



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Manejo del nitrógeno en el cultivo de arroz, basado en la
sostenibilidad”.

AUTOR:

Héctor Julio Soto Moncada

TUTOR:

Ing. Agr. Miguel Goyes Cabezas, MAE.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Manejo del nitrógeno en el cultivo de arroz, basado en la
sostenibilidad”.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Carlos Barros Veas, MSC.

PRESIDENTE

Ing. Agr. David Mayorga Arias, MBA.

VOCAL

Ing. Agr. Eduardo Colina Navattere, MSc.

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi abuela por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi esposa y mis hijos por ser una ayuda en momentos difíciles dándome inspiración y fuerza en todo tiempo para poder culminar con esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, y mis padres que han dado todo el esfuerzo para que yo ahora este culminando esta etapa de mi vida y darles las gracias por apoyarme en todos los momentos difíciles de mi vida tales como la felicidad la tristeza, pero ellos siempre han estado junto a mí y gracias a ellos soy lo que ahora soy y con el esfuerzo de ellos y mi esfuerzo ahora puedo ser un gran profesional y seré un orgullo para ellos para todos los que confiaron en mí.

La responsabilidad por la investigación, marco metodológico y resultados presentadas y sustentadas en este componente práctico son de exclusividad del autor.

Héctor Julio Soto Moncada

RESUMEN

El presente documento se realizó en la granja experimental “San pablo”, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km. 7,5 de la vía Babahoyo – Montalvo. El sitio se encuentra entre las coordenadas geográficas de 01° 47' 49" de Latitud Sur y 79° 32' 49" de Longitud Oeste y 8 msnm. La zona presenta un clima tropical, según la clasificación de Holdribge es bosque húmedo tropical, con temperatura anual de 25,7 °C, una precipitación de 1845 mm/año, humedad relativa de 76 % y 804,7 horas de heliofanía de promedio anual. El suelo es de topografía plana, textura franco arcillosa y drenaje regular.

Para el desarrollo del presente componente práctico se recopiló revisión bibliográfica de distintos libros, revistas, artículos científicos y páginas web que fueron sometidas a técnicas de síntesis y resumen sobre la sostenibilidad del cultivo de arroz mediante la utilización de nitrógeno.

Por información obtenida se determinó que existen productores empíricos que aplican sin control la dosificación de nutrientes que requieren los cultivos, siendo el nitrógeno constituyente fundamental de la clorofila, aminoácidos, indispensables para el crecimiento rápido de las plantas y hojas e incrementar el número de macollos, espigas por panojas y contenido de proteínas en el grano; cabe destacar que a nivel mundial se está exigiendo la producción de alimentos que no causen daño, asegurando la calidad ambiental y salud para asegurar una sustentabilidad ambiental y seguridad alimentaria adecuada en las personas que lo consumen, parte de los que se denomina “revolución verde”.

Palabras claves: nitrógeno, arroz, sustentabilidad

SUMMARY

This document was carried out in the experimental farm "San Pablo", of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo, located at Km. 7.5 of the Babahoyo - Montalvo highway. The site is located between the geographic coordinates of 010 47`49 "of South Latitude and 790 32`49" of West Longitude and 8 masl. The zone presents a tropical climate, according to the classification of Holdribge is tropical humid forest, with annual temperature of 25.7 0C, a precipitation of 1845 mm / year, relative humidity of 76% and 804.7 hours of annual average heliophany . The soil is flat topography, clay loam texture and regular drainage.

For the development of this practical component, a bibliographic review of different books, journals, scientific articles and web pages was compiled, which were subjected to synthesis techniques and summary on the sustainability of rice cultivation through the use of nitrogen.

For information obtained, it was determined that there are empirical producers that apply without control the dosage of nutrients required by the crops, being nitrogen the fundamental constituent of chlorophyll, amino acids, essential for the rapid growth of plants and leaves and increase the number of tillers, ears for panicles and protein content in the grain; It is worth noting that worldwide, the production of food that does not cause harm is being demanded, ensuring environmental quality and health to ensure environmental sustainability and adequate food security in the people who consume it, part of what is called "green revolution" .

Keywords: nitrogen, rice, sustainability

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETIVOS	2
1.1.1.	General	2
1.1.2.	Específicos	2
II.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
III.	PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANALISIS DEL PROBLEMA	4
IV.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
4.1.	Características generales del cultivo de arroz	5
4.2.	Importancia económica	8
4.3.	Nutrición del cultivo	9
4.4.	Importancia del nitrógeno	10
4.5.	Sostenibilidad del cultivo de arroz	12
V.	METODOLOGÍA	15
5.1.	Ubicación y descripción del sitio experimental	15
5.2.	Instrumentos	15
VI.	SITUACIONES DETECTADAS	16
VII.	SOLUCIONES PLANTEADAS	17
VIII.	CONCLUSIONES	18
IX.	RECOMENDACIONES	19
X.	BIBLIOGRAFÍA	20
XI.	ANEXO	24

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz es uno de los principales alimentos consumidos por la población a nivel mundial, generando ingresos económicos para los productores y fuentes de empleos para las personas que viven en las áreas rurales.

En Ecuador, el arroz está considerado como uno de los cultivos de mayor importancia y el principal producto de la canasta básica de los hogares, sin embargo su productividad se encuentra decreciendo en los últimos años ocasionando pérdidas económicas a los productores debido a la falta de manejo tecnológico del cultivo por el aumento uso de fertilizantes, agua, pesticidas, variedades, lo que repercute en elevados costos de producción y bajo precio al momento de vender el producto.

En su estructura productiva, la mayor parte de las UPAs les pertenecen a los pequeños productores, además casi el 87 % de la producción de arroz es generada por las Provincias de Guayas y Los Ríos. Su participación en el PIB representa apenas el 1,55 % (promedio 2014 – 2017). La mayor parte de la producción arroceras se destina al consumo interno (96 %), dejando muy poco producto para la exportación (4 %)¹.

La producción de arroz en la zona de Babahoyo, la bondad de su tierra y la mano de obra es bien recocida en esta zona por la producción de esta gramínea.

Para que el cultivo de arroz sea “sostenible” las prácticas de campo deben ser respetuosas y amigables con el medio ambiente, explotando los recursos por debajo de su tasa de innovación; para aquello se debe conocer lo que va a influenciar el desarrollo de la plantación, donde la mayor importancia radica en la nutrición del suelo, siendo necesario determinar que nutrientes posee la tierra.

¹ Poveda, G. y Andrade, C. (2018): “Producción sostenible de arroz en la provincia del Guayas”, Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales, (marzo 2018). En línea: <https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html>
[//hdl.handle.net/20.500.11763/cccss1803produccion-arroz-ecuador](https://hdl.handle.net/20.500.11763/cccss1803produccion-arroz-ecuador)

El suelo casi nunca contiene la cantidad óptima, en el equilibrio adecuado de los nutrientes requeridos por el arroz, por lo tanto es necesario realizar enmiendas apropiadas para que las plantas compensen con ello el crecimiento, desarrollo y productividad, especialmente con nitrógeno, que es considerado uno de los elementos primarios de mayor requerimiento en el cultivo.

Por lo antes expuesto fue necesario recabar información del nitrógeno en el cultivo de arroz, basado en la sostenibilidad.

1.1 . OBJETIVOS

1.1.1. General

Compilar investigaciones sobre el manejo del nitrógeno del arroz, basado en la sostenibilidad.

1.1.2. Específicos

- Recopilar información que validen el manejo del nitrógeno en arroz.
- Establecer parámetros de sostenibilidad referente a la nutrición del cultivo.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La baja productividad por unidad de superficie del cultivo de arroz se debe a la escasa fertilización o aplicación de nutrientes, en épocas y dosis adecuadas, lo que repercute en el óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas. Entre el macroelemento más importante se encuentra el Nitrógeno, siendo uno de los elementos más deficientes en los suelos del Ecuador, especialmente en suelos tecnificados donde la siembra es intensiva.

La falta de nitrógeno provoca plantas amarillentas, hojas pequeñas y de forma erecta, disminución del macollamiento lo que conlleva a espigas pequeñas y con poco llenado de grano; por lo tanto se produce una cosecha deficiente que inhibe la sostenibilidad del cultivo.

III. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANALISIS DEL PROBLEMA

¿Es sostenible el cultivo de arroz en el Ecuador?

¿Qué beneficios se obtienen aplicando nitrógeno en el cultivo de arroz?

IV. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4.1. Características generales del cultivo de arroz

Infoagro (2018) difunde que el cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo.

Camargo *et al.* (2014) informa que hablar de arroz en el país es hablar de seguridad alimentaria, por esta razón varias investigaciones invierten significativos recursos financieros y talentos humanos en el desarrollo de nuevas tecnologías de producción, incluyendo la generación de nuevos genotipos.

SAG (2010) indica que el arroz es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las Gramíneas, a la sub-familia de las *Panicoideas* y a la tribu *Oryzae*. El nombre científico es *Oryza sativa*. El número de cromosomas de la especie *O. sativa*, es $2n=24$ y $n=12$. Recientemente se ha informado que se ha descifrado el genoma del arroz, que dentro de las gramíneas cultivadas es uno de los menos complicados. Un estudio publicado indica que el genoma del arroz está constituido por unos 50 mil de genes y que las bases de estos genes suman unos 430 millones de pares de bases de ADN.

DANE (2017) señala que el cultivo de arroz es uno de los más antiguos en la actividad agrícola, por lo que se desconoce su sitio de origen; se sostienen que puede ser del sur de la India, de China o del Sudeste Asiático. Cuando a este cereal se le quita la cascarilla y se pule, se obtiene el arroz blanco, proceso en el que pierde parte de la fibra y algunos elementos nutritivos; sin embargo, contiene en su mayoría almidón que convierte a este alimento en una buena fuente de energía, además es bajo en grasa, no contiene colesterol y presenta baja proporción de vitaminas del grupo B y minerales como fósforo, hierro, potasio, calcio, magnesio y sodio.

EcuRed (2018) manifiesta que el arroz es una gramínea que presenta tallos redondos huecos y compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana que se unen al tallo por medio de una vaina y su macollamiento es en forma de candelabro. En el punto de unión entre la vaina y la hoja del arroz está el cuello y en él aparecen dos estructuras muy diferenciadas: Una lígula o prolongación de forma alargada y de color blanquecino y dos aurículas una en cada extremo en forma de hoz velludas que abrazan al tallo. La presencia de lígulas y aurículas es una forma de diferenciar las plantas de arroz de las malezas en estados muy tempranos como de plántula.

Ecuquímica (2013) divulga que el arroz es el cultivo más extenso del Ecuador, ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país. El arroz se sembró anualmente en alrededor de 340 mil hectáreas cultivadas por 75 mil unidades de producción agropecuarias, las cuales el 80 % son productores de hasta 20 hectáreas. En términos sociales y productivos el cultivo del arroz es la producción más importante del país, pero el cultivo de arroz también es importante en el tema nutricional ya que esta gramínea es la que mayor aporte de calorías brinda de todos los cereales.

Diario La Hora (2016) publica que en términos sociales y productivos, el cultivo del arroz es la producción más importante del país. También es importante en el tema nutricional, ya que esta gramínea es la que mayor aporte de calorías brinda de todos los cereales y está presente en la mesa de la mayor parte de las familias a nivel mundial.

Ecuquímica (2013) explica que la mayor área sembrada de arroz en el país está en la Costa, pero también se siembra en las estribaciones andinas y en la Amazonía pero en cantidades poco significantes. Apenas dos provincias, Guayas y Los Ríos, representan el 83 % de la superficie sembrada de la gramínea en el Ecuador. Otras provincias importantes en el cultivo son Manabí con 11 %, Esmeraldas, Loja y Bolívar con 1 % cada una; mientras que el restante 3 % se distribuye en otras provincias. En cuanto a la producción, de forma correspondiente, Guayas y Los Ríos tienen el 47 % y 40 % respectivamente.

Manabí el 8 % y las restantes provincias productoras representan producciones menores y por tanto, su rendimiento también es más bajo que las principales zonas productoras.

Diario La Hora (2016) difunde que en Ecuador y Los Ríos no es la excepción, ya que se considera al arroz como un producto de primera necesidad. Los sistemas de manejo de la producción arroceras dependen de la estación climática, zona de cultivo, disponibilidad de infraestructura de riego, ciclo vegetativo, tipo y clase de suelo niveles de explotación y tecnificación.

Franquet y Borràs (2013) expresan que el arroz (*Oryza sativa* L.) es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia *Poaceae* de las gramíneas. Posee las siguientes características:

- Raíces: las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Tiene dos tipos de raíces: las seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas substituyen a las raíces seminales.
- Tallo: el tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, erguido, nudoso, glabro y de 60-120 cm de longitud.
- Hojas: las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida que presenta, en el borde inferior, una serie de cirros largos y sedosos.
- Flores: son de color verde blanquecino, dispuestas en espiguillas, cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. Cada espiguilla es uniflora y está provista de una gluma con dos valvas pequeñas, algo cóncavas, aquilladas y lisas; la glumilla tiene igualmente dos valvas aquilladas.
- Inflorescencia: es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y consiste en dos lemmas estériles: la raquilla y el flósculo.
- Grano: el grano de arroz es el ovario maduro. El grano con cáscara se conoce

como arroz “paddy”; el grano descascarado de arroz (cariópside), con el pericarpio pardusco.

4.2. Importancia económica

De acuerdo a DANE (2017), el arroz blanco entero se destina principalmente al consumo humano y cuando tiene un contenido mayor al 10 % de arroz partido se emplea en la fabricación de pastas alimenticias, sopas, cervezas y concentrado para animales.

Franquet y Borràs (2013) mencionan que el arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se considera la superficie cosechada, pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales.

Además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo al mayor sector de la población rural de la mayor parte de Asia, pues es el cereal típico del Asia meridional y oriental, aunque también es ampliamente cultivado en África y en América, y no sólo ampliamente sino intensivamente en algunos puntos de Europa meridional, sobre todo en las regiones mediterráneas, como España, Italia, Portugal, Francia y Grecia (Franquet y Borràs, 2013).

Ecuaquímica (2013) sostiene que Ecuador ha sido tradicionalmente un exportador de arroz a países andinos, especialmente a Colombia, Perú y ocasionalmente a Venezuela. El comercio externo de arroz no tiene una tendencia sostenida en el tiempo, ya que depende del abastecimiento interno, del precio al productor doméstico frente al pagado por las exportaciones, la situación de oferta en los países vecinos, y las regulaciones formales o informales vigentes en las fronteras norte y sur frente al comercio de la gramínea. En cuanto a exportaciones, Ecuador normalmente exporta arroz pilado, con

picos de 156 y 93 mil t, en el 2008 no se registran oficialmente exportaciones de arroz pilado, y en lo que va del año apenas 5 mil t.

4.3. Nutrición del cultivo

SAG (2010) acota que el efecto de una nutrición adecuada en el cultivo de arroz, es muy conveniente, pues además de asegurar una buena productividad del cultivo, también favorece otros aspectos, por ejemplo: las plantas resisten mejor el ataque de plagas y enfermedades, debido a que las plantas crecen vigorosas. Una fertilización apropiada promueve el crecimiento de las raíces y las plantas pueden soportar mejor los efectos adversos de la sequía. Y a la vez la absorción de nutrientes es mayor, cuanto mayor sea el desarrollo del sistema radicular de la planta, aspecto que a la vez favorece la oxigenación del terreno y la circulación de agua en el suelo.

Franquet y Borrás (2013) aclaran que 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 los deltas de los ríos. Los suelos de textura fina (“pesados” o “fuertes”) dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes químicos y orgánicos.

Para Dothée y Ortiz (2014), una de las mayores limitantes en los rendimientos y la calidad del arroz (*Oryza sativa* L.) se debe a la deficiente nutrición del cultivo. La respuesta de la planta a la suficiencia de todos los nutrimentos se traduce en una optimización de la calidad del grano y aumento de los rendimientos.

Rodríguez (2013) comenta que la cantidad de nutrimentos removidos del suelo por una cosecha de arroz varía con el cultivar, la producción de biomasa, el suelo, el clima y el manejo. De esta forma se pueden encontrar diferencias muy grandes de extracción de nutrimentos por el arroz en diferentes condiciones y latitudes.

FAO (2016) afirma que la planta de arroz requiere varios nutrientes esenciales para llegar a un óptimo rendimiento. Estos son los elementos mayores e incluyen nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre, carbono, hidrógeno y oxígeno. Aquellos elementos que son requeridos en menores cantidades pero que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas son conocidos como elementos menores o traza e incluyen hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cloro y silicio.

EcuRed (2018) define que la planta de arroz requiere varios nutrientes esenciales para llegar a un óptimo rendimiento. Estos son los elementos mayores e incluyen nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre, carbono, hidrógeno y oxígeno. Aquellos elementos que son requeridos en menores cantidades pero que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas son conocidos como elementos menores o traza e incluyen hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cloro y silicio.

Según Peña *et al.* (2013) indican que el uso de fertilizantes químicos se inició a principios del siglo pasado y la producción de los mismos en 1915. La utilización de fertilizantes sólidos es mayor que el uso de líquidos y gases; estas últimas fuentes se utilizan en zonas más tecnificadas dependiendo de otras zonas agrícolas de gran importancia por el tipo de cultivo que se produce en el trópico húmedo, donde el uso de fertilizantes es parte esencial en los sistemas de producción.

4.4. Importancia del nitrógeno

SAG (2010) reporta que se requieren de 3 a 3,5 quintales de urea para satisfacer las necesidades del cultivo, pero el productor tiene que tomar en cuenta las pérdidas por lixiviación, por desnitrificación, por filtración, etc. y en esa consideración se tiene que compensar estas pérdidas de tal modo, que la aplicación de urea se puede tornar en una dosis mayor para satisfacer las necesidades de Nitrógeno considerando una producción estimada de por lo menos 90 quintales por cuadra.

Muraoka *et al.* (2013) consideran que la dinámica de nitrógeno en el sistema suelo-planta, muchas veces es difícil distinguir el origen de este elemento en la planta, que puede ser de la atmósfera o del suelo, el cual se encuentra en distintas formas orgánicas o inorgánicas. Con el uso de ^{15}N puede determinarse con precisión las rutas que el N sigue en el sistema.

FAO (2016) determina que el nitrógeno es un constituyente de las proteínas las cuales a su vez forman parte del protoplasma, de los cloroplastos y de las enzimas. El fósforo como fosfato inorgánico es un componente del trifosfato de adenosina (ATP) y del difosfato de adenosina (ADT), compuestos ricos de energía, y de una coenzima involucrada directamente en la fotosíntesis. El potasio participa en la abertura y el cierre de los estomas controlando la difusión del bióxido de carbono en los tejidos verdes. El potasio también es esencial para activar enzimas tales como la enzima que sintetiza el almidón. El contenido crítico de nutrientes para una alta tasa de fotosíntesis foliar se considera de 2 por ciento de N; 0,4 por ciento de P_2O_5 ; 1 por ciento de K_2O ; 0,4 por ciento de MgO y 0,5 por ciento de SO_3 .

Villarreal *et al.* (2015) relatan que el uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos en la agricultura, sobre todo de la urea, ha tenido efectos perjudiciales en las propiedades del suelo y su conservación; se ha causado en muchos casos la acidificación de los suelos cultivables y la disminución de la materia orgánica hasta llegar a la pérdida de la capa arable, lo que ha provocado que cientos de áreas antes cultivadas quedaran en total desertificación. Actualmente, son escasos los estudios que existen sobre la utilización de fuentes naturales que ayuden al mejor aprovechamiento y conservación de los nutrientes en el suelo, para un mayor desarrollo de los cultivos agrícolas.

FAO (2016) expone que la absorción de nutrientes por la planta del arroz es afectada por varios factores que incluyen el suelo y sus propiedades, la cantidad y el tipo de fertilizantes aplicados, el cultivar y el método de cultivo. El contenido de nitrógeno, fósforo y azufre en las partes vegetativas es generalmente alto en las primeras etapas del crecimiento vegetativo y declina a

medida que se llega a la madurez. En cambio, el contenido de silicio es bajo en las primeras etapas y aumenta consistentemente a medida que se acerca la madurez. El contenido de nitrógeno y fósforo es por lo general mayor en las panojas que en la paja, mientras que el contenido de potasio, calcio, magnesio, silicio, manganeso, hierro y boro es mayor en la paja. El contenido de azufre, zinc y cobre es prácticamente el mismo en la paja y en la panoja.

Villarreal *et al.* (2015) aseguran que la eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz, fluctúa entre 20 y 35 %. Gran parte de este se pierde por volatilización del amonio, desnitrificación o lixiviación de nitratos; contaminando aguas subterráneas, aguas superficiales y el ambiente.

Quirós y Ramírez (2013) estiman que la eficiencia de la fertilización nitrogenada puede reducirse significativamente en terrenos con bajo contenido de materia orgánica en el perfil, porque esta regula el almacenamiento y liberación del nitrógeno (N) en el suelo.

FAO (2016) argumenta que los nutrientes necesarios para producir una tonelada de arroz con cáscara en los trópicos son de cerca 20,5 kg de nitrógeno, 5,1 kg de fósforo y 44,4 kg de potasio por hectárea. A pesar de la gran diferencia en los rendimientos, la remoción de estos tres elementos es similar entre cultivos de rendimientos medios o altos.

4.5. Sostenibilidad del cultivo de arroz

Merma y Julca (2012) expresan que la sostenibilidad se define como la habilidad de un sistema de mantener la productividad aun cuando sea sometido a “stresess o perturbaciones”. Sustentabilidad (o más correctamente, cosecha sostenida) significa utilizar el recurso sin reducir su stock físico. La sustentabilidad puede definirse como el mantenimiento de una serie de objetivos (o propiedades) deseados a lo largo del tiempo. Cuando la evaluación de sostenibilidad se aplica en varios cultivos resulta muy útil para los agricultores porque les permite comprender las razones por las cuales algunos cultivos tienen

una respuesta superior a otros y que medidas implementar para mejorar aquellos aspectos en que los indicadores mostraron valores bajos.

SAG (2010) acota que el productor de arroz, como cualquier otro productor de granos básicos u otros cultivos, tiene que considerar la producción agrícola, como una actividad empresarial, es decir efectuar una inversión, recuperar esa inversión, deducir los otros gastos incurridos y además obtener una utilidad, que le permita que la actividad le sea rentable y ser exitoso, productivo, competitivo y sostenible en la actividad.

ACA (2013) corroboran que en el mundo se está exigiendo cada vez más la producción de alimentos inocuos, asegurando la calidad del ambiente y la salud de los trabajadores. Se torna imprescindible desarrollar procedimientos locales que permitan conocer los efectos del manejo realizado al cultivo en el ambiente, su incidencia directa en el grano de arroz y garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores. El objetivo es profundizar en el estudio del impacto del cultivo, incorporando al arroz un nuevo atributo que, además de su reconocida calidad y homogeneidad, le agregue valor al asegurar la sustentabilidad ambiental y seguridad de los trabajadores en su producción, lo cual potencia el mantenimiento de los actuales mercados, así como la apertura de nichos y/o nuevos mercados mundiales.

Quintero (2017) difunde que en la actualidad la productividad media nacional de arroz está estancada en menos de 50 % de su potencial productivo. No hay un factor limitante, sino un conjunto de factores acumulados que reducen el rendimiento. Todos los factores de la producción deben ser considerados para aspirar a altos rendimientos y dentro de ellos la fertilización es un factor clave para incrementar los rendimientos. Con un ajuste minucioso de las prácticas de manejo es posible llegar a producciones del 80 % del potencial (11 000 kg/ha).

Díaz *et al.* (2014) informa que la agricultura no es sostenible si no se practica de forma consecuente, oportuna y científicamente argumentada la rotación de cultivos. No es un capricho de la ciencia, es una necesidad que desde

los antiguos romanos se conocía y aplicaba, pero presionados por las necesidades, deslumbrados por las bondades de los fertilizantes químicos y presionados por los avances de la agricultura industrial, se olvida y no se tiene presente en cada acción la estabilidad del medio. Si la agricultura arroceras no toma el sendero de la sostenibilidad será una calamidad a no muy largo plazo.

Díaz *et al.* (2017) señalan que la producción del arroz conlleva a prácticas agrícolas que inducen al cambio dentro de los agroecosistemas, motivado porque durante la mayor parte del ciclo de la planta, el suelo permanece inundado por una lámina de agua que modifica las condiciones de oxidación a reducción, con alteraciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas, las que se agravan al instaurarse tecnologías como las del monocultivo, que multiplican los efectos adversos, por el tiempo de inundación, la intensidad y los tipos de labores que se practican.

Revista Eureka (2006) publica que cuando se plantea la cuestión de la contribución de la tecnociencia a la sostenibilidad, la primera consideración que es preciso hacer es cuestionar cualquier expectativa de encontrar soluciones puramente tecnológicas a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad.

Díaz *et al.* (2017) manifiestan que los suelos y factores del clima son adecuados para el cultivo del arroz; la ciencia agrícola dispone de variedades y otros logros científicos que, integrados en tecnologías acordes a cada escenario, posibilitan alcanzar más de 6 t/ha^{-1} de forma sostenida. Para lograr sostenibilidad en las arroceras, hay que ir más allá de la noción de que el suelo es una mera facilidad y que es uno de los principales componentes para lograr producciones eficientes; de ello se deriva la necesidad de adoptar prácticas agrícolas, que tiendan a la conservación de sus propiedades físicas y químicas para lograr rendimientos adecuados.

V. METODOLOGÍA

5.1. Ubicación y descripción del sitio experimental

El presente documento se realizó en la granja experimental “San Pablo”, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km. 7,5 de la vía Babahoyo – Montalvo.

El sitio se encuentra entre las coordenadas geográficas de 01° 47' 49" de Latitud Sur y 79° 32' 49" de Longitud Oeste y 8 msnm².

La zona presenta un clima tropical, según la clasificación de Holdribge es bosque húmedo tropical, con temperatura anual de 25,7 °C, una precipitación de 1845 mm/año, humedad relativa de 76 % y 804,7 horas de heliofanía de promedio anual. El suelo es de topografía plana, textura franco arcillosa y drenaje regular³.

5.2. Instrumentos

Para el desarrollo del presente componente práctico se recopiló revisión bibliográfica de distintos libros, revistas, artículos científicos y páginas web que fueron sometidas a técnicas de síntesis y resumen sobre la sostenibilidad del cultivo de arroz mediante la utilización de nitrógeno.

² Fuente: Departamento de topografía FACIAG, 2017.

³ Datos obtenidos de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo. 2017

VI. SITUACIONES DETECTADAS

El Nitrógeno es la variable ambiental más relevante en la fijación del rendimiento en arroz. Este elemento es responsable de procesos fisiológicos como morfogénesis, crecimiento foliar, fotosíntesis y senescencia. El conocimiento de la dinámica del nitrógeno a través de las diferentes etapas de desarrollo de la planta de arroz, así como de los factores ambientales y edafológicos que intervienen en la disponibilidad y pérdidas de este elemento deben convertirse en la herramienta principal de toma de decisiones de campo, que permitan al agricultor hacer uso eficiente del mismo para obtener altos rendimientos con prácticas de bajo impacto ambiental (Jaramillo *et al.*, 2014).

La deficiencia de nitrógeno es muy común en la naturaleza. Las plantas han desarrollado distintos mecanismos de respuestas, los que incluyen regulaciones hormonales para incrementar el crecimiento de la raíz, y cerrar los poros de movimiento de agua lo que resulta en un estrés hídrico y en un crecimiento atrofiado (Carminiaggi, s.f.)

La deficiencia de nitrógeno retrasa la síntesis de la proteína, impidiendo a la planta su realización óptima. Con el fin de seguir satisfaciendo sus necesidades de nitrógeno, la planta rompe sus propias proteínas. Este desglose de las proteínas produce un excedente de hidratos de carbono que hace que los tallos de las hojas y el tallo de la planta se vuelvan morados. La clorofila también es desglosada con el tiempo, lo que conduce a la típica hoja de color verde blanqueado o blanca amarillenta, y por último, las hojas se marchitan y se caen. Las raíces de las plantas que sufren de deficiencia de nitrógeno son en general largas y con pocas ramas. Cuando la deficiencia de nitrógeno se produce en una etapa temprana, la planta entera se ve afectada. Los órganos o bien dejan de formarse, o se forman de manera insuficiente, causando un crecimiento incompleto de la planta. La planta se queda pequeña debido a esto. Cuando la deficiencia de nitrógeno se produce en una etapa posterior, la planta es capaz de desarrollarse plenamente y provocar una reducción sustancial en el rendimiento (CANNA, 2014).

VII. SOLUCIONES PLANTEADAS

Conocida la necesidad de fertilizantes y de las técnicas para fabricarlos, la agricultura se sitúa hoy en la necesidad de ajustar las dosis y formas de aplicación de nutrientes a los cultivos, de forma que sean aprovechados y generen la menor cantidad de efectos indeseables que sea posible. Esta tarea puede ser incluso más costosa que los logros anteriores de la agricultura moderna, pero es igualmente imprescindible. Conseguirla, reportará beneficios económicos y ambientales, manteniendo o incrementando la producción de alimentos.

Es necesario suministrar nitrógeno, dependiendo de la densidad del cultivo y el contenido de este elemento en el suelo. Siendo esta una práctica realizada desde hace años, ha ido cambiando drásticamente su forma y capacidad de realizar este aporte, lo cual ha permitido alimentar la población que se encuentra en rápido crecimiento, lo cual causó riesgos ambientales que han sido corregidos y prevenidos para mantener los recursos naturales, especialmente agua y suelo. Por tanto el nitrógeno debe suministrarse adecuadamente para no causar problemas ambientales y pérdidas económicas relevantes para los agricultores (Andreu *et al.*, 2016)

VIII. CONCLUSIONES

Por información obtenida de diferentes investigaciones se concluye lo siguiente:

Existen productores empíricos que aplican sin control la dosificación de nutrientes que requieren los cultivos, aumentando la contaminación ambiental por lixiviación de los mismos, siendo en la actualidad necesario concientizar a los agricultores a realizar análisis de suelos para aplicar la cantidad necesaria de nutrientes y evitar los daños a la semilla o a la germinación debido a la acción fitotóxica del amoníaco. La ausencia del nitrógeno en suelos arroceros es frecuente en la costa ecuatoriana, especialmente donde la siembra es intensiva en suelos tecnificados lo que conlleva al desgaste del mismo, lo que hace necesario efectuar compensación del mismo con el elemento faltante, con la finalidad de mejorar y/o incrementar los rendimientos por unidad de superficie.

El nitrógeno constituye fundamentalmente la clorofila, aminoácidos, indispensables para el crecimiento rápido de las plantas y hojas e incrementar el número de macollos, espigas por panojas y contenido de proteínas en el grano.

A nivel mundial se está exigiendo la producción de alimentos que no causen daño, asegurando la calidad ambiental y salud de los individuos que se encargan de cultivarlo, por tanto es necesario el buen manejo del nitrógeno, en cuanto a su dosis y época de aplicación para asegurar la sustentabilidad ambiental y seguridad alimentaria en las personas que lo consumen, lo cual sin duda abrirá nicho en los mercados locales y nacionales.

IX. RECOMENDACIONES

- Aplicar dosis de nitrógeno en época y dosis adecuadas en el cultivo de arroz.
- Concientizar a los agricultores sobre los beneficios del nitrógeno en el arroz.
- Promover el incremento de los rendimientos para que el cultivo de arroz sea sostenible en el tiempo.
- Generar políticas para la buena comercialización del cultivo.

X. BIBLIOGRAFÍA

ACA (2013). Sustentabilidad ambiental del arroz determinada por el monitoreo de residuos de agroquímicos en suelo, agua y grano y por la aplicación de la Guía de Buenas Prácticas Agrícolas. Disponible en <http://www.aca.com.uy/wp-content/uploads/2014/10/Proyecto-ANII-resumen-Web.pdf>

Andreu, J., Betrán, J., Delgado, I., Espada, J., Gil, M., Gutiérrez, M., Iguácel, F., Isla, R., Muñoz, F., Orús, F., Pérez, M., Quílez, D., Yagüe, M. (2016). Fertilización Nitrogenada Guía de actualización. Informaciones Técnicas. ISSN: 1137/1730. p. 24.

Camargo, I., Quirós, E., Camargo, V. (2014) Selección de nuevos genotipos de arroz basados en la probabilidad de superar al testigo. Agronomía Mesoamericana, vol. 25, núm. 1, enero-junio, 2014, pp. 63-71 Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica

CANNA. (2014). Nitrógeno guía deficiencia. Disponible en http://www.canna.es/info-courier_nitrogen

Carminiaggi, J. (s.f.) Deficiencia del Nitrógeno. Disponible en <https://plantscience.psu.edu/research/labs/roots/methods/metodologia-de-investigacion/observando-los-desordenes-nutricionales-de-las-plantas/deficiencia-de-nitrogeno>

DANE (2017). Características que se destacan en el cultivo de arroz seco (*Oryza sativa* L.) en Colombia. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_abr_2017.pdf

Diario La Hora (2016). El cultivo de arroz en el invierno. Disponible en <https://lahora.com.ec/noticia/1101910467/el-cultivo-del-arroz-en-el-invierno>

Díaz, G., Hernández, T., Cabello, R. (2014). Reseña bibliográfica de "la rotación de cultivos, un camino a la sostenibilidad de la producción arrocerá" Cultivos Tropicales, vol. 25, núm. 3, 2004, pp. 19-44 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba

Díaz, G., Ruiz, M., Álvarez, G.; Castillo, A. (2017). Estudio de diferentes prácticas agrícolas para buscar sostenibilidad en la producción arrocerá. Cultivos Tropicales, vol. 30, núm. 1, pp. 49-55 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba

Dothée, N., Ortiz, A. (2014). Diagnóstico nutricional del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad fedearroz 50 en un suelo del municipio Anzoátegui, Cojedes. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/48223625_Diagnostico_nutricional_de_l_cultivo_de_arroz_Oryza_sativa_L_variedad_fedearroz_50_en_un_suelo_del_municipio_Anzoategui_Cojedes

Ecuaquímica (2013). Arroz en Ecuador. Disponible en https://www.ecuaquimica.com.ec/info_tecnica_arroz.pdf

EcuRed. (2018). El cultivo de arroz. Disponible en <https://www.ecured.cu/Arroz>

FAO. (2016). Problemas y limitaciones de la producción de arroz. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s04.htm>

Franquet, J., Borràs, P. (2013). Economía del arroz: variedades y mejora. Disponible en <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/1c.htm>

Infoagro. (2018). El cultivo de arroz. Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>

Jaramillo, S., Pulver, E., Duque, M. (2014). Efecto del Manejo de la Fertilización Nitrogenada en Arroz de Riego, sobre la Expresión del Potencial de

Rendimiento de Líneas Elite y Cultivares Comerciales. Arroz y Biodiversidad. FLAR (CIAT).

Merma, I., Julca, A. (2012) Tipología de productores y sostenibilidad de cultivos en Alto Urubamba, La Convención – Cusco Scientia Agropecuaria, vol. 3, núm. 2, pp. 149-159 Universidad Nacional de Trujillo Trujillo, Perú

Muraoka, T., Ambrosano, E. J., Zapata, F., Bortoletto, N., Martins, A. L. M., Trivelin, P. C. O., Boaretto, A. E., Scivittaro, W. (2002) Eficiencia de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de n para el cultivo de arroz Terra Latinoamericana, vol. 20, núm. 1, enero-marzo, 2002, pp. 17-23 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México

Peña, J., Grageda, O., Vera, J. (2002). Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas (^{15}N) Terra Latinoamericana, vol. 20, núm. 1, enero-marzo, pp. 51-56 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México

Quintero, C. (2017). Fertilización para altos rendimientos de Arroz. Disponible en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-altos-rendimientos-arroz-t40444.htm>

Quirós, R., Ramírez, C. (2006). Evaluación financiera de la fertilización nitrogenada del cultivo de arroz en siembra directa sobre rastrojos Agronomía Costarricense, vol. 30, núm. 1, enero-junio, pp. 75-85 Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica

Revista Eureka (2006). Tecnologías para la sostenibilidad Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 3, núm. 3, 2006, pp. 517-519 Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA Cádiz, España

Rodríguez, J. (2013). Fertilización del cultivo del arroz (*Oryza sativa*).

Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_123.pdf

SAG. (2010). Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Disponible en <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>

Villarreal, J., Barahona, L., Castillo, O. (2015) Efecto de zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz *Agronomía Mesoamericana*, vol. 26, núm. 2, pp. 315-321 Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica.

XI. ANEXO

