



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“El nitrógeno como base de la producción agrícola en cultivos de
ciclo corto”.

AUTOR:

Víctor Alexis Solis Santistevan

TUTOR:

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, MSc.

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, como requisito
previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

"El nitrógeno como base de la producción agrícola en cultivos de
ciclo corto"

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Fernando Cobos Mora, MBA.

PRESIDENTE

Ing. Agr. Yary Ruiz Parrales, MSc.

VOCAL

Ing. Agr. Ider Morán Caicedo, MSc.

VOCAL

DEDICATORIA

Dedico la siguiente monografía a Dios puesto que me brindo salud y sabiduría para culminar esta etapa de formación académica.

De manera especial a mi madre que me brindó su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, mi esposa por su ayuda en la realización de esta, a mi hijo que es la principal razón que me impulsa a superarme y ser mejor persona, demás familiares que con su respaldo importante, hoy se ve reflejado en este logro académico de convertirme en un profesional.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a las autoridades pasadas y presentes de la Universidad Técnica de Babahoyo por permitir que sea una institución de prestigio ante la sociedad, conformada por personas de calidad humana y profesional, aquellos que en función de su labor me guiaron por el camino a la obtención de este título.

Agradezco a la vida misma que me permite ser una persona normal sin ningún tipo de discapacidad, por lo cual he podido cumplir mis metas sin ningún tipo de limitación y en especial esta, motivo de mi agradecimiento en especial.

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

Victor Solis S.

Víctor Alexis Solis Santistevan

RESUMEN

En el Ecuador los principales productos de ciclo corto son arroz, maíz, soya y hortalizas, donde la mayoría de los productores buscan diferentes alternativas para incrementar los rendimientos, pero con bajos costos de producción.

La finalidad de este documento fue recopilar información del nitrógeno, como base para la producción agrícola en cultivos de ciclo corto como arroz, maíz y soya, donde se destacó la importancia de este macroelemento para el desarrollo y productividad de los cultivos, obteniendo información bibliográfica de libros, memorias de congresos, catálogos, manuales, revistas, artículos indexados, periódicos y páginas web.

La información obtenida fue analizada y resumida mediante técnica de síntesis, con la finalidad de que el lector comprenda todo lo referente al nitrógeno, como base de la producción agrícola en cultivos de ciclo corto.

Las conclusiones determinaron que la producción agrícola es indispensable para generar divisas en los países que se dedican a la producción de cultivos de ciclo corto; el nitrógeno es uno de los principales macroelementos que debe aplicarse como fertilizante para el desarrollo de los cultivos, lo que ayudan al incremento de la clorofila y las diferentes dosis de nitrógeno generan aumento de rendimiento.

Palabras claves: arroz, clorofila, deficiencia, nitrógeno, rendimiento.

SUMMARY

In Ecuador, the main short-cycle products are rice, corn, soybeans and vegetables, where most producers seek different alternatives to increase yields, but with low production costs.

The purpose of this document was to collect information on nitrogen, as a basis for agricultural production in short-cycle crops such as rice, corn and soybeans, where the importance of this macroelement for the development and productivity of crops was highlighted, obtaining bibliography information from books, memoirs of congresses, catalogs, manuals, magazines, indexed articles, newspapers and web pages.

The information obtained was analyzed and summarized by means of synthesis technique, with the purpose that the reader understands everything related to nitrogen, as a basis of agricultural production in short cycle crops.

The conclusions determined that agricultural production is essential to generate foreign exchange in countries that are dedicated to the production of short-cycle crops; Nitrogen is one of the main macroelements that must be applied as fertilizer for the development of crops, which helps the increase of chlorophyll and the different doses of nitrogen generate increase in yield.

Keywords: rice, chlorophyll, deficiency, nitrogen, yield.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I. MARCO METODOLÓGICO..... | 3 |
| 1.1. Definición del tema caso de estudio | 3 |
| 1.2. Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.3. Justificación | 4 |
| 1.4. Objetivo..... | 4 |
| 1.4.1. General..... | 4 |
| 1.4.2. Específicos | 5 |
| 1.5. Fundamentación teórica..... | 5 |
| 1.6. Hipótesis | 21 |
| 1.7. Metodología de la investigación | 22 |
| CAPÍTULO II. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 23 |
| 2.1. Desarrollo del caso | 23 |
| 2.2. Situaciones detectadas (hallazgo) | 23 |
| 2.3. Soluciones planteadas | 23 |
| 2.4. Conclusiones | 24 |
| 2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso) | 25 |
| BIBLIOGRAFÍA | 26 |
| ANEXOS..... | 30 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Fig. 1. Fases del proceso productivo del arroz. | 9 |
| Fig. 2. Disponibilidad del nitrógeno en la planta | 10 |
| Fig. 3. Eficiencia de uso de nutrientes..... | 15 |
| Fig. 4. Eficiencia de uso de nutrientes y de la eficiencia de uso de la tierra | 16 |
| Fig. 5. Carencia de nitrógeno en hojas..... | 18 |
| Fig. 6. Lectura de libros..... | 30 |
| Fig. 7. Recopilación de internet..... | 30 |
| Fig. 8. Lectura de revistas científicas. | 31 |

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de ciclo corto (arroz, maíz, soya, papa, ajonjolí, algodón) son aquellos que su ciclo vegetativo es menor a un año, llegando algunos a pocos meses y que se volverán a sembrar cada vez que se coseche. Estos son especialmente producidos por los mediano y pequeños productores, generando fuentes de dividendos e ingresos económicos, lo que conlleva a aportar con fuentes de empleo a la población.

La Región Costa posee 4 millones de hectáreas destinadas a los cultivos. De esta superficie, el 21,38 % se utiliza para cultivos de ciclo corto como maíz, yuca, arroz, algodón, frutas tropicales; el 26,99 %, para cultivos permanentes, entre ellos banano, palma africana, café, cacao, caña de azúcar y el 51,62 % para pastos. Las zonas poco aptas para la producción agrícola son la península de Santa Elena y otros sitios fronterizos con Perú, que son regiones secas con condiciones climáticas desfavorables (Hurtado, 2018).

Las prácticas agrícolas son indispensables para mejorar la productividad y calidad de los cultivos de ciclo corto. La nutrición es fundamental para la fisiología de las plantas, especialmente para la elaboración de fotosíntesis. Existen elementos que son considerados esenciales ya que están involucrados directamente con la alimentación de la planta, lo que presentándose deficiencia de alguno de ellos las plantas no podrán completar su ciclo, la misma que será corregida por el suministro del elemento que falte.

El Nitrógeno (N) es el elemento más importante para el desarrollo de los cultivos, constituye el nutriente primario de cualquier plantación, conjuntamente con el Fósforo (P) y Potasio (K) porque forma parte de las proteínas, clorofila, hormonas (como las vitaminas), considerándose por ello como el “componente indispensable”.

La principal ventaja del N es que ayuda a las plantas a producir hojas y mantener la coloración verde, además favorece la división celular, lo que de

mayor realce aplicar los niveles adecuados. Hay que detectar a tiempo el exceso o deficiencia del N porque si existe exceso se presentará un crecimiento exagerado de la plantación, mayor multiplicación celular que aumentará mayor cantidad de brotes tiernos y un retraso generalizado en el ciclo de desarrollo del cultivo, por tanto serán susceptibles al ataque de plagas y enfermedades. Al contrario, si existe deficiencia, las plantas disminuyen el crecimiento, se observará una clorosis definida y las hojas serán pequeñas y amarillas, empezando por las hojas de mayor edad a las inferiores.

El presente documento tuvo como finalidad conocer la influencia del nitrógeno como base de la producción agrícola en cultivos de ciclo corto.

CAPÍTULO I. MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El tema se planteó como el nitrógeno como base de la producción agrícola en cultivos de ciclo corto.

1.2. Planteamiento del problema

La principal problemática que afecta a los cultivos es porque en la mayoría de las plantaciones los productores emplean la fertilización basada en experiencias propias de cada uno de ellos, sin tener conocimiento técnico sobre las eficiencias y manejo de los fertilizantes, lo que se realiza paralelamente dependiendo del nivel económico de los agricultores, por tanto no aplican la dosis de acuerdo al requerimiento nutricional del cultivo con la finalidad de no incrementar los costos de producción.

La falta de N es la carencia nutricional más frecuente y difundida en los cereales de grano pequeño. A causa de una falla en la producción de clorofila, las plantas que sufren esa carencia son pálidas en comparación con las plantas sanas. Los síntomas específicos de la carencia de N aparecen primero (como en el caso de las carencias de P y K) en las hojas más viejas que se vuelven pálidas mientras las hojas nuevas permanecen relativamente verdes. Las hojas más viejas presentan clorosis (amarillamiento muy marcado), que comienza en el ápice y gradualmente se torna de color verde claro al bajar por la hoja. A medida que la clorosis se propaga a otras hojas, las hojas más viejas se vuelven totalmente cloróticas y su color cambia de amarillo a casi blanco. Sin embargo, puede no producirse la necrosis (muerte de las hojas o sus partes) durante cierto tiempo, en contraste con lo que sucede con las carencias de P y K. Las plantas que carecen de N alcanzan la antesis y la madurez antes que las plantas que disponen de una provisión adecuada del elemento. En el campo, los síntomas casi siempre comienzan como zonas de color verde pálido

o amarillo, que a veces se extienden con tal rapidez que, en un período bastante breve, todo el campo se ve amarillo (CIMMYT, 2018).

Siendo el Nitrógeno uno de los elementos indispensables para el desarrollo de los cultivos, es necesario aplicarlo porque su deficiencia causa múltiples desventajas en los cultivos, especialmente en los de ciclo corto, o que repercute baja producción de los cultivos.

1.3. Justificación

La presente recopilación de información es de vital importancia porque se valida la importancia de aplicar el Nitrógeno como macronutrientes, especialmente en los cultivos de ciclo corto como arroz, maíz y soya.

El principal beneficio del nitrógeno es que ayuda a la fructificación de los cultivos, incrementando la productividad y por consiguiente los rendimientos. Por ello se plantearon las siguientes preguntas:

¿Es importante la producción agrícola en cultivos de ciclo corto como arroz, maíz y soya a nivel mundial?

¿Los productores agrícolas utilizan fertilizantes en dosis y épocas adecuadas?

¿Cuáles son los beneficios de aplicar nitrógeno en los cultivos?

1.4. Objetivo

1.4.1. General

Sintetizar información para fortalecer conocimientos del nitrógeno como base de la producción agrícola en cultivos de ciclo corto.

1.4.2. Específicos

- ✓ Diagnosticar el estado del Nitrógeno como alternativa para mejorar la producción agrícola en cultivos de arroz, maíz y soya.
- ✓ Recopilar información de la aplicación de nitrógeno como base de la producción agrícola

1.5. Fundamentación teórica

Carvajal y Mera (2014) apuntan que la fertilización biológica de Nitrógeno es considerada como un proceso clave en la biosfera y constituyente fundamental de la agricultura sostenible. Esta permite la conversión de nitrógeno gaseoso a formas de nitrógeno mayormente disponibles (e.g. nitritos, nitratos, amonio) para el desarrollo de procesos metabólicos de las plantas.

Domínguez *et al.* (2014) refieren que el nitrógeno es el nutriente más importante para la producción vegetal debido a las cantidades requeridas por los cultivos y a la frecuencia con que se encuentra como deficitario. Los niveles de nitrógeno mineral- de los suelos bajo SD son generalmente menores que los de aquéllos laboreados, debido a que la menor temperatura y el mayor contenido de agua en la superficie del suelo, y la posición superficial de los residuos, crea un ambiente que afecta la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos. Esto puede atribuirse a la disminución de la mineralización, y a aumentos de las pérdidas por desnitrificación, volatilización y/o lavado, y de la inmovilización.

Cárdenas *et al.* (2014) describen que aunque el uso de fertilizantes nitrogenados ha sido uno de los principales promotores del aumento en el rendimiento en la agricultura actual, su utilización implica riesgos de contaminación ambiental, por la lixiviación del N no absorbido hacia aguas subterráneas. Además, su aplicación excesiva conlleva a la degradación de la calidad del suelo por salinidad (“ensalitramiento”) y un incremento infructuoso

en los costos de producción. De esta manera, los fertilizantes se han convertido en una tecnología que puede propiciar grandes beneficios, cuando se utilizan de manera razonada, pero que al mismo tiempo puede causar severos daños al medio ambiente y pérdidas económicas cuando se usa de forma indiscriminada. Ante esta situación, se hace necesario contar con tecnologías aplicables a la gestión razonada del nitrógeno en los sistemas de producción agrícola, con el fin de hacerlos sustentables, aportando las cantidades mínimas necesarias para alcanzar el máximo rendimiento potencial de los cultivos.

Carvajal y Mera (2014) informan que cerca del 80 % del nitrógeno fijado en el planeta se debe a la actividad del género gram-negativo de bacterias *Rhizobium*. La estrategia de captación de nitrógeno atmosférico para su reducción por la asociación *Rhizobium*-leguminosa es un proceso complejo. El *Rhizobium* induce a la leguminosa para que forme nódulos, estableciendo así cooperación metabólica, en la que las bacterias reducen el nitrógeno (N_2) a amonio (NH_4). Este último se exporta hacia el tejido vegetal para ser asimilado en proteínas y otros compuestos nitrogenados complejos.

De manera simultánea, las hojas reducen el dióxido de carbono (CO_2) en azúcares a través de la fotosíntesis y lo transportan hacia las raíces. Es precisamente allí donde los *Rhizobium* proveen ATP al proceso de inmovilización de nitrógeno diatómico -sacando provecho de tal fuente de energía- y facilitan el desarrollo de procesos fotosintéticos y de crecimiento de plantas (Carvajal y Mera, 2014).

Álvarez (2017) indica que el nitrógeno se encuentra en un agrosistema en varios compartimientos, principalmente la planta, los residuos vegetales, el nitrógeno mineral y la materia orgánica humificada, representando este último componente un 95-98 % del total. Existen flujos de nitrógeno entre estos componentes y también con el medio fuera del agrosistema. Estos flujos representan entradas y salidas de nitrógeno al mismo y procesos de reciclado interno.

Urzúa (2015) manifiesta que el nitrógeno (N) es un elemento esencial para las plantas, ya que forma parte de compuestos tan fundamentales como proteínas, ácidos nucleicos y clorofila, necesitándose principalmente en los tejidos vegetales en crecimiento. La ciencia ha demostrado que la vía normal de ingreso de N a las plantas proviene del suelo, y para ser absorbido, se debe encontrar mineralizado, como nitrato (NO_3) y amonio (NH_3). Sin embargo, debido a que se acumula principalmente en formas orgánicas en el suelo, se hace necesaria su transformación microbiana, conocida como mineralización de nitrógeno para dejarlo disponible para las plantas.

Reussi y Echeverría (2016) divulga que el nitrógeno (N) es el nutriente que con mayor frecuencia limita la producción vegetal, debido a las grandes cantidades requeridas por los cultivos y a la frecuencia con que se observan sus deficiencias en los suelos. Una baja disponibilidad de N produce una reducción de la eficiencia de conversión de la radiación interceptada, del índice de área foliar y de su duración lo cual afecta el peso seco de las espigas a floración, variable altamente relacionada con el número de granos, principal componente del rendimiento. La fertilización nitrogenada es una práctica de manejo necesaria para alcanzar elevados rendimientos.

Urzúa (2015) explica que la agricultura moderna utiliza plantas con potenciales productivos cada vez mayores, demandando una elevada nutrición nitrogenada, la cual puede ser muy superior al aporte de N del suelo. Por lo tanto, en la mayoría de los cultivos es necesario suplementar con fertilizantes nitrogenados. Esto conlleva un considerable incremento en los costos de producción. Afortunadamente, existe otra vía de aporte de nitrógeno al sistema, llamada fijación biológica de nitrógeno, siendo la denominada fijación simbiótica de nitrógeno altamente deseable.

A través de esta vía es posible obtener un importante suministro de nitrógeno para determinadas especies vegetales, las que en simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno, obtienen este elemento con un costo generalmente reducido (Urzúa, 2015).

Sawchik (2014) expresa que el nitrógeno (N) es el nutriente más importante para la concreción de altos rendimientos en los cultivos. En los sistemas mixtos en particular, la entrada de N vía fijación simbiótica por las leguminosas es relevante, representando una fuente de suministro de N de magnitud para los cultivos posteriores.

Álvarez (2017) señala que las entradas más importantes son: la fijación biológica de nitrógeno, la fertilización y el ingreso por lluvia. Las salidas de mayor magnitud son la exportación, la volatilización, la desnitrificación y la lixiviación. Los procesos de reciclado principales son el aporte de nitrógeno como restos de la planta al componente residuos, la descomposición de residuos, la humificación, la absorción y la inmovilización.

Molina (s.f.) considera que uno de los aspectos que más incide en el rendimiento es la nutrición, principalmente cuando las plantas entran en la etapa de producción. En muchos sitios en América Latina, la fertilización de los cultivos se realiza en forma empírica, debido a que no existe información precisa que permita establecer con seguridad los requerimientos nutricionales del cultivo y las dosis óptimas de fertilizantes.

Para Monroy *et al.* (2012), los principales insumos que limitan la producción: fertilización nitrogenada y agua. El manejo deficiente de estos insumos está ligado al deterioro del recurso agua y al aumento en los costos de producción. Es de vital importancia realizar investigación enfocada a promover un uso más eficiente del N y del agua para disminuir el impacto ambiental y aumentar la productividad y sustentabilidad del sistema de producción.

Rodríguez *et al.* (2014) menciona que la técnica más ampliamente usada para la determinación cuantitativa de nitrógeno total es la de kjeldahl, la cual fue desarrollada en el siglo pasado y, debido al firme principio químico en el que se fundamenta, prácticamente no ha sido modificada. No obstante, tiene el inconveniente de requerir equipo especializado y, cuando se tiene un gran número de muestras para analizar, el gasto de reactivos es excesivo, lo que

ocasiona que el costo de la determinación sea alto. Otro de los inconvenientes es el tiempo invertido desde la toma de la muestra hasta su preparación y análisis.

Salazar-Sosa *et al.* (2014) define que la mineralización del nitrógeno juega un papel importante en el ciclo del nitrógeno, ya que convierte el amoníaco a su forma más oxidada de nitrato, que es un ion más fácilmente asimilado por las plantas. El amoníaco se produce naturalmente en la mineralización de la materia orgánica nitrogenada del suelo o se aplica directamente como fertilizante químico, el cual, si no es manejado de forma adecuada, puede causar problemas de contaminación de agua por nitratos, lo que finalmente afecta la calidad del agua.

Tosquy *et al.* (2018) difunden que la fertilización determina en gran medida el rendimiento de arroz, este insumo representa aproximadamente 27 % del costo de producción. Una opción para reducir el costo de esta práctica y hacer más rentable este cultivo, es mediante el uso de amoníaco anhidro como fertilizante nitrogenado, ya que es de menor costo que la urea.

Uribe-Velez *et al.* (2015) señalan que el nitrógeno es el nutriente que más influye en el rendimiento del arroz, por ser constituyente esencial de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y clorofila. El abastecimiento adecuado de este nutriente acelera el crecimiento y facilita el buen desarrollo de las plantas. Las fases del proceso productivo son:



Fig. 1. Fases del proceso productivo del arroz.

Uribe-Velez *et al.* (2015) sostienen que los microorganismos contribuyen a la disponibilidad de nitrógeno para la planta de tres maneras:

1. Atrapando el nitrógeno del aire (N_2) y dándoselo a la planta en una forma de fácil asimilación (NH_3). Estos microorganismos son llamados fijadores de nitrógeno, que pueden encontrarse en nódulos de las raíces de plantas como leguminosas o hallarse libres en el suelo asociado a la raíz de plantas como el arroz.
2. Liberando el nitrógeno de la materia orgánica, proceso llevado a cabo por los microorganismos mineralizadores de nitrógeno para hacerlo disponible a la planta (NH_4).
3. Transformando los fertilizantes como Urea en N más asimilable como amoníaco (NH_3).

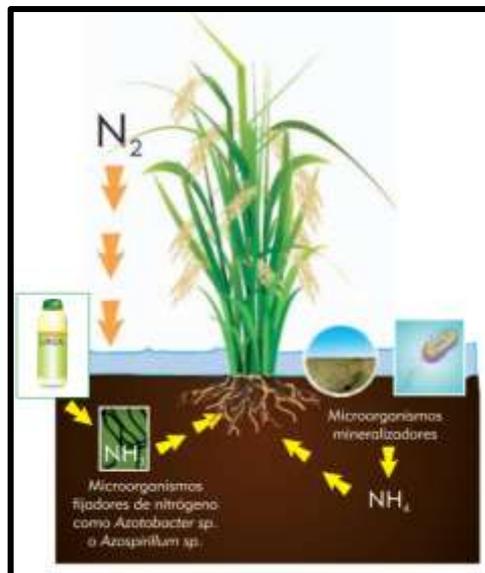


Fig. 2. Disponibilidad del nitrógeno en la planta

Tosquy *et al.* (2018) informan que el amoníaco anhidro es un gas que se almacena bajo presión en forma líquida; tiene la mayor concentración de nitrógeno (82 %) entre los fertilizantes nitrogenados, por lo que se requiere menor cantidad para aplicar la misma dosis y requiere menor uso de mano de obra que otros fertilizantes. El amoníaco anhidro, una vez aplicado se fija rápidamente como ión amonio en el complejo de intercambio del suelo, lo que ayuda a reducir la pérdida por lixiviación.

El efecto residual, permite que el cultivo lo asimile de acuerdo a sus necesidades, lo cual representa una ventaja con respecto a los fertilizantes sólidos, cuya aplicación no siempre puede realizarse en el momento más apropiado. Aunque el amoniaco anhidro tiene el mayor índice de acidez entre los fertilizantes nitrogenados, el efecto acidificante en el suelo por kilogramo de nitrógeno aplicado es similar al de la urea, por lo que no representa un riesgo adicional para el desarrollo del cultivo de arroz (Tosquy *et al.*, 2018).

Brito y Chica (2019) indican que la planta de arroz necesita para su desarrollo de la disponibilidad adecuada y oportuna de nutrientes suministrados principalmente por el suelo. Una fertilización adecuada del suelo promoverá un mayor rendimiento de la producción. El análisis de suelo es el medio que permite racionalizar el uso de fertilizantes, de acuerdo a los niveles críticos de nutrimentos establecidos para la zona y la variedad empleada.

Los macronutrientes que necesita el arroz para su crecimiento son N, P, K, Ca, Mg, S, mientras que los micronutrientes son Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B y Cl, pero las plantas los requieren en menores cantidades. Generalmente los micronutrientes no se encuentran limitados en el suelo, además que otorgan a la planta resistencia al estrés abiótico, así como de plagas y enfermedades. Un nivel apropiado de micronutrientes, induce la eficiente absorción del nitrógeno y fósforo (Brito y Chica, 2019).

Quílez (2014) señalan que el uso de nitrógeno (N) en la agricultura como fertilizante es indispensable para aumentar la producción de los cultivos, pero el aumento de N en los suelos agrícolas lleva asociado un riesgo mayor de contaminación de los ecosistemas. Las pérdidas de nitrógeno pueden afectar tanto a las aguas, como a la atmósfera, habiendo tomado éstas últimas especial relevancia en los últimos años debido al aumento de emisiones de amoniaco y gases de efecto invernadero. La programación del abonado nitrogenado necesita integrar la gestión de las deyecciones ganaderas, sobre todo en zonas con una alta densidad de explotaciones.

Rodríguez *et al.* (2017) manifiestan que el arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los productos de mayor importancia en el Ecuador, ya que constituye una de las principales fuentes de alimentación de la población, en la actualidad se siembran aproximadamente 415 000 ha al año bajo condiciones de secano (lluvias) y de riego con un promedio de productividad de 3,9 t/ha de arroz en cascara, valor considerado bajo comparado con otros países que obtienen 6 a 7 t/ha. El cultivo presenta mayor volumen de siembra en de la producción total del país, siendo este volumen repartido en condiciones de secano donde se siembran el 32 % y bajo riego un 60 %.

Tapia *et al.* (2013) divulgan que los fertilizantes de acuerdo a los nutrientes que brinden son clasificados en nitrogenados, fosfatados, potásicos y mezclas. Entre los nitrogenados están:

1. Amoníaco anhídrido (82 % N)
2. Urea (46 % N)
3. Nitrato de amonio (33,5 % N)
4. Sulfato de amonio (20,5 % N)

Dobermann y Fairhurst (2015) explican que el N es un constituyente esencial en los amino ácidos, ácidos nucleicos y de la clorofila. Promueve el rápido crecimiento (incremento en el tamaño de la planta y número de macollos) 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. La concentración de N en las hojas está estrechamente relacionada con la tasa de foto- síntesis en las hojas y la producción de biomasa del cultivo. Cuando se aplica suficiente N se incrementa la demanda de otros macronutrientes como P y K por el cultivo.

Rodríguez *et al.* (2017) expresan que los estudios realizados indican que las plantas usan del suelo elementos como N, P, K, en cantidades relativamente mayores o menores, dependiendo la etapa fenológica y el suministro de los mismos en el suelo, ya que algunos son requeridos en dosis

más bajas. En el Ecuador para el manejo del cultivo de arroz entre los problemas encontrados en los sistemas de producción es la deficiencia de macroelementos y de materia orgánica de los suelos. Esto se debe a la generalización del uso de fertilizantes químicos, ya que la diversidad de fuentes en estos ha logrado aumentar los rendimientos en la actividad productiva. Sin embargo el costo medioambiental ha sido alto, dañando los suelos, variaciones en la capacidad microbiológica y en la química del suelo por contaminación.

De acuerdo a Dobermann y Fairhurst (2015) los principales formas de N absorbido por la planta son: amonio (NH_4) y nitrato (NO_3). La mayoría del NH absorbido se incorpora a los compuestos orgánicos en las raíces, mientras que el NO_3 es más móvil en el xilema y también se almacena en las vacuolas de diferentes partes de la planta.

Rodríguez *et al.* (2017) menciona que las investigaciones demuestran que el nitrógeno (N), por ser parte de la gran cantidad de compuestos químicos de la planta, es el elemento más importante en la bioquímica de los organismos vegetales, por este motivo se lo requiere en cantidades altas, por este motivo es considerado un factor limitante en la producción de los cultivos. Dentro del grupo de alternativas que se han planteado como parte del manejo de fertilizantes nitrogenados, es la fijación biológica de nitrógeno. Ésta se realiza por un grupo específico de hongos, bacterias y algas. Se sabe que estos microorganismos, poseen un complejo enzimático que se encargan de convertir al nitrógeno elemental en amonio que es directamente aprovechable por las plantas, o que es oxidado a nitratos por bacterias nitrificantes presentes en los suelos.

Quirós y Ramírez (2016) aclaran que las dos formas como el N puede ser absorbido por las plantas son amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-), principalmente obtenidas de los fertilizantes nitrogenados y la mineralización de los residuos de cosecha y la materia orgánica del suelo. En mayor proporción que en otros cultivos, la productividad del arroz depende de la disponibilidad y eficiencia en la absorción del N, tanto por su contribución

directa como por permitir la absorción de otros nutrimentos.

Dobermann y Fairhurst (2015) sostienen que el NO_3 también puede contribuir a mantener el balance entre aniones y cationes, y la osmoregulación. Para cumplir sus funciones esenciales como nutriente de la planta, el NO_3 debe reducirse a NH_4 por la acción de la nitrato y nitrito reductasa. El N es requerido durante todo el periodo de crecimiento, pero la mayor necesidad se presenta entre el inicio y mediados del macollamiento, y al inicio de la panoja. Un suplemento adecuado de N es necesario durante la maduración del grano para retrasar la senescencia de las hojas, mantener la fotosíntesis durante el llenado de grano e incrementar el contenido de proteína en el grano. El N es móvil dentro de la planta porque se transloca de las hojas viejas a las hojas jóvenes y los síntomas de deficiencia tienden a ocurrir primero en las hojas bajas.

Quirós y Ramírez (2016) comentan que en los campos de arroz inundado existen múltiples factores que ocasionan pérdidas del N y causan baja respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada. Aunque el cultivo 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 especialmente por desnitrificación y volatilización. Cuando se aplica urea sobre la lámina de agua o sobre barro, las pérdidas de N por volatilización pueden ser hasta del 80 %. Por otra parte, si el N se aplica en forma de nitratos, podrían ocurrir pérdidas por lixiviación, y por tal razón no debe utilizarse tales fuentes de N en agroecosistemas inundados.

Dibb (2016) afirma que el análisis de una curva clásica de respuesta demuestra como el concepto de Eficiencia de Uso de Nutrientes puede ser mal entendido o mal interpretado si se ignoran o se olvidan los valores y objetivos del sistema de producción. En la Figura 3 se presenta una curva de respuesta a la aplicación de un nutriente. El eje de las abscisas (Y) representa una medida del potencial de rendimiento, el cual puede llegar a 100% si todos los componentes necesarios están disponibles en cantidades óptimas. El eje de las ordenadas (X) representa los incrementos de aplicación de un nutriente en

particular, asumiendo que los otros nutrientes y factores de manejo no son limitantes. Si algún otro nutriente o factor de manejo no se encuentra al óptimo, la curva puede parecer similar, pero llegará a su pico máximo con rendimiento menor y la pendiente podría ser de menor magnitud. Puede ser también que un nutriente cause toxicidad si se aplica en exceso, en este caso la curva puede virar inmediatamente después que la curva ha alcanzado su pico máximo. Existen algunas variaciones de modo que se pueden dibujar una familia de curvas que podrían estar bajo la curva de más alto rendimiento.

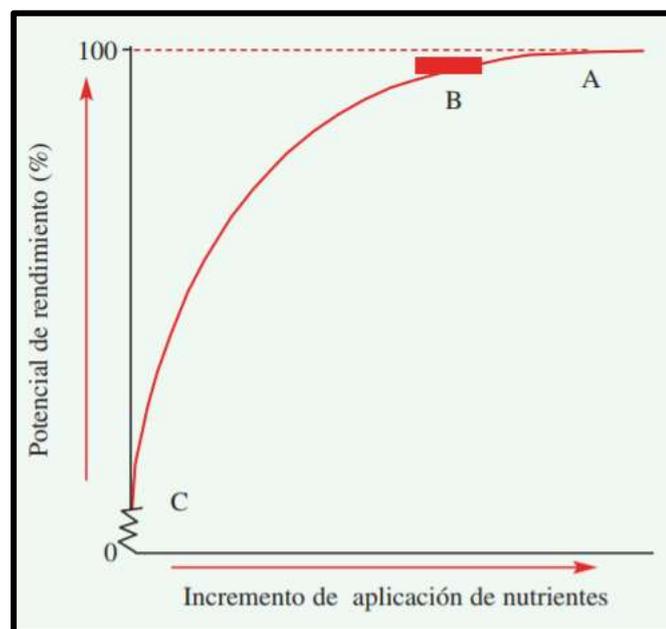


Fig. 3. Eficiencia de uso de nutrientes

Dibb (2016) define que si arbitrariamente se divide la curva de respuesta en cuatro áreas, se puede entonces discutir algunos aspectos generales de la Eficiencia de Uso de Nutrientes y de la Eficiencia de Uso de la Tierra y se pueden comparar estas dos en la agricultura de países desarrollados y en la agricultura de países en desarrollo. Es aquí donde se observa como aparecen las malas interpretaciones. Las áreas I, II, III y IV se distribuyen de abajo hacia arriba de la curva como se observa en la Figura 4.

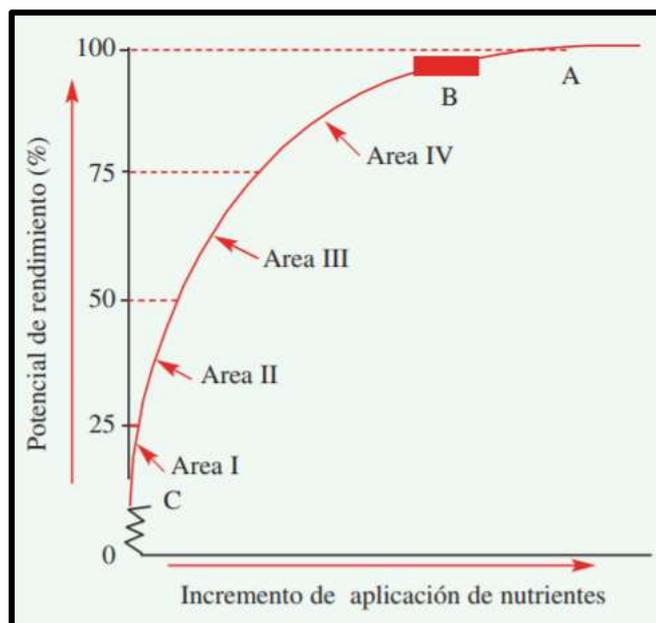


Fig. 4. Eficiencia de uso de nutrientes y de la eficiencia de uso de la tierra

Camargo *et al.* (2014) reportan que el arroz necesita para su crecimiento y nutrición cantidades adecuadas y oportunas de nutrientes que extraen del suelo o de fertilizantes. Entre los principales elementos se encuentran el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, silicio y otros microelementos. Su adición en la cantidad correcta aumentará la velocidad de crecimiento, la materia seca y el rendimiento en grano.

Quirós y Ramírez (2016) consideran que el N en forma amónica que el arroz absorbe activamente en etapas tempranas se aprovecha en la síntesis de proteínas, producción de macollos y vainas de las hojas. De lo anterior se desprende que a mayor absorción de N mayor cantidad de macollos efectivos por unidad de superficie con mayor número de tallos fértiles. En consecuencia, el contenido óptimo de N entre la fase de máximo macollamiento y la formación de panículas permite una adecuada densidad de panículas durante la floración.

Camargo *et al.* (2014) determinan que la falta de estos elementos nutritivos en el cultivo, presentan síntomas similares a los producidos por organismos patógenos. De hecho, en las plantas que enfrentan carencia de

estos elementos, se producen desórdenes fisiológicos, considerados patológicos, los cuales se reconocen como de origen abiótico y pueden afectar seriamente el rendimiento. El cultivo debe contar con los nutrientes adecuados en el momento oportuno, lo que permite expresar el potencial de rendimiento de la variedad. En términos generales, el cultivo requiere más nutrientes en la época de mayor radiación.

Camargo et al. (2014) exponen que el Nitrógeno (N) es el elemento más importante para la alta productividad del arroz. La fuente inorgánica de nitrógeno más común, es la urea. Los productores deben tomar precauciones para prevenir grandes pérdidas por el manejo inadecuado de ésta. Evitar aplicar urea en el agua durante la fase de crecimiento temprano, ya que se pierde gran cantidad por volatilización.

Según Barbazán (2019) , la concentración de un nutriente en una planta no es un valor fijo, sino que varía debido a varias causas. La diferencia entre la velocidad de crecimiento de la planta y la de absorción de un nutriente puede producir acumulación o dilución del nutriente dentro de una planta. También el movimiento de los nutrientes dentro y entre partes de la planta (translocación) ejerce su influencia en la concentración de nutriente que tiene un tejido en un momento dado. O sea, a medida que el crecimiento de una planta progresa, ocurren marcados cambios en la concentración de nutrientes en los tejidos o partes de la planta.

Camargo et al. (2014) exponen que la carencia de nitrógeno en el cultivo puede ocasionar los siguientes desórdenes fisiológicos:

- ✓ Las hojas adquieren una coloración verde amarillenta.
- ✓ Reduce el macollamiento de las plantas de arroz.
- ✓ Las hojas son más pequeñas.
- ✓ El rendimiento se reduce considerablemente.
- ✓ Las plantas se tornan más susceptibles al ataque de enfermedades como la helmintosporiosis.

Barbazán (2019) asegura que en general, en especies anuales la concentración de nutrientes en hoja desde una edad temprana hasta la senescencia de la planta declinan con el tiempo, excepto los nutrientes inmóviles. Esto probablemente se deba a que hay un cambio en la proporción de ciertos tejidos con la edad, como puede ser el incremento de la proporción de tejidos estructurales y sustancias de reserva. En cultivos perennes la concentración de nutrientes en hojas y otros órganos fluctúan con los rebrotes estacionales y crecimientos y desarrollo de frutos, y también varían entre hojas de ramas vegetativas y fructíferas.

Camargo et al. (2014) argumentan que siendo el nitrógeno un elemento de gran movilidad dentro de la planta, el amarillamiento de las hojas debido a la carencia de este elemento, se muestra fundamentalmente en las hojas más viejas (Figura 5). De esta forma, el síntoma de amarillamiento producido por distintas causas, pudiera ser reconocido como deficiencia de nitrógeno; si las hojas más jóvenes permanecen verdes mientras que las hojas viejas muestran una clorosis pronunciada. La clorosis o amarillamiento que se produce en las plantas jóvenes, no debe ser confundido con los síntomas producidos por el ataque de bacterias fitopatógenas, ya que las bacteriosis en arroz producen síntomas distintos y específicos.

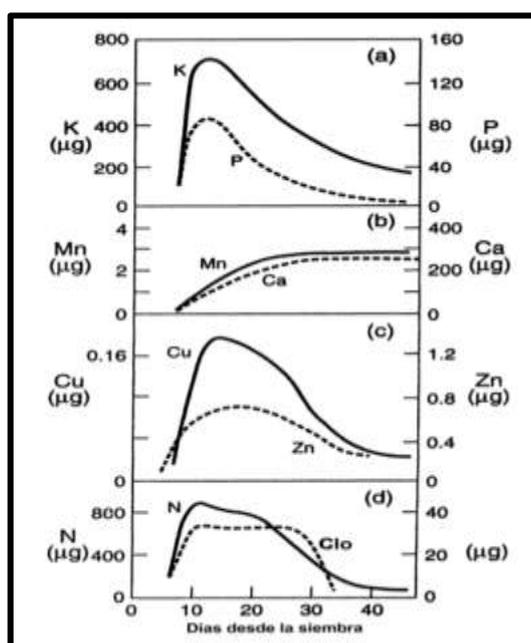


Fig. 5. Carencia de nitrógeno en hojas

Ferraris *et al.* (2018) apuntan que la pérdida de nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco (NH₃) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial y la dosis y localización del fertilizante.

CANNA (2019) refiere que el nitrógeno es uno de los elementos más importantes que una planta necesita y una parte importante de proteínas, clorofila (hoja verde), vitaminas, hormonas y ADN. Debido a que es un componente de las enzimas, el nitrógeno está involucrado en todas las reacciones enzimáticas y desempeña un papel activo en el metabolismo de la planta.

Uhart y Echeverría (2017) describen que la principal fuente de N para las plantas es la materia orgánica del suelo, a partir de la cual se genera amonio y nitrato. El nitrato, una vez absorbido es reducido con gasto de energía proveniente de la fotosíntesis. El amonio no necesita ser reducido y es incorporado rápidamente a aminos y amidas dado que no puede ser almacenado porque es tóxico para la planta. Bajo condiciones de baja irradiación, la absorción y reducción de N y la fijación y reducción del carbono pueden entrar en competencia por la energía disponible.

Fontanetto y Keller (2016) informan que los elementos que más limitan la producción de la soja, del total de los requeridos por el cultivo para su desarrollo y producción, son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S). La ocurrencia de deficiencias de otros elementos, como calcio (Ca), cobalto (Co), molibdeno (Mo) o boro (B) son menos frecuentes y no presentan la importancia de las de N, P y S.

CANNA (2019) indica que 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, pero ésto va acompañado de los síntomas descritos anteriormente y una reducción sustancial en el rendimiento (CANNA, 2019).

Fontanetto y Keller (2016) señalan que el nitrógeno (N) es el elemento que más limitante para la producción de la soja, debido a su alta demanda (80 kg/tn de grano). Los síntomas de deficiencia de N en soja se manifiestan por una disminución en el crecimiento y en la altura de las plantas y por una clorosis que se da primeramente en las hojas más viejas (las inferiores) y que luego se extiende por toda la planta. La provisión de N en la soja se da por dos mecanismos: absorción desde el suelo y fijación biológica mediante la simbiosis con microorganismos.

CANNA (2019) manifiesta que las leves formas de deficiencia de nitrógeno pueden ocurrir durante el crecimiento rápido a plena luz. Debido al aumento de la tasa de fotosíntesis y la formación de nuevas células, la demanda de nitrógeno en este momento es mayor que lo que las raíces pueden proporcionar. La deficiencia de nitrógeno es generalmente corregida cuando el crecimiento se estanca.

Intagri (2019) publica que las raíces de las plantas toman el nitrógeno del suelo en forma de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). En la mayoría de los suelos la acción de bacterias nitrificantes hace que los cultivos absorban en su mayoría N-NO_3^- . En otras situaciones especiales del suelo, como condiciones anaeróbicas, las plantas pueden absorber relativamente más NH_4^+ que NO_3^- . De igual manera puede suceder inmediatamente después de una aplicación de fertilizantes amoniacales o en etapas de crecimiento temprano, cuando las temperaturas son aún bajas para que se produzca una rápida nitrificación.

En algunos casos las plantas también absorben N bajo forma de urea. La preferencia de las plantas por NH_4^+ o NO_3^- , cuando ambas formas están presentes, depende fundamentalmente de la especie cultivada. Los cereales absorben indistintamente cualquier forma de N, mientras que las solanáceas como tomate se ven favorecidas por una relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ más alta. El arroz es un caso típico de adaptación por el NH_4^+ . Otras especies adaptadas a la nutrición con NH_4^+ son aquellas que crecen en suelos ácidos de regiones tropicales y subtropicales, donde el proceso de nitrificación es limitado (Intagri, 2019).

CANNA (2019) indica que la deficiencia de nitrógeno también puede ser causa por la alimentación incorrecta o una alimentación que no contiene los nutrientes suficientes. Algunas enfermedades que afectan el sistema de transporte de la planta, como Fusarium, puede hacer que surjan síntomas de deficiencia de nitrógeno. Además de esto, la base del tallo puede volverse leñoso y pudrirse, y las raíces volverse marrones.

1.6. Hipótesis

H_i = el nitrógeno no mejora la producción agrícola en cultivos de ciclo corto.

H_o = el nitrógeno mejora la producción agrícola en cultivos de ciclo corto.

1.7. Metodología de la investigación

Para el desarrollo del documento, se recopiló información bibliografía de libros, memorias de congresos, catálogos, manuales, revistas, artículos indexados, periódicos y páginas web.

La información obtenida fue analizada y resumida mediante técnica de síntesis, con la finalidad de que el lector comprenda todo lo referente al nitrógeno, como base de la producción agrícola en cultivos de ciclo corto.

CAPÍTULO II. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

La finalidad de este documento es recopilar información del nitrógeno, como base para la producción agrícola en cultivos de ciclo corto como arroz, maíz y soya, donde se destacó la importancia de este macroelemento para el desarrollo y productividad de los cultivos.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Mediante la información recopilada se detectó que la producción agrícola en los cultivos, es uno de los principales parámetros a nivel mundial en que se ve reflejada la agricultura, que es uno de los principales rubros que fomentan la economía de un país.

En el Ecuador los principales productos de ciclo corto son arroz, maíz, soya y hortalizas, donde la mayoría de los productores buscan diferentes alternativas para incrementar los rendimientos, pero con bajos costos de producción.

Los agricultores no aplican las dosis de nitrógeno recomendadas para cada uno de los cultivos, según los requerimientos nutricionales. Esto repercute en que las características agronómicas de los cultivos como: altura de planta, número de macollos o panículas, longitud y diámetro de frutos, peso de los frutos y rendimientos. Parámetros que no logran un desarrollo adecuado, por lo que se ve afectado los resultados en los diferentes tipos de variedades e híbridos.

2.3. Soluciones planteadas

Un reto importante para los gobiernos es el de satisfacer la demanda creciente de alimentos suficientes y adecuados que se deriva del crecimiento

demográfico y el aumento de los ingresos, así como de los cambios en la dieta a la vez que disminuye la disponibilidad y calidad de los recursos naturales. Este reto incluye el aumento de la pobreza urbana y en países de ingresos medianos. Otro elemento que debe considerarse son los efectos del cambio climático en la producción agrícola y los sistemas alimentarios y nutricionales, que incrementarán los riesgos de inseguridad alimentaria especialmente para los productores que viven en entornos marginales y para los hogares de pequeños productores de alimentos (FAO, 2017).

El nitrógeno (N) es un macronutriente esencial para el óptimo desarrollo de los cultivos puesto que es clave en la síntesis proteica, se requiere en grandes cantidades y contribuye a determinar el rendimiento y la calidad de los granos. Otro aspecto no menos importante del N, lo constituye el eventual impacto desfavorable que podría producir sobre el ambiente (Genovese, et al. 2014).

2.4. Conclusiones

- ✓ La producción agrícola es indispensable para generar divisas en los países que se dedican a la producción de cultivos de ciclo corto.
- ✓ El nitrógeno es uno de los principales macroelementos que debe aplicarse como fertilizante para el desarrollo de los cultivos, lo que ayudan al incremento de la clorofila.
- ✓ Las diferentes dosis de nitrógeno generan aumento de rendimiento.

2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso)

- ✓ Se recomienda que los organismos gubernamentales pongan énfasis en la producción agrícola, especialmente en los cultivos de ciclo corto, con la finalidad de que los productores no sufran estragos de competitividad, bajo precio del producto y escasa comercialización.
- ✓ Concientizar a los agricultores para que aplique nitrógeno en las plantaciones, conforme los requerimientos nutricionales del cultivo, con la finalidad de incrementar los rendimientos por unidad de superficie.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, R. (2017). Balance de nitrógeno en cultivos de trigo. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de Trigo Campaña 2016. Publicación Miscelánea N° 105

Barbazán, M. 2019. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Monica_Barbazan/publication/267702791_agronomia_analisis_de_plantas_y_sintomas_visuales_de_deficiencia_de_nutrientes/links/56f123d608aea9fd53a881b5.pdf

Brito, D., Chica, E. 2019. Estudio de los Niveles de Fertilidad y su Influencia en la Productividad del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) en el Recinto Las Maravillas del Cantón Daule. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/12414326.pdf>

Camargo, I., Quirós, E., Zachrisson, B. 2014. Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá Departamento de Edición y Publicaciones Panamá. ISBN 978-9962-677-39-0. Pág. 105-106

CANNA. 2019. Nitrógeno guía deficiencia. Disponible en http://www.canna.es/info-courier_nitrogen

Cárdenas, J., Sánchez-Yáñez, J., Farías-Rodríguez, R., Peña-Cabriales, J. (2014). Los aportes de nitrógeno en la agricultura. Revista Chapingo Serie Horticultura 10(2): 173-178.

Carvajal, J., Mera, A. (2014). Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. Producción + Limpia. Vol.5, No.2

Dibb, D. 2016. Informaciones agronómicas. Eficiencia de uso de nutrientes:

verdades y mitos. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C4D463891DDEF102852579A300799E5F/\\$FILE/Eficiencia%20de%20uso%20de%20nutrientes.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C4D463891DDEF102852579A300799E5F/$FILE/Eficiencia%20de%20uso%20de%20nutrientes.pdf)

Dobermann, A., Fairhurst, T. 2015. Manejo del nitrógeno en arroz. Informaciones agronomicas. Instituto de la Potasa y el Fosforo - Inpofos A. S. N° 58

Domínguez, G., Studdert, A., Echeverría, H., Andrade, F. (2014). Sistemas de cultivo y nutrición nitrogenada en maíz. Publicado en Ciencia del Suelo 19:47-56.

Ferraris, G., Couretot, L., Toribio, M. 2018. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz: Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores. Pérdidas por volatilización de N y rendimiento en maíz. Informaciones Agronómicas #43. Pag. 19.

Fontanetto, H., Keller, O. 2016. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización de la soja. Inta – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica cultivos de verano. Publicación Miscelánea N° 106

Intagri. 2019. Formas Químicas de Absorción del Nitrógeno. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/formas-quimicas-de-absorcion-del-nitrogeno>

Molina, E. (s.f.) Nutrición y Fertilización. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Informaciones Agronómicas No. 40. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/D4E5F648629449B0852579A30079AC9D/\\$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20naranja.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/D4E5F648629449B0852579A30079AC9D/$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20naranja.pdf)

Monroy, J., Vera, J., Carrera, M., Grageda, O., Peña, J. (2012). Absorción de

nitrógeno (15n) y productividad del agua por el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa*) en "El Bajío", México Terra Latinoamericana, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Vol. 20, núm. 1, pp. 65-69

Quílez, D., Moreno-García, B., Guillén, M. 2014. Fertilización orgánica y mineral del cultivo de arroz en Aragón. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Zaragoza.

Quirós-Herrera, R., Ramírez-Martínez, C. 2016. Evaluación de la fertilización nitrogenada en arroz inundado. *Agronomía Mesoamericana* 17(2): 179-188. ISSN: 1021-7444

Reussi, N., Echeverría, H. (2016). Estrategias de fertilización nitrogenada en trigo: balance hídrico para el sur bonaerense. *Ciencia del suelo*. Buenos Aires. versión On-line ISSN 1850-2067. *Cienc. Suelo*. v.24 n.2

Rodríguez, J., Colina, E., Castro Arteaga, C., García, G., Uvidia, M., Santana, D. 2017. Eficiencia agronómica del arroz INIAP-17 con niveles de fertilización química y biológica en el Litoral Ecuatoriano. *Journal of science and research: revista ciencia e investigación*, E-ISSN: 2528-8083, Vol. 2, Nº. 6, PP. 10-15

Rodríguez, M., Alcántar, G., Aguilar, A., Etchevers, J., Santizó, J. (2014). Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila Terra Latinoamericana, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Vol. 16, núm. 2, pp. 135-141

Salazar-Sosa, E., Beltrán-Morales, A., Fortis-Hernández, M. Leos-Rodríguez, J., Cueto-Wong, J., Vázquez-Vázquez, C., Peña-Cabriales, J. (2014). Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza Terra Latinoamericana, Sociedad

Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Vol. 21, núm. 4, pp. 569-575

Sawchik, J. (2014). Dinámica del nitrógeno en la rotación cultivo pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. Disponible en http://www.inia.org.uy/novedades/jorge_sawchik.pdf

Tapia, L., Hernández, A., Larios, A., Fernandez, V. 2013. Producción de arroz palay en la región del valle de Apatzingán. Primera Edición Impreso en México. Printed in México ISBN : 978-607-37-0033-7 Folleto Técnico Núm 1.

Tosquy, O., Vásquez, A., Esqueda, V., Jácome, S., Vargas, A. 2018. Comparación agroeconómica de la fertilización con amoníaco anhidro y urea en arroz temporal. Agricultura técnica en México. Versión impresa ISSN 0568-2517. Agric. Téc. Méx vol.34 no.4.

Uhart, S., Echeverría, H. 2017. El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción de maíz. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Adolfo_Uhart/publication/311715308_El_rol_del_nitrogeno_y_del_fosforo_en_la_produccion_de_maiz/links/585dbc0708ae329d61f69580/El-rol-del-nitrogeno-y-del-fosforo-en-la-produccion-de-maiz.pdf

Uribe-Velez, D., Gutierrez, I., Marentes, F., Vanegas, J. 2015. Conozcamos un componente biológico del suelo para un desarrollo sostenible del cultivo de arroz. Editorial Universidad nacional de Colombia. Primera Ed. ISBN 978-958-761-1-30-4. Bogotá, Co. Pág. 14.

Urzúa, H. (2015). Beneficios de la Fijación Simbiótica de Nitrógeno en Chile. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 32 No2.

ANEXOS



Fig. 6. Lectura de libros



Fig. 7. Recopilación de internet



Fig. 8. Lectura de revistas científicas.