

ZEÓLITO NA FERTILIZAÇÃO DE CULTURAS AGRÍCOLAS DE SEQUEIRO. POLÍTICA PÚBLICA PARA O ESTADO DE TLAXCALA

Data de aceite: 03/04/2023

Andrés María Ramírez

El Colegio de Tlaxcala, A.C.

Víctor Volke Haller

Colegio de Postgraduados

Gerardo Juárez Hernández

El Colegio de Tlaxcala, A.C.

que insta os Ministérios da Economia e Agricultura, Pecuária, Desenvolvimento Rural, Pescas e Alimentação em 2016 a promover, no âmbito das suas respectivas competências, a utilização de zeólitos naturais como fertilizante.

PALAVRAS-CHAVE: Zeólito Clinoptilolite, política pública, custos dos fertilizantes, culturas básicas.

RESUMO: Os zeólitos naturais são minerais aluminossilicatos hidratados com cátions alcalinos ou alcalino-terrosos com elevada capacidade de troca catiónica e elevada capacidade de hidratação e desidratação sem modificar a sua estrutura porosa e tridimensional, com canais internos. Entre os seus campos de aplicação mais vastos encontra-se a agricultura; estas propriedades permitem-lhe tornar-se uma alternativa para melhorar a fertilização na agricultura de sequeiro. No México, embora a sua utilização remonte aos anos 80, é ainda um insumo desconhecido na agricultura de sequeiro. A importância deste insumo pode ser vista na recente nota sobre o aumento de 75% de fertilizantes importados. O objectivo é tomar o veredicto da Comissão Permanente do Congresso da União H.

RESUMEN: Las zeolitas naturales son minerales aluminossilicatos hidratados con cationes alcalinos o alcalinotérreos 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; esas propiedades le permiten constituirse en una alternativa para mejorar la fertilización en agricultura de condiciones de temporal. En México, aunque su uso se remonta a la década de 1980, es aún un insumo desconocido en la agricultura de secano. La importancia del insumo puede verse en la nota reciente acerca del incremento en 75% de los fertilizantes importados¹. El objetivo es retomar el veredicto de la Comisión Permanente del H. Congreso de la Unión

1 <https://www.jornada.com.mx/notas/2023/01/23/economia/se-disparo-75-el-valor-de-importaciones-de-fertilizantes->

que exhorta a las Secretarías de Economía y la de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación en 2016 a promover, en el ámbito de sus respectivas facultades, el uso de zeolitas naturales como fertilizante.

PALABRAS CLAVE: Zeolita Clinoptilolita, política pública, costos del fertilizantes, cultivos básicos.

1 | INTRODUÇÃO

Os zeólitos são minerais com um elevado potencial de utilização, por exemplo, na agricultura. De acordo com Méndez-Argüeyo e Lira-Saldivar (2019²) e Flores et al. (2007) citados por María e Hernández (2021), são uma família de minerais aluminossilicatos com cavidades de dimensões moleculares de 3 a 10^Å (angstroms) que contêm iões (Na⁺, K⁺ e Ca²⁺, entre outros) e moléculas de água com liberdade de movimento, o que favorece a sua capacidade de troca iónica (principalmente cátions) de forma reversível, sem alterar a sua estrutura. Segundo De Gracia et al. (1996) e Ming e Allen, (2001), estes minerais caracterizam-se por: a) baixa densidade cristalina (1,91 a 2,30 Mg/m³), b) alta capacidade de troca catiónica (200 a 300 cmol/kg), c) grande facilidade de hidratação e desidratação, já que o volume poroso representa 18 a 50% do volume total e, d) baixa resistência à abrasão e à pulverização. Entre os diferentes tipos de zeólitos, clinoptilolite e modernite distinguem-se pela sua utilidade na agricultura (Nus & Brauen, 1991; Huang & Petrovic, 1994 [citado por Álvarez, 2018]; Ming & Allen, 2001).

A eficiência dos fertilizantes é um dos aspectos geralmente ignorados quando se desenvolvem e divulgam recomendações de fertilização das culturas. A eficiência da utilização do azoto foi estimada em 33 %³. Uma das principais utilizações dos zeólitos na agricultura é tornar os fertilizantes azotados mais eficientes, devido à sua propriedade química de reter o amónio na sua estrutura. Os zeólitos actuam fixando nutrientes, fornecidos através de fertilizantes para evitar a lixiviação; os nutrientes fixos serão lentamente libertados e imediatamente absorvidos pelas raízes (Wulandari et al., 2019). Uma das possíveis razões para a baixa utilização de zeólitos na fertilização das culturas é a escassa informação sobre a sua gestão, tal como a sugestão de misturá-los directamente com fertilizantes, especialmente ureia, antes de serem espalhados ou aplicados em terras agrícolas. Contudo, também pode actuar com outros macro fertilizantes, tais como o fósforo. Segundo Zheng et al. (2019), numa investigação que estudou o zeólito e o seu efeito no fósforo do arroz irrigado, o zeólito permitiu a aplicação de quantidades mais baixas de fertilizante P em campos de arroz, com benefícios para o fornecimento de P remanescente e atenuação da poluição devido ao excesso de P, redução do uso de água, melhoria da absorção de P e do rendimento de grãos no arroz, e redução dos riscos ambientais (p.1).

-en-2022/

2 <https://www.scielo.org.mx/pdf/era/v6n17/2007-901X-era-6-17-191.pdf>

3 <https://www.smcsmx.org/simposio-nitrogeno-2020>

A melhoria da eficiência da utilização de fertilizantes fosfatados é relevante tendo em conta que, segundo Cordell et al. (2009), a agricultura moderna depende do fósforo derivado da rocha fosfática, que é um recurso não renovável cujas reservas globais actuais podem ser esgotadas em 50-100 anos, e que, como declarado por Fageria et al. (2017), o fósforo obtido de rocha fosfática é um recurso natural não renovável, e a sua utilização judiciosa e eficiente na agricultura é essencial para melhorar o rendimento das culturas, reduzir os custos de produção e refrear a poluição ambiental.

Li et al. (2013), utilizaram zeólito carregado com azoto e potássio no cultivo de couve em condições de estufa; verificaram que os teores de N e K nos solos foram mantidos a um nível elevado (mais de 15% N no solo e mais de 250 ppm K no solo⁴); Os resultados indicam que o NK-Z tem um grande potencial como fertilizante de libertação lenta que reduz a poluição através da prevenção da lixiviação para as águas subterrâneas, ou seja, pode manter os níveis necessários de N e K durante mais tempo do que o fertilizante comum, ao mesmo tempo que fornece uma reserva de nutrientes de longa duração (pp. 1977-1981).

Também, de acordo com Aainaa et al. (2018) devido às suas cargas alcalinas e negativas, o zeólito poderia melhorar a disponibilidade de P no solo através da atenuação do pH do solo, reduzindo o Al permutável e a acidez do solo, levando a uma menor fixação de P por oxidróxidos metálicos.

Soca e Daza (2015) referem que os tamanhos de clinoptilolite de 3 e 5 mm aplicados no arroz e no milho, reduziram a volatilização do azoto amoniacal em 50% favorecendo a retenção de NH₄⁺ e outros catiões que entram nos fertilizantes; este tamanho de zeólito corresponde ao de ureia e P como superfosfato triplo de cálcio (ver⁵, e ⁶). Na investigação sobre o milho, Ahmed et al. (2010) descobriram que a utilização de fertilizantes inorgânicos misturados com zeólito aumentou significativamente a absorção de N, P e K, e a sua eficiência de utilização em folhas, caule e raízes; concluem que a utilização de zeólito poderia ser benéfica no que diz respeito à retenção de nutrientes no solo e à sua eficiência de utilização.

O zeólito também pode ser utilizado para remover metais pesados. Shaheen et al. (2012) estudaram o comportamento de sorção dos zeólitos naturais (clinoptilolite) em relação ao cádmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) para considerar a sua aplicação nas águas residuais industriais; o zeólito sorveu cerca de 32, 75, 28, 28, 99 e 59% das concentrações metálicas de Cd, Cu, Ni, Pb e Zn, respectivamente (ou seja: Pb > Cu > Zn > Cd > Ni) (p.362).

Maria e Volke (2020) relataram os resultados dos rendimentos médios do trigo com fertilizante azotado (NF), zeólito e micorriza em nove locais em Guanajuato e nove em Tlaxcala no ciclo Outono-Inverno 2010; avaliaram 25% zeólito+75%NF com e sem

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

5 <https://www.fertinova.mx/sites/default/files/fichas%20t%C3%A9cnicas.pdf>

6 <https://www.fertinova.mx/sites/default/files/ficha%20superfosfato%20de%20calcio%20triple.pdf>

micorriza (Tr2⁷ , Tr1, respectivamente) contra 0% zeólito+100%NF com e sem micorriza (Tr4, Tr3). Em termos de rendimento de grãos, em ambas as fases Tr3 e Tr4 superaram Tr1 e Tr2, mas sem diferença estatística; os valores mais elevados de eficiência do uso de azoto (Todeschini et al.,2015) referem que a Eficiência do Uso de Azoto (NUE), (rácio entre o rendimento de grãos e a quantidade de nutrientes fornecidos pelo fertilizante) foi mais elevado para Tr1 e Tr2 em ambas as fases; o rácio benefício-custo (BCR) também em ambas as fases foi melhor para Tr3 e Tr1, mas sem diferença estatística.

2 I POLÍTICAS PÚBLICAS

É comum que os termos “política pública” e “política governamental” sejam utilizados indistintamente, atribuindo-lhes o mesmo significado. Por conseguinte, é importante estabelecer um conceito nesta investigação que não deixe espaço para uma interpretação diferente quando se menciona a política pública.

Lange et al. (2013) declaram que:

A dimensão política engloba o aspecto processual da governação e refere-se aos actores e processos de interacção inerentes a um modo de governação. A dimensão política denota o aspecto estrutural da governação, entendida como as “regras do jogo” institucionais que moldam as interacções dos actores. A dimensão política engloba o conteúdo da governação; refere-se à formulação e implementação de políticas e, portanto, aos objectivos e instrumentos da orientação política para os resultados (p.409).

Esta última definição é a que diz respeito à presente investigação, ou seja, política como acções com objectivos e metas claros, que fazem parte das estratégias governamentais corporizadas em programas (Patiño, 2020). Um exemplo bem conhecido deste tipo de política pública é o sistema INIFAP-Colegio de Postgraduados Milpa intercalada con árboles frutales (MIAF), que o Governo Federal implementou no México através do programa Sembrando Vida (Anónimo, 2020).

Em 2023, os programas de apoio ao mundo rural, pela SADER⁸ , são

- Produção para o Bem-Estar.
- Fertilizantes para o Bem-Estar.
- Preços garantidos.
- Bienpesca.
- Abastecimento rural.
- Abastecimento de leite social.

A segunda das anteriores é onde se situa a política pública sobre a relevância do

⁷ Tr=Tratamiento

⁸ <https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/programas-de-la-secretaria-de-agricultura-y-desarrollo-rural-2023>

uso de zeólito e micorriza.

Políticas públicas para o meio rural em Tlaxcala

Para os Produtores Agrícolas

- Programa Para Apoiar e Promover o Sector Agrícola “Paisa”.
- Projecto de Formação Fitossanitária e Campanha “Campo Limpo”.
- Projecto de Recolha de Água Para Uso Agrícola e Conservação do Solo.
- Projecto de Reflorestação do Estado.
- Projecto de Repovoamento e Utilização Sustentável de Maguey No Estado de Tlaxcala.
- Projecto Para a Renovação e Manutenção de Maquinaria Para Uso Agrícola.

No primeiro dos programas acima mencionados, é indicado:

Neste programa, os produtores agrícolas registados são apoiados para adquirir os seus insumos agrícolas básicos (sementes, fertilizantes, produtos de gestão orgânica e agroquímicos) com um subsídio parcial que lhes permite reduzir os seus custos de produção, ou seja, uma percentagem é absorvida pelo Governo do Estado e a outra parte é coberta pelo produtor⁹.

Vale a pena notar que as políticas de apoio do governo Tlaxcala ao mundo rural se referem geralmente à utilização de insumos da chamada Revolução Verde (fertilizantes inorgânicos, sementes melhoradas, herbicidas, insecticidas), sem prestar muita atenção às características socioeconómicas dos agricultores e produtores, embora estes, involuntariamente, tendam a favorecer esta filosofia (ver ¹⁰).

Não foi encontrada nenhuma política pública que considere a utilização de zeólito em combinação com fertilizantes inorgânicos, a fim de reduzir a contaminação do solo e da água pelo lixiviado destes fertilizantes e que também ajudaria a reduzir o custo de cultivo da componente fertilizante, que representa 20% do custo total de produção do cultivo de milho em Tlaxcala¹¹.

Os trabalhos visavam a adopção de uma política pública em que a Terceira Comissão de Finanças e Crédito Público, Agricultura e Desenvolvimento, Comunicações e Obras Públicas no Congresso da União, em Maio de 2016 (Congresso da União, 2016), exorta o Ministério da Agricultura, Pecuária, Pescas, Desenvolvimento Rural e Alimentação (hoje Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural), Ministério do Ambiente, Ministério da Economia e Ministério da Saúde, a promover a utilização de fertilizantes compostos de zeólito e a sugerir-lo para o estado de Tlaxcala.

9 <http://siatlaxcala.gob.mx/index.php/agricultura-paisa>

10 <https://www.lajornadadeorientemexico.com.mx/tlaxcala/sistema-producto-maiz-pide-al-gobierno-apoyo-para-productores-con-insumos-y-financiamiento-para-sembrar/>

11 <https://docplayer.es/storage/26/7851366/1626892476/uuBTldfr6Ktk11cHQw2Q/7851366.pdf>

3 | USO POTENCIAL DO ZEÓLITO NA AGRICULTURA EM TLAXCALA

Maria e Volke (2021) relatam os resultados da aplicação de zeolite com e sem micorrizas em dois locais do Altiplano mexicano (Tlaxcala e Puebla) e nas suas conclusões, relativamente ao Tlaxcala, onde se verificou uma condição de seca durante todo o ciclo do milho, observam que:

No sítio de Colonia Francisco Villa, a substituição de 12,5, 25,0 e 37,5% de N por zeolite clinoptilolite em todos os fertilizantes deu os maiores rendimentos, mas os maiores rendimentos líquidos foram obtidos com 25,0% de substituição, seguidos de 37,5 e 12,5% de substituição, com uma taxa total de rendimento do capital de 0,57-0,62 para a substituição de 25,0%. Mycorrhiza diminuiu o rendimento com todos os fertilizantes (p.13).

Em Tlaxcala, nos anos 2018, 2019, 2020 as culturas de milho, cevada e trigo ocuparam em média 85,6% da área total semeada, 56,0% correspondente ao milho em grão. Nesse período, a superfície média plantada com milho em condições de pluviosidade era de 112.142 hectares, representando 86,5%, e sob irrigação, os restantes 13,5%.

A fertilização tradicional do milho é normalmente 92-46-00 (N-P-K), o que equivale a 92 kg de N e 46 kg de P por hectare, o que é alcançado com 200 kg de ureia e 100 kg de superfosfato triplo de cálcio; isto implica que pelo menos 22.428 toneladas de ureia são utilizadas para fertilizar os 112.142 hectares em condições de pluviosidade. A zeólita poderia substituir 5.607 toneladas de ureia em Tlaxcala, que teria de ser substituída pela mesma quantidade por zeólita clinoptilolite, como a de Tehuacán, Puebla, a fim de reduzir os custos.

Além disso, deve considerar-se que, para além de reduzir os custos dos fertilizantes e a contaminação das águas subterrâneas, a substituição da ureia por zeolite clinoptilolite permite reduzir a elevada dependência do México deste fertilizante azotado, que, segundo CEDRSSA (2019), a ureia é o fertilizante com o maior volume e valor das importações totais de fertilizantes (48,7 e 45,9%, respectivamente).

Finalmente, deveria ser realizada mais investigação de campo sobre a fertilização das culturas em Tlaxcala, dado que a informação de base indica um teor muito baixo de matéria orgânica no solo (menos de 1,5%), presença de erosão (favorecida pelo desaparecimento das fronteiras nas parcelas), baixa disponibilidade de gado para gerir o estrume, etc., o que pode limitar a resposta aos insumos agroecológicos, tais como micorrizas, zeólitos, compostos, etc.

4 | CONCLUSÕES

O benefício da utilização de zeólito em combinação com fertilizantes na produção de culturas foi documentado, melhorando a eficiência da utilização de fertilizantes azotados e reduzindo assim a lixiviação de nitratos que contaminam as águas subterrâneas. Em Tlaxcala, há provas de tal efeito com 25% da substituição de fertilizante azotado por zeólito

clinoptilolite no cultivo de milho de sequeiro. Embora tenham sido identificadas políticas públicas destinadas a apoiar os produtores rurais, estas ainda têm uma visão produtivista do tipo Revolução Verde e concentram-se em fertilizantes químicos, sementes híbridas e pesticidas para o milho. A zeólito é um mineral aluminossilicato que é abundante no México e pode ajudar a reduzir os volumes importados, principalmente de ureia, o fertilizante mais utilizado na produção de culturas. Com base na política pública que a Terceira Comissão de Finanças e Crédito Público, Agricultura e Desenvolvimento, Comunicações e Obras Públicas submeteu a um ponto de acordo no Congresso da União em Maio de 2016 (Congreso de la Unión, 2016), no qual instou o Ministério da Agricultura, Pecuária, Pescas, Desenvolvimento Rural e Alimentação (hoje o Ministério da Agricultura, Pecuária, Pescas, Desenvolvimento Rural e Alimentação), o Ministério da Agricultura, Pecuária, Pescas, Desenvolvimento Rural e Alimentação (hoje o Ministério da Agricultura, Pecuária, Pescas, Desenvolvimento Rural e Alimentação), Desarrollo Rural y Alimentación (actualmente Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural), Ministério do Ambiente, Ministério da Economia e Ministério da Saúde para promover a utilização de fertilizantes à base de zeólito, sugere-se que esta seja assumida como uma política pública local no estado de Tlaxcala para permitir a utilização de zeólito clinoptilolite na fertilização de milho de sequeiro.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

Aainaa, H.N., Ahmed, O.H., Ab Majid, N.M. (2018). Effects of clinoptilolite zeolite on phosphorus dynamics and yield of *Zea Mays* L. cultivated on an acid soil. *PLoS ONE* 13 (9), 1-19, e0204401.

Ahmed O. H, Sumalatha G. & Muhamad A. M. N. (2010). Nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency, *International Journal of the Physical Sciences*, 5(15), 2393-2401

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].

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.

Cordell, D., Drangert, J.-O., White, S. (2009). The story of phosphorus: global food security and food for thought, *Global Environmental Change*, 19 (2) 292–305

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

Fageria, N. K., He, Z. L., & Baligar, V. C. (2017). Phosphorus Management in Crop Production, CRC Press Taylor & Francis Group

Flores MA, Galvis SA, Hernández MTM, De León G F y 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

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, and 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 R A, Volke H V. (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 R A. y Volke H V. (2021). Respuesta de maíz de temporal a zeolita, fuentes de fertilizantes nitrogenados y micorriza. Enviado a la Revista *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*

Méndez-Argüello, B. & Lira-Saldivar, R. H. (2019). Uso potencial de la zeolita en la agricultura sustentable de la nueva revolución verde, *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 191-193

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 C J. (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, and Moghanm F S. (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, y Daza T M C. (2015). La zeolita y su efecto en la eficiencia del nitrógeno en arroz y maíz. *Ciencia Agropecuaria* (23), 60-64

Todeschini ME, Simionato M A, Maciel TD, Bornhofen E, Finatto T, Storck L. y Benin G. (2016). Nitrogen use efficiency in modern wheat cultivars. *Bragantia*, 75 (3),1-11

Wulandari R, Hanum H. and 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. and Siddique K H M. (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