



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



Componente práctico del Examen de Grado de carácter  
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo, como requisito  
previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Dinámica del Nitrógeno en suelos cultivados con arroz bajo riego”

**AUTOR:**

Jonathan Abrahán Soriano Albán

**ASESOR:**

Ing. Luis Enrique Sánchez Jaime, Msc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2020

## **DEDICATORIA**

Colmado de felicidad, fe, coraje, paz, amor y esperanza, me es grato dedicar este proyecto a toda mi familia y seres amados, quienes han sido los principales pilares para esforzarme y alcanzar mis metas.

Le dedico este triunfo a mis padres Diana Alban y Washington Soriano a mis hermanos Evelyn Soriano, Francisco Soriano, Carmen Soriano, Isabel Soriano a mis abuelos Brígida Villalba y José Alban a mis tíos Rosa Alban, Jenny Soriano, Mirian Soriano, José Soriano, Diana Rendón, Rafael Soriano y Vilma Soriano, a mis primos Ariel Barroso, Danny Cabero, Luis Sánchez y a mi novia Nathaly León, quienes son mi voz de lucha en la gran guerra de la vida.

Me es grato poder dedicarles con mucho orgullo y una gran sonrisa en mi rostro este triunfo a ellos, que con mucho esfuerzo, trabajo duro y dedicación lo he ganado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco infinitamente a DIOS por permitirme cumplir una meta más, a mi familia la cual siempre estuvo apoyándome en los momentos más duros y difíciles, ayudándome aportando con ideas, conocimientos, en la toma de decisiones, en la creación de proyectos y por qué nunca perdieron la fe en mí, a mis amigos quien siempre están aconsejándome, a mis profesores quienes siempre se esforzaron por impartir sus conocimientos, como no estar agradecido con mis compañeros de clases y amigos que día a día compartíamos momentos felices y momentos difíciles, siempre conté con su apoyo incondicional dentro del aula de clases y fuera de ella.

No ha sido un camino fácil para mí cumplir con esta meta y no lo hubiera logrado sin su constante apoyo, paciencia, aportes e inmensa bondad; haciendo presente mis más grandes y valeroso agradecimiento reiterando que siempre los llevo en mente y corazón.

# CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1 Descripción del problema .....	¡Error! Marcador no definido.
1.2 Pregunta de investigación .....	¡Error! Marcador no definido.
1.3 Objetivos.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.1 Objetivo general.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.2 Objetivos específicos.....	¡Error! Marcador no definido.
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. MARCO METODOLOGICO .....	¡Error! Marcador no definido.
3.1 Ubicación.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2 Métodos de la investigación. ....	9
3.3 Situaciones detectadas .....	9
3.4 Soluciones planteadas .....	12
IV. CONCLUSIONES.....	¡Error! Marcador no definido.
V. RECOMENDACIONES .....	15
VI. RESUMEN .....	¡Error! Marcador no definido.
VII. SUMMARY .....	¡Error! Marcador no definido.
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	¡Error! Marcador no definido.
IX. ANEXOS .....	¡Error! Marcador no definido.

## INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es sin duda alguna uno de los cereales más antiguos de los que se tengan constancia, con tan solo 1,16 mg de peso aproximadamente, es multivitamínico y con propiedades extraordinarias, por tal motivo es el segundo cereal más cultivado en el mundo. Siendo los mayores productores China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Tailandia, Myanmar, Filipinas, Brasil y Japón (Mariot et al. 2009).

En Ecuador, en el año 2018 fueron cultivadas 315 976 ha y la producción neta fue de 1 772 929 t, siendo la provincia de Guayas y Los Ríos las que presentaron la mayor área cultivada, sin embargo, en la provincia de Loja se reportó la mayor productividad con 10,49 t ha<sup>-1</sup>, rendimiento superior a la media nacional (5,61 t ha<sup>-1</sup>) (MAG 2018).

El cultivo de arroz requiere de varios elementos para su desarrollo y crecimiento, entre uno de ellos es el N que es un constituyente esencial en los amino ácidos, ácidos nucleicos y la clorofila. Este elemento promueve el rápido crecimiento y aumenta el tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panoja, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteínas en el grano. En consecuencia, el N afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento. Cuando se aplica suficiente N se incrementa la demanda de otros macronutrientes como fósforo y potasio por el cultivo (Mantilla-Paredes et al. 2009).

En este contexto, una de las prácticas indispensable para una buena producción en el cultivo de arroz es sin duda alguna la fertilización. Sin embargo, la eficiencia de la fertilización nitrogenada va a depender de varios factores tales como suelo, cultivar, clima, entre otros (Vieira 2017, Todeschini et al. 2016). Por tanto, el nitrógeno es uno de los macronutrientes esenciales de las plantas que debe ser incorporado al suelo para ser asimilado, por ser un elemento de translocación rápida y fácil transformación es uno de los elementos que más tiende a perderse por volatilización y lixiviación (Okumura et al. 2012).

Ante lo expuesto, con el presente trabajo bibliográfico se pretende buscar alternativas de manejo que permitan aumentar la eficiencia de la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz bajo riego.

### **1.1 Descripción del problema**

La fertilidad del suelo depende de la capacidad de suplir nutrientes para el

normal desarrollo de las plantas. Sin embargo, el comportamiento de los cultivos es influenciado por el sistema de manejo utilizado, siendo los procesos biogeoquímicos alterados por periodos de inundación y drenaje de los suelos dedicados a la producción de arroz bajo riego.

Tales mudanzas pueden afectar negativamente en el desarrollo de las plantas de arroz debido a la estabilidad y disponibilidad de los nutrientes como resultado de la baja movilidad del oxígeno, descomposición anaeróbica de la materia orgánica, reducción de  $\text{NO}^{-3}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{4+}$  y otros elementos.

Los suelos inundados presentan condiciones propicias a intensas pérdidas de N por varios mecanismos, especialmente por desnitrificación y volitización de  $\text{NH}_3$ , sin embargo, las pérdidas de N por desnitrificación en suelos inundados puede ser mayor si existiese  $\text{NO}^{3-}$  disponible.

## **1.2 Pregunta de investigación**

- ¿Cuál es la dinámica del Nitrógeno en suelos cultivados con arroz bajo riego?
- ¿Cuál es la eficiencia del uso de Nitrógeno en suelos cultivados con prácticas de manejo convencional?
- ¿Qué prácticas de manejo mejoran la eficacia del uso de Nitrógeno en suelos cultivados con arroz bajo riego?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- ❖ Analizar la dinámica del nitrógeno en suelos cultivados con arroz bajo riego.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- ❖ Especificar los beneficios de la utilización del nitrógeno en suelos cultivados con arroz bajo riego.
- ❖ Identificar sistemas o métodos convenientes de aplicación de nitrógeno en cultivos de arroz.



## II. MARCO TEÓRICO

El cultivo de arroz es uno de los cereales más antiguos en el mundo del que se tenga constancia, aunque es muy difícil establecer con exactitud la época precisa en la que el hombre inició su propagación, sin embargo, en la literatura hace énfasis de su descubrimiento hace 3000 años antes de Cristo. El arroz tuvo su origen al sur de la india y llegó a América a través de China, Mesopotamia, Grecia, Egipto, Marruecos y España (CENTA 2018).

Este cereal es uno de los alimentos indispensable en la población mundial generando muchas fuentes de empleos en toda la cadena de producción y es considerado el alimento básico de más de la mitad de la población mundial, el mismo que se produce en más de 113 países (Dong y Xiao 2016) y la producción global alrededor de 741 millones de toneladas de arroz paddy, la misma que corresponde al 29 % del total de granos usados en la alimentación humana, siendo el maíz con mayor volumen producido en el mundo, correspondiendo al 33 % (Bento 2016).

En Ecuador el arroz se cultiva en la región del litoral, principalmente en las provincias del Guayas y Los Ríos, las zonas arroceras del país presentan un amplio rango en la distribución de los factores climáticos que varían desde trópico húmedo a trópico seco, con temperaturas de 20° a 30° C, precipitaciones máximas de 25mm y mínima de 500 mm año<sup>-1</sup> con humedad relativa alta (INIAP 2014).

No obstante, la producción de arroz presenta un gran desafío, debido a tres principales problemáticas que son: pérdida de calidad de los suelos a causa del monocultivo, cambio climático y escasez de recursos hídricos (Hernandes y Irene 2010).

Esta gramínea 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).

En la actualidad, el arroz se produce en todo tipo de suelo, desde suelos arenosos que poseen poca o nada capacidad de retención de agua, hasta suelos arcillosos que poseen alta capacidad de retención de agua (Mariasg 2013), sin embargo, para alcanzar explotar el potencial genético de los cultivares de arroz, es necesario producir en suelos con mayor retención de agua y nutrientes, suelos profundos y de topografía plana, zonas con mayor oferta solar, disponibilidad de agua, entre otros (Embrapa 2008).

En el cultivo de arroz, los regímenes de riego y la fertilización nitrogenada son factores importantes que determinan el aumento de biomasa en la planta (Huang et al. 2011) y el aumento de biomasa depende de la acumulación y translocación de materia seca. En tanto que, los rendimientos en términos económicos dependen de la translocación de foto asimilados en la panícula (Ye et al. 2013). Siendo todo estos procesos fisiológicos limitados por las condiciones climáticas (Correia et al. 2013).

El éxito de la producción de arroz depende de muchos factores, entre ellos, el suministro de fertilizantes para nutrir la planta. Entre los elementos necesarios para los procesos fisiológicos de la planta, destaca el nitrógeno (N), elemento que es necesario en mayores cantidades en comparación con otros nutrientes esenciales (Thefreelibrary 2012). En este contexto, para producir un promedio de  $5 \text{ t ha}^{-1}$  de arroz paddy el cultivo requiere de 18 a 27 Kg de N (Achim Doberman y Thomas Fairhurst 1977).

Sin embargo, la liberación de N mineral en un suelo depende de la recalcitrancia y resistencia de la materia orgánica (MO) al ataque microbiano, por tanto, cada suelo presenta capacidades intrínsecas de proporcionar N a las plantas a partir de la descomposición de la MO, en función del tipo y manejo de suelo, actividad microbiana y condiciones ambientales (Mazzoncini et al. 2016).

El N es absorbido por la planta en forma amoniacal ( $\text{NH}_3^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ),

obtenidos principalmente de la mineralización de la MO y fertilizantes nitrogenados, siendo la MO la fuente de N más importante del cultivo de arroz, independientemente de la fertilización nitrogenada (Da Silva et al. 2011).

Aproximadamente 100 millones de t métricas de fertilizantes nitrogenados proporcionan la entrada total de N para la producción de alimentos en el mundo (Sadras et al. 2015), sin embargo, en la producción de arroz bajo riego existen múltiples factores que ocasionan pérdida de N y baja eficiencia de la fertilización nitrogenada (Sanchez et al. 2019).

La incorporación de N inorgánico al suelo puede ser inmovilizado por la biomasa microbiana en forma de amino, ácidos nucleicos y azúcares aminados, entretanto los mecanismos de inmovilización son dependientes de las condiciones *redox* y presencia de materia orgánica lábil. En este contexto, se conoce que en suelos inundados, entre el 27 % y 50 % del N aplicado en forma inorgánica puede ser inmovilizado, lo que sugiere la adopción de manejo eficiente de la lámina de agua y los residuos de cosecha para aumentar la disponibilidad de N a las plantas (Da Silva et al. 2011, Sanchez et al. 2019).

Una de las fuentes de N en la producción de cultivos es la urea, compuesto orgánico, sintético que no puede ser absorbido directamente por la planta, pero al entrar en contacto con el suelo y solubilizado por el agua, es descompuesto a través de una reacción química con una enzima denominada “ureasea” y el producto de esa reacción da como resultado una sal químicamente inestable llamada carbonato de amonio, este se puede perder por dos vías: la volatilización que se da cuando el pH del suelo es alcalino (pH alto) y la otra es permanecer en el suelo como hidróxido de amonio esta se da cuando el suelo presenta pH ácido (pH bajo); el ciclo de la urea en el suelo es de tres a cuatro días en lo cual debe de ser aprovechado por la planta (Pozo 2013).

Las principales causas por las que se pierde el N en el campo es por volatilización, lixiviación y desnitrificación. La pérdida de nitrógeno por volatilización del gas amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos

fertilizantes amoniacales (Guatavo N. Ferraris 2016), sin embargo, los procesos microbianos como la mineralización, la nitrificación y la desnitrificación, regulan la dinámica del N en el suelo, la nitrificación, a través de la oxidación de amonio, produce nitrato, una forma móvil de N que es la principal vía de pérdida de N por lixiviación y desnitrificación (Asociación Argentina de Microbiología 2017).

Aunque el cultivo de arroz es capaz de usar en forma efectiva las fuentes amoniacales, cuando se aplica una dosis más alta de la necesaria o su distribución es inapropiada, ocurren pérdidas de N especialmente por desnitrificación o volatilización. Cuando se aplica urea en un suelo saturado, las pérdidas de N por volatilización puede ser alrededor del 80 %. Por otro lado, si se usa N en forma de nitratos, ocurren pérdidas por lixiviación (Nascimento et al. 2013, Vieira 2017).

Bajo esta premisa, elevar las dosis de N no garantiza mayor productividad, pero si se aplica dosis y época adecuada habrá un mejor aprovechamiento de este macro elemento N (Reisdorfer LANG et al. 2011).

### **III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Ubicación**

El presente trabajo de investigación, cuyos resultados sustentan la escritura de esta revisión bibliográfica 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.

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

Para la obtención de esta investigación, se realizó la recopilación, de artículos científicos, libros, manuales y toda publicación que cumplan con los parámetros para conformar este trabajo realizado en el cultivo de arroz; sobre la dinámica del nitrógeno en suelos cultivados con arroz bajo riego y trabajos afines.

El método que se utilizó para llevar a cabo este trabajo se basó en la inspección de los resultados presente en los documentos que fueron tomados en cuenta para realizar el texto (publicaciones en línea y documentos escritos).

### **3.3 Situaciones detectadas**

El cultivo de arroz es uno de los alimentos más importantes para la nutrición humana, por lo tanto, el área sembrada en el mundo está alrededor de 158 millones de ha, de las cuales se producen 746,7 millones de t de arroz paddy (Bento 2016).

La transformación que está sufriendo la agricultura a nivel mundial está relacionada a la obtención de mayor producción de granos en menores áreas sembradas, para satisfacer las necesidades alimentarias de la población mundial que va de manera ascendente.

Por otro lado, la baja eficiencia de la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz conlleva a que el nutriente no sea aprovechado por la planta y por diversos factores se pierda por volatilización, lixiviación y desnitrificación, ocasionando así la alteración de la calidad del recurso suelo. En nuestro medio, el manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz es muy ambigua, lo cual influye en la merma de producción de los cultivares de arroz.

Los suelos arroceros generalmente han permanecido en una constante sobre explotación, predominando el monocultivo más las aplicaciones de cocteles de insumos agrícolas que durante muchos años han sido aplicados nos ha dado como consecuencia la alteración de los indicadores físicos, químicos y biológicos.

Entretanto, la fertilidad del suelo depende de la capacidad de suplir agua y nutrientes para el adecuado desarrollo de las plantas, siendo está influenciada por los atributo del suelo (Sanchez et al. 2019), sin embargo, los suelos dedicados a la producción de arroz bajo condiciones irrigadas presentan una serie de alteraciones que afectan los procesos biogeoquímicos. Entre esas alteraciones, la más significativa se encuentra sobre el potencial oxi reductor (EH) (Yu y Patrick 2004).

Asociada a las alteraciones del sistema oxi reductor, se observa el aumento o la disminución del pH, proceso que es influenciado por la depleción del O<sub>2</sub> y el aumento del CO<sub>2</sub>, producido por la respiración microbiana, de ese modo, el oxígeno libre es rápidamente consumido en función de las necesidades de energía por los microorganismos aerobios para los procesos biológicos (Da Silva et al. 2011).

En la ausencia de O<sub>2</sub>, los microorganismos anaerobios facultativos y obligatorios utilizan compuestos oxigenados como NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mn (IV), Fe (III), SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y H<sup>+</sup> como aceptores de electrones en su respiración, reduciendo así NO<sub>3</sub><sup>-</sup> para N<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub>, Fe<sup>3+</sup> para Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>4+</sup> para Mn<sup>2+</sup>, (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub><sup>-</sup> para SO<sub>2</sub><sup>-</sup> y acumulación de CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub> (Hou et al. 2000, Kögel-Knabner et al. 2010).

En este contexto, los suelos inundados presentan condiciones propicias a intensas pérdidas de N por varios mecanismos, especialmente por desnitrificación y volatilización de NH<sub>3</sub>. Las pérdidas de N por desnitrificación pueden aumentar si hubiera NO<sub>3</sub><sup>-</sup> disponible, aunque parte del N en forma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pueda ser reducida a NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, absorbida por microorganismos o incorporada a la MOS (materia orgánica del suelo) (Ye et al. 2013, Vieira 2017).

En condiciones de inundación, la mayor parte de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> desaparece en pocos días dependiendo de la desnitrificación y en algunos casos, la mitad del NO<sub>3</sub><sup>-</sup> puede ser desnitrificado en corto periodo de tiempo, eso se explica por el hecho de que la inundación disloca el aire del suelo y el poco O<sub>2</sub> disuelto en el agua es consumido rápidamente. Así, en la de O<sub>2</sub> y bajo EH, el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> es el compuesto presente en el medio que es reducido fácilmente a N<sub>2</sub>O o a N<sub>2</sub> (Johnson-Beebout et al. 2009, Schmidt et al. 2011, Fageria et al. 2011).

### **3.4 Soluciones planteadas**

Frente al deterioro de los suelos en las zonas productoras de arroz bajo riego, 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 productiva de manera indefinida, para alcanzar la sostenibilidad agrícola (Carneiro et al. 2009).

Las tendencias de las tecnologías para la fertilización se encuentran orientadas al uso eficiente del nutriente y minimizar el impacto ambiental, por tal razón en el mercado existe una gran gama de fertilizantes de liberación controlada, que al momento de realizarse aplicaciones con dosis precisas y tiempo adecuado se obtendrá una mayor asimilación del nutriente por parte de la planta de arroz (Cassman et al. 2002, Ladha et al. 2005, Mcallister et al. 2012).

Por otro lado, la aplicación de N en dosis adecuadas y aplicación temprana obteniendo a si un incremento significativo de rendimiento del cultivo, aumentando el número de macollas, numero de panoja producida y como consecuencia un aumento en el rendimiento por unidad de superficie.

La aplicación de N en momentos oportunos es muy importante para la obtención de un buen manejo del fertilizante al ser aplicado al suelo, la fertilización previa a la inundación es más eficiente si se realiza sobre suelos secos y posteriormente después un tiempo determinado se inunda el terreno y se mantiene en constancia la lámina de agua dentro del cultivo, se obtiene como resultado una menor pérdida del N.

Ante lo expuesto, una de las prácticas de manejo de la fertilización nitrogenada que visan a minimizar las perdidas por volatilización es fertilizar sobre suelo seco, con la dosis completa de N en una sola aplicación temprana, previa saturación del suelo. Se minimiza la pérdida de N debido a que la adsorción del  $NH_4$  a las arcillas es mayor en suelo seco que en suelo húmedo, pues en suelo saturado se reduce la superficie de contacto directo con las arcillas (Hakeem et al. 2011, Fageria 2014). Una vez realizada la fertilización, se sugiere saturar el suelo con la finalidad de inducir a la anaerobiosis e inhibir la nitrificación y consecuentemente disminuir las pérdidas de N por volatilización (Quirós Herrera y Ramírez Martínez 2005). Sin embargo, en nuestro medio es común el



fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en 2 o más aplicaciones de acuerdo al estado fenológico del cultivo.

En suelos dedicados a la producción de arroz irrigado, el N está disponible para las plantas en forma de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4^+$ , sin embargo, la asimilación de  $\text{NH}_4^+$  demanda menor gasto de energía en relación a  $\text{NH}_3$ . De esa manera, la fuente de N en la forma de  $\text{NH}_4^+$  es recomendada cuando las plantas son sometidas a estrés nutricional (Gaur et al. 2012).

#### **IV. CONCLUSIONES**

En base a la información compilada de fuentes bibliográficas confiables, se concluye lo siguiente:

- El nitrógeno es un elemento esencial que cumple funciones estructurales en las plantas, por tal motivo debe ser aplicado al suelo en dosis y en la etapa fenológica correcta (10 y 40 días después del transplante).
- El nitrógeno aplicado bajo condiciones inundadas, presenta condiciones propicias para pérdidas significativas por varios mecanismos, especialmente por desnitrificación y volitización de  $\text{NH}_3$ .
- La fertilización temprana con fertilizantes nitrogenados previa saturación del suelo, reduce significativamente las pérdidas por volatilización, una vez que la absorción del  $\text{NH}_4$  a las arcillas es mayor en relación a los suelos inundados.

## V. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones se recomienda:

- Realizar análisis de suelo y análisis foliar para optimizar la nutrición del cultivo de arroz, mediante la aplicación de la fuente correcta y dosis requerida en la época adecuada para un mejor aprovechamiento durante cada una de las etapas fenológicas del cultivo (etapa vegetativa).
- Realizar la fertilización nitrogenada previa saturación del suelo para disminuir las pérdidas de nitrógeno por volatilización.

## VI. RESUMEN

El cultivo de arroz se ha convertido en uno de los cereales indispensable en la dieta de la población mundial y de mucha importancia económica para sus productores. Actualmente en el Ecuador la producción de arroz está enfocada en solventar las necesidades alimentarias de la población, por lo que la intensiva producción de arroz a con llevado a la degradación de los suelo a causa de la malas prácticas implementadas.

Este cereal enfrenta tres principales problemáticas las que son: pérdida de la calidad de los suelos a causa del monocultivo, cambio climático y escasas de recursos hídricos, pese a que el arroz posee amplia adaptabilidad a una gran gama de suelos en el país se produce bajo dos condiciones las que son: condiciones de secano y condiciones bajo riego. El mayor aprovechamiento del cultivo se obtiene en condiciones bajo riego mientras que en condiciones de secano el cultivo está afectado por los cambios climáticos.

Prácticas como el riego y la fertilización nitrogenada son factores indispensables en la producción del arroz, la liberación y asimilación del N en el suelo depende de la recalcitrancia y resistencia de la materia orgánica (MO), siendo la MO la fuente de N más importante del cultivo de arroz, independiente de la fertilización nitrogenada, la producción de arroz bajo riego presenta varios factores que permiten la pérdida del N y una mala eficiencia de la fertilización nitrogenada.

Cuando se aplica urea en suelos inundados la pérdida de N es de un 80%, por lo que elevar la dosis no garantiza una mayor producción; pero por otro lado una buena dosificación y aplicación adecuada nos garantiza un mayor aprovechamiento del N por la planta. En la actualidad en el mercado existe una gran línea de fertilizantes de liberación controlada que nos permite obtener un mayor aprovechamiento del N, pero prácticas como fertilizar en seco y luego de un lapso de 48 horas realizar la inundación del cultivo nos permite minimizar la pérdida del nutriente a causa de la volatilización y lixiviación.

**Palabras claves:** cultivo de arroz, fertilización nitrogenada, aprovechamiento, pérdida, volatilización, lixiviación.

## VII. SUMMARY

Rice cultivation has become one of the essential cereals in the diet of the world population and of great economic importance for its producers. Currently in Ecuador, rice production is focused on meeting the food needs of the population, which is why intensive rice production has led to soil degradation due to poor practices.

This cereal faces three main problems which are: loss of soil quality due to monoculture, climate change and scarcity of water resources, despite the fact that rice has wide adaptability to a wide range of soils in the country it is produced under two conditions which are: rainfed conditions and conditions under irrigation. The best use of the crop is obtained under irrigated conditions while the rainfed crop is affected by climatic changes.

Practices such as irrigation and nitrogen fertilization are indispensable factors in rice production, the release and assimilation of N in the soil depends on the recalcitrance and resistance of organic matter (OM), with OM being the most important source of N in the rice cultivation, independent of the nitrogen fertilization, the irrigated rice production presents several factors that allow the loss of N and a poor efficiency of the nitrogen fertilization.

When urea is applied in flooded soils, the loss of N is 80%, so raising the dose does not guarantee higher production; but on the other hand, a good dosage and proper application guarantee us a better use of N by the plant. Currently, there is a large line of controlled release fertilizers on the market that allows us to obtain a better use of N, but practices such as dry fertilization and after a period of 48 hours, flooding the crop allows us to minimize the loss of nutrient due to volatilization and leaching.

**Key words:** rice cultivation, nitrogen fertilization, harvesting, loss, volatilization, leaching.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

Achim Doberman y Thomas Fairhurst. 1977. Measurement of flow dynamics in the microcirculation. *Medical Instrumentation* 11(3):149-152.

Asociación Argentina de Microbiología. 2017. Emisión de óxido nítrico, nitrificación, desnitrificación y mineralización de nitrógeno durante el cultivo del arroz en 2 suelos de Uruguay. .

Bento. 2016. ARROZ IRRIGADO: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil XXXI REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. s.l., s.e. 199 p.

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 Ciência do Solo* .

Cassman, KG; Dobermann, A; Walters, DT. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *In Ambio*. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-31.2.132>.

CENTA. 2018. cultivo de arroz. :7.

Correia, S da L; da Silva, PRF; Serpa, M da S; Vieira, VM; Boeni, M; Menezes, GB. 2013. Estratégias de manejo da palha de azevém para cultivo do arroz irrigado em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* . DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000200022>.

Dong, J; Xiao, X. 2016. Evolution of regional to global paddy rice mapping methods: A review. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.05.010>.

Embrapa, EB de PA. 2008. Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins : safra 2008/2009. Embrapa Arroz e Feijão .

Fageria, NK. 2014. Nitrogen Management in Crop Production. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.1201/b17101>.

Fageria, NK; Carvalho, GD; Santos, AB; Ferreira, EPB; Knupp, AM. 2011.

Chemistry of lowland rice soils and nutrient availability. s.l., s.e. DOI:  
<https://doi.org/10.1080/00103624.2011.591467>.

Gaur, VS; Singh, US; Gupta, AK; Kumar, A. 2012. Understanding the differential nitrogen sensing mechanism in rice genotypes through expression analysis of high and low affinity ammonium transporter genes. Molecular Biology Reports . DOI:  
<https://doi.org/10.1007/s11033-011-0972-2>.

Guatavo N. Ferraris, LAC y MT. 2016. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz: Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores (en línea, sitio web). Disponible en  
[http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B5B2034B84BF8FF6852579950075F445/\\$FILE/19.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B5B2034B84BF8FF6852579950075F445/$FILE/19.pdf).

Hakeem, KR; Ahmad, A; Iqbal, M; Gucel, S; Ozturk, M. 2011. Nitrogen-efficient rice cultivars can reduce nitrate pollution. Environmental Science and Pollution Research . DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-010-0434-8>.

Hernandes, A; Irene, M e. 2010. CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS CULTIVADOS DE ARROZ EN LA PALMA, PINAR DEL RÍO. s.l., s.e.:37.

Hou, AX; Chen, GX; Wang, ZP; Van Cleemput, O; Patrick, WH. 2000. Methane and Nitrous Oxide Emissions from a Rice Field in Relation to Soil Redox and Microbiological Processes. Soil Science Society of America Journal . DOI:  
<https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6462180x>.

Huang, JH; Hsu, SH; Wang, SL. 2011. Effects of rice straw ash amendment on Cu solubility and distribution in flooded rice paddy soils. Journal of Hazardous Materials . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.12.066>.

INIAP. 2014. ARROZ. .

Johnson-Beebout, SE; Angeles, OR; Alberto, MCR; Buresh, RJ. 2009. Simultaneous minimization of nitrous oxide and methane emission from rice paddy

soils is improbable due to redox potential changes with depth in a greenhouse experiment without plants. *Geoderma* . DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.11.012>.

Kögel-Knabner, I; Amelung, W; Cao, Z; Fiedler, S; Frenzel, P; Jahn, R; Kalbitz, K; Kölbl, A; Schloter, M. 2010. Biogeochemistry of paddy soils. s.l., s.e. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.03.009>.

Ladha, JK; Pathak, H; Krupnik, TJ; Six, J; van Kessel, C. 2005. Efficiency of Fertilizer Nitrogen in Cereal Production: Retrospects and Prospects. s.l., s.e. DOI:

[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)87003-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)87003-8).

Mantilla-Paredes, AJ; Cardona, GI; Peña-Venegas, CP; Murcia, U; Rodríguez, M; Zambrano, MM. 2009. Distribución de bacterias potencialmente fijadoras de nitrógeno y su relación con parámetros fisicoquímicos en suelos con tres coberturas vegetales en el sur de la Amazonia colombiana. *Revista de Biología Tropical* .

Mariasg. 2013. El arroz. Características y Preparacon de suelos (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.agroterra.com/blog/descubrir/el-arroz-caracteristicas-y-preparacion-del-suelo/77166/>.

Mariot, CHP; Vieira, VM; da Silva, PRF; Menezes, VG; de Oliveira, CF; de Freitas, TFS. 2009. Práticas de manejo integradas para produção de arroz irrigado.

*Pesquisa Agropecuaria Brasileira* . DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300004>.

Mazzoncini, M; Antichi, D; Di Bene, C; Risaliti, R; Petri, M; Bonari, E. 2016. Soil carbon and nitrogen changes after 28 years of no-tillage management under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy* . DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.02.011>.

Mcallister, CH; Beatty, PH; Good, AG. 2012. Engineering nitrogen use efficient crop plants: The current status. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2012.00700.x>.



- Nascimento, CAC do; Vitti, GC; Faria, L de A; Luz, PHC; Mendes, FL. 2013. Ammonia volatilization from coated urea forms. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* . DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832013000400022>.
- 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>.
- Okumura, RS; Mariano, D de C; Zaccheo, PVC. 2012. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias* . DOI: <https://doi.org/10.5777/paet.v4.n2.13>.
- Pozo, MF del. 2013. LA UREA FERTILIZANTE NITROGENADO. .
- Quirós Herrera, R; Ramírez Martínez, C. 2005. Evaluación de la fertilización nitrogenada en arroz inundado. *Agronomía Mesoamericana* . DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v17i2.5158>.
- Reisdorfer LANG, C; PELISSARI, A; MORAES, A de; Mark SULC, R; Faccio CARVALHO, PC de; Pereira LOPES, ÉC. 2011. INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA: EFICIÊNCIA DE USO DO NITROGENIO NA CULTURA DO MILHO. *Scientia Agraria* 12(1). DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v12i1.33701>.
- Sadras, VO; Cassman, KGG; Grassini, P; Hall, AJ; Bastiaanssen, WGM; Laborte, AG; Milne, AE; Sileshi, G; Steduto, P. (2015). Yield gap analysis of field crops, *Methods and case studies*. s.l., s.e.
- Sanchez, L; Melo, V; Nunes, T; Portalanza, D; Durigon, A; Farah, S. 2019. *African Journal of Agricultural Research* Soil chemical indicators and nutrient cycling variations across sequential years of rice cultivation: A case study of floodplain conditions of the Amazon, Brazil. 14(32):1499-1508. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2019.14215>.
- Schmidt, H; Eickhorst, T; Tippkötter, R. 2011. Monitoring of root growth and redox

conditions in paddy soil rhizotrons by redox electrodes and image analysis. *Plant and Soil* . DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0637-2>.

Da Silva, LS; Pcojeski, E; Rhoden, AC. 2011. Dinâmica de nitrogênio mineral após alagamento em solos de várzea do Rio Grande do Sul. *Semina:Ciencias Agrarias* . DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p583>.

THEFREELIBRARY. 2012. Dinamica del ciclo nitrogeno y fosforo en el suelo. 2 .

Todeschini, MH; Milioli, AS; Trevizan, DM; Bornhofen, E; Finatto, T; Storck, L; Benin, G. 2016. Nitrogen use efficiency in modern wheat cultivars. *Bragantia* . DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.385>.

Vieira, RF. 2017. Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas. s.l., s.e.

Ye, Y; Liang, X; Chen, Y; Liu, J; Gu, J; Guo, R; Li, L. 2013. Alternate wetting and drying irrigation and controlled-release nitrogen fertilizer in late-season rice. Effects on dry matter accumulation, yield, water and nitrogen use. *Field Crops Research* . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.12.003>.

Yu, K; Patrick, WH. 2004. Redox Window with Minimum Global Warming Potential Contribution from Rice Soils. *Soil Science Society of America Journal* . DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.2086>.