

Desarrollo de productos plaguicidas de alto valor agregado a partir de minerales naturales y plantas



Development of high value added pesticide products from natural minerals and plants

<https://cu-id.com/2144/v18e02>

[✉]Martha Velázquez Garrido^{1*}, [✉]Lidia Rosa Calzada González¹,
[✉]Humberto Ferrán², [✉]Daniela Martín Hervé¹, [✉]Emilio Montejo Serrano¹

RESUMEN: El control de plagas sigue siendo una herramienta indispensable en la agricultura moderna, sin embargo, el uso intensivo de plaguicidas sintéticos provoca problemas crecientes: aparición de plagas resistentes, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, mortalidad de fauna, riesgos toxicológicos, entre otros. El objetivo del trabajo es presentar los resultados sobre el desarrollo de productos de alto valor agregado, a partir de la riqueza mineral natural (zeolita, cal), residuos de la industria (azufre, tabaquina) y extractos de plantas naturales, para la acción plaguicida efectiva, sin generar impactos negativos al medio ambiente. Se utilizaron procedimientos de formulación limpios por el método mecano-químico de modificación de los sólidos en seco y por impregnación de los minerales con extractos alcohólicos de plantas. Los productos obtenidos a base de zeolita modificada combinada con diversos aditivos (azufre, cal, tabaquina, extractos de neem y melaleuca), demostraron ser eficientes en el control de diversas plagas agrícolas como caracoles, trips, mosca blanca y pulgones, así como la prevención del caracol africano y ácaro. Las aplicaciones se realizaron en ciclos de 7-15 días en presencia de plagas y de 30 días preventivo en horas tempranas o al final del día con dosis de 150 - 200 g/mochila en la fumigación. Se concluye que, los productos desarrollados ofrecen una opción sostenible y efectiva al aprovechar recursos naturales y residuos industriales para el control de plagas y la protección de cultivos y medioambiente.

Palabras clave: azufre, cal, melaleuca, neem, plantas naturales plaguicidas, tabaquina, zeolita.

ABSTRACT: Pest control continues to be an indispensable tool in modern agriculture; however, the intensive use of synthetic pesticides causes increasing problems: the emergence of resistant pests, contamination of surface and groundwater, mortality of fauna, toxicological risks, among others. The objective of this work is to present the results on the development of high value-added products, based on natural mineral wealth (zeolite, lime), industrial residues (sulfur, tobacco dust), and extracts from natural plants, for effective pesticidal action, without generating negative environmental impacts. Clean formulation procedures were used by the mechanochemical method of modifying solids in dry form and by impregnating the minerals with alcoholic plant extracts. The products obtained based on modified zeolite combined with various additives (sulfur, lime, tobacco, neem and melaleuca extracts) proved to be effective in controlling various agricultural pests such as snails, thrips, whiteflies, and aphids, as well as in preventing the African snail and mites. Applications were carried out in cycles of 7-15 days in the presence of pests and 30 days preventively in the early hours or at the end of the day with doses of 150 - 200 g/backpack in the fumigation. It is concluded that the developed products offer a sustainable and effective option by taking advantage of natural resources and industrial waste for pest control and the protection of crops and the environment.

Key words: natural pesticide plants, tobacco, sulfur, tea tree, zeolite lime.

INTRODUCCIÓN

El control de plagas sigue siendo una herramienta indispensable en la agricultura moderna, sin embargo, el uso intensivo de plaguicidas sintéticos provoca problemas crecientes: aparición de plagas resistentes,

contaminación de aguas superficiales y subterráneas, mortalidad de fauna, riesgos toxicológicos, efectos letales sobre polinizadores y riesgos para la salud humana (Aktar *et al.*, 2009). Esta situación impulsa la búsqueda de formulaciones alternativas basadas en sustancias de origen natural, con menor persistencia ambiental y perfiles toxicológicos más seguros.

Recibido: 11/02/2025

Aprobado en su forma original: 04/03/2026

¹Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), Carretera de Varona # 12028, Km 11/2, Boyeros, La Habana, Cuba. lcalzada@cipimm.minem.cu, daniela@cipimm.minem.cu, montejo@cipimm.minem.cu

²Delegación Provincial de La agricultura de La Habana, Dpto de Suelos. espganaderia@dlg.hab.minag.gob.cu

*Autor para correspondencia: marthav@cipimm.minem.cu

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Contribución de los autores: Conceptualización, Metodología, Redacción-revisión y edición: Martha Velázquez Garrido. Investigación: Martha Velázquez Garrido, Lidia Rosa Calzada González, Humberto Ferrán, Daniela Martín Hervé, Emilio Montejo Serrano.

Artículo bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

Paralelamente el empleo del caldo sulfocálcico como plaguicida contra el trips, ácaros y pulgones, fundamentalmente, fertilizante y fármaco (Restrepo-Rivera, 2013). Como fungicida figura en primera línea y para su preparación hay numerosas fórmulas, es conocido su efecto en la antracnosis.

Por otro lado el efecto combinado de procesos de modificación de las propiedades como adsorbente especial de las zeolitas naturales tipo Clinoptilolita-heulandita Van Straaten (2007) con sustancias de acción activa en el control de plagas que atacan los cultivos inciden negativamente en la producción de alimentos y en los programas nacionales del estado, relacionados como parte vital de la Agricultura Sostenible en función de la producción de alimentos inocuos como se proyecta en los acuerdos del milenio para un mundo en constante crecimiento (Ferrán, 2021).

En las formulaciones desarrolladas se da utilidad al azufre generado como residuo del procesamiento del petróleo de alta pureza, se aprovecha el residuo sólido de las fábricas de tabaco, las bondades conocidas y beneficiosas de las plantas de Neem y Melaleuca sobre las plagas y enfermedades (Elizondo *et al.*, 2012) y los amplios usos del mineral zeolita como intercambiador iónico adsorbente de alta estabilidad química y tamiz molecular natural, descontaminante y deshumedificador, controlador de la acidez entre otras muchas propiedades que permiten realizar las modificaciones físico-químicas oportunas en el mineral y obtener resultados de alta eficiencia para controlar nemátodos, hongos, inmovilizar ataques de plagas invasoras, (Velázquez, *et al.*, 2009a), (Velázquez *et al.*, 2022b), Martínez (2013) y Méndez (2016).

A pesar del potencial que ofrece la combinación de minerales naturales, residuos industriales y extractos de plantas para obtener productos de alto valor agregado, no existen hasta la fecha suficientes estudios sistemáticos que desarrollen formulaciones que integren las sustancias antes mencionadas. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es, presentar los resultados sobre el desarrollo de productos de alto valor agregado, a partir de la riqueza mineral natural (zeolita, cal), residuos de la industria (azufre, tabaquina) y extractos de plantas naturales, para la acción plaguicida efectiva, sin generar impactos negativos al medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas y residuos

- Zeolitas naturales micronizadas y esterilizadas: muestras tecnológicas representativas obtenidas del yacimiento San Ignacio (ZSI) Lote I y II del 2020.
- Cal: muestras de la planta “Gustavo Machín” en Mayabeque.

- Azufre residual: muestra representativa proveniente del residuo generado en la producción de Energas, de pureza superior al 95 %. Se obtuvo en el Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET).
- Tabaquina: residuo sólido del tabaco adquirido en la empresa Tabacuba de Boyeros.
- Planta de Melaleuca: fue recolectada en la Ciénaga de Zapata a través de la Empresa Agrícola Militar de Jagüey Grande.
- Aceite de Melaleuca: se adquirió en la Mipyme GZ.
- Ramas de la planta de Neem: adquiridas en el Instituto de Ecología y Sistemática.
- Aceite de Neem: proveniente de la planta de CENPALAB de Boyeros.

Normas y procedimientos NC-625: 2014 NC- 626: 2014 NC-627:2014 NC-628-1:2014 NC-628-II: 2014 NC-629: 2014 NC-630:2014 NC- 625:2014

La caracterización físico- química y mineralógica de la zeolita se realizó por las siguientes normas y procedimientos analíticos:

Para determinar Capacidad de intercambio catiónico por elemento (CICE) y Capacidad de intercambio catiónico total (CICT).

Para determinar el contenido de zeolita y las fases que las componen.

Los termogramas simultáneos de Análisis Térmico Diferencial (DTA) y Termogravimetría (TG), se obtuvieron en un equipo de la marca NETZSCH, modelo STA 449 F3, se empleó para ello parámetros de operación, ver tabla 1.

Registro de datos de Microscopía Electrónica

La observación y los espectros de la muestra se realizó mediante un microscopio electrónico TESCAN, modelo 5130 SB, con espectrómetro de Rayos X acoplado de la marca OXFORD INSTRUMENTS, modelo INCA 350. La muestra se colocó sobre un portador cilíndrico de 1,2 cm de diámetro, recubierta con cinta adhesiva de doble capa y observada de forma directa a diferentes aumentos, sin recubrimiento. Se empleó el detector de electrones retrodispersados.

Preparación de las formulaciones de los productos de acción plaguicida

Se diseñaron dos formulaciones con el uso de procedimientos limpios, uno empleó todos los productos en estado sólido y el otro extracto alcohólico de la planta de Neem y Melaleuca.

Procedimiento de formulación base seca

Previamente se pulverizó la zeolita mediante molino de disco y se llevó el grano a 100 % bajo 0,074 mm,

Tabla 1. Parámetros del equipo marca NETZSCH, modelo STA 449 F3

Régimen de calentamiento	Dinámico
Masa de muestras	Se consignan en los termogramas
Masa del material de referencia	60.20 mg (Al_2O_3)
Tipo de crisoles	Al_2O_3 (tamaño estándar)
Material del horno	SiC (T.amb. - 1500°C)
Gas utilizado en la cámara de calentamiento	Aire
Flujo del gas protector de la termo balanza	20.0 ml/min (Ar)
Velocidad de calentamiento	10.0 K /min
Sensibilidad de la termo balanza	0.001 mg - 35.0 g
Sensibilidad de las curvas	-0.001 - 5000 $\mu\text{V}/\text{mg}$
Tiempo total de medición	1h 37 min y 10 seg
Rango de temperatura de trabajo	24-1000°C

posteriormente se mezcló con el azufre, la cal y el polvo de tabaco indistintamente al % establecido en cada caso, se combinó azufre con cal y cal con tabaquina, se sometieron al mezclado y molienda en molino de porcelana con la carga de bolas correspondiente durante una hora y se logró la reacción sólido/sólido en operación mecano-química de alta energía y la integración de los productos, una vez concluido el tiempo de homogenización y molienda se descargó el molino y se envasó e identificaron los productos: ZNFP- S (producto base azufre), ZNFP-C(producto base cal), ZNFP- CS (producto base cal + azufre) y ZNFP - CT(producto base cal y polvo de tabaco).

Procedimiento de Formulación por impregnación de extractos alcohólicos y aceites de Neem y Melaleuca

Previamente se preparó el extracto alcohólico del Neem y la Melaleuca. Se realizó el pesaje de las ramas y se sometieron a la maceración durante 7 días bajo la relación 1 litro alcohol/ 1 kg de ramas tapados herméticos de forma tal que el alcohol cubrió todas las ramas en recipiente de cristal. Una vez transcurrido el tiempo se separó el extracto alcohólico de las ramas y con el extracto se impregnó por aspersión la zeolita micronizada en relación de 500 mL / 2kg de zeolita, se

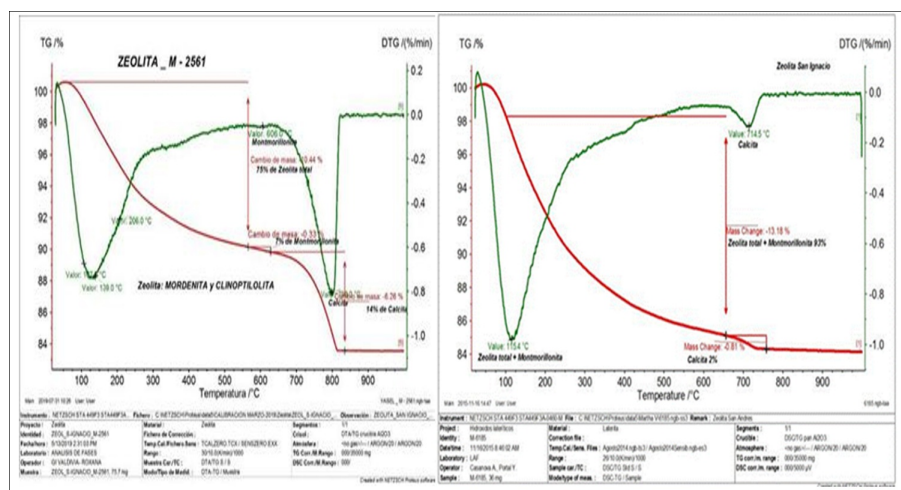
homogenizó en el mezclador de polvos durante treinta minutos y se envasó el producto.

Formulación a partir del aceite

Se realizó impregnando el mismo por goteo 50 mL del aceite /kg de zeolita micronizada y posteriormente se sometió al equipo homogenizador mezclador durante treinta minutos, se procedió a la descarga e identificación de los productos: ZNFP-EM (producto base extractos Melaleuca) y ZNFP-EN (Producto base extractos Neem).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La zeolita del yacimiento San Ignacio empleada como soporte de desarrollo de los productos plaguicidas, responde a una zeolita de alta calidad tipo I. En el termograma se evidencia el pico endotérmico entre 100°C y 250°C, que se deriva de la pérdida de agua zeolítica, ésta deshidratación se caracteriza por ser suave y prolongada, al salir el agua por los canales de la zeolita con un 75% de pérdida de masa, también se identificó (con centro en 606°C) la presencia de la fase Montmorillonita en un 7%, además de 14% correspondiente a la pérdida de masa de calcita (con centro en 798°C), ver [figura 1](#).

**Figura 1.** Termograma TG - DTG de la muestra de Zeolita

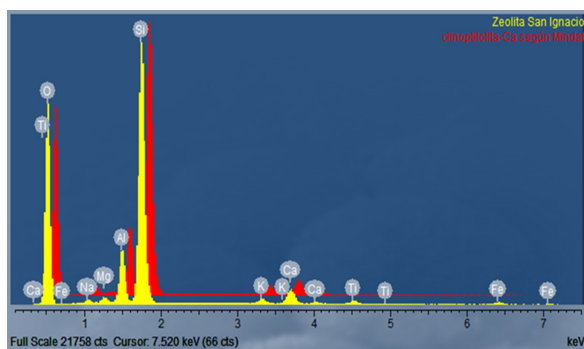


Figura 2. Espectro obtenido de la muestra investigada del mineral Zeolita “San Ignacio”, correspondiente al Lote (1+2) mayo del 2020 (espectro de color amarillo) y el espectro de referencia de la Clinoptilolita cálcica (espectro de color rojo). El grado de coincidencia de ambos espectros resultó de un 99,75%.

En el termograma se aprecia que la muestra está constituida fundamentalmente por zeolita, lo cual se confirma por la pérdida continua (deshidratación) hasta los 700 °C, consistente con un 93%. También se observa que hay un 2% de calcita por el efecto térmico a 715 °C.

Procesamiento de los resultados de la Microscopia Electrónica de la (ZSI)

Los espectros de rayos X se procesaron con la variante INCA Analyzer del programa del propio equipo. La observación de la muestra mediante electrones retrodispersados permitió comprobar que se trata de un material considerablemente homogéneo. Se observó el predominio de una fase mineral de composición química relativamente ligera, similar a un silicato. Se realizaron análisis mediante espectrometría de rayos X en el propio microscopio, la comparación de los espectros obtenidos con los espectros de una base de datos que cuenta con más de 1,800 espectros de minerales, incluidos más de 14 espectros de zeolitas, permitió determinar que el material que se analiza tiene una composición química que muestra un 99.75% de coincidencia con la zeolita clinoptilolita cálcica, la **Figura 2** ilustra este resultado mediante una comparación de espectros.

Composición química de la muestra

Con la finalidad de estimar la composición química de la muestra en forma de óxidos, se analizó mediante la rutina de cuantificación del programa INCA ANALYZER, porciones de la misma. Ver en la **tabla 2** el resultado que se obtiene del análisis.

Según la clasificación de la **NC: 626 (2014)** por el contenido de fase zeolita mayor de 70 % corresponde al tipo I, confirmada por su alta capacidad de intercambio catiónico total (CICT) entre 135, 5 -137, 6 meq/100 g y por elementos (CICE) de 134 meq/100g.

Los contenidos de elementos nocivos están en los rangos establecidos por la norma cubana para usos médicos (**Rodríguez Fuentes, 2015**).

La planta de ENERGAS genera una producción diaria de 20 t/día de azufre al 95 % de pureza. La demanda de azufre por la fábrica Rayonitro y la planta de Níquel de Moa en la actualidad no es significativa y existe una acumulación de azufre que afecta el medioambiente. Esta desventaja puede convertirse en una oportunidad si se utiliza en diversos usos en la agricultura.

La tabaquina como insecticida natural (preparada a partir de la picadura del tabaco, polvo rapé y tabaco silvestre), su acción es por ingestión, contacto y veneno respiratorio, y su efecto residual es muy corto, para minimizar este efecto negativo se combina con la zeolita natural al aprovechar las propiedades potenciales de la misma como secuestrador de mico y aflotoxinas, alto poder adsorbente, intercambiador de iones, tamiz molecular natural y controlador de humedad, entre otras bondades, lo cual permite obtener un nuevos productos. Controla las siguientes plagas: insectos de cuerpo blando (larvas de lepidópteros, mosca blanca, trips, áfidos).

La Melaleuca es una planta con componentes activos valiosos en el control de las plagas, la composición química de su aceite se presenta en la **tabla 3**.

La cal viva o hidratada, es reconocida como "químico versátil", debido a sus infinitas aplicaciones. Funciona bien como pesticida y fungicida debido a su alta alcalinidad. Esto significa que puede alterar la biología de muchas plagas y patógenos. Su naturaleza corrosiva ayuda a penetrar en los cuerpos de los insectos, provocando su muerte, puede aplicarse sola o combinada con otros productos (**Campigotto, 2024**). Aunque tradicionalmente su uso se asocia a la edificación y la agricultura, hoy más del 90% de la cal producida en el mundo se utiliza como químico básico natural en la industria: aglomerante, materia prima, hidrolizador, absorbente, solvente, neutralizador, floculante, fundente, lubricante, caustificante y deshidratador.

Las formulaciones desarrolladas y evaluadas responden a las identificación: ZNFP, producto base zeolita micronizada y esterilizada como patrón, ZNFP-S, producto base zeolita micronizada y esterilizada modificada con azufre (30-50)%, ZNFP-CS, producto base zeolita micronizada y esterilizada modificada con cal y azufre (20 % Cal y 30 % S), ZNFP-T, producto base zeolita micronizada y esterilizada modificada con polvo residual de tabaco, ZNFP-EM, producto base zeolita micronizada y esterilizada modificada con extracto alcohólico de melaleuca, ZNFP-EN, producto base zeolita micronizada y esterilizada modificada con extracto alcohólico de la planta neem.

Los productos formulados se aplicaron en diferentes escenarios productivos tales como: CCS, Organopónico, Estación experimental “Pulido del Iagric,” fincas ecológicas, entre otros. La formulación base azufre alcanzó una eficacia comparable a controles comerciales y significativamente superiores a otras formulaciones experimentales.

Tabla 2. Composición química de la Zeolita “San Ignacio” (ZSI Lote I y II) 2020

Composición química en %		
Elementos	ZSI Lote I	ZSI Lote II
SiO ₂	64,60	65,45
Al ₂ O ₃	9,48	10,15
TiO ₂	0,12	0,16
Fe ₂ O ₃	2,15	2,28
CaO	14,15	13,67
MgO	1,16	1,14
Na ₂ O	1,26	1,14
K ₂ O	1,43	1,56
PPI	14,01	12,88
Composición catiónica, meq/100g		
CI CT	135,50	137,60
CI Ca ²⁺	75,70	74,29
CI Na ⁺	42,23	45,32
CI Mg ²⁺	8,39	9,35
CI K ⁺	8,02	6,91
Composición de fases		
Clinoptilolita	65	70,0
Mordenita	10,0	15,0
Montmorillonita	13,0	8,0
Calcita	10,0	14,0
Total zeolita+Montmorillonita	88,0	93,0
Contenido de elementos nocivos		
F, %	<0,02	<0,04
Pb, g/t	<5,73	<6,45
As, g/t	<0,52	<0,62
Cd, g/t	<0,145	<0,15
Hg, g/t	<0,25	<0,20

Tabla 3. Composición química del aceite esencial de Melaleuca quinquenervia (Pino *et al.*, 2011)

Pico	t _r (min)	Abundancia relativa (%) [*]	Identificación
1	2,502	2,31	a pineno
2	2,690	0,12	canfeno
3	2,915	0,33	benzaldehído
4	3,224	1,11	β pineno
5	4,712	25,43	1,8 - cineol
6	5,108	0,30	α terpineno
7	5,800	0,10	terpinoleno
8	6,204	0,18	linalool
9	7,351	0,13	isopulegol
10	8,018	0,11	(-)-a-terpineol (p-menth-1-en-8-ol)
11	8,364	0,57	Terpinen -4-ol
12	9,006	2,94	(+)-a-terpineol (p-menth-1-en-8-ol)
13	9,035	0,14	(+/-)-a-metilbencil acetato
14	13,521	3,57	a-terpineol acetato
15	13,617	0,21	eugenol
16	17,194	1,43	óxido cariofileno
17	17,481	7,76	viridiflorol
18	17,524	9,50	Allo-aromadendreno
19	17,799	32,95	longifoleno
20	17,836	0,92	ledol
21	17,861	0,35	guaieno
22	17,906	0,25	7-metil-3,4,5,6,7,8-hexahidronaftalen-1(2H) ona
23	17,961	0,63	a-elemeno
24	17,998	0,60	β maaliemo
25	18,048	0,45	10,10-dimetil-2,6- dimetilenbicyclo(7.20)-undecan-5- β-ol
26	18,094	0,96	δ cadineno
27	18,211	1,18	β-eudesmol
28	18,265	1,71	t-murolol
29	18,353	0,17	Viridifloreño (ledeno)
30	18,398	0,22	17-acetoxi-19-kauranal

t_r (tiempo de retención). *presenta la identificación de los compuestos presentes en el aceite con una abundancia relativa mayor que 0,1%

Se destaca la respuesta efectiva en el control del trips en el frijol, en el minaden en el café, los caracoles en la acelga y lechuga, los gusanos en el maíz, el mitio en el pepino, el pulgón en la col: la mosca blanca en distintos cultivos, el ataque del grillo y la bibijagua en frijol.

Las dosis de aplicación oscilo entre 150-200 g / mochila de 16 L en periodos de 7-15 días en forma de fumigación foliar, lo que demostró efectividad en la presencia de caracoles, gusanos, nematodos, pulgón, mitio, trips, mosca blanca y minaden en el café.

En la **figura 3** se presentan los componentes de los plaguicidas (zeolita, azufre tabaquina, extractos alcohólicos de (neem y melaleuca), equipos de molienda y modificación química e ilustraciones de su aplicación.



Figura 3. Ilustraciones de la preparación de los productos, equipos, insumos y aplicación

Los resultados demuestran no solo impacto científico técnico al aportar productos amables con el medio ambiente que aprovechan los recursos naturales del país y residuos de la industria aportando solución parcial y/o total a la problemática de las plagas en los cultivos, mediante dos procedimientos limpios que permiten obtener una gama de productos efectivos en el control de ácaros, áfidos, pulgones, caracoles, nemátodos, gusanos, trips, mosca blanca, evitando las quemaduras y generando acción preventiva a la presencia de plagas. También confirman que la integración de zeolita, cal, azufre residual, tabaquina y extractos de plantas naturales permite obtener plaguicidas de alto valor agregado. Este enfoque convierte pasivos ambientales (azufre, tabaquina) en insumos útiles, alineándose con los principios de economía circular y agricultura sostenible.

CONCLUSIONES

1. A través de dos procedimientos tecnológicos versátiles y limpios se formula una gama de productos que elevan el valor agregado de las materias primas minerales naturales y reutilizan residuos de la industria para obtener productos de acción plaguicida efectiva en la protección de los cultivos.
2. Los productos desarrollados valorizan los residuos locales: un por ciento de su composición corresponde al azufre del proceso de ENERGAS y al acumulado en la Planta de Sulfonales), además

tabaquina del residuo del proceso del tabaco, que de otro modo constituirían un pasivo ambiental. Esto demuestra la viabilidad de un modelo de economía circular en el sector agropecuario.

3. La combinación zeolita-cal con tabaquina actúa como un sistema de liberación controlada. Esta sinergia casi no se reporta en la literatura.
4. Los extractos de plantas naturales como el neem y la melaleuca, cultivados en el país, poseen reconocidos efectos en el control de plagas, lo que posibilita la sustitución de importación de productos químicos plaguicidas por productos amigables con el medio ambiente, que tributan a la soberanía alimentaria y la agricultura sostenible.

5. Se comprueba el efecto de los productos en diferentes escenarios productivos al controlar con efectividad y efectos preventivos plagas como: mitio, trips, nematodos, pulgón, caracoles, gusanos, la mosca blanca y el minaden. Pueden ser aplicados por polvoreo y fumigación foliar, en dosis de 150 -200 g/mochila en ciclos de 7-15 días y de forma preventiva en ciclos de 15-30 días.
6. Los productos desarrollados ofrecen una opción sostenible y efectiva al aprovechar recursos naturales y residuos industriales para el control de plagas y la protección de cultivos y medioambiente

BIBLIOGRAFÍA

- Aktar, Md Wasim. 2009. Impacto del uso de plaguicidas en la agricultura: sus beneficios y uso.
- Campigotto, J. 2024. Cómo usar la cal para el control orgánico de plagas durante todo el año. Disponible en: <https://firstsaturdaylime.com>, [Consultado: enero 20, 2025].
- Del Puerto Rodríguez, AM., Suarez Tamayo, S.& Palacio Estrada, DE.2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Rev. Cubana Hig Epidemiol, vol.52(n.3):372-387, ISSN:1561-3003 Disponible en: <http://scielo.sld.cu>, [Consultado: enero 2, 2025].
- Elizondo, AI, Romeu, C.R., Moreira, M. & Milán, M. 2012. Efecto del aceite esencial de Melaleuca sobre la población de Plutellax y los tella (L.) en el cultivo de la col. INISAV. La Habana, Cuba.

- Febles, J.A., Velázquez M. 2006. Results of the application of organ-mineral products from Natural Zeolites as substitutes of chemical fertilizers. 7th International Conference on Occurrence, Properties, and Utilization of Natural zeolites. Socorro, New México, USA. (Abstract. in Zeolite'06).
- Ferrán H, Socas M., *et al.* 2021. Los minerales industriales y su empleo en la agricultura, Infomin Vol 12. Disponible en: <https://infomin.edicionescervantes.com>, [Consultado: enero 27, 2025].
- Méndez D.N.1, Soca N. M., Martínez R. F. Manejo de nematodos con zeolitas naturales en el cultivo del plátano. CIGET. Pinar del Río Vol. 18, No.1 enero-marzo, 2016
- Montejo S, E. *et al.* 2016. Programa de Desarrollo de los Minerales Industriales del Grupo Geominsal. (2016-2030). Informe de Caracterización de yacimientos y productos desarrollados base minerales técnicos cubanos: GEOMINSAL, La Habana, Cuba.
- Martín, G. J.; Pentón, G; García, F.; González, N; Sánchez, S & Noda, Y. El Neem una planta exitosa en la recuperación y conservación de los ecosistemas agropecuarios cubanos. Memorias. IX Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. La Habana. p. 66, 2013.
- Oficina Nacional de Normalización. 2014. Zeolitas Naturales - Requisitos de Calidad, NC 625: 2014, Cuba, 1-10p.
- Oficina Nacional de Normalización. 2014. Zeolitas Naturales-Determinación de la capacidad de intercambio catiónico - Método del cloruro de amonio, NC- 626: 2014, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización. 2014. Zeolitas Naturales -Preparación de muestras para ensayos de laboratorio, NC-627:2014, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización. 2014. Zeolitas Naturales - Determinación de elementos nocivos. Parte I: Determinación del contenido de mercurio -Método del vapor frío. NC-628-1:2014, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización. 2014. Zeolitas Naturales Determinación de elementos nocivos. Parte II: Determinación de arsénico, cadmio, y plomo mediante espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente. NC-628-II: 2014, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización. 2014. Zeolitas Naturales. Determinación del contenido de zeolitas, arcilla y calcita mediante análisis térmico. NC-629: 2014, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización. 2014. Zeolitas Naturales. Determinación del contenido de zeolitas mediante Difracción de rayos-X. NC-630: 2014, Cuba.
- Pino O., Sánchez, Y., Rojas, MM., Rodríguez, H., Abreu, Y., Duarte, Y., Martínez, B., Peteira, B., Correa, TM. & Martínez, D. 2011. Composición química y actividad plaguicida del aceite esencial de Melaleuca quinquenervia (Cav) S.T. Blake. Rev. Protección Veg. Vol.26 (N.3):177-186, ISSN:1010-2752. Disponible en: <http://scielo.sld.cu>, [Consultado: enero 2, 2025].
- Fuentes, G. 2015. La Ingeniería de Zeolitas Naturales: Desarrollo de Nuevos Materiales y sus Tecnologías. Tesis segundo doctorado, IMRE, Universidad de La Habana.
- Soca Núñez, M., 2018. Uso de la zeolita en cultivos de importancia económica. Rev. INFOMIN, Vol.10 (No.1, enero-junio): 46-56, ISSN: 1992 4194. Disponible en: <https://infomin.edicionescervantes.com>, [Consultado: enero 27, 2025].
- Van Straaten, P. 2007. Agrogeology: The use of rocks for crops. Enviroquest Limited., Cambridge, Ontario, Canada, 440 pp.
- Velázquez M., Febles, J.A & otros. 2009. Obtención de Fertilizantes Ecológicos a partir de materias primas nacionales. Informe de Investigación No.56 del CIPIMM, La Habana, Cuba.
- Velázquez M., Montejó, E. & Ferrán H., 2022. Desarrollo de productos de alto valor agregado base minerales naturales y plantas de acción protectoras de los cultivos. Informe de Investigación. No. 236, CIPIMM, La Habana, Cuba.
- Estrada Sanabria, V.1999. Impacto ambiental de la explotación del yacimiento de arenas boca de Bahía Honda, plataforma norte de Pinar del Río. Minería y Geología Vol.16 (2). Disponible en: <https://revista.ismm.edu.cu>, [Consultado: enero 27, 2025].