



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA



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:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“Importancia de la zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes
nitrogenados, para incrementar los rendimientos en el cultivo de
arroz (*Oryza sativa* L.) en el Ecuador”

AUTORA:

Cynthia Lisbeth García Pinela

TUTOR:

Ing. Agr. David Mayorga Arias, Mg. IA.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios por la vida y la oportunidad de

Culminar mis estudios.

A mi padre José Miguel García Acosta.

A mi madre Elena Adelaida Pinela Nieto.

A mi esposo Fernando David Moreira Yépez.

A mi pequeño hijo Sebastián Isaías Moreira García.

A mi hermana Elena García Pinela.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo por haberme abierto las puertas y formarme profesionalmente.

Al Ingeniero David Mayorga Arias, Tutor de mi trabajo de titulación por valiosa ayuda y colaboración prestada para el desarrollo de la tesina.

A todos los docentes de dicha institución por sus aprendizajes impartidos a lo largo de mi carrera.

A mis amigos y compañeros que empezamos con nuestro desarrollo profesional y aportación de mis conocimientos que esta el momento siguen presentes.

RESUMEN

Desde la antigüedad, el cultivo de arroz ha sido considerado como el principal producto alimenticio de consumo masivo, generando ingresos económicos a los productores que se encargan de cultivar esta gramínea. La mayoría de los suelos se han degradado por el uso indiscriminado de fertilizantes, específicamente la aplicación de urea, siendo necesario que fertilizantes sean aplicados conjuntamente con productos que mejoren la absorción del nitrógeno; siendo la zeolita, que ayuda a incrementar los rendimientos de los cultivos y disminuyendo dosis de nitrógeno aplicada. Para la ejecución de presente documento se recopiló información de libros, revistas, periódicos, ponencias, congresos, información de sitios web que fueron sometidas a la técnica de análisis – síntesis y parafraseo. Las conclusiones determinaron que la zeolita tiene la propiedad de acumular el agua de riego, para después liberarla poco a poco según la planta lo necesite. Retiene minerales como potasio, calcio, magnesio y nitrógeno; las dosis de aplicación varían con las características de los suelos y otros factores, pudiendo aplicarse al suelo localizada o a voleo, también la mezcla de la zeolita con fertilizantes minerales ha mostrado ser una buena opción para incrementar la efectividad de los fertilizantes nitrogenados o potásicos; las cantidades de zeolita y fertilizante por aplicar se calculan con base en las características del suelo y las necesidades de los cultivos. Una proporción de uso generalizada es sustituir el 25 % de la dosis de nitrógeno recomendada para la zona por zeolita; la utilización de fertilizantes nitrogenados, mezclados con zeolita permiten sustituir aproximadamente el 25 % de fertilización nitrogenada, lo que permite incrementar el rendimiento de grano por unidad de superficie y la aplicación de zeolita contribuye como mejorador de suelos y ayuda a reducir el costo de producción por hectárea, en aproximadamente un 5 %.

Palabras claves: arroz, nitrógeno, lixiviación, zeolita.

SUMMARY

Since ancient times, rice cultivation has been considered as the main food product for mass consumption, generating economic income for the producers who are in charge of cultivating this grass. Most of the soils have been degraded by the indiscriminate use of fertilizers, specifically the application of urea, requiring fertilizers to be applied together with products that improve nitrogen absorption; being zeolite, which helps to increase crop yields and decreasing at applied nitrogen dose. For the execution of this document, information was collected from books, magazines, newspapers, presentations, conferences, and information from websites that were subjected to the analysis-synthesis and paraphrase technique. The conclusions determined that the zeolite has the property of accumulating the irrigation water, to later release it little by little as the plant needs it. It retains minerals like potassium, calcium, magnesium and nitrogen; application rates vary with soil characteristics and other factors, and can be applied to localized soil or broadcast, also mixing zeolite with mineral fertilizers has proven to be a good option to increase the effectiveness of nitrogen or potassium fertilizers; the amounts of zeolite and fertilizer to be applied are calculated based on the characteristics of the soil and the needs of the crops. A widespread use ratio is to substitute 25% of the recommended nitrogen dose for the area with zeolite; The use of nitrogenous fertilizers, mixed with zeolite, allows replacing approximately 25% of nitrogen fertilization, which allows to increase the grain yield per unit area and the application of zeolite contributes as a soil improver and helps to reduce the production cost by hectare, in approximately 5%.

Key words: rice, nitrogen, leaching, zeolite.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN	iv
SUMMARY.....	v
INTRODUCCIÓN	1
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	4
1.5. Fundamentación teórica.....	5
1.6. Hipótesis	22
1.7. Metodología de la investigación	22
II. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1. Desarrollo del caso	22
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)	23
2.3. Soluciones planteadas.....	23
2.4. Conclusiones	24
2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso)	25
Por lo detallado anteriormente, se recomienda:	25
BIBLIOGRAFÍA	26

INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempos remotos, el arroz es uno de los principales productos consumidos a nivel mundial, constituyendo el alimento básico, por su alto contenido de vitaminas y carbohidratos indispensables para el consumo humano.

Este cereal aporta muy poca cantidad de grasa, que representa tan solo un 0,2% de su contenido en nutrientes y, como todos los alimentos de origen vegetal, no contiene colesterol. La proteína del arroz está presente en un 7 %, y es deficiente en un aminoácido esencial, la lisina. No obstante, combinándolo con otros alimentos, como las legumbres, se puede obtener excelente calidad proteica, al complementarse sus aminoácidos (Puleva, 2018).

En el Ecuador, en el año 2019 se cosecharon aproximadamente 288 797 hectáreas, con una producción de 1 668 523 toneladas métricas y un rendimiento promedio de 5,78 t/ha. En cuanto a la participación de las provincias en la producción nacional, Guayas aportó con 68,46 %, Los Ríos 24,76 %, Manabí 3,37 %, Loja 2,32 % y El Oro 1,09 %. La provincia que alcanzó el mayor rendimiento promedio fue Loja con 10,01 t/ha, mientras que Los Ríos alcanzó las 4,32 t/ha (MAG, 2019).

El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos en la agricultura, especialmente de la urea, con el pasar del tiempo ha provocado la disminución de las propiedades físicas del suelo cultivable y pérdida de la materia orgánica en el suelo.

Las zeolitas son enmiendas que mejoran las propiedades químicas de los suelos y son efectivas para incrementar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la zona de las raíces y disminuir las aplicaciones de fertilizantes, reduciendo las pérdidas por volatilización y lixiviación de los mismos. Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos y porosos que les permite el intercambio iónico sin cambiar su estructura atómica. Las zeolitas son apropiadas para retener

iones como el amonio (NH_4^+) y retrasar el proceso de nitrificación, reduciendo la lixiviación de amonios y nitratos hacia aguas subterráneas gracias a su alta CIC del orden de 120 a 200 cmol (+) kg^{-1} . Inclusive investigadores han reportado que las zeolitas tratadas pueden incrementar hasta once veces la capacidad de retención de amonio, pudiéndolas clasificar como fertilizantes de liberación lenta (Soca, 2018).

El presente documento trató temarios referentes a la importancia de la zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados, para incrementar los rendimientos en el cultivo de arroz.

I. MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata lo referente a la importancia de la zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados, para incrementar los rendimientos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).

Es importante detallar que la zeolita o ceolita son minerales del grupo del aluminio-silicato hidratados que se presentan preferentemente en las rocas de origen volcánico donde se agrupan en cantidades industriales y constituyen yacimientos. Hasta octubre del 2012 se habían identificado doscientos seis tipos de zeolitas según su estructura, de los cuales más de cuarenta se encuentran en la naturaleza y los restantes son sintéticos. Debido a la alta capacidad de intercambio iónico de la zeolita y a su habilidad para absorber humedad, es perfecta para incrementar la eficiencia de los fertilizantes y reducir la lixiviación y volatilización de los nutrientes (Agricultura, 2020).

1.2. Planteamiento del problema

La población se ve afectada en los últimos tiempos por la falta de suministros básicos para su alimentación entre los que se destacan los cereales y dentro de este grupo el arroz (*Oryza sativa* L.), cuya demanda no supe el crecimiento acelerado de la humanidad.

El cultivo de arroz sufre múltiples problemas durante su desarrollo y cosecha, lo que se ve reflejado entre la falta de materiales resistentes, escasa utilización de paquetes tecnológicos, incidencia de plagas y enfermedades, escaso uso de fertilizantes, elevados costos de producción y falta de gestión de organismos gubernamentales durante el proceso de comercialización.

Generalmente la mayoría de los agricultores de esta gramínea, apuntan su producción con una buena fertilización, aplicando productos a base de fuentes

nitrogenadas que muchas veces se lixivian, volatilizan y desnitrifican de manera acelerada sin utilizar alternativas complementarias suplir este proceso. La zeolita, siendo una alternativa para solucionar el uso eficiente de los fertilizantes nitrogenados y la absorción de nutrientes, no es un elemento que genera confianza a los agricultores; por tanto, existen pérdidas en la productividad del cultivo por el escaso conocimiento de utilizar productos que ayuden a la fertilización de los suelos.

1.3. Justificación

Desde la antigüedad, el cultivo de arroz ha sido considerado como el principal producto alimenticio de consumo masivo, generando ingresos económicos a los productores que se encargan de cultivar esta gramínea y fomentando empleo a la mayoría de las personas que habitan en zonas rurales aledañas a la producción de la plantación.

La mayoría de los suelos se han degradado por el uso indiscriminado de fertilizantes, específicamente la aplicación de urea, lo que ha provocado la disminución de la materia orgánica, siendo necesario que fertilizantes sean aplicados conjuntamente con productos que mejoren la absorción del nitrógeno, el cual se pierde por la volatilización del amonio o lixiviación de nitratos.

Uno de los productos es la zeolita, que posee mayor capacidad de intercambio catiónico y que promueve la eficiencia de fertilizantes nitrogenados, incrementando los rendimientos de los cultivos y disminuyendo a dosis de nitrógeno aplicada.

1.4. Objetivo

1.4.1. General

Verificar la importancia de la zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados, para incrementar los rendimientos en el cultivo de arroz.

1.4.2. Específicos

- Identificar los beneficios de la zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados.
- Establecer la importancia de la zeolita para incrementar los rendimientos del cultivo de arroz.

1.5. Fundamentación teórica

Para Rives et al., (2017) mencionan que:

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial; se considera el más importante del mundo por la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de personas que dependen de su cosecha. Constituye uno de los cereales más ampliamente cultivados en el mundo, con una producción promedio anual de aproximadamente 476 millones de toneladas métricas.

Badía et. al., (2015) difunde que:

El arroz es uno de los cereales más importantes en el mundo y particularmente constituye un alimento básico en la dieta de la población. En el mundo en general se ha incrementado la producción anual de arroz en los últimos años. Sin embargo, hace más de una década se está observando un descenso en la productividad y en la calidad del suelo de muchas áreas arroceras en las que se lleva cabo un cultivo intensivo.

Granados y Chaparro (2015) indican que:

El arroz (*Oryza sativa* L.) es cultivado en 113 países, en todos los continentes y está profundamente integrado en el patrimonio cultural de muchas sociedades. Es considerado como uno de los cultivos de mayor importancia para la alimentación mundial, ya que es el alimento básico de más de la mitad de la población del mundo y el 40 % depende de éste

para el 80 % de su dieta. Los sistemas basados en el arroz apoyan enormes reservas de agrobiodiversidad, que sirven para salvaguardar el medio ambiente, aumentar los medios de subsistencia y enriquecer la alimentación de la población.

De acuerdo a Cárdenas, et. al. (2016):

Siendo el arroz el principal cereal consumido en el Ecuador y de igual manera en otros países en el mundo, su cultivo, producción y cosecha son de suma importancia para la economía y alimentación de muchos países; y lo seguirá siendo por muchos años más debido a que el arroz es la base de la alimentación diaria de los ecuatorianos y que se complementa con otros alimentos para una correcta nutrición.

Rives et al., (2017) divulga que:

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando su textura desde arenosa a franco - arcilloso. Se acostumbra a cultivar en suelos de textura fina y media, que son propios del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y los deltas de los ríos. La textura del suelo desempeña un papel importante en el manejo del riego y los fertilizantes.

Díaz et. al., (2019) explica que:

La población mundial en rápido crecimiento ha hecho necesario un incremento de la producción de alimentos, lo que ha llevado a un aumento en el uso de fertilizantes químicos. Sin embargo, a pesar de que permiten una mayor productividad, los sistemas agrícolas de altos insumos generan problemas medioambientales, por otra parte, el creciente desarrollo de la agricultura ha favorecido la demanda de nuevos productos que permiten el desarrollo de los cultivos y el incremento de las producciones agrícolas, sin contaminar el medioambiente.

Sierra y Moreno (2018) expresan que:

Durante los últimos años la agricultura se ha caracterizado por el uso intensivo de fertilizantes químicos y plaguicidas para mantener altas producciones, sin tener en cuenta que se ocasiona destrucción de los agroecosistemas, evidenciado principalmente en la pérdida de productividad de los suelos, alteración de la calidad de los productos agrícolas, contaminación del ambiente y problemas de salud en la población. Esta problemática se ha extendido a diferentes cultivos, siendo de especial interés para nuestro país el cultivo de arroz, por ser un alimento básico en la dieta, y por la importancia económica que representa. En este cultivo la eficiencia de los fertilizantes químicos aplicados es muy baja, lo cual ocasiona que se aplique más fertilizante del realmente necesario, trayendo las consecuencias antes mencionadas y, además, incrementos en los costos de producción.

Badía et. al., (2015) señala que:

Considerando la importancia para la alimentación del ser humano y que los procesos naturales constituyen alternativas ecológicas y económicas para la sustitución parcial o total de fertilizantes químicos, se trabaja en función de utilizar productos alternativos o complementarios, con el objetivo de elevar las producciones de los cultivos agrícolas, especialmente del arroz, y a la vez contrarrestar el impacto negativo sobre el medio ambiente.

Cárdenas, et. al., (2016) argumenta que:

La mayor área sembrada de arroz en el país está en la zona costera, aunque también se siembra en las estribaciones andinas y en la Amazonía, pero en cantidades poco significantes. Dos provincias, Guayas y Los Ríos, representan el 83% de la superficie sembrada de arroz en el Ecuador. Otras provincias que cultivan arroz son: Manabí (11 %), Esmeraldas (1 %), Loja (1 %), Bolívar (1 %); siendo el restante 3 % distribuido en las otras provincias. En términos de producción, Guayas

tiene el 47 % y Los Ríos el 40 %. La provincia de Manabí posee el 8 % y las restantes provincias productoras representan producciones menores y, por tanto, su rendimiento es también más bajo que las principales zonas productoras.

Para Méndez-Argüello y Lira-Saldiva (2019):

En los sistemas agrícolas emanados de la Revolución Verde, el empleo de agroquímicos sintéticos deteriora la composición de los suelos, debido al incremento de metales pesados, agentes tóxicos y disminuye la fertilidad natural. Además, la poca o nula incorporación de materia orgánica que proporcionan los fertilizantes inorgánicos, hace que los microorganismos benéficos sean perjudicados y afecta la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes. La Nueva Revolución Verde implica una clara tendencia en promover una agricultura intensiva ecológica o sustentable, para hacer un uso eficiente de los insumos agrícolas sin deteriorar los agro ecosistemas, lo que motiva la producción de alimentos con productos y tecnologías innovadoras. Para lograr mayor eficiencia en el uso de agro insumos y el rendimiento de los cultivos, se requiere considerar que la absorción de nutrientes por las raíces se presenta en la zona de la rizósfera, lo que obliga a buscar nuevos productos que promuevan el crecimiento radicular y que se mantengan las condiciones óptimas para la absorción de agua y nutrientes para inducir mayor crecimiento vegetativo.

Cárdenas, et. al., (2016) considera:

La forma de aplicación del nutriente en los arrozales va a ser de dos formas: método de voleo y método de trasplante para hacer una comparación de ambos métodos. La urea se introduce en el cultivo en forma de briquetas elaboradas en mezcla zeolita, material inerte, que ayudará a dosificar el químico de manera lenta pero segura para que la planta absorba de mejor forma el nutriente.

Villarreal et. al., (2015) menciona 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.

Paredes et. al., (2015) aclara que:

Uno de los tipos de zeolita que más se utiliza en la agricultura es la clinoptilolita, por su alta capacidad de intercambio catiónico, catálisis, hidratación y deshidratación. Se aplica en los cultivos para promover del crecimiento de las plantas: retiene el nitrógeno y lo va liberando poco a poco, con lo que se mejora su efecto en las plantas. La selectividad de la clinoptilolita por el amoníaco ha sido aprovechada en la preparación de fertilizantes químicos que tienden a mejorar la capacidad para atrapar el nitrógeno y promover la liberación más lenta de los iones de amonio a la solución del suelo.

Díaz et. al., (2019) sostiene que:

Las zeolitas naturales son minerales cuya estructura se encuentra atravesada por infinidad de canales que la convierten en un verdadero tamiz, lo que determina en gran medida sus propiedades más importantes como: el intercambio catiónico, la adsorción (como proceso físico) y su capacidad de hidratación-deshidratación. Son aluminosilicatos, del grupo de los tectosilicatos, cuya estructura tridimensional permite el intercambio iónico sin cambios en su estructura atómica. La zeolita actúa como una enmienda que permite incrementar la eficiencia de los fertilizantes, permitiendo una disponibilidad controlada de los cationes que son utilizados por las plantas en su nutrición.

Méndez-Argüello y Lira-Saldiva (2019) comenta que:

Materiales naturales como las rocas zeolíticas no presentan los problemas y desventajas de los fertilizantes convencionales, por lo que su empleo para promover una agricultura sustentable es conveniente, principalmente en países que tienen yacimientos de estos minerales. Las zeolitas son fáciles de producir en términos de costos energéticos y de beneficio para mejorar la estructura y disponibilidad de nutrientes del suelo, así como para promover la producción ecológica de alimentos. Las zeolitas son aluminosilicatos porosos de origen volcánico que poseen alta capacidad de intercambio catiónico y gran afinidad por iones amonio (NH_4^+); además contienen cantidades considerables de nutrientes como K, Mg, Ca y Na. También beneficios notorios debido a que los nutrientes del suelo o de las soluciones nutritivas aplicadas, son retenidas en su estructura tipo panal y luego son liberados de forma lenta. La mezcla de zeolita con fertilizantes nitrogenados ayuda a reducir la lixiviación de los nitratos, mejorando la calidad del suelo y haciendo disponibles los nutrientes por más tiempo, mientras que en suelos de textura arenosa y con alta disponibilidad hídrica, reducen los niveles de NO_3 lixiviables, sin afectar el crecimiento de las plantas debido a la retención de N en su estructura porosa.

Arroyo (2016) afirma que:

Un tipo de zeolita comúnmente usada es la Clinoptilolita, esta es una zeolita natural que se encuentra en las rocas sedimentarias volcánicas que han sufrido un enfriamiento repentino y se formó este material de inclusión poroso, el uso que se le ha dado a esta roca en la agricultura es porque es capaz de intercambiar Amonio (NH_4^+) por Sodio (Na) y Potasio (K).

Soca y Daza (2015) definen que:

La incorporación de zeolitas naturales en la formulación de fertilizantes minerales puede ser una alternativa para favorecer la retención del NH_4^+

y otros cationes provenientes de los fertilizantes. Estas pueden actuar ya sea como abonos de liberación lenta incrementando el uso de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo o como enmiendas al aumentar la capacidad de retención de humedad en los suelos. De igual manera, han sido reportados los beneficios de su aplicación en la reducción de la volatilización del nitrógeno hasta en un 47 % cuando se combina con fertilizantes nitrogenados como la urea.

He et al., (2002) reportan que:

Las zeolitas, son aluminosilicatos, del grupo de los tectosilicatos cuya estructura tridimensional permite el intercambio iónico sin cambios en su estructura atómica. Son de origen sedimentario o volcánico y poseen una alta capacidad de intercambio catiónico, favoreciendo la retención de iones NH_4^+ y otros cationes provenientes de los fertilizantes minerales

Según Anicua et. al. (2016):

Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos hidratados de cationes alcalinos y alcalinotérreos que poseen una estructura tridimensional cristalina, los cuales se caracterizan por su capacidad de hidratarse y deshidratarse en forma reversible, además de cambiar algunos de sus constituyentes catiónicos sin modificar su estructura.

Arroyo (2016) determina que:

Uno de los primeros registros que se tiene del uso de la zeolita en la actividad de la agricultura se aproxima a los años 1960's en el país de Japón, en donde los agricultores usaban este mineral exitosamente como mejorador de suelos arenosos evitando las pérdidas de sus fertilizantes por lixiviación. Aquí radica una de las principales aplicaciones de la zeolita en la agricultura, ya que puede contribuir al incremento de la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados, disminuyendo sus pérdidas y su impacto negativo al medio ambiente.

Paredes et. al. (2015) relata que:

La importancia de los fertilizantes en los cultivos se puede explicar con claridad mediante el postulado del científico alemán Justus von Liebig, quien formuló la "ley del mínimo", que establece que si uno de los nutrimentos esenciales es deficiente, el crecimiento de la planta será pobre, aun cuando todos los otros nutrimentos esenciales estén disponibles en abundancia. En los sistemas de producción agrícola el fertilizante más utilizado es el que contiene nitrógeno; desafortunadamente es el de mayor costo.

Méndez-Argüello y Lira-Saldiva (2019) expone que:

La zeolita también puede ser utilizada para mejorar la calidad de los suelos agrícolas, ya que, debido a su microestructura en forma de panal, puede absorber plaguicidas, lo que la hace eficaz en la protección de cultivos contra plagas y enfermedades. Estas propiedades también permiten que las zeolitas puedan actuar como vehículos transportadores de diferentes sustancias activas, siendo posible el uso de zeolitas para la aplicación gradual de productos biológicos y químicos en la agricultura. Debido a lo antes señalado, la zeolita tiene potencial en la agricultura sustentable, ya que permite incrementar la eficiencia de los agroinsumos, mejorar la estructura del suelo y proteger a los cultivos.

Pérez et. al., (2015) asegura que:

La aplicación de zeolita disminuye las pérdidas de nitrógeno mineral del suelo, asimilable para las plantas (nitrato y amonio), lo que puede resultar de gran importancia para incrementar el aprovechamiento por las plantas, de un nutriente tan costoso, susceptible a pérdidas y de empleo tan generalizado por su efecto positivo sobre los rendimientos de los cultivos

como el nitrógeno.

Parrado et. al. (2016) argumenta que:

“La zeolita en la agricultura, muestra resultados alentadores al mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. Sin embargo, las potencialidades como control de enfermedades fúngicas, no se han estudiado lo suficiente”.

Méndez et. al. (2016) estima que:

Las zeolitas, nanoarcillas, nanozeolitas y nanominerales se están utilizando para mejorar la retención de agua, como acarreadores de nutrientes; y para la recuperación de suelos contaminados por fertilizantes y pesticidas. Estos nanomateriales promueven la germinación de semillas, crecimiento de las plantas, fijación del P y N.

Paredes et. al. (2015) apunta que:

Las zeolitas son minerales no tóxicos (sin efectos adversos para la salud ni para el ambiente). Esta característica es importante cuando se utilizan en grandes cantidades, como en la agricultura, en la que muchos de los agroquímicos que se aplican tienen efecto tóxico residual.

Arroyo (2016) refiere que:

El uso de esta zeolita natural (Clinoptilolita) ha ganado nuevas líneas de investigación, debido principalmente a sus propiedades y ocurrencia mundialmente significativa. Y no solo ha aumentado sus usos si no la variedad de cultivos en donde se han aplicado ejemplo de ellos son; arroz, cebada maíz, frijol, sorgo y aguacate. Los cuales se han cultivado en diferentes suelos; arenosos que son los más aptos para recibir zeolita (Clinoptilolita), limo-arcillosos, francoarenosos y franco-arcillosos en todos

ellos las zeolita tuvo un incremento en su capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Arroyo (2016) describe que:

El nitrógeno (N) sufre rápidas transformaciones químicas en el suelo, viéndose este afectada su disponibilidad para las plantas. Una fuente muy usada de nitrógeno es la urea, en ella el nitrógeno se puede perder por diversas causas pero entre las principales se encuentran; la lixiviación, volatilización y desnitrificación, por tanto la zeolita (Clinoptilolita) es una alternativa de solución para el uso eficiente del fertilizante nitrogenado y la absorción de nutrientes de poca movilidad que se encuentran en los suelos.

Paredes et. al. (2015) informan que:

La fertilización con nitrógeno ha sido una práctica esencial para alcanzar la mayor productividad de los cultivos y la calidad de los productos, especialmente en los cereales, y para garantizar el máximo rendimiento económico. Sin embargo, se estima que 50 % del nitrógeno aplicado al suelo es aprovechado por los cereales, pero este porcentaje disminuye a medida que aumenta la dosis de fertilización nitrogenada. Se ha reportado que la pérdida acumulada de amoníaco de la urea es de 18 a 30 % del nitrógeno aplicado cuando la humedad en el suelo es suficiente para la hidrólisis de la urea; en contraste, durante los períodos de poca humedad y durante el proceso de secado, las pérdidas de amoníaco de la urea son insignificantes.

Paredes et. al. (2015) indican que:

El desarrollo de técnicas de fertilización con nitrógeno para aumentar la eficiencia de aprovechamiento de este nutrimento por los cultivos podría

reducir los costos de insumos y el impacto ambiental por las pérdidas de N. Una de esas técnicas es el uso de la zeolita mezclada con los fertilizantes

De acuerdo a Pérez et. al. (2015):

La aplicación de zeolita beneficia la acumulación de amonio en el suelo, por ser este un compuesto con carga positiva. Sorprende que se favoreciera más la acumulación de nitrato que la de amonio, probablemente por encontrarse este anión en los canales de su estructura y limitarse por ello las pérdidas tanto por lavado, como en forma gaseosa al ser estos espacios inaccesibles para las bacterias que originan la desnitrificación.

Jordán et. al. (2014) manifiesta que:

De acuerdo con estudios realizados sobre la capacidad que tiene la zeolita de absorber el amoníaco (NH_3) de mezclas gaseosas y el catión NH_4^+ de soluciones sólidas, se estudia la posibilidad de intercambiar parte de los cationes móviles o intercambiables de la Clinoptilolita por cationes NH_4^+ . Esto posibilita que poniendo esta zeolita modificada, de esta manera en un medio como tierras de cultivo con un alto contenido de cationes Na^+ , ocurra el mecanismo inverso, es decir, que los cationes Na^+ , de la tierra puedan en un grado apreciable ser intercambiados por los cationes amonio y de esta forma disminuir el potencial químico de dicho catión en los terrenos mejorando la absorción de los nutrientes a la planta.

Vásquez et. al. (2016) señalan que:

La aplicación de zeolitas en diferentes tipos de suelos mejora sus propiedades químicas, especialmente las relacionadas con la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la zona de las raíces y disminuye las

aplicaciones de fertilizantes, lo que reduce las pérdidas por volatilización y lixiviación. Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos y porosos, lo que permite el intercambio iónico sin cambiar su estructura cristalina.

Soca y Daza (2016) divulgan que:

Las zeolitas son apropiadas para retener iones como amonio (NH_4^+) y retrasar el proceso de nitrificación, esto reduce la lixiviación de amonios y nitratos hacia aguas subterráneas, debido a su CIC alta de 120 a 200 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$. Las zeolitas tratadas pueden aumentar hasta 11 veces la capacidad de retención de amonio, por lo que se clasifican como fertilizantes de liberación lenta. Su aplicación también mejora la capacidad de retención de humedad de la capa arable, facilita el movimiento del agua en el perfil y reduce la densidad del suelo, lo que propicia aumento de producción en las cosechas, y reduce el impacto ambiental.

Vásquez et. al. (2016) explican que:

En agricultura la CIC de los suelos depende de su contenido de arcilla y materia orgánica y varía de 5 miliequivalentes por cada 100 g de suelo (m.e./100 g), para suelos pobres hasta 40 m.e./100 g para suelos con alta CIC. Los suelos fértiles de alta productividad, con buen potencial de retención de nutrientes y de humedad tienen valores de CIC que promedian 25 m.e./100 g. La zeolita clinoptilolita tiene una CIC de 150-200 m.e./100 g, la cual es hasta ocho veces más alta que los suelos agrícolas normales, por lo que su aplicación, mezclada con los fertilizantes o directa al suelo, mejora de manera sustancial su capacidad de retención y el aprovechamiento por las plantas, además de mejorar las condiciones físicas y biológicas de la capa arable.

Arroyo (2016) expresa que:

La relación de la agricultura con la mineralogía no es una actividad reciente esta sinergia data de años, muchos años. La zeolita representa

una opción viable para la agricultura por los beneficios que brinda, (CIC, Aireación del suelo y corrector de pH) así como el bajo precio que se maneja que es de \$786.00 aproximadamente por tonelada y aprovechar que para el uso agropecuario no genera IVA.

“La zeolita no actúa como fertilizante, pero permite recuperar la eficiencia de los fertilizantes y disponibilidad controlada de los cationes que las plantas utilizan” (Soca y Daza, 2016).

Paredes et. al. (2015) señalan que:

En la agricultura una de las aplicaciones más importantes de las zeolitas es por la propiedad de liberación lenta y controlada del fertilizante. La expresión liberación lenta es sinónimo de liberación retardada, liberación controlada, disponibilidad controlada, de acción lenta o liberación medida. En uno de los primeros trabajos acerca de la utilidad de la zeolita para mejorar la eficiencia de aprovechamiento del fertilizante nitrogenado se reportó que las rocas zeolíticas contribuyen a evitar las pérdidas de los iones de amonio que son convertidas rápidamente por las bacterias del suelo a iones nitrato.

Vásquez et. al. (2016) consideran que:

La aplicación de zeolita en suelos pesados, degradados o “cansados” y erosionados, permite mejorar su aireación, la actividad microbológica, la porosidad, la estructura y la capacidad de laboreo, lo que mejora de su potencial de fertilidad y productivo. Mezclado con los fertilizantes nitrogenados y potásicos funciona como un almacén de nutrientes, ya que éstos se fijan a las partículas de zeolita y son liberados lentamente a medida que se agotan en la solución del suelo, por lo que se reducen las pérdidas de nutrientes por lavado, arrastre y lixiviación y se incrementan las posibilidades de un mayor aprovechamiento de los nutrientes. Esto representa una gran ventaja en la agricultura de temporal, ya que sin zeolita se puede perder hasta el 70 % del nitrógeno aplicado, con la

consecuente pérdida de rendimiento de los cultivos, además de la contaminación del suelo y agua por los nitratos.

Méndez et. al. (2016) mencionan que:

El uso excesivo de los fertilizantes y pesticidas utilizados en agricultura ha incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero, degradación de los suelos, impacto negativo en la salud humana, la diversidad biológica y la calidad del agua. Las prácticas agrícolas están contribuyendo a la degradación de los procesos ecológicos que sustentan la vida en la tierra y la eutrofización de las fuentes de agua por las fertilizaciones. Por lo que es necesario generar materiales y tecnologías más amigables con el medio ambiente, la nanotecnología (NT) tiene el potencial de transformar las prácticas agrícolas con alentadores resultados, así por ejemplo, las nanopartículas (NPs) pueden utilizarse como una nueva forma de liberación lenta de agroquímicos, promoviendo la utilización eficiente.

Febles et al., (2014) aclaran que:

Las formulaciones de zeolita con urea, han permitido reducir dosis de aplicación, sin disminución de los rendimientos, en cultivos como arroz, trigo, soya, hortalizas y papa, avena, cebolla girasol y maíz. Las zeolitas se han aplicado como mejorador de diferentes de suelos y cultivos, a voleo o de forma localizada, en el fondo del surco a ambos lados de la semilla y a una profundidad de 10 cm, provocando en estos, un incremento de la Capacidad de Intercambio Catiónico y mayores contenidos en los suelos de fósforo y potasio.

Villarreal et. al. (2015) sostienen que:

La clinoptilolita, es la zeolita más abundante en la naturaleza, posee una alta capacidad de intercambio catiónico y gran afinidad por iones amonio (NH_4^+). Su uso puede permitir un ahorro sustancial de la cantidad de

fertilizante utilizado, al sustituir entre un 20 a 25 % de fertilizante soluble. El aumento de la eficiencia del uso del nitrógeno, tiene gran repercusión sobre la producción vegetal y es un factor fundamental para reducir la contaminación del ambiente. En trabajos previos realizados, se determinó que al aplicar la clinoptilolita, se mejoró la eficiencia de uso de fertilizantes nitrogenados, aumentando los rendimientos y disminuyendo las dosis de nitrógeno.

“La eficiencia en el uso del nitrógeno por los cultivos, varía entre 33 y 50 %, debido entre otros factores a la fluctuación temporal y espacial de los nitratos en el perfil del suelo” (Soca y Daza, 2015).

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

Varios autores comentan que:

Cuando se utiliza fertilizantes nitrogenados solo una parte del nitrógeno (menos del 50%) es absorbido por las plantas (Colling et al., 2007), mientras que otra permanece en las capas más profundas del perfil y se lixivia (Hatch et al., 2002), provocando contaminación de acuíferos (Delgado et al., 2000). La lixiviación de nitratos se ve incrementada por la cantidad y la forma de aplicación de las láminas de riego ya sea de forma continua o intermitente (Tafteh y Reza, 2012). Otra fracción importante se pierde por volatilización en formas reducidas de nitrógeno (NH_3), donde el 67% de estas emisiones a la atmósfera desde el suelo y la agricultura son de carácter antrópico proveniente de fertilizantes nitrogenados principalmente (Fowler et al., 2013). En este sentido, es importante buscar alternativas para aumentar la eficiencia de la fertilización nitrogenada en la agricultura, como es el uso

Núñez y Núñez (2015) definen que:

Al introducir elementos que mejoren las condiciones del suelo (a nivel biológico y estructural) y que a la vez actúen como un potenciador de los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos, sin importar su condición química u orgánica; se logra un uso eficiente y óptimo de los ciclos de fertilización en los cultivos.

Núñez y Núñez (2015) reportan que:

La dinámica suelo – clinoptilolita – nitrógeno – fósforo es variable, dependiendo de las características fisicoquímicas de los suelos, de la dosis de clinoptilolita y nitrógeno aplicada, del manejo del cultivo y de la época del año en la cual se realizan los ensayos. Este hecho sugiere la necesidad de hacer evaluaciones en los suelos donde serán utilizadas

Paredes et. al. (2015) mencionan los beneficios en la agricultura al aplicar la zeolita mezclada con fertilizante.

- La zeolita es un recurso natural abundante, de alto potencial de aplicación en la agricultura por sus propiedades para retener y liberar los fertilizantes de manera lenta y oportuna a las plantas.
- Incrementa la capacidad de intercambio de cationes del suelo, lo que favorece la retención de los fertilizantes nitrogenados, ello hace que se reduzca la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- Por la cantidad de agua que retiene en su estructura porosa, la zeolita se convierte en un depósito que asegura una mejor condición de humedad en el suelo, lo que favorece al cultivo aún en época de sequía.
- A diferencia de otros mejoradores de suelo, la zeolita tiene una estructura resistente y estable que se mantiene activa en el suelo, permitiendo retener el nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes en la rizósfera para ser absorbidos por las plantas cuando estas los requieran.
- Mejora la eficiencia de aprovechamiento de los fertilizantes al evitar las pérdidas por volatilización y lixiviación.

- La aplicación de zeolita como aditivo a los fertilizantes reduce de 20-40 % la cantidad necesaria de estos para el adecuado desarrollo de los cultivos, por lo que disminuye significativamente el costo de la fertilización.
- Contribuye a reducir en 25 % la dosis de fertilización convencional.
- En cereales, hortalizas y frutales la zeolita mejora la eficiencia de aprovechamiento de los fertilizantes favoreciendo su desarrollo, lo que da como resultado un incremento en el rendimiento (Paredes et. al., 2015).

“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” (Villarreal et. al., 2015).

Pérez et. al. (2015) determina que:

En experimentos de campo en que se ha comparado en tres tipos de suelos diferentes la aplicación de la dosis recomendada de nitrógeno y la mitad de dicha dosis conjuntamente con 6 t ha⁻¹ de zeolita, se encontró que similares rendimientos se alcanzan en ambos tratamientos durante tres cosechas, lo que significa que se puede ahorrar mediante el empleo de la zeolita la mitad del fertilizante nitrogenado.

Méndez-Argüello y Lira-Saldiva (2019) relatan que:

Investigaciones recientes señalan que la zeolita tiene beneficios en el crecimiento y rendimiento de algunos cultivos a cielo abierto. Al respecto investigaciones reportan que la adición de zeolita al suelo permite aplicar menores cantidades de fertilizantes y favorece el uso eficiente del agua, debido a que retiene y libera gradualmente el agua y los nutrientes.

Pérez et. al. (2015) aseguran que:

Según estudios realizados, la adición de 15, 25 y 50,00 % de zeolita a una formula N-K de fertilizante, incrementó el rendimiento agrícola de un cultivo, sobre un testigo sin fertilizante y este tendió a incrementar con respecto a un tratamiento en que se emplearon dosis superiores de nitrógeno y potasio, lo que sugiere que existió una mayor efectividad de los fertilizantes minerales al ser mezclados con la zeolita, aunque no puede afirmarse que otros efectos favorables de este material no contribuyeran a incrementar los rendimientos.

1.6. Hipótesis

Ho= La zeolita no causa efectos sobre los fertilizantes nitrogenados, para incrementar los rendimientos en el cultivo de arroz.

Ha= La zeolita causa efectos sobre los fertilizantes nitrogenados, para incrementar los rendimientos en el cultivo de arroz.

1.7. Metodología de la investigación

Para la ejecución de presente documento se recopiló información de libros, revistas, periódicos, ponencias, congresos, información de sitios web que fueron sometidas a la técnica de análisis – síntesis y parafraseo referente a la importancia de la zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados, para incrementar los rendimientos en el cultivo de arroz.

II. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente documento se elaboró con la finalidad de determinar la

importancia de la zeolita sobre los fertilizantes nitrogenados, para incrementar los rendimientos en el cultivo de arroz.

La zeolita puede mezclarse con los fertilizantes minerales (como los nitrogenados y potásicos) con el propósito de mejorar sus propiedades físicas, disminuir las pérdidas de los nutrientes en el suelo, lograr un mejor aprovechamiento de los mismos por el cultivo y alcanzar gracias a ello un mayor rendimiento o menor necesidad de fertilizantes minerales, aspectos estos de importancia no solo económica, sino también ecológica (Pérez et. al., 2015).

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Los agricultores que se dedican a la producción de arroz generalmente no obtienen los rendimientos esperados, por tanto su rentabilidad afecta la economía propia y de su familia, lo que se debe principalmente a la baja eficiencia de la fertilización nitrogenada, provocando un incremento en los costos de producción y alto porcentaje de contaminación ambiental.

Para reducir los impactos negativos es necesario aplicar estrategias mediante la aplicación de zeolitas, las cuales reducen las pérdidas de nitrógeno en sistemas productivos.

Los productores se rehúsan a la aplicación de este elemento, no confiando que reduce la absorción de nutrientes, mejora la capacidad de intercambio catiónico y es de importancia para las etapas fenológicas del cultivo.

2.3. Soluciones planteadas

Dentro de las soluciones planteadas se puede detallar:

En la agricultura la zeolita se la conoce como el «fertilizante inteligente» ya que libera lentamente los nutrientes cuando las plantas lo requieren. Esto ocurre porque los vegetales se alimentan por medio del intercambio catiónico y la zeolita no suelta los nutrientes a menos que exista un intercambio iónico (Esto

es Agricultura, 2020).

La zeolita se destaca por almacenar agua y nutrientes como nitrógeno y potasio y cederlos de una forma gradual a los cultivos, por lo que aumenta la eficiencia de los fertilizantes mencionados y del agua, siendo efectiva en suelos de muy baja capacidad de intercambio catiónico y manifestándose generalmente su efecto favorable en suelos arcillosos pesados. (Pérez et. al., 2015).

Los altos porcentajes de fertilizantes nitrogenados que se pierden por lixiviación y volatilización, sobre todo en suelos de textura ligera, pueden ser retenidos por la zeolita, lo que contribuye a reducir la contaminación de la atmósfera y de aguas superficiales y subterráneas (Paredes et al, 2015).

2.4. Conclusiones

Las conclusiones elaboradas son:

La zeolita tiene la propiedad de acumular el agua de riego, para después liberarla poco a poco según la planta lo necesite. Retiene minerales como potasio, calcio, magnesio y nitrógeno.

Las dosis de aplicación varían con las características de los suelos y otros factores, pudiendo aplicarse al suelo localizada o a voleo, también la mezcla de la zeolita con fertilizantes minerales ha mostrado ser una buena opción para incrementar la efectividad de los fertilizantes nitrogenados o potásicos.

Las cantidades de zeolita y fertilizante por aplicar se calculan con base en las características del suelo y las necesidades de los cultivos. Una proporción de uso generalizada es sustituir el 25 % de la dosis de nitrógeno recomendada para la zona por zeolita.

La utilización de fertilizantes nitrogenados, mezclados con zeolita permite sustituir aproximadamente el 25 % de fertilización nitrogenada, lo que permite incrementar el rendimiento de grano por unidad de superficie.

La aplicación de zeolita contribuye como mejorador de suelos y ayuda a reducir el costo de producción por hectárea, en aproximadamente un 5 %.

2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso)

Por lo detallado anteriormente, se recomienda:

Promover investigaciones que permitan concientizar entre los agricultores el empleo de productos complementarios a la fertilización nitrogenada, desde el punto de vista económico, social y ambiental.

Utilizar la zeolita, como complemento a la fertilización nitrogenada, que evite la lixiviación, volatilización y desnitrificación del nitrógeno y ayude a incrementar los rendimientos y el beneficio económico del cultivo de arroz.

BIBLIOGRAFÍA

- Anicua, R., Gutiérrez, M., Sánchez, P., Ortiz, C., Volke, V., Rubiños, J. (2016). Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura técnica en México*, 35(2), 147-156. ISSN 0568-2517
- Arroyo, J. (2016). Zeolita ¿Una roca mágica para la agricultura?. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. *Revista Innovación Agrícola*, 1(1).
- Badía, M., Hernández, B., Murrel, J., Mahillon, J., Pérez, M. (2015). Aislamiento y caracterización de cepas de *Bacillus* asociadas al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Brasileira de Agroecologia*, 6(1), 90-99. ISSN: 1980-9735
- Cárdenas, D., Touma, M., Donoso, M. (2016). Estudio comparativo de dos métodos de fertilización del cultivo de arroz; usando briquetas de urea con diferentes concentraciones de zeolita y el sistema tradicional de fertilización en la zona Febres Cordero-Provincia de los Ríos. Facultad De Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador
- Colling, H., Delgado, A., Alva, K. (2007). Use of nitrogen 15 isotopic techniques to estimate nitrogen cycling from a mustard cover crop to potatoes. *Agronomy Journal*. 99: 27 - 35.
- Delgado, J., Follet R., Shaffer, J. (2000). Simulation of nitrate nitrogen dynamic for cropping systems with different rooting depth. *Soil Science Society American Journal*. 64: 1050 - 1054.
- Díaz, H., Liriano, R., Cruz, A., Osmani, E. (2019). Evaluación agronómica de fertilizantes de fórmula completa mezclados con zeolita natural en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Centro Agrícola*, 46(1), 24-30. ISSN 2072-2001

Esto es Agricultura. 2020. La zeolita en agricultura: clases, aplicaciones y usos del mineral. Disponible en <https://estoesagricultura.com/la-zeolita-en-agricultura/>

Febles, J., Borsatto, F. Y Soca, M. (2014). Fercel- Clinoptilolite natural product to optimize the fertilization and reduce environmental pollution p 156-160. En: *Memorias 16th World Fertilizer Congress of CIEC. Technological Innovation for a Sustainable Tropical Agriculture*. Río de Janeiro, Brasil.

Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M.A., Neil Cape, J., Reis, S., Sheppard, L.J., Jenkins, A. Grizzetti, B., Galloway, J.N., Vitousek, P., Leach, A., Bouwman, A.F., Butterbach-Bah, K., Dentener, F., Stevenson, D., Amann, M. (2013). The global nitrogen cycle in the twenty first century. *Philosophical Transactions of The Royal Society B* 368: 20130164. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0164>

Granados, C., Chaparro, A. (2015). Métodos y usos agrícolas de la ingeniería genética aplicada al cultivo del arroz. *Revista colombiana de biotecnología*, 14(2), 179-195.

Hatch, D., Goulding, K., Murphy, D. (2002). Agriculture: Potential source of water pollution, Nitrogen, pp 7-8. En: P. M. Haygarth S. C. Jarvis (eds). *Agriculture, hidrology, and Water Quality*. Primera edición. Cromwell Press. Trowbridge UK. 493p.

He, Z. L., Calvert, D. V., Alva, A. K., Li, Y. C., Banks, D. J. (2002). Clinoptilolite zeolite and cellulose amendments to reduce ammonia volatilization in a calcareous sandy soil. *Plant and Soil*. 247(2): 253-260. Disponible en <http://doi.org/10.1023/A:1021584300322>.

Jordán, R., Betancourt, R., Cabrera, E., Cabrera, D. (2014). Mejorador de suelo a partir de una zeolita natural: una propuesta sustentable para la agricultura. *Nova scientia*, 6(11), 1-11. ISSN 2007 - 0705.

- MAG. 2019. Ficha del cultivo de arroz. Disponible en:
<http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/arroz>
- Méndez, B., Lira, R., Vera, I. (2016). Respuestas fisiológicas de plantas cultivadas en bioespacios por efecto de nanofertilizantes y zeolita. 2º Minisimposio- Taller Agronano Tecnología. Departamento Plásticos en la Agricultura. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).
- Méndez-Argüello, B., Lira-Saldivar, R. (2019). Uso potencial de la zeolita en la agricultura sustentable de la nueva revolución verde. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(17), 191-193. ISSN 2007-9028
- Núñez, M., Núñez, J. (2015). Influencia de zeolita y roca fosfórica sobre el desarrollo de los cultivos de sorgo y papa. *Ciencia Agropecuaria* N°. 23:60-74.
- Paredes, R., Ramírez, A., Osuna, E., Alamilla, P., Mandujano, A. (2015). Zeolita Natural. Alternativa ecológica y económica para la agricultura de temporal en México. Centro de Investigación Regional Centro Campo Experimental Bajío Celaya, Guanajuato. Folleto Técnico Núm. 19, ISBN: 978-607-37-0014-6
- Parrado, J., González, L., Robaina, R., Rodríguez, J., López, G., Valdivia, M. (2016). Evaluación de la efectividad de la zeolita sobre el mildiu veloso (*Pseudoperonospora cubensis*) en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L) en sistemas protegidos. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, (280), 43-47.
- Pérez, H., Rodríguez, I., Arzola, N. (2015). Aprovechamiento sostenible de los residuos de origen orgánico y la zeolita en la agricultura. Universidad Técnica de Machala. 1ª Ed. Editorial UTMACH. ISBN: 978-9942-24-012-5
- Puleva. 2018. Cultivo de Arroz. Disponible en
<https://www.lechepuleva.es/aprende-a-cuidarte/tu-alimentacion-de-la-a->

z/a/arroz

- Rives, N., Acebo, Y., & Hernández, A. (2017). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). Perspectivas de su uso en Cuba. *Cultivos tropicales*, 28(2), 29-38.
- Sierra, J., Moreno, N. (2018). Producción y formulación de prototipos de un biofertilizante a partir de bacterias nativas asociadas al cultivo de arroz (*Oryza sativa*). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 10(2), 50-62. ISSN 0123-3475.
- Soca, M. 2018. Uso de la zeolita en cultivos de importancia económica. ISSN: 1992 4194. INFOMIN Vol. 10, No.1, pp.46-56.
- Soca, M., Daza, M. (2015). La zeolita y su efecto en la eficiencia del nitrógeno en arroz y maíz. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(2), 46-55. ISSN Impreso 0120-0135
- Soca, M., Daza-Torres, M. (2016). Evaluación de fracciones granulométricas y dosis de zeolita para la agricultura. *Agrociencia*, 50(8), 965-976. ISSN 1405-3195
- Tafteh, A., Reza, A. (2012). Application of HYDRUS-1D model for simulating water and nitrate leaching from continuous and alternate furrow irrigated rapeseed and maize fields. *Agricultural Water Management*. 113:19 - 29.
- Vásquez, A., Zetina, R., Meneses, I., Durán, A., Luna, S. (2016). Uso de zeolita para reducir costos de fertilización química en agricultura. Centro de Investigación Regional Golfo Centro Campo Experimental Cotaxtla Desplegable para Productores Núm. 76.
- Villarreal, J., Barahona, L., Castillo, O. (2015). Efecto de zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 315-321. ISSN 1659-1321