak, J., Morel, J. y Ishiwata, T. (2016). Effect of crop rotations on the evolution of cations content and pH of clay soils under direct seeding in the District of Capitan Miranda-Paraguay. *Tecnología Agraria*, 1(1), 51-56.



Grahmann, K., Verhulst, N., Buerkert, A., Ortiz-Monasterio, I. and Govaerts, B. (2013). Nitrogen use efficiency and optimization of nitrogen fertilization in conservation agriculture. *CAB Reviews*, 8 (053), 1–19.

Guillermo, M., Behrends, F. y José María, H. (2013). Efecto de la secuencia de cultivos bajo siembra directa sobre la calidad de algunos suelos de la región Pampeana. *Ciencias del Suelo*, 31(1), 93-105.

Hernández, O., Cintra, M., Alfonso, A., Sánchez, I., Rodríguez, Y., Oliva, R., López, N., Linares, T., Ceballos, D., San Lois, D. y Velásquez, C. (2006). *Manual de Agricultura de Conservación. Guía de Trabajo*. La Habana: IS - FAO.

Ingrid, A., Marcano, C., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A. y Pérez, P. (2012). Characterization of agronomic crop management of cucumber (*Cucumis sativus* L.) at Humocaro Bajo, Lara state, Venezuela. *Ciencias Técnicas*, 30, 36-42.

Jawson, M., Franzluebbers, A., Galusha, D. y Aiken, R. (1993). Soil fumigation with monoculture and rotations: response of corn and mycorrhizae. *Agronomy*, 85(6), 1174 - 1180.

Jiménez, J. (2014). *Evaluación integral de labranza, mejorador de suelo y rotación de cultivos en la retención de humedad*. (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma Agraria. Coahuila.

Jiménez, L., Nieto, M., Mariña, C., Castillo, P. y Bruqueta, D. (2014). Efecto de los abonos verdes sobre el crecimiento en plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en suelos Fluvisoles de la región oriental de Cuba. *Granma Ciencia*, 18 (3), 1 – 10.

Kolmans, E. y Vázquez, D. (1999). *Manual de Agricultura Ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación* (2a ed.). La Habana: ACTAF.

Krüger, H. (2015). *Secuencias de cultivos con trigo para el ambiente semiárido bonaerense: rendimientos y efectos sobre el suelo* (1a ed.). Bordenave: INTA.

León, P. y Ravelo, R. (2010). *Fitotecnia General. Aplicada a las Condiciones Tropicales*. La Habana: Universidad Agraria de La Habana.



Martín, G. y Rivera, R. (2015). Efecto económico de la rotación canavalia-maíz y de la sustitución parcial de fertilizantes minerales. *Cultivos Tropicales*, 36 (3), 34 – 39.

Mateos, I., Ranilla, M., Saro, C, Palacios, C., Díaz, A., Tejido, M. y Carro, M. (2014). Estudio comparativo entre el cultivo convencional y ecológico de trigo para alimentación animal. *Anales*, 27 (1), 97-131.

Minoldo, G. (2010). *Impacto de largo plazo de diferentes secuencias de cultivos del sudoeste bonaerense sobre algunas propiedades químicas del suelo y la productividad del trigo*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.

Nichols, V., Verhulst, N., Cox, R. and Govaerts, B. (2015). Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crops Research*, 183, 56-68.

Núñez, D. (2007). *Sistemas alternativos de producción agrícola*. Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Facultad de Agronomía.

Paleologos, M., Iermanó, M., Blandi, M. y Sarandón, S. (2017). Las relaciones ecológicas: un aspecto central en el rediseño de agroecosistemas sustentables, a partir de la Agroecología. *Redes - Santa Cruz do Sul*, 22 (2), 92-115.

Paredes, M. (2013). *Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica Argentina. Buenos Aires.

Pérez, M. y Penichet, M. (2014). Los rendimientos arroceros en Cuba: propuesta de un sistema de acciones. *Economía y Desarrollo*, 152 (2), 138-154.

Pérez, N. y Vázquez, L. (2001). Manejo ecológico de plagas. En ACTAF, F. Funes, L. García, N. Pérez y P. Rosset (Edits.). *Transformando el campo cubano. Avances de la Agricultura Sostenible*. (pp. 191 - 223). La Habana: ACTAF.

Ramírez-Bahena, M., Peix, A., Velázquez, E. y Bedmar, E. (2016). Historia de la investigación en la simbiosis leguminosa-bacteria: una perspectiva didáctica. *Arbor*, 192 (779), a319.

Rodríguez, A., Companioni, N., Peña, E., Cañet, F., Fresneda, J., Estrada, J., Rey, R., Fernández, E., Vázquez, L., Avilés, R., Arozarena, N., Dibut, B., González, R., Pozo, J., Cun, R. y Martinez,



F. (2007). *Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida* (6a ed.). La Habana: ACTAF.

Rodríguez, R. (2017). *La rotación de cultivos como una técnica para el control limpio y eficiente de malezas*. (Tesis de Pregrado). Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias. Machala.

Sanclemente, O. y Ararat, M. (2017). Consideraciones tecnológicas para el manejo agronómico sostenible de maíz en Colombia. *Working Papers*, (1), 1-10.

Sarandón, S. y Flores, C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (1a ed.). Buenos Aires: Edulp.

Scarlato, M., Giménez, G., Lenzi, A., Borges, A., Bentancur, O. y Dogliotti, S. (2017). Análisis y jerarquización de factores determinantes de las brechas de rendimiento del cultivo de frutilla en el sur del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 21(1), 43-57.

Siura, S., Montes, I. y Dávila, S. (2009). Efecto del biol y la rotación con abono verde (*Crotalaria juncea* L.) en la producción de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) bajo cultivo orgánico. *Anales Científicos UNALM*, 70 (1), 1-8.

Sosa, B., Sánchez de Prager, M. y Sanclemente, O. (2014). Influencia de abonos verdes sobre la dinámica del nitrógeno en un Typic Haplustert del Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*, 63 (4), 343 - 351.

Suchini, J., Taleno, S. y Soto, G. (2017). *Manual para el establecimiento y manejo agroecológico de patios y huertos comunitarios* (1a ed.). Turrialba: CATIE.

Valerio, M., Rendón, R., Toledo, J. y Díaz, J. (2016). Adopción de prácticas de agricultura de conservación en Tlaxcala, México. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (15), 3103-3113.

Vázquez, L. (2010). Manejo plagas en la agricultura ecológica. *Boletín Fitosanitario*, 15(1), 28 - 37.

Vázquez, L., Matienzo, Y., Veitía, M. y Alfonso, J. (2008). *Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*. La Habana: CIDISAV.



Vergel, M., Martínez, J. y Zafra, S. (2016). Cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en la provincial de Ocaña: factores asociados a la productividad y el rendimiento. *Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10 (2), 333-344.

Verhulst, N., François, I. y Govaerts, B. (2015 a). *Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables?* Distrito Federal de México: CIMMYT.

Verhulst, N., François, I., Grahmann, K., Cox, R. y Govaerts, B. (2015 b). *Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación.* Distrito Federal de México: CIMMYT.

Yong, A., Crespo, A., Benítez, B., Pavón, M. y Almenares, G. (2016). Uso y manejo de prácticas agroecológicas en fincas de la localidad de San Andrés, Municipio La Palma. *Cultivos Tropicales*, 37 (3), 15-21.

Zamar, J., Arbornó, M., Pietrarelli, L., Serra, G., Leguía, H. y Sanchez, J. (2015). A1-25 La regulación biótica y las prácticas agroecológicas en los cultivos extensivos. En *V Congreso Latinoamericano de Agroecología* (6 p). La Planta, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.

