



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del examen de grado de carácter complejo,  
presentado al H. Consejo Directivo como requisito previo a la  
obtención del título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Manejo y conservación de suelos en plantación de arroz bajo riego en  
el Ecuador”.

**AUTOR:**

Carlos Julio Pereira Quisintuña

**TUTOR:**

Ing. Agr. Luis Enrique Sánchez Jaime MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019

## DEDICATORIA

Lleno de alegría, de amor y esperanza, dedico este proyecto a cada uno de mis seres queridos los cuales han sido mi pilar fundamental para seguir adelante.

Para mi es una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, con esfuerzo y trabajo me lo he ganado.

A mis padres Julio Pereira y Yamira Quisintuña a mis hermanas María Pereira y Diana Pereira a mi hermano César Pereira a mi Jefe Jaime Torres y a su mamá Bélgica Navarrete, porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo de ser lo que seré.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento principalmente a dios por permitir cumplir esta meta luego mi familia quien estuvo en los momentos más difíciles porque me apoyaron en cada decisión, proyectos y también por creer en mi luego a Sr Jaime Torres quien me estuvo apoyando desde el colegio y su mamá quien no puede verme cumplir este sueño a mis amigos que pasamos día tras día ayudándonos en clases para poder salir adelante juntos.

Para mi no ha sido sencillo cumplir esta meta, pero gracias a sus aportes, su amor a su inmensa bondad y apoyo les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

# CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema .....	3
1.2 Pregunta de investigación .....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Generalidades .....	5
2.2 Uso del suelo .....	5
2.3 Fangueo .....	¡Error! Marcador no definido.
2.4 Labranza convencional .....	¡Error! Marcador no definido.
2.5 Calidad del suelo.....	6
2.6 Relación suelo-planta- agua. ....	7
III. MARCO METODOLOGICO .....	9
3.1 Ubicación.....	9
3.2 Métodos de la investigación. ....	9
3.3 Situaciones detectadas .....	9
3.4 Soluciones planteadas .....	10
IV. CONCLUSIONES.....	12
V. RECOMENDACIONES .....	13
VI. RESUMEN .....	14
VII. SUMMARY .....	15
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	16
IX. ANEXOS .....	20

## I. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) es sembrado en aproximadamente una superficie de 366 194 ha, de las cuales el 94,07 % se encuentra en las provincias del Guayas y Los Ríos, donde el 60 % es cultivada mediante riego y el 40 % en condición de seco (INEC 2016).

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propias del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos (Diel et al. 2007). Los suelos de textura fina son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes (FAO 2004). Por tanto la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes (Gaydon et al. 2012).

La degradación física del suelo, comprende la erosión (causada por el arrastre de partículas finas del suelo) la destrucción de la estructura y la compactación. Esta situación puede deberse a la eliminación de la cobertura vegetal y al uso intensivo de la labranza convencional que altera las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Dane 2013).

Por otro lado, la producción intensiva de arroz puede llevar al aumento de la compactación de las capas más profundas del suelo como resultado del uso de maquinarias pesadas, además de eso, la producción bajo riego puede presentar problemas en el desarrollo del cultivo, debido a la descomposición anaeróbica de residuos de cosecha. Por tanto, los monocultivos de arroz con más de 2 siembras por año, disminuye la productividad aunque los agricultores incorporen anualmente más fertilizantes (Patra et al. 2019).

El mantenimiento de las condiciones físicas de los suelos arroceros se puede lograr con la práctica de una labranza apropiada, evitando el sobre laboreo para que la tierra no se compacte y procurando un manejo racional del agua para evitar la pérdida del suelo por arrastre de sus partículas (FAO 2017).

La puesta en práctica de técnicas de manejo y conservación de suelos y aguas como la elaboración de “taipas” o “curvas nivel” posibilitan de buena

manera el mantenimiento las condiciones físicas de los campos dedicados a la producción de arroz, lográndose de esta manera un manejo adecuado del ambiente físico donde deba desarrollarse el cultivo(Parfitt et al. 2009).

En ese contexto, las prácticas de manejo de suelo que se fundamenten en mantener los residuos de cosecha resultan en mejoras significativas en su calidad, debido al constante ingreso de sustratos y energía para la actividad microbiana. Así, cualquier alteración positiva que ocurra en las características físicas y químicas del suelo, favorecerá en la producción del cultivo de arroz (Verneti Junior et al. 2009).

Por lo anteriormente expuesto se pretende recopilar información para que el productor tenga conciencia sobre el manejo y conservación de los suelos en el cultivo de arroz, vislumbrando en la utilización de técnicas más racionales y sustentables de uso de suelo.

## **1.1 Descripción del problema**

El suelo es considerado un recurso natural importante y esencial para la vida, es un elemento de enlace entre factores bióticos y abióticos, por lo que se considera un hábitat para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, las áreas de producción agrícola están decreciendo continuamente por diversas causas, como: degradación del suelo, abandono de las tierras, urbanización, entre otras (Guimarães et al. 2002).

Ante creciente demanda de alimentos en el mundo y la disminución del área agrícola, la producción de arroz irrigado se está intensificando, llegando a alcanzar de dos a tres cosechas durante el año. Entretanto, las prácticas de manejo de suelo en las áreas de producción intensiva con el uso excesivo de maquinarias, aplicaciones continuas de defensivos agrícolas, fertilizantes minerales y correctivos, entre otros, alteran la microbiota del suelo y reduce la diversidad de los microorganismos afectando el reciclaje de nutrientes, resultando en la disminución de la productividad del cultivo de arroz (Jordan et al. 2004, Linh et al. 2015).

## **1.2 Pregunta de investigación**

¿Qué técnicas de manejo de suelo usan los productores para la producción del cultivo de arroz bajo riego?

¿Cuáles serían las causales del mal uso y manejo de los suelos agrícolas?

¿Qué prácticas sobre el uso del suelo son necesaria para hacer sostenible el uso y aprovechamiento máximo del cultivo de arroz?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Describir las técnicas de manejo conservacionistas de suelo en la producción de arroz bajo riego en el Ecuador.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Detallar sobre los patrones del uso actual del suelo en la plantación de arroz en Ecuador.
- Enumerar las técnicas de manejo y conservación de los suelos en el cultivo de arroz bajo riego.



## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Cultivo de arroz**

EL arroz tiene su origen en el continente asiático y de ahí fue llevado hasta Europa, para después llegar al continente americano y establecerse como ingrediente principal en la alimentación a nivel mundial. Es el alimento básico de diecisiete países de Asia y del Pacífico, de ocho países de África, de siete países de América Latina y del Caribe y de uno del Cercano Oriente (Renán 2011).

Según la (FAO 2006), señala que el arroz es el segundo cereal más producido en el mundo, luego del maíz, el cual es producido con otros propósitos además del consumo humano, además, contribuye de forma muy efectiva al aporte calórico de la dieta humana actual, siendo responsable de una quinta parte de las calorías consumidas en el mundo por los seres humanos.

El cultivo de arroz presenta amplia adaptabilidad ecológica y puede cultivarse en diferentes partes del mundo ya sea bajo condiciones de secano o bajo condiciones de riego, sin embargo, la producción de arroz bajo condiciones de secano fue asociada de bajos retornos económicos y altos riesgos climáticos (Naylor et al. 2007).

Sin embargo, los suelos sometidos a regímenes de drenaje y saturación periódica, resultan en modificaciones periódicas en función de las alteraciones en la microbiota y en los procesos químicos que se alternan entre una condición aeróbica y otra anaeróbica (da Rosa et al. 2011).

### **2.2 Manejo convencional del suelo**

Se satura el suelo con lámina de agua de unos 20 cm, posteriormente se realiza el pase de maquinarias con la finalidad de darle condiciones favorables a la planta para que pueda desarrollar su sistema radicular, esta práctica es comúnmente llamada “fangueo del suelo”, misma que consiste en destruir la estructura del suelo con la ventaja de minimizar la pérdida de agua por infiltración y aumentar la retención de ésta (Bruzzone y Heros 2011).

El fanguero es un método específico de preparación de suelos para el cultivo del arroz, que no es más que la captación de agua en un sitio y el posterior laboreo del suelo, que levantan y revuelven la tierra desde una profundidad de 10 a 15 cm, hasta formar un fango o lodo fino, obteniéndose una mezcla homogénea de agua y suelo (Cardenas et al. 2006).

En el sistema de producción convencional, esta labor se fundamenta en que el “fanguero” proporciona condiciones favorables para la germinación y desarrollo inicial de las plantas, además de eliminar las plantas indeseables y ahorrar agua (Ruiz et al. 2005).

En ese escenario, el sistema de manejo convencional de suelo, contribuye a la rápida mineralización de los residuos orgánicos (restos de plantas, macro, meso y microorganismos), llevando a la menor concentración de carbono orgánico, aumentando los riesgos de erosión y degradación del suelo (Ortiz 2012).

Burgos (2016), indica que aunque la labranza de suelo trae consigo algunos efectos favorables a la agricultura; hoy en día se conoce que la roturación del suelo para la siembra lleva más perjuicios que beneficios; entre ellos se puede mencionar la alteración de los indicadores del suelo, finalizando con la pérdida de su calidad.

## **2.5 Calidad del suelo**

El suelo es un recurso natural y su calidad depende del manejo sustentable, la buena calidad del suelo no solamente proporciona mayor productividad en los cultivos, además de mantener la calidad ambiental, por consiguiente la salud vegetal, animal y humana (Araújo et al. 2012). Entretanto, en los últimos años, la calidad del suelo ganó mayor atención en respuesta a situaciones ambientales relacionadas con la degradación del suelo y a la búsqueda de alcanzar sustentabilidad en la producción bajo diferentes sistemas de cultivo (Reichert et al. 2003).

En este sentido, los indicadores de calidad del suelo son aquellos que tienen relación directa con la producción agrícola o funciones ambientales, siendo

las propiedades más sensibles al manejo del suelo las más deseables como indicadores. En este contexto, es señalado que para evaluar las alteraciones de la salud del suelo, como resultado de las prácticas agrícolas empleadas es necesario medir un mínimo de indicadores (Pezarico et al. 2013).

Generalmente, los suelos bajo condiciones saturadas, sufren una serie de transformaciones como consecuencia de reacciones físicas entre el suelo y el agua, además de procesos químicos y biológicos provocados por el exceso de humedad (Baldotto et al. 2010).

### **Manejo conservacionista del suelo.**

Los suelos dedicados a la producción de arroz bajo riego, en términos generales, se caracterizan por tener bajo contenido de materia orgánica y están expuestos a la degradación (Bird et al. 2011). No obstante, es necesario la evaluación de los efectos de la incorporación de residuos de cosecha y el reciclaje y la acumulación de Carbono, Nitrógeno y otros elementos para la adopción de técnicas que mejoren la calidad de los suelos, maximizando de ese modo la productividad del cultivo de arroz, reduciendo el impacto al medio ambiente (Booth et al. 2005).

Según MINAGRI (2014) relata que la rotación de cultivos consiste en la sucesión recurrente o renovación regular, de los cultivos en un mismo terreno. Es una medida que se adopta sobre todo para mejorar la condición física del suelo. También se mejora las propiedades químicas y biológicas del suelo. Entre las ventajas están que permite un uso más intensivo del suelo, consecuentemente, se obtiene mayores beneficios económicos cuando se usa especies de corto periodo vegetativo.

La rotación es un sistema que consiste en alternar, en la misma época del año cultivos de coberturas o abonos verdes y cultivos comerciales en una secuencia planificada (Piedra et al. 2017)

#### **2.5.4 Suelo permanentemente cubierto**

Las coberturas, tanto vivas como muertas, protegen el suelo contra la radiación solar, lluvias, vientos y temperaturas extremas, aumentan la humedad

disponible, estimulan la actividad biológica y aportan mayor biodiversidad, controlan malezas, aportan materia orgánica y nitrógeno al suelo y atraen insectos benéficos (Piedra et al. 2017)

### **2.5.5 Labranza mínima**

Es todo sistema de preparación de suelo que disminuye su pérdida y conserva su humedad; para satisfacer este criterio el sistema de labranza debe dejar sin incorporar los residuos de plantas, quedando la superficie lo más áspera posible, con anterioridad, se planteaba que el sistema de no labranza perturba muy poco el suelo, por lo que se favorece la humedad, temperatura y fertilidad.

Dentro de las prácticas agrícolas, el laboreo ha influido decisivamente en la aceleración del proceso de degradación que sufren los suelos, debido a que se desagregan las partículas y se destruye la cubierta vegetal, por lo que sistemas alternativos como el no-laboreo, laboreo mínimo, siembra directa o el cultivo con cubierta vegetal pueden contribuir a reducir globalmente las pérdidas de suelo (Pastor et al. 2001)

### **2.5.6 Labranza cero**

Representa el sistema en el que la labranza queda reducida a la imprescindible para la siembra, La cual, se realiza sobre el rastrojo del cultivo anterior. En un terreno que no se labra durante muchos años, los residuos de la cosecha permanecen en la superficie y producen una capa de cobertura vegetal. Esta capa protege el suelo del impacto físico de la lluvia y el viento, además estabiliza la humedad y la temperatura del suelo en los estratos superficiales. (MINAGRI 2014).

En este contexto, el interés sobre el uso de prácticas conservacionistas está siendo cada vez mayor ya que reducen considerablemente la tasa de erosión y compactación del suelo provocada por el manejo convencional, desde ese punto de vista, es conocido que la disminución considerable de la perturbación del suelo y el mantenimiento de los residuos de plantas en la capa superficial, mejoran la calidad del suelo (Stefanoski et al. 2013).

### **III. MARCO METODOLOGICO**

#### **3.1 Ubicación**

El presente trabajo de investigación, cuyos resultados sustentan la escritura de esta monografía fue realizada en la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, escuela de Ingeniería Agronómica, ubicada en el Km 7 ½ de la vía Babahoyo – Montalvo, provincia de Los Ríos.

La zona presenta un clima de tipo tropical húmedo, con temperatura media anual de 24.7 °C; una precipitación anual de 1564.4 mm/año; humedad relativa de 76% y 834.7 horas de heliofanía de promedio anual. Con Coordenadas geográficas UTM: X 668624,10 E; Y 9801192,05 S con una altitud de 8 msnm.

#### **3.2 Métodos de la investigación.**

Para el desarrollo de este trabajo investigativo, se realizó un compendio, ordenamiento y revisión de artículos científicos, manuales, libros y toda publicación que cumpla con los requisitos para ser parte de este trabajo realizado en el cultivo de arroz; sobre los temas relacionados con el manejo y conservación de los suelos.

El método que se utilizó para la ejecución del trabajo se basó en el análisis de las respuestas de los documentos tomados en cuenta para realizar el escrito (publicaciones en línea y documentos escritos).

#### **3.3 Situaciones detectadas**

La conversión de la agricultura hacia la producción agraria sostenible implica un proceso de mejora continua de los sistemas agrícolas, que puedan satisfacer las demandas de la población en armonía con la conservación del medio ambiente.

Se estima que en el país las pérdidas de suelos varían entre 30 y 50 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en áreas de estribaciones con pendientes superiores a 25 %. En zonas con pendientes que varían entre 12 y 25 %, la erosión está comprendida entre 10

y  $30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y en suelos con pendientes menores al 12 % la erosión se sitúa entre  $< 5$  y  $10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

Los patrones de uso que el agricultor arrocero le da al suelo en el cultivo de arroz es ambiguo, ya que lo viene practicando durante años sin tener una alternativa clara en su preparación inicial, el agricultor realiza el fangueo para la reducción de costo de producción en el uso de herbicidas.

Los suelos arroceros generalmente han permanecido en una constante sobre explotación, primando el monocultivo y todo un “coctel” insumos agrícolas que por años han ido transformando su estado físico, químico y biológico. El suelo manejado bajo el sistema convencional (monocultivo), tiende a destruir la estructura, causando alteraciones en los indicadores químicos, biológicos y demás indicadores físicos.

### **3.4 Soluciones planteadas**

Frente al deterioro de los suelos en las zonas productoras de arroz bajo riego del Ecuador, aparece como una alternativa viable, orientada a propiciar su recuperación y conservación, las técnicas de conservación de suelo, logrando así el mantenimiento de los atributos físicos, químicos y biológicos a fin de preservar su salud y su calidad con el propósito de conservar su capacidad productiva de manera indefinida, para alcanzar la sostenibilidad agrícola (Carneiro et al. 2009).

En este sentido, existe interés sobre el uso de prácticas de manejo que permitan mejorar la calidad del suelo, una vez que ha sido comprobado que la reducción del uso de maquinarias pesadas y la conservación de los residuos de cosecha sobre la superficie del suelo mejora a largo plazo la concentración de carbono a través de la formación de agregados (Bertol et al. 2004) .

Por otro lado, el manejo óptimo del sistema de riego en combinación del sistema de plantío directo mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, sin embargo, el aumento de materia orgánica del suelo es un indicador clave para determinar la calidad y la sustentabilidad del sistema de manejo en la producción de arroz (Sánchez-Llerena et al. 2016, Yadvinder-Singh et al. 2005).

El mantenimiento de residuos de plantas en la superficie del suelo, presenta efectos positivos en la calidad del suelo, permitiendo alcanzar la brecha de producción de los cultivos de arroz, entretanto, la compensación entre los rendimientos y la salud del suelo debe ser llevado en cuenta al promover las prácticas de cultivo en combinación con la incorporación de fertilizantes orgánicos y minerales, considerando reducir la emisión de gases de efecto invernadero (Das y Adhya 2014, Bhattacharyya et al. 2012).

## **IV. CONCLUSIONES**

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada y detallada se concluye lo siguiente.

- El sistema de manejo convencional del suelo para la producción del cultivo de arroz bajo riego en Ecuador alteran la calidad del suelo, pudiendo afectar los rendimientos en el cultivo.
- El sistema de producción convencional (monocultivo), demanda el uso continuo de insumos para obtener altos rendimientos
- Los sistemas de manejos de suelo que se fundamentan en mantener los residuos de cosecha en la superficie contribuye a mejorar la salud del suelo.
- Las prácticas de manejo que se fundamentan en la labranza mínima o labranza cero, mejoran la calidad del suelo y la productividad del cultivo de arroz.



## **V. RECOMENDACIONES**

En base a la literatura consultada se recomienda lo siguiente:

- Promover el uso de prácticas que se fundamenten en mantener los residuos de cosecha en la superficie del suelo y la reducción de la labranza para mejorar su salud y aumentar los rendimientos en el cultivo de arroz bajo condiciones de riego.
- Realizar investigaciones que permitan validar las técnicas de manejo conservacionistas en las zonas productoras de arroz bajo riego del país.

## VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación, cuyos resultados sustentan la escritura de esta monografía fue realizada en la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, escuela de Ingeniería Agronómica, La producción intensiva de arroz puede llevar al aumento de la compactación de las capas más profundas del suelo como resultado del uso de maquinarias pesadas, además de eso, la producción bajo riego puede presentar problemas en el desarrollo del cultivo. Los patrones de uso que el agricultor arrocero le da al suelo en el cultivo de arroz es ambiguo, ya que lo viene practicando durante años sin tener una alternativa clara en su preparación inicial, el agricultor realiza el fangueo para la reducción de costo de producción en el uso de herbicidas. Los suelos arroceros generalmente han permanecido en una constante sobre explotación, primando el monocultivo y todo un “coctel” insumos agrícolas que por años han ido transformando su estado físico, químico y biológico. El suelo manejado bajo el sistema convencional (monocultivo), tiende destruir la estructura, causando alteraciones en los indicadores químicos, biológicos y demás indicadores físicos. Se concluye que El sistema de manejo convencional del suelo para la producción del cultivo de arroz bajo riego en Ecuador altera la calidad del suelo, pudiendo afectar los rendimientos en el cultivo. El sistema de producción convencional (monocultivo), demanda el uso continuo de insumos para obtener altos rendimientos Los sistemas de manejos de suelo que se fundamentan en mantener los residuos de cosecha en la superficie contribuye a mejorar la salud del suelo. Las prácticas de manejo que se fundamentan en la labranza mínima o labranza cero, mejoran la calidad del suelo y la productividad del cultivo de arroz. Se recomienda Promover el uso de prácticas que se fundamenten en mantener los residuos de cosecha en la superficie del suelo y la reducción de la labranza para mejorar su salud y aumentar los rendimientos en el cultivo de arroz bajo condiciones de riego. Realizar investigaciones que permitan validar las técnicas de manejo conservacionistas en las zonas productoras de arroz bajo riego del país.

**Palabras claves:** suelo, cultivo de arroz, conservación, manejo agronómico.

## VII. SUMMARY

The present research work, whose results support the writing of this monograph was carried out at the Technical University of Babahoyo, Faculty of Agricultural Sciences, School of Agricultural Engineering, Intensive rice production can lead to increased compaction of the deeper layers of the soil as a result of the use of heavy machinery, in addition to that, the production under irrigation can present problems in the development of the crop. The patterns of use that the rice farmer gives to the soil in rice cultivation is ambiguous, since he has been practicing it for years without having a clear alternative in its initial preparation, the farmer performs the fanguero for the reduction of production cost in the use of herbicides. Rice soils have generally remained in constant exploitation, with monoculture prevailing and a whole "cocktail" agricultural inputs that have been transforming their physical, chemical and biological state for years. The soil managed under the conventional system (monoculture), tends to destroy the structure, causing alterations in chemical, biological and other physical indicators. It is concluded that the conventional soil management system for the production of rice under irrigation in Ecuador alters the quality of the soil, which may affect crop yields. The conventional production system (monoculture), demands the continuous use of inputs to obtain high yields. The soil management systems that are based on maintaining the crop residues on the surface contribute to improve soil health. Management practices that are based on minimum tillage or zero tillage improve soil quality and productivity of rice cultivation. It is recommended to promote the use of practices that are based on maintaining crop residues on the soil surface and reducing tillage to improve their health and increase yields on rice cultivation under irrigation conditions. Conduct research to validate conservation management techniques in rice producing areas under irrigation in the country

**Keywords:** soil, rice cultivation, conservation, agronomic management.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Araújo, EA de; Ker, JC; Neves, JCL; Lani, JL. 2012. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias . DOI: <https://doi.org/10.5777/paet.v5.n1.12>.
- Baldotto, MA; Canela, MC; Canellas, LP; Dobbs, LB; Velloso, ACX. 2010. Redox index of soil carbon stability. Revista Brasileira de Ciência do Solo . DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000500007>.
- Bertol, I; Albuquerque, JA; Leite, D; Amaral, AJ; Zoldan Junior, WA. 2004. Propriedades Físicas do Solo Sob Preparo Convencional e Semeadura Direta em Rotação e Sucessão de Culturas, Comparadas às do Campo Nativo. Revista Brasileira de Ciencia do Solo .
- Bhattacharyya, P; Roy, KS; Neogi, S; Adhya, TK; Rao, KS; Manna, MC. 2012. Effects of rice straw and nitrogen fertilization on greenhouse gas emissions and carbon storage in tropical flooded soil planted with rice. Soil and Tillage Research . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.05.015>.
- Bird, JA; Herman, DJ; Firestone, MK. 2011. Rhizosphere priming of soil organic matter by bacterial groups in a grassland soil. Soil Biology and Biochemistry . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.08.010>.
- Booth, MS; Stark, JM; Rastetter, E. 2005. Controls on nitrogen cycling in terrestrial ecosystems: A synthetic analysis of literature data. Ecological Monographs . DOI: <https://doi.org/10.1890/04-0988>.
- Bruzzone, C; Heros, E. (2011). Manejo integrado en producción y sanidad de arroz. Piura, Peru, s.e.
- Burgos, J. (2016). Determinación de la incidencia de tres sistemas de labranza mecanizada sobre la disponibilidad de agua para el cultivo de maíz (*Zea mays*), en la época seca en la zona de Quevedo. Quevedo, Ecuador, s.e.
- Cardenas, R; Cabrera, A; Gonzalez, M; Cristo, E. (2006). Comportamiento de nuevos genotipos de arroz (*oryza sativa* L.) obtenidos mediante cultivo de anteras para condiciones de bajo suministro de agua. La Habana, Cuba,

s.e.

Carneiro, MAC; de Souza, ED; dos Reis, EF; Pereira, HS; de Azevedo, WR. 2009. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* .

Dane. 2013. El arroz: producción en Colombia. Ministerio de Agricultura .

Das, S; Adhya, TK. 2014. Effect of combine application of organic manure and inorganic fertilizer on methane and nitrous oxide emissions from a tropical flooded soil planted to rice. *Geoderma* . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.011>.

Diel, M; Castilhos, RMV; De Sousa, RO; Valh, LC; Da Silva, JB. 2007. Nutrientes na água para irrigação de arroz na Região Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciencia Rural* . DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000100017>.

FAO. 2004. Rice and water: a long and diversified story. s.l., s.e.

FAO. 2006. Dpto. de Agricultura, Problemas y limitaciones de la producción de arroz.

FAO. 2017. Capítulo 5. Agricultura de conservación.

Gaydon, DS; Probert, ME; Buresh, RJ; Meinke, H; Timsina, J. 2012. Modelling the role of algae in rice crop nutrition and soil organic carbon maintenance. *European Journal of Agronomy* . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.01.004>.

Guimarães, CM; Fageria, NK; Filho, MPB. 2002. Como a planta de arroz se desenvolve. *Encarte de informações agronômicas* .

Jordan, D; Miles, RJ; Hubbard, VC; Lorenz, T. 2004. Effect of management practices and cropping systems on earthworm abundance and microbial activity in Sanborn Field: A 115-year-old agricultural field. *Pedobiologia* . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2003.06.001>.

Linh, TB; Sleutel, S; Vo Thi, G; Le Van, K; Cornelis, WM. 2015. Deeper tillage and

root growth in annual rice-upland cropping systems result in improved rice yield and economic profit relative to rice monoculture. *Soil and Tillage Research* . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.06.011>.

MINAGRI. (2014). *Técnicas de Conservación de Suelos*. Lima- Peru, s.e.

Naylor, RL; Battisti, DS; Vimont, DJ; Falcon, WP; Burke, MB. 2007. Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* . DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0701825104>.

Ortiz, J. 2012. *Las máquinas agrícolas y su aplicación*. Madrid, España, mUNDIPRENSA. 3–60 p.

Parfitt, JMB; Timm, LC; Pauletto, EA; Sousa, RO de; Castilhos, DD; Ávila, CL de; Reckziegel, NL. 2009. Spatial variability of the chemical, physical and biological properties in lowland cultivated with irrigated rice. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* . DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832009000400007>.

Pastor, M; Castro, J; Humanes, D. (2001). *Sistemas de manejo del suelo en olivar de Andalucía*. 8. Baeza, s.e.

Patra, S; Julich, S; Feger, KH; Jat, ML; Jat, H; Sharma, PC; Schwärzel, K. 2019. Soil hydraulic response to conservation agriculture under irrigated intensive cereal-based cropping systems in a semiarid climate. *Soil and Tillage Research* . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.003>.

Pezarico, CR; Vitorino, ACT; Mercante, FM; Daniel, O. 2013. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. *Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences* . DOI: <https://doi.org/10.4322/rca.2013.004>.

Piedra, L; Ramirez, F; Luna, S; Araya, A. (2017). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas y Ambientales para el cultivo del arroz en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado, Costa Rica*. San Jose, Costa Rica, s.e.

Reichert, JM; Reinert, DJ; Braidá, JA. 2003. *Qualidade dos solos e*

sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência & Ambiente* .

Renán, F. 2011. Estudio de varios niveles de nitrógeno aplicados con briquetas de urea, en el cultivo de arroz en secano con siembra mecanizada en la zona de Lomas de Sargentillo. s.l., Escuela Superior Politécnica Del Litoral. 10–108 p.

da Rosa, CM; Castilhos, RMV; Pauletto, EA; Pillon, CN; dos Anjos Leal Leal, O. 2011. Conteúdo de carbono orgânico em planossolo háplico sob sistemas de manejo do arroz irrigado. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* .

Ruiz, M; Diaz, G; Polon, R. (2005). Influencia de las tecnologías de preparación de suelo cuando se cultiva arroz (*Oryza sativa* L.). 26. s.l., s.e.

Sánchez-Llerena, J; López-Piñeiro, A; Albarrán, Á; Peña, D; Becerra, D; Ratonunes, JM. 2016. Short and long-term effects of different irrigation and tillage systems on soil properties and rice productivity under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy* . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.04.005>.

Stefanoski, DC; Santos, GG; Marchão, RL; Petter, FA; Pacheco, LP. 2013. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* . DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>.

Verneti Junior, F de J; Da silva gomes, A; Osmar braga schuch, L. 2009. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. *Ciencia Rural* .

Yadvinder-Singh; Bijay-Singh; Timsina, J. 2005. Crop Residue Management for Nutrient Cycling and Improving Soil Productivity in Rice-Based Cropping Systems in the Tropics. *Advances in Agronomy* . DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(04\)85006-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(04)85006-5).

## IX. ANEXOS





