

ADICIÓN DE ZEOLITA A LA FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS AGRÍCOLAS DE TEMPORAL. POLÍTICA PÚBLICA PARA EL MUNICIPIO SAN DAMIÁN TEXOLOC, TLAXCALA

Andrés María Ramírez, Gerardo Juárez Hernández

El Colegio de Tlaxcala, A.C.
Centro de Estudios en Turismo, Medio Ambiente y Sustentabilidad, Centro de Estudios en Desarrollo Regional y Análisis Económico
San Pablo Apetatitlán, Tlaxcala, C.P 90600.
anmara1954@gmail.com y efesto999@hotmail.com

RESUMEN

Las zeolitas naturales son minerales aluminosilicatos hidratados con cationes alcalinos o alcalino térreos con alta capacidad de intercambio catiónico y de hidratación y deshidratación sin modificar su estructura porosa, tridimensional, con canales internos. Entre sus campos más amplios de aplicación está la agricultura. En México, su aplicación en maíz se remonta a la década de 1980 en Veracruz. En 2009-2010, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales (INIFAP) condujo parcelas de validación de la fertilización nitrogenada adicionada con zeolita y micorriza en 15 estados de la República en cultivos básicos. La zeolita sola o junto con la micorriza mostraron mejorar los rendimientos de grano y reducción de costos. Los resultados fueron retomados en 2016 por la Comisión Permanente del H. Congreso de la Unión que exhorta a las Secretarías de Economía y la de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación a promover, en el ámbito de sus respectivas facultades, el uso de zeolitas naturales como fertilizante.

Palabras clave: Clinoptilolita, política pública, eficiencia de fertilizantes, cultivos básicos.

Abstract

Natural zeolites are aluminosilicate minerals hydrated with alkaline or alkaline earth cations with high cation exchange capacity and high capacity for hydration and dehydration without modifying their porous, three-dimensional structure with internal channels. Among its broadest fields of application is agriculture. In Mexico, its application in corn dates back to the 1980s in Veracruz. In 2009-2010, INIFAP conducted validation plots of nitrogen fertilization added with zeolite and arbuscular mycorrhizal in 15 states of the Republic in basic crops. Zeolite alone or together with arbuscular mycorrhizal showed improved grain yields and reduced costs. The results were taken up in 2016 by the Permanent Commission of the H. Congress of the Union that urges the Secretaría de Economía; and Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; to promote, within the scope of their respective powers, the use of natural zeolites as a fertilizer.

Keywords: Clinoptilolite, public policy, fertilizer efficiency, basic crops.

1. INTRODUCCIÓN

Las Zeolitas son una familia de minerales aluminosilicatos con cavidades de dimensiones moleculares de 3 a 10^Å (angstroms) que contienen iones (Na⁺, K⁺ y Ca²⁺, entre otros) y moléculas de agua con libertad de movimiento, lo que favorece su capacidad de intercambio iónico (principalmente cationes) de forma reversible, sin alterar su estructura

(Flores *et al.*, 2007). Estos minerales se caracterizan por tener: a) baja densidad de los cristales (1.91 a 2.30 mg/m³), b) alta capacidad de intercambio catiónico (200 a 300 cmol/kg), c) gran facilidad para hidratarse y deshidratarse, ya que el volumen poroso representa de 18 a 50% del volumen total y, d) baja resistencia a la abrasión y pulverización (De Gracia *et al.*, 1996; Ming y Allen, 2001). Entre los diferentes tipos de Zeolitas, la clinoptilolita y la modernita se distinguen por su utilidad en la agricultura (Nus & Brauen 1991; Huang & Petrovic, 1994[citado por Álvarez,2018]; Ming & Allen, 2001). Debido a que al reaccionar con el amonio del medio acuoso en el que se encuentran lo retienen en su estructura interna y externa, la que presenta una gran carga aniónica (hasta de 97.5%, según Mazloomi & Jalali, 2016), funcionando entonces como un fertilizante nitrogenado de lenta liberación. Por otro lado, la zeolita reduce la actividad del calcio y ayuda a mantener una mayor concentración de fósforo en la solución del suelo (Barbarick *et al.*, 1990; De Gracia *et al.*, 1996).

Uno de sus usos principales en la agricultura es eficientar los fertilizantes nitrogenados, por la propiedad química que tienen de retener el amonio en su estructura. Según Wulandari *et al.* (2019) las zeolitas tienen la ventaja de una estructura estable en el suelo y cuyo efecto se manifiesta durante un largo período. Las zeolitas actúan fijando los nutrientes, proporcionados a través de fertilizantes para evitar la lixiviación; los nutrientes fijados se volverán a liberar lentamente y serán absorbidos inmediatamente por las raíces. Las zeolitas pueden mezclarse directamente con el fertilizante, especialmente la urea antes de ser esparcido o aplicada a la tierra agrícola. Aunque también puede actuar con otros macro fertilizantes, como el fósforo. De acuerdo con Zheng *et al.* (2019) en una investigación en que se estudió la zeolita y su efecto en el fósforo, en arroz bajo riego, la zeolita posibilitó la aplicación de menores cantidades de fertilizantes de P en los arrozales, con beneficios para el suministro de P restante y la mitigación de la contaminación debida al exceso de P, además que redujo el uso de agua, mejoró la captación de P y el rendimiento del grano en el arroz, y alivió el riesgo medioambiental (p.1).

Más aún, Li *et al.* (2013) afirman que:

las zeolitas naturales en el suelo ayudan a retener los nutrientes y a mejorar la calidad del suelo a largo plazo, ya que aumentan su capacidad de absorción; influyen en la retención en el suelo de los más importantes nutrientes de las plantas, como el N y el K, el Ca, el Mg y muchos tipos de microelementos. La zeolita puede retener estos nutrientes en la zona de las raíces para que las plantas los utilicen cuando los necesiten (p.1976).

Li *et al.* (2013), usaron zeolita cargada con nitrógeno y potasio en el cultivo de col, en condiciones de invernadero; encontraron que los contenidos de N y K en los suelos se mantuvieron en un nivel alto

(más de 15% de N en el suelo y más de 250 ppm de K en el suelo¹); en los resultados indican que el NK-Z tiene un gran potencial como fertilizante de liberación lenta que reduce la contaminación al evitar la lixiviación a las aguas subterráneas, es decir, puede mantener los niveles requeridos de N y K más tiempo que el fertilizante común, proporcionando además una reserva de nutrientes de larga duración (pp.1977-1981).

Soca y Daza (2015) refieren que los tamaños de clinoptilolita de 3 y 5 mm aplicada en arroz y maíz, redujeron la volatilización de nitrógeno amoniacal en 50% favoreciendo la retención de NH₄⁺ y otros cationes que vienen en los fertilizantes. En una investigación en maíz, Ahmed *et al.* (2010) encontraron que el uso de fertilizantes inorgánicos mezclados con zeolita aumentó notablemente la absorción de N, P y K, y su eficiencia de uso en hojas, tallo y raíces; concluyen que el uso de zeolita podría ser beneficioso con respecto a la retención de nutrientes en el suelo y su eficiencia de uso. Más aún, Tarkalson e Ippolito (2011) afirman que se ha demostrado que las zeolitas influyen en la dinámica del N del suelo y de las plantas, en las características de los nutrientes del estiércol y en la nutrición animal; dicen que las investigaciones han demostrado un mayor crecimiento y/o rendimiento de una variedad de cultivos debido a un efecto de las zeolitas en la mejora de la eficiencia del uso del N o en la reducción de la toxicidad del NH₄⁺.

También se puede usar la zeolita para remover metales pesados. Shaheen *et al.* (2012) estudiaron el comportamiento de sorción de las zeolitas naturales (clinoptilolita) respecto al cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn) para considerar su aplicación a las aguas residuales industriales; la zeolita absorbió alrededor del 32, 75, 28, 99 y 59% de las concentraciones metálicas de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn, respectivamente (es decir: Pb > Cu > Zn > Cd > Ni) (p.362).

Recientemente, María y Volke (2020) reportaron los resultados de rendimientos promedios de trigo con fertilizante nitrogenado (FN), zeolita y micorriza, en nueve localidades de Guanajuato y nueve de Tlaxcala en el ciclo otoño invierno 2010; evaluaron 25% zeolita+75%FN con y sin micorriza (Tr2², Tr1, respectivamente) respecto a 0% zeolita+100%FN con y sin micorriza (Tr4, Tr3). En cuanto a rendimiento de grano, en ambos estados Tr3 y Tr4 superaron a Tr1 y Tr2, pero sin diferencia estadística; los valores más altos de eficiencia de uso del nitrógeno (Todeschini *et al.*,2015) refieren que la Eficiencia de Uso del Nitrógeno (EUN), (relación entre rendimiento de grano y la cantidad de nutriente proporcionada por el fertilizante) fue más alta para Tr1 y Tr2 en ambos estados; la relación beneficio-coste (RBC) también en ambos estados fue mejor para Tr3 y Tr1, aunque sin diferencia estadística.

¹ <https://www.agroecologiatornos.com/como-realizar-un-buen-analisis-del-suelo-para-el-cultivo/>

² Tr= Tratamiento

2. POLÍTICAS PÚBLICAS

Es usual que los términos “política pública” y “política de gobierno” se usen indistintamente, atribuyéndoles el mismo significado. Por ello es importante establecer un concepto en esta investigación, que no deje margen a una interpretación diferente cuando se menciona a la política pública.

Aguilar (2012) indica:

Por política pública se entiende: 1] un conjunto (secuencia, sistema, ciclo, espiral) de acciones intencionales y causales. Son acciones intencionales porque se orientan a realizar objetivos considerados de valor para la sociedad o a resolver problemas cuya solución se considera de interés o beneficio público, y son acciones causales porque son consideradas idóneas y eficaces para realizar el objetivo a resolver el problema; 2] un conjunto de acciones cuya intencionalidad y causalidad han sido definidas por el tipo de interlocución que tiene lugar entre el gobierno y sectores de la ciudadanía; 3] un conjunto de acciones a emprender que han sido decididas por las autoridades públicas legítimas y cuya decisión las convierte formalmente en públicas y legítimas; 4] un conjunto de acciones que son llevadas a cabo por actores gubernamentales o por estos en asociación con actores sociales (económicos, civiles); 5] un conjunto de acciones que configuran un patrón de comportamiento del gobierno y de la sociedad. (p.29)

Según Roth (2002) citado por Patiño (2020), la primera definición de política, o *polity* en inglés, se refiere al ámbito del gobierno de las sociedades humanas; la segunda política, *politics*, se define como el proceso de organización y confrontación por controlar el poder y, la última noción, o *policy*, es la elección de propósitos establecidos en programas de los actores públicos o gubernamentales.

Lange *et al.* (2013) refieren que:

La dimensión **politics** abarca el aspecto procesal de la gobernanza y se refiere a los actores y procesos de interacción inherentes a un modo de gobernanza. La dimensión **polity** denota la vertiente estructural de la gobernanza, entendida como las “reglas del juego” institucionales que configuran las interacciones de los actores. La dimensión **policy** abarca el contenido de la gobernanza; se refiere a la formulación y aplicación de políticas y, por tanto, a los objetivos e instrumentos de dirección política hacia los resultados (p.409).

Esta última definición es la que concierne a la presente investigación; es decir, la política como las acciones con propósitos y objetivos claros, que forman parte de las estrategias del gobierno plasmadas en programas (Patiño, 2020). Un ejemplo de este tipo de política pública (policy), es el sistema Milpa intercalada con árboles frutales, (MIAF), de INIFAP-Colegio de Postgraduados, que mediante el Programa Sembrando Vida, el Gobierno Federal ha implementado en México (Anónimo, 2020).

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN TLAXCALA

Existen algunas políticas públicas (policy) de apoyo del gobierno de Tlaxcala para el campo, como es el PROGRAMA DE APOYO E IMPULSO AL SECTOR AGRÍCOLA 2018 (PAISA), PARA LA ADQUISICIÓN DE INSUMOS AGRÍCOLAS BÁSICOS³, que se firmó en 2019 para “EL SUMINISTRO DE SEMILLA DE MAÍZ HÍBRIDO DE DIFERENTES VARIEDADES, PARA “EL PROGRAMA”, operado a través de la Secretaría de Fomento Agropecuario, no obstante que del total sembrado con este cereal, 86.7% es bajo condiciones de temporal (María et al. 2017). La filosofía productivista de este programa puede apreciarse en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Insumos y Apoyos

INSUMO FERTILIZANTE	% SUBSIDIO/PRECIO CONVENIDO	APOYO MÁXIMO PRODUCTOR/PREDIO	
QUÍMICO (UREA, DAP, KCL)	25%	300 KG/HA	HASTA 8 HECTÁREAS
MINERAL			
ORGÁNICO	50%	2 TONELADAS POR HECTÁREA	HASTA 10 HECTÁREAS
SEMILLA			
MAÍZ HÍBRIDO	400 PESOS POR SACO DE SEMILLA	UN SACO POR HECTÁREA	HASTA 10 HECTÁREAS
AVENA	50%	120 KILOS POR HECTÁREA	HASTA 8 HECTÁREAS
TRITICALE			
ALFALFA		30 KILOS POR HECTÁREA	HASTA 4 HECTÁREAS
HERBICIDA			
MAÍZ HÍBRIDO	25%	UN PAQUETE POR HECTÁREA	HASTA 10 HECTÁREAS
AVENA Y TRITICALE			HASTA 8 HECTÁREAS

Fuente: http://sefoatlaxcala.gob.mx/transparencia/PNT/2018/47_FRACC_XLVII/SEFOA_FOLLETO_PROGRAMAS.pdf (p.6)

Así, por ejemplo, según Ayala-Garay et al. (2016), en el Centro de México la superficie media sembrada con maíz es de 3.10 ha, por lo que la cobertura de hasta 10 hectáreas con maíz híbrido, es para beneficiar a los que poseen más superficie.

Otra política pública de esta naturaleza, es el Fondo de Acciones para el Fortalecimiento del Campo, para ser operado por los municipios de la entidad tlaxcalteca⁴, cuyos recursos se distribuyen en proyectos de acciones y son ministrados por la Secretaría de Planeación y Finanzas y ejecutados por los Municipios. Con esta política se pretende “la reactivación del sector agropecuario a través del diseño y aplicación de programas que permitan promover la productividad, competitividad e innovación, a fin de

garantizar un aumento en la producción en beneficio de los productores agropecuarios y sus familias” (p.3)

Las políticas públicas (policy) de apoyo del gobierno de Tlaxcala para el campo usualmente se refieren al uso de insumos de la llamada Revolución Verde (fertilizantes inorgánicos, semillas mejoradas, herbicidas, insecticidas), sin reparar demasiado en las características socioeconómicas de los campesinos y productores.

No se encontró ninguna política pública (policy) que considere el uso de la zeolita en combinación con el fertilizante inorgánico destinada a reducir la contaminación del suelo y agua por el lixiviado de esos fertilizantes y que además ayude a reducir el costo de cultivo por el componente de fertilización, el cual representa 20% del costo de producción total del cultivo de maíz en Tlaxcala⁵.

El trabajo tiene como objetivo retomar una política pública en que la Tercera Comisión de Hacienda y Crédito Público, Agricultura y Fomento, Comunicaciones y Obras Públicas en el Congreso de la Unión, en mayo de 2016 (Congreso de la Unión, 2016), hace un exhorto a la Secretaría De Agricultura, Ganadería, Pesca, Desarrollo Rural y Alimentación (hoy Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Economía y Secretaría de Salud, a promover el uso de fertilizantes que se compongan de zeolita y sugerirla para el municipio de San Damián Texoloc, Tlaxcala.

Uso Potencial de la Zeolita en la Agricultura de Tlaxcala

Se ha documentado la conveniencia de usar la zeolita en cultivos agrícolas, mezclándola directamente con los fertilizantes orgánicos o inorgánicos en distintas partes del mundo e incluido nuestro país o bien, incorporándola al suelo para mejorar sus características físico-químicas como es la retención de humedad. Sobre otros usos de la zeolita, Bacakova et al. (2018) señalan que:

Las zeolitas son tectosilicatos microporosos de origen natural o sintético, que se han utilizado ampliamente en diversas aplicaciones tecnológicas, por ejemplo, como catalizadores y tamices moleculares, para separar y clasificar diversas moléculas, para la purificación del agua y el aire, incluida la eliminación de contaminantes radiactivos, para la recolección de calor residual y energía térmica solar, para la refrigeración por adsorción, como detergentes, etc. Estas aplicaciones de las zeolitas suelen estar relacionadas con su carácter poroso, su alta capacidad de adsorción y sus propiedades de intercambio iónico (p. 974).

Incluso, la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) reporta el uso de las zeolitas porque pueden adsorber eficazmente una serie de contaminantes de interés, como el CO₂, el etanol y el amoníaco (Junaedi et al., 2012). Por otro lado, María y Volke (2021) reportan los resultados de la aplicación de zeolita con y sin micorriza en dos localidades del Altiplano Mexicano (Tlaxcala y Puebla) y en sus conclusiones, respecto a Tlaxcala, donde se presentó una condición de sequía durante todo el ciclo del maíz, anotan que:

En el sitio Colonia Francisco Villa, la sustitución de 12.5, 25.0 y 37.5% del N por zeolita clinoptilolita en todos los fertilizantes dio los mayores rendimientos, pero los mayores ingresos netos se obtuvieron con un reemplazo de 25.0%, seguidos de los reemplazos de 37.5 y 12.5%, con una tasa de retorno del capital total de 0.57-0.62 para el reemplazo de 25.0%. La micorriza disminuyó el rendimiento con todos los fertilizantes (p. 13).

En Tlaxcala, en los últimos tres años (2018, 2019, 2020), los cultivos de maíz, cebada y trigo ocuparon en promedio 85.6% de la superficie total sembrada, 56.0% correspondiendo al maíz grano. En ese periodo, la superficie promedio sembrada con maíz bajo condiciones de temporal fue de 112,142 hectáreas, que representa 86.5% y bajo riego, el 13.5% restante.

La fertilización tradicional del maíz es, comúnmente, con la dosis 92-46-00 (N-P-K), que equivale a 92 kg de N y 46 de P por hectárea, los que se logran con 200 kg de urea y 100 de superfosfato de calcio triple; ello implica que para fertilizar las 112,142 hectáreas bajo temporal se usen al menos 22,428 toneladas de urea. La zeolita podría sustituir, entonces, en Tlaxcala, 5,607 toneladas de urea que deberán reponerse en el mismo monto con zeolita clinoptilolita, como puede ser, la procedente de Tehuacán Puebla, para abaratar los costos.

Finalmente, debe considerarse que además de reducir los costos de la fertilización y la contaminación de las aguas subterráneas, la sustitución de urea por zeolita clinoptilolita permite reducir la alta dependencia de México de este fertilizante nitrogenado, que de acuerdo con CEDRSSA (2019) la urea es el fertilizante de mayor volumen y valor de las importaciones totales de fertilizantes (48.7 y 45.9 por ciento, respetivamente).

4. CONCLUSIONES

Está documentado el beneficio del uso de la zeolita en combinación con fertilizantes en la producción de cultivos, mejorando la eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados y con ello la reducción de nitratos lixiviados que contaminan los mantos freáticos. En Tlaxcala hay evidencias de ese efecto con 25% de la sustitución de fertilizante nitrogenado por la zeolita clinoptilolita en el cultivo de maíz de temporal. Aunque se identificaron políticas públicas

(policy) destinadas a apoyar a los productores del campo, ellas tienen aún una visión productivista tipo Revolución Verde (ver *Reglas de Operación del Fondo de Acciones para el Fortalecimiento del Campo*, p.3) y para el maíz se centran en fertilizantes químicos, semillas híbridas y plaguicidas. La zeolita es un mineral aluminosilicatado que abunda en México y que puede ayudar a reducir los volúmenes de importación, principalmente de urea, el fertilizante más usado en la producción de cultivos. Con base en la política pública que la Tercera Comisión de Hacienda y Crédito Público, Agricultura y Fomento, Comunicaciones y Obras Públicas somete a punto de acuerdo en el Congreso de la Unión, en mayo de 2016 (Congreso de la Unión, 2016), en la que exhorta a la Secretaría De Agricultura, Ganadería, Pesca, Desarrollo Rural y Alimentación (hoy Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Economía y Secretaría de Salud, a promover el uso de fertilizantes que se compongan de zeolita, se sugiere retomarla como una política pública local en el municipio de San Damián Texoloc, Tlaxcala, que permita el uso de la zeolita clinoptilolita en la fertilización del maíz de temporal, con miras a extenderla a otros municipios de la entidad.

AGRADECIMIENTOS.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas y Pecuarias; a La Tercera Comisión de Hacienda y Crédito Público, Agricultura y Fomento, Comunicaciones y Obras Públicas, del Congreso de la Unión.



³ http://sefoatlaxcala.gob.mx/transparencia/PNT/2018/28_FRACC_XXVIII_B/04_CONTRATO_SEMILLA_DE_MAIZ_SISTEMAS_DE_RIEGO_3_92-2.PDF

⁴ http://finanzastlax.gob.mx/documentosSPF/portada/reglas_de_operacion_2019/REGLAS%20DE%20OPERACION%CC%81N%20DEL%20FONDO%20DE%20ACCIONES%20PARA%20EL%20FORTALECIMIENTO%20AL%20CAMPO.pdf

⁵ <https://docplayer.es/storage/26/7851366/1626892476/uuBTIdflr6KtktIcHQw2Q/7851366.pdf>

4. LITERATURA CITADA

- Ahmed OH, Sumalatha G, Muhamad AMN (2010) Nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency, *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 5(15), 2393-2401.
- Aguilar LF (2012) Introducción, *In Aguilar LF. (Comp.). Política pública. siglo veintiuno editores méxico*, 17-60 pp.
- Álvarez PIA (2018) Efecto del uso de zeolita sobre la germinación de semillas de dos especies de forestales (*Eucalyptus sp. y Cupressus lucitanica*). Tesis. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador.
- Anónimo (2020) Sader recomienda Sistema Milpa Intercalado con Árboles Frutales (MIAF) para incrementar ingresos a productores y mitiga cambio climático. [en línea]. Disponible en <https://www.voragine.com.mx/2020/08/25/recomienda-sader-sistema-milpa-intercalado-con-arboles-frutales-miaf-para-incrementar-ingresos-a-productores-y-mitiga-cambio-climatico/> [fecha de revisión 25 de agosto de 2020].
- Ayala-Garay AV, González-González M, Limón-Ortega A (2016) Mecanización del proceso de producción de maíz y amaranto en la región centro de México, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25 (4), 74-80.
- Bacakova L, Vandrovcova M, Kopova I. & Jirka I (2018) Applications of zeolites in biotechnology and medicine – a review, *Biomaterials Science*, 6 (5), 974-989.
- Barbarick KA, Lai TM, Eberl DD. (1990) Exchange Fertilizer (Phosphate Rock plus Ammonium-Zeolite) Effects on Sorghum-Sudangrass, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54 (3), 911-916.
- CEDRSSA, Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Sociedad Alimentaria. (2019). Fertilizantes. Notas sobre fertilizantes. Cámara de Diputados CDMX.
- Congreso de la Unión. (2016). Dictamen a la proposición con punto de acuerdo por el que se exhorta a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca, Desarrollo Rural y Alimentación, Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Economía y Secretaría de Salud, a promover el uso de fertilizantes orgánicos que se compongan de zeolita. LXIII Legislatura. CDMX.
- De Gracia de LRG, Núñez E R, Etchevers B JD, Bell M (1996) Respuesta de *Lolium perenne* a dos rocas fosfóricas con tres tamaños de partícula adicionadas de azufre o zeolita en un andosol, *Agrociencia*, 30 (4), 459-468.
- Flores MA, Galvis SA, Hernández MTM, De León G F, Payán ZF (2007) Efecto de la adición de zeolita (clinoptilolita y Mordenita) en un andosol sobre el ambiente químico edáfico y el crecimiento de avena, *INTERCIENCIA INCI*, 32(10), 692-696.
- Junaedi Ch, Hawley K, Walsh D, Roychoudhury SI, Busby SA, Abney MB, Perry JL, Knox JC (2012) Compact, Lightweight Adsorber and Sabatier Reactor for CO₂ Capture and Reduction for Consumable and Propellant Production, *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, Reston, VA.
- Lange P, Driessen PPJ, Sauer A, Bornemann B, Burger P (2013) Governing Towards Sustainability – Conceptualizing modes of governance, *Journal of Environmental Policy & Planning*, 15:3, 403-425.
- Li J, Wee Ch, Sohn B (2013) Effect of Ammonium- and Potassium-Loaded Zeolite on Kale (*Brassica alboglabra*) Growth and Soil Property, *American Journal of Plant Sciences*, 4(10), 1976-1982.
- María-Ramírez A, Volke-Haller VH, Guevara-Romero ML (2017) Estimación de rendimiento de variedades nativas de maíz en el estado de Tlaxcala, *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 13 (1), 8-14
- María R A, Volke HV (2020) Fertilizante nitrogenado adicionado con zeolita para mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno. In: Saynes-Santillán V., Fernández-Luqueño F, Ortiz-Monasterio-Rosas J. I. (Eds.). *Uso Eficiente de Nitrógeno en la Agricultura*. México. pp. 93-97
- María RA, Volke HV (2021) Respuesta de maíz de temporal a zeolita, fuentes de fertilizantes nitrogenados y micorriza. Enviado a la *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*
- Mazloomi F, Jalali M (2016) Ammonium removal from aqueous solutions by natural Iranian zeolite in the presence of organic acids, cations and anions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(2), 1664–1673.
- Ming DW, Allen ER (2001) Use of natural zeolites in agronomy, horticulture and environmental soil remediation, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 45(1), 619–654.
- Nus JL, Brauen E (1991) Clinoptilolitic Zeolite as an Amendment for Establishment of Creeping Bentgrass on Sandy Media. *HortScience* 26(2), 117-119
- Patiño CJ (2020) Diagnóstico de las prácticas organizativas para la implementación del Programa Cholula Pueblo Mágico, integrado por dos unidades municipales. Tesis Maestría. El Colegio de Tlaxcala, A.C. México.
- Shaheen SM, Derbalah A S, Moghanm FS (2012) Removal of Heavy Metals from Aqueous Solution by Zeolite in Competitive Sorption System. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(4), 362-367.
- Soca M, Daza TMC (2015) La zeolita y su efecto en la eficiencia del nitrógeno en arroz y maíz. *Ciencia Agropecuaria* (23), 60-64.
- Tarkalson DD, Ippolito JA (2011) Clinoptilolite Zeolite Influence on Nitrogen in a Manure-Amended Sandy Agricultural Soil, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42 (19), 2370-2378.
- Todeschini ME, Simionato M A, Maciel TD, Bornhofen E, Finatto T, Storck L, Benin G (2016) Nitrogen use efficiency in modern wheat cultivars. *Bragantia*, 75 (3), 1-11.
- Wulandari R, Hanum H, Hasanah Y (2019) The effect of nitrogen fertilizer, zeolite and fresh straw to increase total-N, cation exchange capacity (CEC) of rice crop, *Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* (260), 3-6.
- Zheng J, Chen T, Chi D, Xia G, Wu Q, Liu G, Chen W, Meng W, Chen Y, Siddique KHM (2019) Influence of Zeolite and Phosphorus Applications on Water Use, P Uptake and Yield in Rice under Different Irrigation Managements, *Agronomy*, 9 (537), 1-16.