

Artículo de divulgación

Formulación y producción de biofertilizantes para 30 mil hectáreas de las comunas productivas

S. Villanueva¹ , M. Henríquez^{*1} , D. Felce² 

1 Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Miranda, Venezuela. 2 Kocreative, Caracas, San Antonio, Venezuela.

Resumen

La siembra a nivel nacional de 30 mil hectáreas de maíz es un proyecto piloto de gran alcance donde convergen las voluntades y pericias de varias instituciones para identificar y validar el tratamiento óptimo de fertilización. El trabajo de investigación planteó como objetivos aumentar la producción de cultivo de maíz ton. ha^{-1} , iniciar la recuperación de las características propias / basales de los suelos (pH, microbioma, minerales, etc), evitar la contaminación de las fuentes de agua, suelos y cultivos con sustancias nocivas para la salud y el medioambiente, de manera de cuidar también la salud de los agricultores miembros de las comunas, así como, de los consumidores finales. Para ello, se propuso una formulación que combina un fertilizante mineral de soluciones de sales de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) con concentraciones específicas para cada una de las fases del cultivo en conjunto con fertilizantes orgánicos y urea de liberación controlada para complementar el aporte de nitrógeno y biocontroladores (hongos y bacterias) para la profilaxis y tratamiento de las plagas. La nueva formulación implicó una reducción de los costos en un 78 % en comparación a los fertilizantes comerciales y transcurridos 60 días de la siembra no se han observado presencia de plagas y pestes.

Palabras clave: biopesticidas, biocontroladores, urea de dosificación controlada, maíz, NPK.



Recibido: 5 de septiembre del 2023

Aceptado: 3 de diciembre del 2023

Publicado: 8 de enero de 2024

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: 10.5281/zenodo.10794002

***Autor para correspondencia:**

Magaly Henríquez

e-mail:

mhenriquez.cntq@gmail.com

Dissemination article

Formulation and production of biofertilizers for 30 thousand hectares of productive communities

Samuel Villanueva¹ , Magaly Henríquez¹ , Danny Felce² 

¹ Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Miranda, Venezuela. ² Kocreative, Caracas, San Antonio, Venezuela.

Abstract

The nationwide planting of 30 thousand hectares of corn is a far-reaching pilot project where the will and expertise of several institutions converge to identify and validate the optimal fertilization treatment. The objectives of the research work were to increase the production of corn crops. ha^{-1} , begin the recovery of the soil's own/basal characteristics (pH, microbiome, minerals, etc.), avoid contamination of the water sources, soils, and crops with substances harmful to health and the environment, so to also take care of the health of the farmers who are members of the communes, as well as the final consumers. To this end, a formulation was proposed that combines a mineral fertilizer of solutions of nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK) salts with specific concentrations for each of the crop phases together with organic fertilizers and controlled release urea to complement the contribution of nitrogen and biocontrollers (fungi and bacteria), for the prophylaxis and treatment of pests. The new formulation implied a 78 % of cost reduction, compared to commercial fertilizers and after 60 days of sowing, no presence of pests has been observed.



Received: September 5, 2023

Accepted: December 3, 2023

Published: January 8, 2024

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI:

10.5281/zenodo.10794002

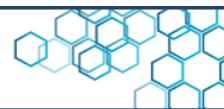
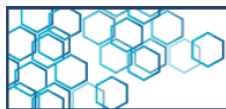
***Corresponding author:**

Magaly Henríquez

e-mail:

mhenriquez.cntq@gmail.com

Keywords: biopesticides, biocontrollers, extended dosage urea, corn, NPK.



1. Introducción

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), aprobó en el año 2015 la Agenda 2030, planteando 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que buscan la disminución de la pobreza en conjunto con la atención de otras necesidades sociales [1]. Una revisión de la literatura científica a nivel mundial por medio de la plataforma Dimensions® [2] indicó que entre los años 2018 y 2022, se han publicado 248.324 documentos relacionados a los ODS, de los cuales 159.912 (64,40 %) corresponden a artículos científicos, 55.095 (22,19 %) a capítulos de libros, 11.049 (4,45 %) de preimpresión, 10.876 (4,78 %) a libros editados, etc. Dentro de este conjunto resaltan 17.954 (7,23 %) registros de políticas públicas, es decir, documentos que convergen el conocimiento científico con orientaciones prácticas a nivel local, nacional o regional, en función de lograr beneficios para la sociedad. En relación a Venezuela y los ODS, se encontraron 14.896 documentos científicos, 4 patentes y 1.820 registros de políticas públicas para el mismo periodo de estudio.

En función de los ODS Hambre Cero (OSD 2) y *Alianzas para lograr los objetivos* (OSD 17), el Consejo Federal de Gobierno (CFG), el Centro Nacional de Tecnología (CNTQ) y la empresa Kocreative formaron una alianza para diseñar, elaborar y ejecutar un proyecto piloto de siembra de 30 mil hectáreas de maíz empleando fertilizantes inorgánicos, orgánicos y biocontroladores. El proyecto implicó las atribuciones del Consejo Federal de Gobierno (CFG) como órgano encargado de la planificación, coordinación de políticas y acciones para el desarrollo del proceso de descentralización y transferencia de competencias del Poder Nacional a los estados y municipios. Las funciones del CNTQ

como coordinador de investigación para la validación de los resultados y asegurar una efectiva transferencia tecnológica y la experiencia de la empresa Kocreative en el diseño de fertilizantes para el área de la hidroponía en invernaderos. Además, dicha empresa tiene convenios activos de desarrollo de biofertilizantes, controladores biológicos y sistemas hidropónicos urbanos con el Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología (Mincyt) y el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

Los objetivos establecidos en el proyecto son incrementar la producción de maíz, mejorar la calidad de los suelos, disminuir el empleo de pesticidas inorgánicos, disminuir la contaminación del ambiente y optimizar la eficiencia de producción de maíz.

2. Fertilizantes

El nitrógeno (N) es un macronutriente necesario para la producción de cultivos y un recurso básico para la gestión de los sistemas agrícolas. En Venezuela y a nivel Mundial la urea convencional es una de las fuentes más comunes y asequibles para la aportación de nitrógeno, se ha determinado que su aprovechamiento no es tan eficaz. Debido a que cerca del 48% del nitrógeno que aporta, se volatiliza como $\text{NH}_3\text{-N}$ y un 25% que llega a ser nitrificado, se pierde por lixiviación. Mientras que otra parte contribuye a alterar el pH de los suelos. Por otro lado, el gas NH_3 es una fuente indirecta de óxido nitroso (N_2O), que tiene un potencial de calentamiento global 310 veces mayor que el dióxido de carbono (CO_2) [3].

En cuanto a su rendimiento de aplicación, en un suelo virgen se puede utilizar un saco de 50 Kg por hectárea, mientras que en un suelo abonado previamente con urea se pueden llegar a requerir entre 4 y 6 sacos de 50 Kg, también por cada hectárea. Esto, entre otros factores, obedece a que un suelo con pH alterado limita el crecimiento de bacterias nitrificantes, así como, disminuye el intercambio catiónico entre la solución del suelo y las raíces de las plantas, y por ende afecta el correcto crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Una solución a los inconvenientes mencionados es el desarrollo y la aplicación de tecnologías que reduzcan las pérdidas de aportación de nitrógeno como lo son los fertilizantes estabilizados, de liberación lenta, de liberación controlada y sus mezclas [4]. En este avance del proyecto mencionaremos brevemente solo la tecnología de liberación controlada, caracterizada por recubrir la urea con azufre (S) y zinc (Zn) e incorporar un inhibidor de enzimas ureasas. El recubrimiento proporciona un mecanismo de liberación lenta que favorece la permanencia de la urea en el suelo durante un tiempo más largo para satisfacer la demanda del cultivo y aumenta la eficiencia en el uso del nitrógeno, el crecimiento, el rendimiento y la calidad del grano. La recubierta permite la sincronización de la difusión de nutrientes con las demandas de los cultivos. Por otro lado, el azufre y el zinc disminuyen las deficiencias de nutrientes y tienen efectos sinérgicos con otros macro y micronutrientes de las plantas.

Los inhibidores de la enzima ureasa impiden que esta catalice a la urea, evitando la generación de carbonatos y amoníaco y por ende la salinización y alteración del pH de los suelos, así como, la volatilidad del nitrógeno. Por tal razón los fertilizantes de liberación controlada

contienen compuestos secuestrantes del níquel (Ni), el cual es un metal requerido para la acción catalizadora de la mencionada enzima.

Los requerimientos nutricionales y de minerales de las plantas en el tiempo no son lineales, ellos varían según la fase. Por tal motivo, la formulación de NPK (15-15-15), no es la más eficiente. El diseño y la formulación de los productos se basó en las diferentes etapas del cultivo, teniendo tres formulaciones finales, una para la etapa de inicio (Fase 1) con la formulación NPK (5-15-5), otra para el desarrollo (Fase 2), NPK (15-5-5) y finalmente una para la etapa de floración (Fase 3) NPK (5-5-15) como se muestra en las Figuras 1a, 1b y 1c.

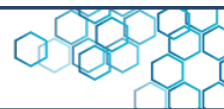
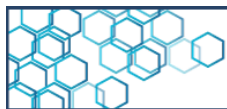


Figura 1a. Presentación de fertilizante de fase de inicio (5.00, 15.00, 5.00). Fuente propia



Figuras 1b y 1c. Presentación de fertilizantes para las fases de desarrollo (5.00, 15.00, 5.00) y floración. (5.00, 5.00, 15.00). Fuente propia

3. Ácidos húmicos y fúlvicos en el perfil del suelo



Los ácidos húmicos y fúlvicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica. Estas influyen directamente en la fertilidad del suelo, a la vez que contribuyen significativamente a su estabilidad, incidiendo en la absorción de nutrientes y como consecuencia directa, en un crecimiento y desarrollo óptimo de la planta.

Estimulan el desarrollo radicular, ayudan a liberar lentamente las fuentes de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre para la nutrición de las plantas y el crecimiento microbiano. Participan en la regulación del pH y contribuyen a la absorción de energía y el calentamiento del suelo. Refuerzan la estructura del suelo agregando partículas de arcilla y limo para evitar la erosión. Favorecen la interacción de los micronutrientes y evitan así la posibilidad de su acarreo y pérdida. Adicionalmente, tienen efecto quelatante sobre el hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu).

4. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE) / Biocontroladores

El manejo integrado es un enfoque de control de plagas que busca armonizar la eficiencia en el combate, la responsabilidad socio-ambiental y la productividad. Existen muchas formas de definirlo, pero todas se enfocan en el uso de herramientas de control que buscan minimizar las pérdidas de un cultivo mediante el conocimiento científico, el apoyo tecnológico y el sentido común de los productores.

La Organización para la Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), estipula actualmente el Manejo Integrado de Plagas (MIP) como “la cuidadosa consideración de todas las técnicas de control disponibles y la subsecuente integración de medidas apropiadas que desalienten el desarrollo de poblaciones de plagas y mantengan el uso de pesticidas y otras intervenciones a niveles económicamente justificados y reducidos o minimizados los riesgos a la salud humana y el ambiente. El MIP enfatiza en el crecimiento de un cultivo saludable con la menor disrupción posible hacia el agro-ecosistema y alienta los mecanismos de control natural de plagas” [5].

Inicialmente, el “manejo integrado” fue dirigido hacia el control de plagas, pero conforme han pasado los años este concepto se ha ido extendiendo también hacia el combate de las enfermedades en los cultivos. De forma que actualmente muchos investigadores prefieren hablar de MIPE (manejo integrado de plagas y enfermedades) para mostrar un enfoque más amplio que integre estos dos aspectos de la producción [6]. De esta forma podemos hablar de Manejo Integrado de Plagas (MIP) o Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE).

En nuestro caso se empleó como controladores biológicos a *Beauveria bassiana*, *Trichoderma* sp. y a *Bacillus subtilis*, los cuales son antagonistas de un amplio espectro de hongos nocivos como *Fusarium*, *Giberella*, *Rhizoctonia*, *Verticillium*, *Alternaria* y *Botrytis* entre muchos otros, así como, para el control de bacterias dañinas, especialmente las pertenecientes a los géneros *Pectobacterium*, *Dickeya*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Burkholderia*, *Acidovorax*, *Curtobacterium* y *Ralstonia*. También para combatir insectos plaga como pulgones, mosquita

blanca, barrenadores, chinches, trips, mosca minadora y de la fruta, pulguilla saltona, araña roja y orugas defoliadoras.

Existen muchos otros controladores biológicos, los seleccionados serían los básicos y de más amplio espectro.

En función de lo anterior se propuso la producción de fertilizantes para cubrir la siembra de 30.000 hectáreas de maíz. Se aplicó la metodología de la Vigilancia e Inteligencia Estratégica (VeIE) para identificar y seleccionar a nivel nacional según sus debilidades y fortalezas las entidades federales a recibir los kits de fertilizantes y biocontroladores. Los siguientes 14 estados fueron seleccionados: Anzoátegui, Apure, Aragua, Barinas, Bolívar, Cojedes, Guárico, Lara, Mérida, Monagas, Portuguesa, Sucre, Yaracuy y Zulia.

El Kit de fertilizantes y biocontroladores se configuró para dosificar a 30 ha. como se muestra en la Tabla 1. Con la finalidad de facilitar a los agricultores su manejo y aplicación, los fertilizantes se entregaron en cuñetes de 18 L en una presentación concentrada y con sus respectivas etiquetas distintivas para cada fase. Los biocontroladores se formularon en estado sólido, para luego ser mezclados con los fertilizantes al momento de la aplicación.

Todos estos fertilizantes y biocontroladores se plantean en el marco de la agricultura orgánica, la agricultura regenerativa, los métodos de mínima labranza, como mecanismos que permitan potenciar los cultivos realizados por las diversas comunas a nivel nacional, disminuyendo la alcalinización, salinización y acidificación de los suelos, así como, la acumulación de toxinas y metales pesados en los suelos y cuerpos de agua por el uso de agroquímicos de baja calidad y

pesticidas químicos de alto impacto ambiental y en la salud humana en general.

Tabla 1. Kit de fertilizantes y biocontroladores diseñados y formulados para 30 hectáreas

Fase del Cultivo	Producto	Presentación	Cantidad
Fase I	NPK: (5-15-5) + ME + Ac. Húmicos y Fúlvicos	Cuñete 18 L	6
Fase II	NPK: (15-5-5) + ME + Ac. Húmicos y Fúlvicos	Cuñete 18 L	6
Fase III	NPK: (5-5-15) + ME + Ac. Húmicos y Fúlvicos	Cuñete 18 L	6
Fase I	Bio Nitro 41-00-00/10S + 0,1 B + 0,15 Zn + Inh. Ureasa	Saco 50 Kg	30
Fase I	<i>Trichoderma sp.</i> + <i>Beauveria bassiana</i> + <i>Bacillus Subtilis</i>	Paquetes (50, 50 y 20) g	3
Fase II	<i>Trichoderma sp.</i> + <i>Beauveria bassiana</i> + <i>Bacillus Subtilis</i>	Paquetes (50, 50 y 20) g	3

Para el almacenamiento y distribución de los productos, así como, organizar a las 1.000 comunas seleccionadas, se requirió el despliegue de 60 gandolas para cubrir los 14 estados y el apoyo de los Fundacites y gobernaciones de cada entidad.

Tabla 2. Kit de fertilizantes y biocontroladores diseñados y formulados para 30.000 hectáreas

Fase del Cultivo	Producto	Volumen / Peso	Cantidad
Fase I	5-15-5 + ME + Ac. Húmicos y Fúlvicos	108.000 L	6.000 cuñetes
Fase II	15-5-5 + ME + Ac. Húmicos y Fúlvicos	108.000 L	6.000 cuñetes
Fase III	5-5-15 + ME + Ac. Húmicos y Fúlvicos	108.000 L	6.000 cuñetes
Fase I	Bio Nitro 41-00-00/10S + 0,1 B + 0,15 Zn + Inh. Ureasa	1.500 Tn	30.000 sacos
Fase I	Trichoderma sp. + Beauveria bassiana + Bacillus Subtilis	(1.500, 1.500 y 600) Kg	3.000 paquetes
Fase II	Trichoderma sp. + Beauveria bassiana + Bacillus Subtilis	(1.500, 1.500 y 600) Kg	3.000 paquetes

La calidad de los resultados de la prueba piloto, también dependerá de la correcta preparación y aplicación de las soluciones, a cargo de los agricultores. Por tal motivo, como parte de la estrategia de transferencia conocimiento, se elaboraron una serie de trípticos y videos explicando paso a paso los procesos de dilución de las soluciones concentradas para cada fase, así como, su adecuada aplicación. La información fue distribuida por las redes sociales del CNTQ y páginas web del CFG, CNTQ, Fundacites y gobernaciones. Adicionalmente, el personal de los Fundacites y gobernaciones realizan monitorización de los procesos de fertilización para garantizar la calidad de los procesos.

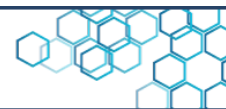
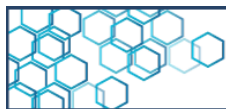
El proceso de siembra de la semilla de maíz blanco (*Zea mays*) inició en el septiembre del 2023 y la cosecha debería de ser realizada en diciembre del mismo año. Por tal motivo, al momento de reportar el avance, día número 60 de la siembra, se reportan algunos resultados parciales cualitativos a nivel nacional. La reducción de costos en la aplicación de fertilizantes por hectárea fue del 78 %, en comparación con los productos comerciales. No se ha observado presencia ni desarrollo de plagas. Las plantas de maíz han evolucionado sin

problemas como se observa en la Figura 1. Se sustituyó el uso de pesticidas químicos, que son nocivos para el agricultor, el medioambiente y los consumidores finales, por controladores biológicos de plagas.



Figura 2. Evolución de las plantas de maíz, día 60. Fuente propia.

Los resultados de la calidad del suelo postratamiento, así como, la producción de toneladas por hectárea se reportará en una próxima entrega. Se espera que los resultados permitan sustentar la elaboración de políticas públicas nacionales que orienten a la aplicación de fertilizantes de dosificación según fase, urea de liberación controlada y de biocontroladores para optimizar la eficiencia de los procesos de cultivo, proteger el ambiente y la salud de los agricultores al minimizar la aplicación de pesticidas. Disminuir las brechas de producción de alimentos entre regiones y fortalecer la red de producción de las comunas.



5. Consideraciones finales

El paquete de fertilizantes está pensado de manera de utilizar el tratamiento óptimo requerido para la fertilización de una gran cantidad de rubros agrícolas de importancia para la soberanía agroalimentaria del País. Identificando los criterios básicos de costo/beneficio, se establecieron formulaciones que permiten combinar la Solución A (Macroelementos) y la Solución B (Microelementos) con las soluciones de Inicio, Desarrollo y Floración/Fruto, basadas en las NPK de uso común, particularmente en las triple 15, con los acondicionadores de suelo llamados ácidos húmicos y fúlvicos, para que la aplicación de los fertilizantes líquidos sea manejable para los agricultores, sustituyendo así, el uso de cinco fórmulas por el uso de tres fórmulas completas y concentradas.

También, resulta necesario destacar que el fertilizante nitrogenado de liberación controlada/lenta, contribuye a darle un uso más eficiente a su base de elaboración que es la urea. Finalmente, combinar el fertilizante edáfico, con los fertilizantes líquidos, potencian las acciones y biodisponibilidad de ambas partes y además son compatibles con los controladores biológicos, incrementando incluso su tasa de reproducción en los suelos y potenciando su acción biofertilizante, además de la principal, que es la de la eliminación de plagas y de enfermedades bacterianas y fúngicas en los cultivos.

Se espera establecer un programa a corto, mediano y largo plazo con el Mincyt en pro de comenzar a generar fertilizantes orgánicos de alta

calidad para poder sustituir importación de costosos agroquímicos y fortalecer así la soberanía alimentaria. A mediano plazo tener una planta productora de fertilizantes en el estado Guárico, la cual será el modelo a replicar en otros estados del país para transferir esta tecnología al poder popular.

6. Referencias

- [1]. Moran M. Hambre y seguridad alimentaria. Desarrollo Sostenible. 2015. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- [2]. Dimensions.ai. <https://app.dimensions.ai/discover/publication>
- [3]. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014: Mitigation of climate change: Working group III contribution to the IPCC fifth assessment report. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press; 2015.
- [4]. Guelfi D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. Ipni.net. [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/90DE38570A7216CB832580FB0066E3B4/\\$FILE/Jornal-157.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/90DE38570A7216CB832580FB0066E3B4/$FILE/Jornal-157.pdf)
- [5]. Gestión de plagas. Fao.org. <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/es/>
- [6]. Ciancio A, Mukerji KG, editores. Integrated management of diseases caused by fungi, Phytoplasma and bacteria. Integrated management of plant pests and diseases. Nueva York, NY, Estados Unidos de América: Springer; 2008.

