



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA UREA EN  
DIFERENTES MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN EN PALTO, EN EL  
VALLE DE HUANCHAY, PROVINCIA DE OCROS, ÁNCASH”

Trabajo de Investigación para optar el grado académico de:  
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Presentado por:

Lizbeth Miluska Márquez Prieto (0000-0002-4429-2610)

Asesor:

Luis Abraham Gomero Osorio (0000-0002-4739-2094)

Lima – Perú

2019



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°017-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTIFICA**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 15 de enero de 2020

**VISTO:**

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Evaluación del impacto ambiental de la urea en diferentes métodos de fertilización en palto, en el valle de Huanchay, provincia de Ocros, Áncash** presentado por:

- **Márquez Prieto Lizbeth Miluska**

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

**SE RESUELVE:**

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Evaluación del impacto ambiental de la urea en diferentes métodos de fertilización en palto, en el valle de Huanchay, provincia de Ocros, Áncash** con N° de registro de la carrera: **049-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Luis Abraham Gomero Osorio** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



**Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca**  
Director Académico de Carrera  
Ingeniería Ambiental

## **EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA UREA EN DIFERENTES MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN EN PALTO, EN EL VALLE DE HUANCHAY, PROVINCIA DE OCROS, ANCASH**

Márquez Prieto, Lizbeth M. & Gomero Osorio, Luis  
Universidad Científica del Sur, Facultad De Ciencia Ambientales, Carrera profesional de Ingeniería Ambiental. Antigua Panamericana Sur Km 19, Lima.  
[limimarquez@gmail.com](mailto:limimarquez@gmail.com)

### **RESUMEN**

En el presente trabajo de investigación bibliográfico tiene como principal objetivo analizar el uso de fertilizante nitrogenado, que es empleado como nutriente para los cultivos. El fertilizante nitrogenado es muy usado a nivel mundial, debido a que el nitrógeno compensa las limitaciones de ciertos suelos de cultivo y actúa como reactivador de enzimas para la ejecución de procesos esenciales como síntesis de proteína, fotosíntesis, respiración y diferenciación celular, lo cual, maximiza la producción agrícola, para así satisfacer el requerimiento alimenticio de la población mundial. Pero a causa del uso desmedido de este compuesto se ha alterado el ciclo de nitrógeno global, además, se han registrado diferentes impactos negativos al ambiente, como la contaminación de cuerpos acuáticos y atmosféricas, por lo que, se ha logrado recopilar información bibliográfica de estudios que investigan el uso eficiente de nitrógeno o urea, para la cual analizan la dosis aplicada del fertilizante, condiciones climáticas, características del suelo y tipo de cultivo a emplear. Se ha determinado que, a pesar de la existencia de investigaciones, sobre el tema presentado, queda mucho por estudiar.

**Palabras clave:** Nitrógeno, impacto ambiental

### **ABSTRACT (obligatorio)**

In the present research work, the bibliographic research work has as main objective the use of nitrogen fertilizers, which is used as a nutrient for crops.

Nitrogen fertilizer is widely used throughout the world, because nitrogen compensates for the limitations of certain growing areas and as a reactivator of enzymes for the execution of processes such as protein synthesis, photosynthesis, respiration and cell differentiation, that, maximum agricultural production, In order to meet the food needs of the world population. However, negative effects on the environment have also been taken into account, as in the case of aquatic and atmospheric systems, bibliographic information on the studies has been compiled. investigate the efficient use of nitrogen or urea, for the analysis of the applied dose of the fertilizer, the climatic conditions, the characteristics of the soil and the type of crop to be used. It has been determined that, despite the existence of research on the subject presented, much remains to be studied.

**Keywords:** *Nitrogen, environmental impact*

## **REVISIÓN TEÓRICA**

### **1.1. Fertilizante Nitrogenado**

La demanda mundial de fertilizantes nitrogenados aumentó de 111 400 000 toneladas en 2013 a 113 100 000 toneladas en 2014, se espera que rondan las 119 400 000 toneladas para el 2018. La demanda de nitrógeno (N) se incrementó a 6 300 000 toneladas de nitrógeno entre 2014 y 2018, de los cuales, el 58% de estos fertilizantes nitrogenado es empleado en Asia, el 22% en las Américas, 11% en Europa, 8% en África y 1% en Oceanía (FAO, 2015), empleándose como componente nutricional para el suelo, buscando mejorar la calidad y cantidad de la producción de los cultivos. Pero vale mencionar que la contaminación ambiental generada por el nitrógeno está generando costos que exceden el valor agregado de la producción del cultivo, esto a consecuencia de la fertilización

desmedida con N (Sutton et al., 2011). ). En los últimos 50 años, la utilización de fertilizantes nitrogenados se ha elevado, alrededor de, 20 veces y se pronostica que su utilización se intensifique a 180 millones TN para el año 2030.(Verhulst, Grahmann, Cox, y Govaerts, 2015).

Incrementar los niveles de producción, implica desarrollar modelos agrícolas de forma intensivo, lo cual conlleva a un consumo excesivo y desmedido de fertilizantes y agua. Pero este modelo de agricultura intensiva atrae grandes problemas para la sociedad, la economía y el ambiente (perjudicando la calidad del recurso hídrico por contaminación difusa o directa, generando pérdidas de hábitats) (European Environment Agency 2003). Pero, se señala que las características edafoclimáticas en el lugar son los responsables de las pérdidas de nitrógeno de manera gaseosa, causando debilitamiento en la eficiencia del fertilizante (Kissel et al., 2008).

La principal fuente emisora de NH<sub>3</sub> a escala mundial es la agricultura (e.g. 90% en Europa; según Guarino et al., 2007), siendo la fertilización de praderas/cultivos y las actividades de manejo animal, como estabulación y pastoreo, dos de las fuentes que más contribuyen a la emisión de NH<sub>3</sub> a nivel mundial (Díaz et al., 2003; Ross et al., 2002)

Desde la perspectiva agrícola, el origen de los compuestos gaseosos por el empleo de fertilizantes nitrogenados sufre una importante pérdida por la vía suelo-planta (Harrison y Webb, 2001). Rütting, Aronsson, & Delin (2018) quienes indican que los agroecosistemas generan pérdidas de N por los procesos como por lixiviación de nitrato que es considera la principal fuente de contaminación y las emisiones gaseosas de N. Siendo de mayor inquietud el óxido nitroso y el

amoníaco (Howard, y otros, 2011). . Se genera especialmente cuando la urea se aplica de forma desmedida, siendo el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) uno de los principales gases emitidos (Eckard, Chen, White, y Chapman, 2003).

Como principal gas emitido por la aplicación de fertilizante nitrogenado está el amoníaco (Eckard et al., 2003), es un gas cuya inmisión tiene efectos acidificantes y eutrofizantes. El óxido nitroso es sucesor del amoníaco, este es un gas que fuerza al clima y es ligado al descenso de la concentración de ozono atmosférico, lo cual causa que los rayos ultravioletas solares ingresen a la superficie terrestres y generando otras alteraciones en el ambiente que son relevantes (Erisman et al., 2007). Además, al perderse el nitrógeno al espacio ocasiona gasto económico por la preparación del fertilizante y la huella ambiental. La acumulación del amoníaco implica alteraciones ambientales, además, de ser responsable de la acidificación de suelos y lluvias ácidas, dañando áreas de cultivos y bosques (Rex et al., 2018).

### **1.1. Fertilizante urea**

El fertilizante nitrogenado inorgánico tiene como principal constituyente a la urea, siendo la actividad agrícola el mayor consumidor de fertilizante nitrogenado a nivel mundial apropiándose del 90% (Sanz-Cobena et al., 2008) demostrando que es el más popular entre los fertilizantes nitrogenados. Tiene un aspecto sólido granular de color blanco, está compuesta por 46 % nitrógeno (N), 0 % de otros nutrientes. (Grant, C. y Rawluk, C., s.f.). Asimismo, Sommer et al. (2004) señala que la popularidad del uso del fertilizante nitrogenado se atribuye a su elevada concentración de N.

El Nitrógeno es un nutriente importante, ya que, es un componente esencial para el aumento de proteínas en las plantas, responsable de la formación de clorofila por ello esta comprometido con el proceso de la fotosíntesis. Además, está asociado al crecimiento, desarrollo y aumento de la producción de hojas de la planta. Por lo que, los cultivos necesitan cantidades considerables de N para crecer normalmente. (FAO, 2017)

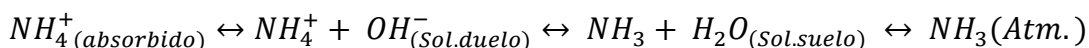
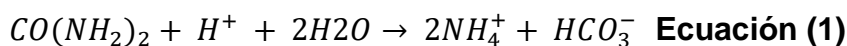
La Fundación para Innovación Agraria, explica que en el año 2010 el uso aparente de urea está alrededor de 149,606 millones de toneladas, aumentando en 1,45 % más que en el 2009, siendo China e India los principales compradores de urea, sumando 78.2% del total mundial, mientras que América del Sur consume 3% del total mundial (DANE, 2012).

### **1.1.2. Comportamiento de la urea en el suelo**

En el momento que la urea es aplicada en el manto superior del suelo, se lleva a cabo el proceso de hidrólisis en la que obtiene amonio y esto se debe a la actividad de la ureasa (Whitehead, 1995) (Ecuación 1). La urea tiene la propiedad de responder inmediatamente a la humedad del medio donde fue aplicado y esto se desarrolla por la cualidad higroscópica del fertilizante. Además, del proceso de hidrólisis de la urea se genera bicarbonato (Ecuación 2), que transitoriamente, aumenta el pH del suelo en el punto del proceso de hidrólisis.

Conjuntamente, el amonio impregnado y el amonio que forma parte de la solución del suelo con el amoniaco en solución, más el amoniaco en fase gaseosa del suelo y en la atmósfera se instaura un equilibrio entre todos estos compuestos (Erratt,C. y Trick, 2018).

El pH rige sobre la conversión de amonio a amoníaco, y viceversa. De la misma forma (Sommer et al., 2004), indica que la humedad del suelo influye en el incremento del pH entorno al grano de urea, lo que surge del uso de protones. La mayor probabilidad de que exista pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco es cuando el equilibrio entre amonio y amoníaco se ve alterado, lo que favorece a la volatilización de amoníaco a la atmósfera (Sommer et al., 2004) (Ecuación 3). Las altas temperaturas y el pH mayor a siete, beneficia en gran medida al porcentaje de N, que se halla en forma de amoníaco en comparación a nitrógeno en forma de amonio.



**Ecuación (3)**

**1.1.3. Ventajas y Desventajas de la urea como fertilizante**





## 1.2. Fuente de contaminación difusa del nitrógeno

En el transcurso de los últimos años, la humanidad se ha convertido en la fuente principal y permanente de contribución de nitrógeno al ambiente, esto se debe a las diferentes actividades que realiza el hombre, como es el uso de combustibles fósiles, empleo indiscriminado de fertilizantes nitrogenados y la demasía de cultivos de legumbres, (Galloway et al. 2004).

Se llama contaminación difusa por nitrógeno a un cuerpo de agua, superficial o subterránea, que se combina con aguas cargadas de nitrógeno provenientes por infiltración o escorrentía de diferentes puntos, principalmente de origen antrópico, por prolongados espacios de tiempo. En el caso de contaminaciones en áreas específicas, la introducción del contaminante se origina en un espacio condicionado mientras que la mitigación se realiza mediante un tratamiento de efluentes, usualmente en un sistema de autorización de descarga (O'Shea, 2002).

Según (Hammond y Mathews, 1999), el movimiento del ión nitrato en el ambiente da inicio a los procesos de contaminación difusa, justificado por su persistencia, alto nivel de solubilidad y limitada reactividad. Los procesos a los que se refiere son normalizados por un grupo de factores, como el sustrato geológico, infiltración del suelo, características climáticas, usos de suelo y topografía, que limitan las contribuciones de nitrógeno, como la movilización o mitigación del mismo (Lilly et al. 2001).

La lixiviación y escorrentía de nitrato de procedencia agrícola son las principales fuentes difusas de contaminación por nitrógeno (Ball et al. 2005), ocasionado por la aplicación en demasía de fertilizante nitrogenado y del agua para riego que

supone el método preponderante de la agricultura intensiva (Candela, 1998). Además, existen otros factores que son importantes en el proceso de contaminación difusa por nitrógeno como es la mala disposición y gestión del excremento animal, derrames y liberación de agua residuales (Mitchell, 2005; Ellis y Mitchell, 2006).

### **1.3. Impactos ambientales de la urea**

El nitrógeno en el ambiente ocasiona diferentes efectos. En primer lugar, logra alterar la composición de especies, porque, algunos organismos son susceptibles a los efectos de los compuestos nitrogenados. En segundo lugar, los nitritos podrían generar numerosas consecuencias sobre la salud de las personas, así como en animales. (Jaén, y González, 2018)

#### **1.3.2. Recurso hídrico**

El nitrógeno en forma de nitratos llega a perjudicar la calidad de las aguas subterráneas y superficiales, es uno de los problemas ambientales más críticos. El suelo permite que los nitratos se trasladan con facilidad a través de él, y a causa de que este compuesto es muy soluble en agua, llega a penetrar todos los horizontes llegando a las aguas subterráneas donde se mantienen durante muchos años, el punto más alarmante es que la aplicación de nitrógeno con el paso del tiempo tiende a ser acumulativo (Pacheco y Cabrera, 2003). Es así que las concentraciones excesivas de amonio, dióxido de nitrógeno y amoniaco promueven la proliferación y mantenimiento de algas bentónicas, macrófitos y fitoplancton, que son productores primarios cooperando con la eutrofización de los ecosistemas acuáticos (Wetzel, 2001).

El origen de la eutrofización está demasiado ligada a las actividades agrícolas intensivas (Jaén, E., y González, G. 2018). Los ingresos de nutrientes en las masas de agua generan una alteración en los ciclos de C y O del sistema acuático, desencadenando aumento de la biomasa, incrementando la turbidez y índice de respiración de organismos heterótrofos. Al mantenerse esta orientación, la cantidad de materia se incrementará y cuando empiece a degradarse por microorganismos orgánica originará hipoxia del agua, generando gases como amoníaco y metano (Smith, 2003). Las consecuencias por este proceso es la pérdida de biodiversidad, además, ocasiona interrupciones en las relaciones tróficas (Anderson et al., 2002).

Food and Agriculture Organization of the United Nations; Ongley, E.D., (1997) señala que más de un millón de habitantes de Lituania se abastecen de agua, que provenientes de pozos pocos profundos y que el 50% de estas aguas no son recomendados para el consumo humano por la presencia de diferentes contaminantes, como compuestos nitrogenados y plaguicidas. Además, la elevadas concentraciones de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ , promueven el origen, mantenimiento e incremento de fitoplancton, algas bentónicas, macrófitos, los cuales contribuyen con el fenómeno de eutrofización cultural de los ecosistemas acuáticos (Camargo & Alonso, 2007).

### **1.3.3. Atmósfera**

#### **1.3.3.1. Desnitrificación**

El proceso de desnitrificación, genera emisiones ( $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ) que pueden disminuir la capacidad de nitrógeno en el suelo, asimismo el  $\text{N}_2\text{O}$  es descendiente indirecto del amoníaco, el cual, está relacionado de forma directa

a la reducción de la concentración de ozono atmosférico, permitiendo el ingreso de los rayos ultravioletas a la superficie de la tierra y provocando diferentes impactos ambientales de suma importancia para él (Galloway et al., 2008). Pero la actividad microbiana del suelo es una vía de producción de  $N_2O$ , conocida, pero poco considerada (Butterbach-Bahl, Baggs, Dannenmann, Kiese, y Zechmeister-Boltenstern, 2013).

### **1.3.3.2. Volatilización**

El ión amonio, es la forma del nitrógeno mineral aplicado en el suelo y mediante el proceso de volatilización se transforma en amoníaco, llegando así a la atmósfera. Para este proceso el pH del suelo es primordial, ya que interviene en la ecuación de equilibrio que se da entre el amoníaco y amonio (Russo 1985). Las altas valorizaciones de alcalinidad fomentan un incremento en el porcentaje de N en apariencia amoniacal, en referencia al N con apariencia de amonio. La CIC, la temperatura, el contenido del material orgánica y la textura de suelo son otros factores involucrados.

Para la ejecución de la emisión de amoníaco es primordial que se realice la hidrólisis de la urea, estando estrechamente relacionada a la acción de la ureasa (Gioacchini et al., 2002). La ureasa tiene como principal influencia al pH, temperatura, capacidad volumétrica del agua en el suelo, carbono orgánico y la cantidad inicial de nitrógeno amoniacal. La fuente que genera mayores pérdidas de nitrógeno aplicado es cuando se forma  $N-NH_4$  por el incremento del porcentaje de nitrógeno débil debido al proceso de hidrólisis genera el incremento del porcentaje de nitrógeno débil al formarse  $N-NH_4$ . Un ejemplo de lo mencionado, es que el descenso de la cantidad perdida de amoníaco por

volatilización se da usualmente entre 5 a 10 días a causa de la disminución del porcentaje del nitrógeno amoniacal, en condiciones del lugar (Sommer et al., 2004).

Se ha identificado tasas despreciables de hidrólisis de urea en suelos secos, con capacidad de humedad por debajo del punto de marchitez constante (Kissel et al., 2008). Sommer et al. (2004) señala que la lluvia menor a 10 mm genera una mínima secuela sobre la cantidad de emisión de amoniaco, entretanto las lluvias con 10 a 16 mm disminuye las pérdidas de nitrógeno en caso la urea continúe de manera no hidrolizada, y aquellas lluvias de 20 a 25 mm no generan pérdidas por volatilización. Esto es respaldado por los resultados revelados anteriormente por Black et al. (1987; 1985).

De otro modo, el modo físico de suministrar la urea al suelo puede ser como solución o polvo, pero ambos modos de aplicación, también, generan un efecto sobre las características de la volatilización de amoniaco con correlación a difusión y disolución de la urea en el contorno del suelo. Además, Sommer et al. (2004), dice que la emisión acontecerá antes, a consecuencia de la rapidez con la que se hidrolizarán las partículas y esto está ligado a las formas de gran tamaño y a un menor diámetro. Para concluir, es importante tener en cuenta que, en condiciones de campo el suelo puede admitir nitrógeno orgánico en forma ureica, proveniente de la orina del ganado, y no sólo el nitrógeno aplicado como ureasa (Webb, 2001).

➤ **Formas para reducir la volatilización de NH<sub>3</sub>**

Existen diferentes estrategias para minimizar las pérdidas de N por el proceso de volatilización de amoniaco al ser aplicado como fertilizante en el campo; para

ello es necesario e indispensable la aplicación de adecuadas prácticas agrícolas, como es el buen manejo de las áreas (Sheppard y Bittman, 2013). Dentro del buen manejo se inserta la elección del mejor tipo de fertilizante a aplicarse en el terreno, empleándolo en dosis adecuadas, época más apropiada y teniendo en cuenta las demandas de las plantas y la fertilidad del suelo (Eckard et al., 2003).

Se debe tener en cuenta ciertas características, porque al aplicar nitrógeno en los suelos, algunas de estas fomentan las emisiones de gases amoniacaes, como es la poca humedad en el suelo antes y después de la aplicación del fertilizante; escasez de lluvia posterior a la aplicación; incremento de la temperatura; suelos con pH alcalino; nivel CIC bajo; poco contenido de MO; residuos de cultivos en el suelo pueden obstaculizar el ingreso del fertilizante al suelo; vientos fuertes por periodos prolongados, estos generan la resecación del suelo; y determinar que el terreno se encuentre en periodo de crecimiento activo (Sommer et al., 2004; 2003; 1991; Sommer y Hutchings, 2001).

#### **1.4. Uso eficiente del nitrógeno**

La eficiencia del uso de nitrógeno presenta distintas definiciones y perspectivas. Una de estas definciones indica que el EUN es una relación de productividad del grano por unidad de nitrógeno utilizable en el suelo, incluyendo la cantidad de nitrógeno presente en el suelo residual y el nitrógeno aplicado. Pero se debe considerar que no todo el nitrógeno libre en la plata proviene de fertilizantes nitrogenados. La eficiencia del uso de nitrógeno es una acción del sistema edáfico, la dinámica del suelo con la acción de las bacterias, características climáticas, y el origen de la fuente de nitrógeno inorgánico y orgánico

Para determinar la EUN se apoya en un balance parcial del nitrógeno, Grahmann et al. (2013).

$$EUN = \frac{N_{ex}}{N_{apl}}$$

**Donde:**

**N<sub>ex</sub>:** Nitrógeno exportado del campo a los cultivos  
 aplicado

**N<sub>apl</sub>:** Nitrógeno

#### **1.4.2. Antecedentes de Uso Eficiente de Nitrógeno**

Debido a estas problemáticas ambientales en el mundo por el uso de la Urea, se han realizado investigaciones acerca de la eficiencia del uso de nitrógeno (NUE) que se define como el rendimiento de materia seca producida por unidad de N suministrado y disponible en el suelo.

Marisa (Maturano, Valero, Guevara, y Martin-Benito, 2002) en su artículo de uso de agua y nitrógeno en la agricultura sostenible evalúa los la eficiencia del uso del N y el N residual, para el estudio de la dinámica de absorción de nitrógeno, se midió la evolución del contenido de nitrógeno en planta mediante su determinación en hoja, tallo, panícula + zuro + brácteas, y grano. La determinación de N se hizo sobre muestra tamizada en malla de 1mm. El método empleado fue el de Kjeldhal. Teniendo como resultado que las concentraciones aplicadas de N tienen relación con la cantidad de N residual, que por consecuencia tendrá efectos negativos en el ambiente, es decir que en la aplicación de 100 kg N/ tiene menor pérdida de N a diferencia de una aplicación de 400 kg N/ha; de este mismo modo (Mi, Chen, y Zhang, 2007) estudian Mecanismos fisiológicos y genéticos para Eficiencia del uso de nitrógeno en el

maíz, tomando el maíz como muestra de cultivo, este artículo revisa la respuesta de las plantas al bajo estrés de N, el efecto fisiológico procesos que pueden controlar la eficiencia del uso de N en condiciones de entrada de N bajo, y los aspectos biológicos y genéticos moleculares del uso de N eficiencia. El gran desafío fue aumentar los rendimientos de los cultivos mientras se reducen los insumos de N fertilizante. Si bien los programas de mejoramiento moderno han apuntado a aumentar los rendimientos de maíz en insumos altos de N, la capacidad de absorber más N por los híbridos modernos con bajo suministro de N se ha mejorado simultáneamente. Se logró identificar algunos rasgos cuantitativos y genes relacionados con el rendimiento del maíz, así como los rasgos de la raíz se han identificado. Sin embargo, su importancia en la mejora de maíz NUE a bajo N las entradas en el campo deben ser aclaradas. También (Mastrodomenico, Hendrix, & Below, 2018) realizaron un estudio con referencia a la eficiencia del uso del nitrógeno y la variación genética de Germen De Maíz De Protección De Variedad De Plantas Vencidas, la eficiencia en el uso de nitrógeno (NUE) en maíz (*Zea mays* L.) es un rasgo importante para optimizar el rendimiento con un aporte mínimo de fertilizante de nitrógeno (N). Certificado por la Ley de Protección de Variedades Vegetales (ex-PVP). El germoplasma puede ser un recurso genético importante para los sectores de mejoramiento público. Los objetivos de esta investigación fueron evaluar la variación genética de los rasgos de uso de N y caracterizar los ex brotes de maíz de PVP que se adaptan al Cinturón de Maíz de los Estados Unidos para el desempeño de NUE. Ochenta y nueve ex brotes de PVP (36 sintéticos de tallo rígido (SSS) y 53 sintéticos de tallo no rígido (NSSS)) se genotiparon utilizando 26,769 polimorfismos de un solo nucleótido, luego se cultivaron 263 híbridos de maíz de un solo cruzamiento



derivados de estos híbridos ocho ambientes desde 2011 hasta 2015 a dos tasas de fertilizantes N (0 y 252 kg N ha<sup>-1</sup>) y tres repeticiones. Utilización genética del nitrógeno inherente del suelo y el rendimiento. La respuesta al fertilizante N fue estable en todos los ambientes y se correlacionó altamente con el rendimiento en condiciones de N bajo y alto, respectivamente. El análisis de conglomerados identificó las raíces con rendimiento deseable de NUE. Sin embargo, solo una endogamia (PHK56) se clasificó en el 10% superior para el rendimiento en ambas condiciones de N-stress y N alta. La heredabilidad de sentido amplio en 12 rasgos de uso de N diferentes varió de 0,11 a 0,77, pero no se asoció con la precisión del valor de reproducción. La tolerancia al estrés por nitrógeno fue Se correlaciona negativamente con el aumento de rendimiento del fertilizante N.

### **CONCLUSIÓN**

Se concluye del presente trabajo, que el crecimiento poblacional a nivel mundial, falta de asesoramiento técnico hacia los agricultores son las principales razones por la cual la agricultura, en la actualidad, aplica excesivas cantidades de fertilizantes nitrogenados en los cultivos.

Las aplicaciones desmedidas de nitrógeno en el ecosistema generan impactos graves al ambiente como es contaminación atmosférica, a través de la emisión de N<sub>2</sub>O, acidificación de suelo, eutrofización de cuerpos de agua.

Existen muchas investigaciones acerca del uso eficiente de nitrógeno, sin embargo, aún existen vacíos, debido a que estas investigaciones tienen como variables de estudio las características climáticas, tipo de cultivo, características del suelo, dosis de nitrógeno y método de aplicación, la cuales son muy complejas y difíciles de correlacionar.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alfaro, M., Salazar, F., Iraira, S., Teuber, N., Villarroel, D., y Ramírez, L. (2008). Nitrogen, Phosphorus and Potassium Losses in a Grazing System with Different Stocking Rates in a Volcanic Soil. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(2), 146–155. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392008000200004>
- Ball DF, MacDonald AM, Lilly A (2005). Agriculture and diffuse pollution: groundwater nitrate vulnerable zones in Scotland. *Scottish J Geology*, 41: 61-68
- Beisel WR (1982). Synergism and antagonism of parasitic diseases and malnutrition. *Rev Infect Dis*, 4: 746-750.
- Butterbach-Bahl, K., Baggs, E. M., Dannenmann, M., Kiese, R., y Zechmeister-Boltenstern, S. (2013). Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 368(1621), 20130122. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0122>
- Camargo, J. A., y Alonso, A. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas*, 16 (2)(2), 98–100. <https://doi.org/10.7818/457>
- DANE, M. y I. (2012). Importancia de los fertilizantes nitrogenados, 76.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Ministerio de Agricultura y

- Desarrollo Rural, y Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario. (2012). Importancia de los fertilizantes nitrogenados.
- Eckard, R. J., Chen, D., White, R. E., y Chapman, D. F. (2003). Gaseous nitrogen loss from temperate perennial grass and clover dairy pastures in south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54(6), 561–570.
- Erismán, J. W., Bleeker, A., Galloway, J., y Sutton, M. S. (2007). Reduced nitrogen in ecology and the environment. *Environmental Pollution*, 150(1), 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.033>
- Erratt, K. J., Creed, I. F., y Trick, C. G. (2018). Comparative effects of ammonium, nitrate and urea on growth and photosynthetic efficiency of three bloom-forming cyanobacteria. *Freshwater Biology*, 63(7), 626–638. <https://doi.org/10.1111/fwb.13099>
- European Environment Agency (2003). Europe's water: An indicator-based assessment Summary. Copenhagen, 2003
- FAO. (2015). *Food and Agriculture Organization (FAO). (2015). World fertilizer trends and outlook to 2018.*
- FAO. (2017). Funciones de los elementos en la planta, 28. Retrieved from [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/6a.pdf](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/6a.pdf)
- Galloway JN, Aber JD, Erismán JW, Seitzinger SP, Howarth RW, Cowling EB, y Cosby BJ (2003). The nitrogen cascade. *Bioscience*, 53: 341-356.

Galloway JN, Dentener FJ, Capone DG, Boyer EW, Howarth RW, Seitzinger SP, Asner GP, Cleveland CC, Green PA, Holland EA, Karl DM, Michaels AF, Porter JH, Townsend AR, y Vorosmarty CJ (2004). Nitrogen cycles: Past, present and future. *Biogeochemistry*, 70: 153-226.

Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., y Sutton, M. A. (2008). Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320(5878), 889–892. <https://doi.org/10.1126/science.1136674>

Gioacchini, P., Nastri, A., Marzadori, C., Giovannini, C., Antisari, L. y C. Gessa. 2002. Influence of urease and nitrification inhibitors on N losses from soils fertilized with urea. *Biology and Fertility of Soils* 36(2):129-135.

Jaén, M., Esteve, P., y González, B. (2018). Problemáticas ambientales en las que confluyen ciclos biogeoquímicos . Propuesta para la educación secundaria, 2(1), 30–39.

Kissel, D., Cabrera, M. y S. Paramasivam. 2008. Ammonium, ammonia, and urea reaction in soils. In: Schepers, J., Raun, W. (Eds.), *Nitrogen in Agricultural Systems*. American Society of Agronomy, Madison, WI. USA, p. 101-155.

Mastrodomenico, A., Hendrix, C., y Below, F. (2018). Nitrogen Use Efficiency and the Genetic Variation of Maize Expired Plant Variety Protection Germplasm. *Agriculture*, 8(1), 3. <https://doi.org/10.3390/agriculture8010003>

Maturano, M., Valero, A. de J., Guevara, E., y Martin-Benito, J. M. T. (2002). Estudio del uso del agua y del nitrógeno dentro del marco de una agricultura sostenible en las regiones maiceras Castellano-Manchega y Argentina.

*Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria\Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.*

Mi, G., Chen, F., y Zhang, F. (2007). Physiological and genetic mechanisms for nitrogen-use efficiency in maize. *J. Crop Sci. Biotech*, 10(2), 57–63. Retrieved from <http://www.cropbio.org/contribute/paperfiles/57-63.pdf>

Okumura, R. S., Mariano, D. C., y Zaccheo, P. V. C. (2011). Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada Nas Ciências Agrárias*. <https://doi.org/10.5777/PAeT.V4.N2.13>

O’Shea L (2002). An economic approach to reducing water pollution: point and diffuse sources. *Sci Total Environ*, 282: 49-63.

Pacheco, J., y Cabrera, A. (2003). Artículo de Divulgación Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. *Ingeniería*.

Ratjen, A. M., y Kage, H. (2018). Predicting the site specific soil N supply under winter wheat in Germany. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 110(1), 71–81. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9850-1>

Rex, D., Clough, T. J., Richards, K. G., de Klein, C., Morales, S. E., Samad, M. S., y Lanigan, G. J. (2018). Fungal and bacterial contributions to codenitrification emissions of N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> following urea deposition to soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 110(1), 135–149. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9901-7>

Rütting, T., Aronsson, H., y Delin, S. (2018). Efficient use of nitrogen in agriculture.

*Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 110(1), 1–5.  
<https://doi.org/10.1007/s10705-017-9900-8>

Salvagiotti A., F. . V. (2006). Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su efecto en el rendimiento del cultivo de maíz, 96–102.

Sommer, S., Schjoerring, J. and O. Denmead. 2004. Ammonia Emission from mineral fertilizers and fertilized crops. *Advances in Agronomy* 82:558-622.

Sutton, M. A., Oenema, O., Erisman, J. W., Leip, A., van Grinsven, H., y Winiwarter, W. (2011). Too much of a good thing (Commentary). *Nature*, 472(7342), 159–161. <https://doi.org/10.1038/472159a>

Verhulst, N., Grahmann, K., Cox, R., y Govaerts, B. (2015). Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación. *Mas Agro*, 12. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-010714-112311>