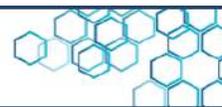
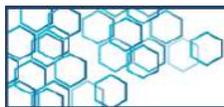


# CIENCIA EN REVOLUCIÓN

ISSN: 2610-8216

Depósito Legal: MI2019000004

Volumen 9, número 26, (julio-diciembre, 2023)



Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 26 (julio-diciembre, 2023)

ISSN-e: 2610-8216

Depósito legal: MI2019000004

Revista arbitrada e indizada en: Revenicyt ; Academic Resource Index ; Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico REDIB; Directorio de Latindex ; pendiente de clasificación en Latindex Catálogo 2.0; AmeliCA ; AURA ; SHERPA/ROMEO ; disponible en ; firmante de DORA y de la iniciativa Helsinki .

### CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Órgano de divulgación científica, tecnológica y social.

Su propósito es la difusión y apoyo a las investigaciones, así como de las actividades académicas.

#### Editor(a) Jefe

Lcda. Mattdign Medina  
Presidencia

Centro Nacional de Tecnología Química, Venezuela  
e-mail: presidencia.cntq@gmail.com

#### Editor Ejecutivo

Sección Ciencia y Tecnología  
Dr. Samuel Villanueva  
Dirección Técnica

Centro Nacional de Tecnología Química  
e-mail: svillanueva.cntq@gmail.com

#### Editor(a) Ejecutiva

Sección Ciencia y Comunidad  
Lcda. Dayana Arreaza  
Gerencia AAI

Centro Nacional de Tecnología Química  
e-mail: darreaza.cntq@gmail.com

#### Editor Asociado

MSc. Héctor Rodríguez  
Gerencia CTMP

Centro Nacional de Tecnología Química  
e-mail: hrodriguez.cntq@gmail.com

#### Junta Editorial

Dr. Marcos Rosa-Brussin  
Universidad Central de Venezuela  
e-mail: marcos.rosa@ciens.ucv.ve

Dr. Ángel Almarza  
Universidad de Carabobo Venezuela  
e-mail: adalmarza@gmail.com

Dr. Germán Siegert Carrasquel  
Universidad Central de Venezuela  
e-mail: gersiegert@hotmail.com

MSc. César Alejandro Basanta  
Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo  
Venezuela

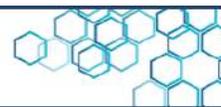
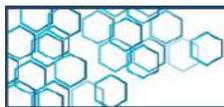
Dr. José Gregorio Biomorgi  
Universidad Central de Venezuela  
Venezuela

#### Apoyo Técnico

MSc. Rosana Sánchez  
Centro Nacional de Tecnología Química  
e-mail: rsanchez.cntq@gmail.com

Web master y Revisora: Lcda. María Laura Chona

Portada, Diagramación y diseño de plantilla: Lcdo. Alejandro Campero

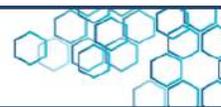
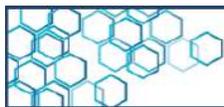


Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 26 (julio-diciembre, 2023)

# Ciencia en Revolución



Complejo Tecnológico Simón Rodríguez, sector noreste,  
Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda, Galpón N°1,  
La Carlota, Caracas, Venezuela.



# **CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA**

## **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

### **Manufactura y Valorización de la Materia Prima Nacional**

Lcda. Nilia Fuenmayor  
Coordinadora

e-mail: [nfuenmayor.cntq@gmail.com](mailto:nfuenmayor.cntq@gmail.com)

### **Sistemas de Gestión de la Calidad**

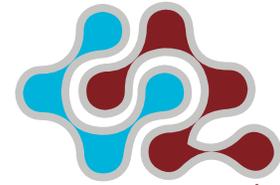
MSc. Jenny De Almeida  
Coordinadora

e-mail: [jdealmeida.cntq@gmail.com](mailto:jdealmeida.cntq@gmail.com)

### **Energía y Ambiente**

Ing. Yvelit Guerrero  
Coordinadora

e-mail: [yguerrero.cntq@gmail.com](mailto:yguerrero.cntq@gmail.com)



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

## Contenido General (Index)



### 334

**Editorial**

Mattdign Medina

## Ciencia y Tecnología



### 336

Artículo de divulgación

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

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

*S. Villanueva, M. Henríquez, D. Felce*



### 351

Artículo de Divulgación

**Consideraciones socioambientales y herramientas biotecnológicas en el estudio y control de la marchitez por Fusarium Raza 4 Tropical - Foc R4T, en plantas de cambur y de plátanos**

Socio-environmental considerations and biotechnological tools in the study and control of Fusarium wilt Race 4 Tropical - Foc R4T, in banana and plantain plants

*Y. Godoy*

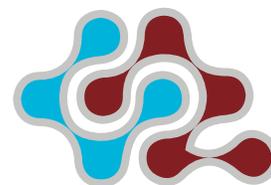


### 368

Artículo de divulgación

**La ciencia en manos del pueblo campesino a 3 mil metros sobre el nivel del mar: Proinpa, municipio Rangel, edo. Mérida**

*N. Briceño*



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

## Contenido General (Index)



### 380

Artículo de investigación

**Comparación fisiológica y morfológica de árboles antiguos y juveniles de nueve genotipos de cacao puros 100 % Nacional**

Physiological and morphological comparison of old and juvenile trees of nine 100% National pure cocoa genotypes

W. Tezara, P. Cedeño, M. Bolaños, S. Pachar



### 410

Artículo de Investigación

**Evaluación de aceptación de bloques multinutricionales producidos con residuos de la industria aceitera en mautes**

Acceptance evaluation of multinutritional blocks produced with waste from the oil industry in cattle

J. Isturiz, Y. Guerrero, N. Telleria, M. Henríquez



### 427

Artículo de Investigación

**Generalidades y oportunidades de desarrollo en el proceso de producción de alimento concentrado para caballos.**

Generalities and development opportunities in the production process of concentrated horse feed.

F. Rodríguez, N. Fuenmayor, H. Rodríguez, M. Henríquez



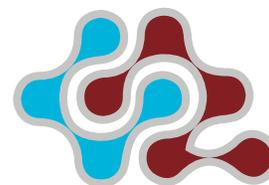
### 450

Estudio de tendencia

**Control y revalorización del *Eichhornia crassipes***

Control and enhancement of *Eichhornia crassipes*

J. Izaguirre, Y. Guerrero, N. Telleira, H. Rodríguez, M. Henríquez



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

## Contenido General (Index)

476

Artículo de divulgación

**Polímero Termoplástico: Polipropileno**

Thermoplastic Polymer: Polypropylene

L. Blanco, E. Catari

510

Artículo de Investigación

**Estudio patentométrico sobre las tecnologías de pasteurización de suelos - Período 1993-2022**

Patentometric study on soil pasteurization technologies - Period 1993-2022

M. Lopez, J. Izaguirre, Y. Guerrero, N. Tellería, H. Rodríguez, M. Henríquez

## Editorial

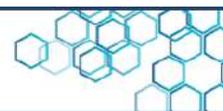
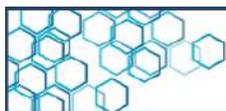
DOI: 10.5281/zenodo.11043445

En esta nueva entrega de la revista Ciencia en Revolución, en su ejemplar volumen nueve (9), número veintiséis (26), correspondiente a la edición julio – diciembre del 2023, continuamos firme en nuestro propósito de motivar la difusión de los conocimientos, resultados e investigaciones en materia de ciencia y tecnología, haciéndolos accesibles y visibles, con el fin de aportar soluciones desde la racionalidad de la vida.

El cuerpo editorial de la revista asume con un sentido de responsabilidad y dedicación la labor de velar por la periodicidad en sus publicaciones, garantizar la calidad de los artículos para asegurar la accesibilidad, visibilidad y heterogeneidad de manera expedita, con el fin de unir esfuerzos para ayudar a romper con el problema de fondo, la desigualdad mundial en la creación del conocimiento.

La edición inicia abordando el sector agroalimentario con tres artículos de divulgación. En primera instancia, Samuel Villanueva y colaboradores, nos presentan la visión de un proyecto en ejecución, resultante de la unión del sector público y privado para diseñar, elaborar y ejecutar un plan piloto de siembra de 30 mil hectáreas de maíz empleando fertilizantes inorgánicos, orgánicos y biocontroladores. Seguidamente, Yurani Godoy, nos ilustra sobre la reciente preocupación que existe en la producción de musáceas (plantas de cambur, bananas, plátanos), por las alarmas fitosanitarias relacionadas a la enfermedad de la marchitez causada por el hongo *Fusarium oxysporum*. Luego, Niedlinger Briceño, nos brinda evidencias sobre una experiencia exitosa con Proinpa, municipio Rangel, estado Mérida, con el cultivo de papa y de cómo la ciencia al servicio del pueblo, mediante la apropiación de la ciencia en la cotidianidad, termina siendo una praxis revolucionaria en todos los sentidos.

Continuando con el enfoque en el sector agroalimentario en esta edición, se abordan tres artículos de investigación, buscando cimentar un modelo de producción endógeno sobre la base de una actitud científica, popular y dinamizadora. En primer lugar, Wilmer Tezara y colaboradores, nos ofrecen una comparación de las características fisiológicas y morfológicas de nueve genotipos de árboles ancestrales genéticamente puros del clúster cacao Nacional en Piedra de Plata *in situ* y sus respectivos clones juveniles cultivados en la Reserva Ecológica Camarones en la provincia de Manabí, Ecuador. En segundo lugar, Jetzabel Istúriz y colaboradores, nos presentan una evaluación de aceptación de bloques



multinutricionales producidos con residuos de la industria aceitera en mautes, como alternativas en la alimentación y nutrición animal. En tercer lugar, Francisco Rodríguez y colaboradores, nos aportan un artículo de investigación sobre las generalidades y oportunidades de desarrollo en el proceso de producción de alimento concentrado para caballos, como alternativa ante los retos que se presentan en la industria de alimento animal, que contemplan el uso eficiente de recursos, economía circular y disminución del impacto ambiental, mejorando el valor nutricional y la absorción de nutrientes.

Posteriormente, la edición continua con un estudio de tendencia de José Izaguirre y colaboradores, en donde abordan la revalorización y tratamiento del lirio acuático o jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), a través de una búsqueda de documentos de patentes, para el periodo 2017 – 2021, buscando sus aplicaciones industriales potenciales. Asimismo, Maybel López y colaboradores, quienes identifican la tendencia tecnológica en la pasteurización de suelos, como alternativa amigable con el medio ambiente, a través del análisis de los documentos de propiedad intelectual publicados en el área, durante el período de 1993-2022.

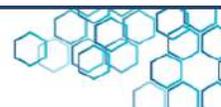
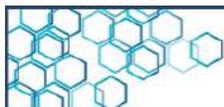
La edición cierra con el artículo de investigación de Lucelia Blanco y Edgar Catarí, quienes presentan una revisión general del polipropileno y sus aplicaciones, con el objetivo de ampliar las perspectivas para su mejor investigación y estudios en el país.

Esperamos que sea de su agrado la lectura y disfrute de estos nueve (9) artículos que les brinda esta nueva edición de la revista “Ciencia en Revolución”.

Nos despedimos reiterando nuestro compromiso de servir como ventana para mostrar con orgullo a Venezuela y al mundo, los avances en materia de ciencia y tecnología.

Finalmente, extendemos la invitación a todos los autores fuera y dentro de nuestras fronteras, a publicar y continuar fortaleciendo el área científico-tecnológica y social.

Lcda. Mattdign Medina  
Editor(a) – Jefe



Artículo de divulgación

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

S. Villanueva<sup>1</sup> , M. Henríquez\*<sup>1</sup> , D. Felce<sup>2</sup> 

1 Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Miranda, Venezuela. 2 Kcreative, 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  $\text{ton. ha}^{-1}$ , 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.

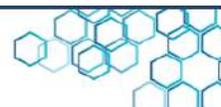
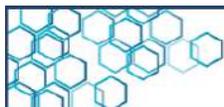
**DOI:** 10.5281/zenodo.10794002

**\*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 Villanueva<sup>1</sup> , Magaly Henríquez<sup>1</sup> , Danny Felce<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Miranda, Venezuela. <sup>2</sup> 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.  $\text{ha}^{-1}$ , 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

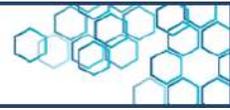
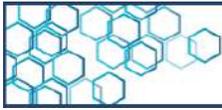
**\*Corresponding author:**

Magaly Henríquez

**e-mail:**

mhenriquez.cntq@gmail.com

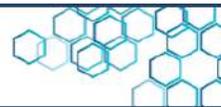
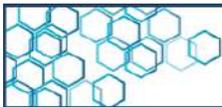
**Keywords:** biopesticides, biocontrollers, extended dosage urea, corn, NPK.



## 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

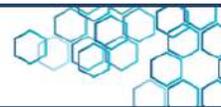
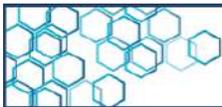


como coordinador de investigación para la validación de los resultados y asegurar una efectiva transferencia tecnológica y la experiencia de la empresa Kocreative en el diseño de fertilizantes para el área de la hidroponía en invernaderos. Además, dicha empresa tiene convenios activos de desarrollo de 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

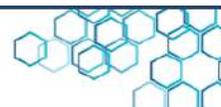
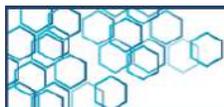
El nitrógeno (N) es un macronutriente necesario para la producción de cultivos y un recurso básico para la gestión de los sistemas agrícolas. En Venezuela y a nivel Mundial la urea convencional es una de las fuentes más comunes y asequibles para la aportación de nitrógeno, se ha determinado que su aprovechamiento 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  $\text{NH}_3$  es una fuente indirecta de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), que tiene un potencial de calentamiento global 310 veces mayor que el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) [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.

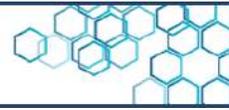
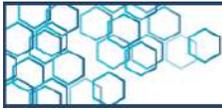


**Figura 1a.** Presentación de fertilizante de fase de inicio (5.00, 15.00, 5.00). Fuente propia



**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

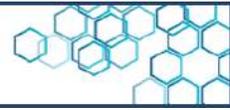
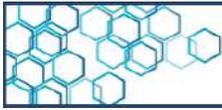


Los ácidos húmicos y fúlvicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica. Estas influyen directamente en la fertilidad del suelo, a la vez que contribuyen significativamente a su estabilidad, incidiendo en la absorción de nutrientes y como consecuencia directa,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

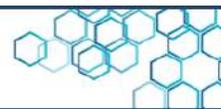
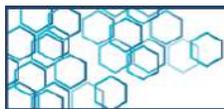
El manejo integrado es un enfoque de control de plagas que busca armonizar la eficiencia en el combate, la responsabilidad socio-ambiental y la productividad. Existen muchas formas de definirlo, pero todas se enfocan en el uso de herramientas de control que buscan minimizar las pérdidas de un cultivo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



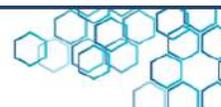
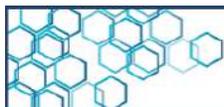
blanca, barrenadores, chinches, trips, mosca minadora y de la fruta, pulgilla saltona, araña roja y orugas defoliadoras.

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



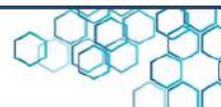
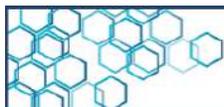
pesticidas químicos de alto impacto ambiental y en la salud humana en general.

**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.

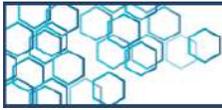
**Tabla 2.** Kit de fertilizantes y biocontroladores diseñados y formulados para 30.000 hectáreas



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.

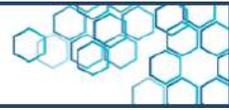
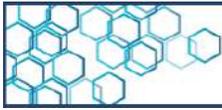
Los resultados de la calidad del suelo postratamiento, así como, la producción de toneladas por hectárea se reportará en una próxima entrega. Se espera que los resultados permitan sustentar la elaboración de políticas públicas nacionales que orienten a la aplicación de fertilizantes de dosificación según 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.

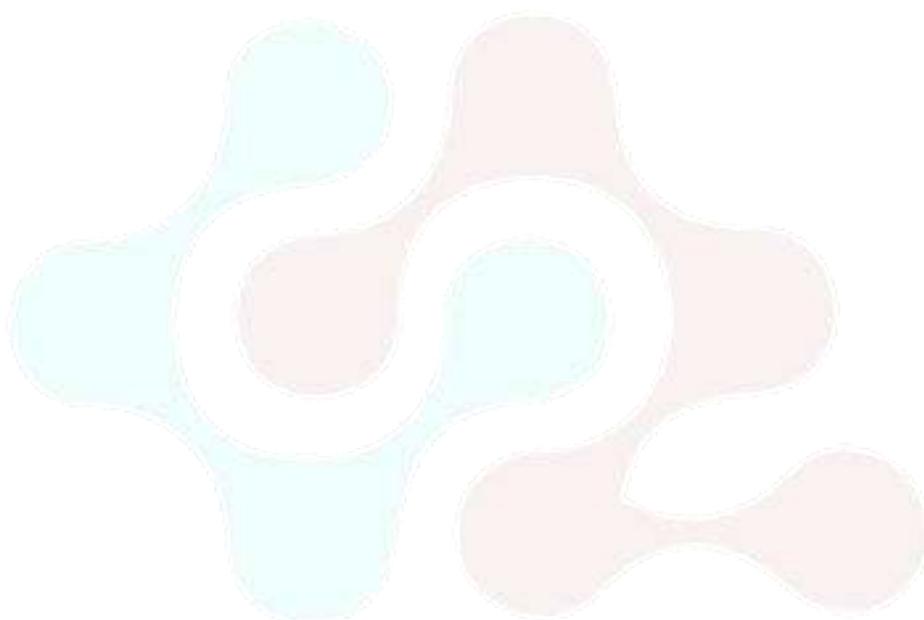
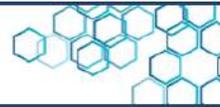
Se espera establecer un programa a corto, mediano y largo plazo con el Mincyt en pro de comenzar a generar fertilizantes orgánicos de alta

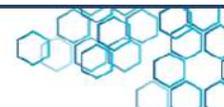


calidad para poder sustituir importación de costosos agroquímicos y fortalecer así la soberanía alimentaria. A mediano plazo tener una planta productora de fertilizantes en el estado Guárico, la cual será el modelo a replicar en otros estados del país para transferir esta tecnología al poder popular.

## 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 liberación 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.





Artículo de Divulgación

## Consideraciones socioambientales y herramientas biotecnológicas en el estudio y control de la marchitez por *Fusarium* Raza 4 Tropical - Foc R4T, en plantas de cambur y de plátanos

Y. Rangel<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Instituto de Estudios Avanzados (IDEA)

### Resumen



En los sistemas agroalimentarios basados en la producción de musáceas (plantas de cambur, bananas, plátanos), existe una gran preocupación por la situación fitosanitaria debido a la enfermedad de la marchitez causada por el hongo *Fusarium oxysporum* raza cuatro. Debido a la importancia a nivel global del consumo de estos alimentos, se plantea esta revisión sistemática con el objeto de comprender y difundir de qué se trata esta enfermedad, aspectos propios del cultivo, estrategias de control, su importancia en la economía global y su impacto en la seguridad y soberanía alimentaria. Para la revisión se utilizó la base de datos dimensions.ai, así como estudios y legislación nacional relacionados con la salud vegetal hasta el 2023. Se trata de una enfermedad compleja: un microorganismo con capacidad para permanecer en el ecosistema, características propias del cultivo asociadas a la multiplicación y dispersión de semilla asexual, y la actual poca diversidad genética de este rubro en el comercio global. El enfoque de los sistemas socioecológicos contribuye al abordaje del problema y al establecimiento de medidas acertadas para el control de la enfermedad.

**Palabras clave:** musaceae, *Fusarium oxysporum*, phytosanitary, bioinputs.

**Recibido:** 28 de agosto del 2023  
**Aceptado:** 10 de diciembre del 2023  
**Publicado:** 8 de enero del 2023  
**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.  
**DOI:** 10.5281/zenodo.11040041  
**\*Autor para correspondencia:**  
Yurani Godoy  
**e-mail:**  
[yuranigodoyrangel@gmail.com](mailto:yuranigodoyrangel@gmail.com)



Dissemination article

## Socio-environmental considerations and biotechnological tools in the study and control of *Fusarium* wilt Race 4 Tropical - Foc R4T, in banana and plantain plants

Y. Godoy <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Estudios Avanzados (IDEA)

### Abstract

In agri-food systems based on the production of musaceae (banana plants, bananas, plantains) there is a great concern about the phytosanitary situation related to the wilt disease caused by the fungus *Fusarium oxysporum* race four. Due to the global importance of the consumption of these foods, this systematic review is proposed with the aim of understanding and disseminating what this disease is about, aspects of cultivation, control strategies, its importance in the global economy, and its impact on food security and sovereignty. For the review, the dimension.ai database was used, as well as studies and national legislation related to plant health until 2023. It is a complex disease: a microorganism with the ability to remain in the ecosystem, characteristics of the crop due to the multiplication and dispersal of asexual seed, and the current low genetic diversity of this sector in global trade. The socio-ecological systems approach contributes to addressing the problem and establishing appropriate measures to control the disease.

**Keywords:** musaceae, *Fusarium oxysporum*, phytosanitary, bioinputs.



**Received:** August 28, 2023  
**Accepted:** December 10, 2023  
**Published:** January 8, 2023  
**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.  
**DOI:** 10.5281/zenodo.11040041  
**\*Corresponding author:**  
Yurani Godoy  
**e-mail:**  
[yuranigodoyrangel@gmail.com](mailto:yuranigodoyrangel@gmail.com)



## 1. Generalidades del cultivo

El género *Musa* agrupa cultivos milenarios de diferentes tipos de bananas o cambures y plátanos en regiones tropicales y subtropicales. El centro de origen de sus especies está ubicado en el sureste asiático, Malasia e Indonesia (Figura 1), posteriormente en el tiempo se distribuyó hacia varias regiones del mundo. Algunas hipótesis plantean que pudo haber llegado a nuestro continente americano antes de la llegada de los conquistadores europeos, a través de las Polinesias en el Pacífico Sur, por Perú y Ecuador.

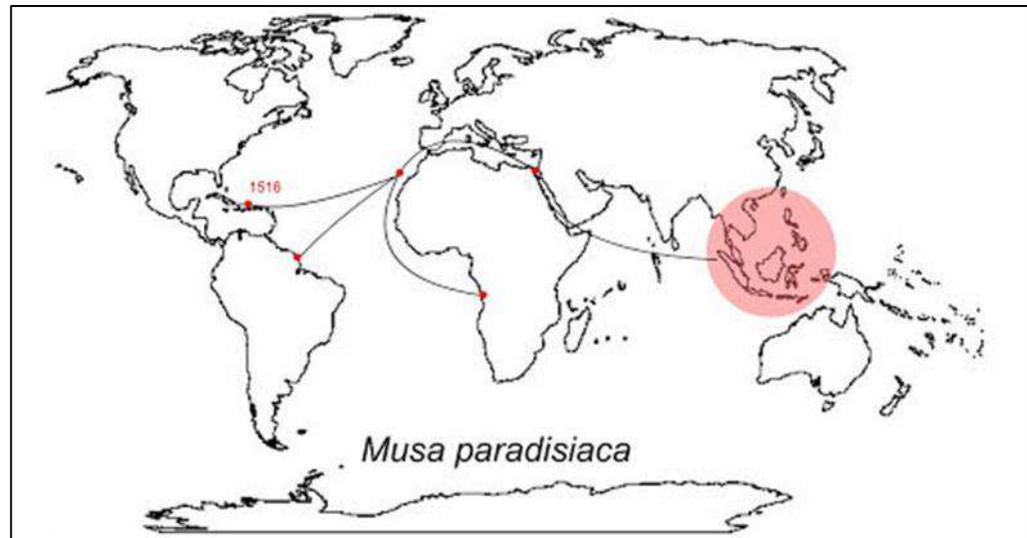
Todos los cultivares sembrados en la actualidad han sido seleccionados de híbridos naturales de esta región sur asiática, por personas que ocuparon esos territorios hace unos diez mil años. De hecho, Norman Simmonds estudioso de la taxonomía de las musáceas, propone que el cambur (denominado banano en el resto del mundo) fue uno de los primeros cultivos domesticados por el ser humano y en consecuencia la agricultura sedentaria primitiva del área en mención [1].

Hoy en día el cambur (banana variedad Cavendish), ocupa el 7mo lugar de las frutas de mayor consumo y comercio a nivel mundial. Incluso países no productores de banana como Rusia han incorporado sustancialmente el consumo de esta fruta en la dieta de la población por las valiosas propiedades nutricionales que posee, de igual manera en la India, China, Estados Unidos y Japón han incrementado su consumo y comercio en las últimas décadas.

En América Latina se estima que la producción de plátanos y bananas la realizan pequeños productores en áreas promedio de 0,47 a 3,5 hectáreas, con un rendimiento de 10 ton/ha. Siendo hoy en día los principales exportadores de plátanos: Guatemala, Ecuador, Colombia, México, Nicaragua, Costa Rica, Brasil, Panamá, Belice y Perú en ese orden; y



exportadores de bananas: Guatemala, Costa Rica, Ecuador, México, Colombia, Honduras, Panamá, Bolivia, Paraguay, Brasil, Perú y Nicaragua, en ese orden [2].



**Figura 1.** Centro de origen del género Musa. Fuente: Herbariumplantasyhongos.es

En general, se considera que la producción de musáceas respalda un ingreso clave para los territorios rurales en áreas remotas y ofrece una ruta para aliviar la pobreza, jugando un papel económico y alimentario importante. En Venezuela, si bien las cifras de exportación de las musáceas son muy discretas, el consumo es alto y su producción es de tipo traspatio y familiar en todo el territorio nacional, en el caso de bananas se ubica principalmente en el estado Miranda, Aragua y Carabobo, y en el caso de la producción de plátanos en el estado Zulia [3].

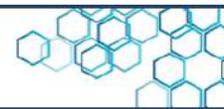
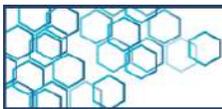


## 2. Diversidad de las musáceas: cultivares que más se siembran en Venezuela

Las musáceas comestibles (cambures o bananas y plátanos) se distinguen y clasifican por su composición genómica: A para los caracteres aportados por *Musa acuminata* y B para los caracteres aportados por *Musa balbisiana*, de ellos, tres grupos con genoma Acuminata (AA, AAA, AAAA) en donde se ubican los frutos frescos bananas y cuatro grupos en los híbridos (AAB, AB, ABB, ABBB) que son los plátanos que se consumen cocidos. Las letras indican su ploidía, siendo común en las variedades comerciales venezolanas y en general de las zonas tropicales del mundo los triploides AAA de cambures Cavendish, AAB de plátanos Harton y ABB de plátanos topochos (Figura 2) [1,3].



**Figura 2.** Inflorescencia de la planta de plátano (*Musa* Grupo AAB Sub-Grupo Plátano Hartón). FUENTE: [comunidadandina.org/StaticFile](http://comunidadandina.org/StaticFile) 2020



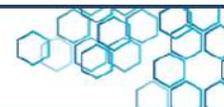
Es necesario resaltar que las variedades de plantas triploides no producen semilla sexual, es por ello que su reproducción es a través de secciones de los tallos subterráneos de estas plantas, conocidos como cormo de las nuevas plantas que nacen alrededor de la principal, conocidos como los hijos. Esta condición es una limitante para el control de enfermedades, debido a la propagación de hongos patógenos persistentes del suelo y raíces que acompañan a estas semillas asexuales facilitando su dispersión. Por otro lado, la triploidía resulta en una limitante para el mejoramiento genético tradicional y obtención de nuevas variedades resistentes a través de nuevos cruzamientos en un corto plazo.

De hecho, de la gran diversidad de variedades, solo unos pocos triploides (AAA, AAB, ABB) son responsables de casi el 75 % de la producción mundial de banano bajo el modelo de monocultivo, siendo esta condición una situación favorable en el impacto y difusión de las enfermedades debido a la escasa diversidad vegetal en los agroecosistemas que contrarreste y pueda resistir la presencia de organismos nocivos como hongos, virus, bacterias, nematodos o insectos plagas.

### 3. Enfermedades y plagas que atacan a las musáceas

La preocupación por las enfermedades y plagas que atacan a las musáceas se debe principalmente por:

- Marchitez por *Fusarium* del Banano o Mal de Panamá (*Fusarium oxisporum* s.f.p. *cubense*, razas 1,2 y 4)
- Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*)
- Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*)
- Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*)



- Moko de plátano (*Ralstonia solanacearum*, raza 2)

### **Enfermedad de la marchitez del banano por *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (Foc) Raza tropical 4**

Se trata de un hongo del suelo, descrito por primera vez en el año 1874 en Australia. Debido al intercambio de material de siembra y al movimiento de suelo con esporas, el patógeno se ha propagado y reportado en muchos países del mundo.

Hasta ahora, se han informado de cuatro razas de Foc (R1, R2, R3 y R4), según la caracterización patogénica de diferentes cultivares de banano [1]:

- Foc R1, causó la epidemia de FWB (por sus siglas en inglés, marchitez por *Fusarium* del banano) a principios del siglo XX y afecta a una variedad de cultivares, como los subgrupos Gros Michel, Cavendish (AAA), Silk (AAB) y Pisang Awak (ABB), entre otros.
- Foc R2, afecta a los bananos de cocción (plátanos) pertenecientes al subgrupo Bluggoe (ABB). La raza 3 no afecta a las musáceas comestibles.
- Foc R4, dividido en raza subtropical 4 (SR4) y raza tropical 4 (TR4), afecta a los cultivares de bananas Cavendish (AAA), y eventualmente en plátanos (AAB, ABB), así como bananos susceptibles a Foc R1 y Foc R2.



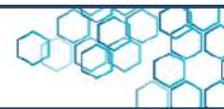
### Síntomas externos de la enfermedad de marchitez por *Fusarium*

#### bananas:

Como se observa en la Figura 3, externamente las plantas exhiben marchitez progresiva con hojas cloróticas de color amarillo brillante que colapsan junto con un ocasional agrietamiento del pseudotallo. Las plantas infectadas a menudo mueren antes de producir racimos, por lo tanto, la enfermedad reduce significativamente los rendimientos en los campos afectados. Adicionalmente, el patógeno produce clamidosporas que contaminan y persisten en los suelos durante largos periodos de tiempo.



**Figura 3.** Características del daño de la enfermedad por *Fusarium*. A: Síntomas externos con un extenso amarillamiento foliar, así como también el colapso de las hojas alrededor del pseudotallo y agrietamiento del pseudotallo; (B-C) síntomas internos mostrando el enrojecimiento de los haces vasculares en el pseudotallo y el cormo [4].



### **Medidas fitosanitarias:**

Como se muestra en la Figura 4, la enfermedad se distribuyó rápidamente en el continente asiático, reportándose en Suramérica, específicamente en Colombia en el año 2020. Esta situación instó a los diferentes entes encargados de las políticas fitosanitarias tropicales a tomar medidas inmediatas respecto a la propagación de semillas, estudios de identificación molecular, medidas cuarentenaria y de contención entre otras [5].

En Venezuela, entre las medidas fitosanitarias que se han tomado se destacan:

- Providencia administrativa del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras, de fecha 12 de septiembre del 2018, mediante la cual se establecen las normas, medidas y procedimientos fitosanitarios para la prevención y contención de la raza 4 tropical *Fusarium oxysporum* F. SP. *cubense* (Foc R4T).
- Comunicado del Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral de Venezuela, INSAI, de fecha 21 de agosto del 2019 sobre riesgo fitosanitario transfronterizo ante la declaración de cuarentena fitosanitaria por Foc R4T emitidas por el Instituto Colombiano Agropecuario de fecha 25 de junio del 2019 según Resoluciones N° 00008573 y 00008574.
- Notificación del Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral de Venezuela, INSAI, de fecha 17 de octubre del 2023 donde se confirma la presencia de Foc R4T en plantas de plátano (*Musa AAB*) en el sector Mahomo, municipio José Ángel Lamas del estado Aragua, de acuerdo a los resultados obtenidos de estudios realizados en CENIAP, INIA, IVIC y UCV y en ese sentido se decreta emergencia fitosanitaria.

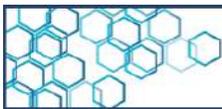


- Estudios basados en biología molecular llevados a cabo por institutos de investigación en Venezuela para la correcta identificación del microorganismo.
- Formación permanente en cuanto a manejo del cultivo y medidas dentro de la finca para evitar la introducción y propagación de la enfermedad.

Al mismo tiempo desde la ciencia y la tecnología se plantean algunos elementos claves que pueden contribuir en conocer el comportamiento y las interacciones de este microorganismo patógeno en el ecosistema, así mismo, aclara algunas limitaciones propias del cultivo en cuanto a características genéticas.



**Figura 4.** Distribución de *Fusarium* Raza 4 Tropical a junio del 2020. Nótese el reporte de presencia de la enfermedad en Colombia [4].



### **Estrategias de control de la enfermedad:**

El marchitamiento por *Fusarium* del banano es una enfermedad globalmente devastadora y muy difícil de controlar. En general, no se han demostrado opciones eficientes de control químico y físico, los esfuerzos se han centrado en las estrategias de control cultural, de exclusión y cuarentena. El uso de pediluvios como medidas de bioseguridad dentro de la finca han sido muy eficientes. Estos pediluvios se preparan con amonio cuaternario para desactivar las esporas, incluyendo la larga vida de las clamidosporas. De igual manera el control biológico para la desinfección del suelo y semillas con: *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas* sp.

### **Herramientas biotecnológicas basadas en el uso de bioinsumos, caso *Bacillus subtilis*.**

El uso de microorganismos benéficos y antagonicos para el control biológico ofrece un potencial, ambientalmente amigable y efectivo para el control de enfermedades por fusarium y otros patógenos. Los estudios demuestran la eficiencia de microorganismos como *Trichoderma harzianum*, *Streptomyces* y *Bacillus subtilis* e incluso *Fusarium oxysporum* no patógeno para el control de Foc R4T.

*Bacillus subtilis*, es una bacteria Gram positiva que produce una gran cantidad de lipopéptidos, metabolitos primarios o secundarios, con amplio espectro antibiótico que inhiben el crecimiento de los patógenos, promueven la resistencia sistémica de las plantas y el crecimiento. Dichos metabolitos son supresores efectivos de algunos patógenos de plantas



incluyendo especies de *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Septoria*, y *Verticillium*.

En el caso de *Bacillus*, los antibióticos más estudiados que produce son bacillibactina, bacillaene, surfactina, fengicina, iturina y difficidin. Estos lipopéptidos son metabolitos de tipo secundario que representan una importante herramienta en el desarrollo de nuevos productos eficaces contra patógenos de plantas de interés mundial, como es el caso de *Fusarium* sp. [6,7].

### **Conservación de la salud del suelo: uso de cultivos de cobertura**

El sistema de monocultivo resulta en degradación del suelo y agotamiento de los recursos naturales en mediano plazo. La producción convencional de banano, de manera intensiva bajo monocultivos, si bien genera ingresos económicos importantes, con el tiempo ocurre pérdida de nutrientes del suelo, acidificación, compactación, salinización y esto trae como consecuencia el aumento de enfermedades en los cultivos.

La sostenibilidad en los ecosistemas es un tema importante y clave para garantizar la producción de alimentos en el planeta. Los estudios de la diversidad microbiana del suelo se consideran un parámetro clave en la evaluación del suelo y la salud en ecosistemas agrícolas. Una manera de aumentar la diversidad microbiana del suelo en plantaciones agrícolas es aumentar la diversidad de plantas. También la falta de cultivos de cobertura ha contribuido a la degradación del suelo y niveles más altos de enfermedades de la raíz, como la enfermedad del marchitamiento por *Fusarium* del banano. Una de las alternativas que se proponen para monocultivos de bananos es el uso de cultivos de cobertura dentro de los sembradíos, ya que éstos ayudan al suelo a retener la humedad,



incorporan nutrientes en el caso de leguminosas, disminuye la incidencia de microorganismos patógenos debido a las ventajas de la diversidad, ya que los hongos del suelo son sensibles a los factores ambientales, como la humedad, pH, temperatura y la materia orgánica, todo lo cual puede verse afectado por cultivos de cobertura.

Estudios basados en la comparación de la diversidad microbiana presente en suelos con cobertura diversa y suelos sin cobertura, a través de pruebas de ADN genómico total y aislados de microorganismos cultivables, demostró una mayor diversidad y equilibrio entre poblaciones microbianas del suelo con cobertura diversa, que en suelos con un solo tipo de cultivo [8].

Estudios sugieren el cultivo intercalado de banano con una mezcla de leguminosas como *Alysicarpus ovalifolius*, *Paspalum notatum*, *Stylosanthes spp.*, *Neonotonia wightii*, *Pueraria phaseoloides*, *Macroptilium atropurpureum* (Siratro), *Chamaecrista rotundifolia* u otras hierbas como *Brachiaria decumbens*, *Cynodon dactylon* y *Dichondra repens*.

### **Uso de elicitors para inducir resistencia sistémica en plantas: caso del fungicida Isotianil.**

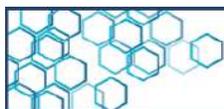
Las plantas son capaces de estimular amplias reacciones de defensa ante la presencia de patógenos en su entorno. Esto ocurre activando elicitors específicos para inducir una respuesta, es decir, actúan como moléculas señalizadoras cuando existe peligro. Activar la resistencia inducida de las plantas es un nuevo tipo de estrategia de control de enfermedades bajo un enfoque sostenible de protección vegetal. Hoy en día se comercializan bacterias, hongos e inductores químicos que impulsan las defensas de las plantas para controlar enfermedades de los cultivos.



La resistencia sistémica puede ocurrir por elicitores abióticos (elementos químicos, temperatura, heridas, UV) o bióticos (hongos, virus, bacterias, insectos, herbivoría, hormonas internas). Según el mecanismo que ocurre a nivel molecular, la resistencia en las plantas puede ser resistencia sistémica adquirida (expresión de genes) y resistencia sistémica inducida (se induce una respuesta a través de sustancias químicas, orgánicas, biológicas).

En ese sentido, desde la biotecnología agrícola, se propone el uso del Isotianil (fungicida usado en el control de enfermedades del arroz y de trigo), como una nueva herramienta para el control enfermedades en el cultivo de musáceas, ya que actúa como elicitador imitando la acción del ácido salicílico [9]. El ácido salicílico está asociado a la resistencia sistémica adquirida en algunas plantas y mejora la expresión de genes relacionados con la patogenia cuyas proteínas tienen actividad antibacteriana fuera de la célula y pueden actuar directamente sobre el patógeno. Una de las respuestas de la planta es la acumulación de almidón en los tejidos, que impiden el paso de las hifas del patógeno hacia los tejidos vasculares, limitando su acción e infección.

En un estudio realizado a nivel de laboratorio con plantas de musa infectadas con Foc R4T, se observó que el Isotianil actúa como un elicitador capaz de inducir la formación de tílides y síntesis de gránulos de almidón en el cormo, e inhibir la difusión del patógeno, a fin de reducir el efecto de la marchitez por *Fusarium*. Se observó que puede activar tres sistemas principales de resistencia sistémica inducida y de resistencia sistémica adquirida a través de las reacciones de la planta con respecto a la acumulación de almidón, la formación de tílides, la expresión de la inducción de resistencia de la planta y genes relacionados con la síntesis de almidón. Convirtiendo a este compuesto como una alternativa en el manejo integrado de la enfermedad de marchitez por *Fusarium*.



## 4. Conclusiones

Si bien la producción de bananos en el mundo representa un factor de la economía muy importante hoy en día, ha sido el movimiento transfronterizo con fines comerciales de semilla infectada de regiones a otras, la razón de la rápida dispersión de la enfermedad, que luego se incorporan a sistemas intensivos. Las medidas fitosanitarias en Venezuela han sido muy oportunas junto con la información, formación y alertas tempranas para que los productores eviten la dispersión del hongo a otros espacios y dentro de la propia finca, así como, en la agricultura familiar y de traspatio, ya que este rubro es una fuente nutricional muy importante dentro de la dieta venezolana. Desde los espacios de investigación y desarrollo continúa la búsqueda de alternativas para el control de la enfermedad. Los estudios citados en este artículo demuestran que en los agroecosistemas diversos los microorganismos del suelo tienden a un mayor equilibrio en la tríada microorganismos-plantas-ecosistema, a diferencia de las plantaciones intensivas comerciales de bananos que tienden debilitamiento de la salud y calidad del suelo, favoreciendo el desarrollo de enfermedades emergentes. Se presentó también como estrategias eficientes el uso de cultivos de cobertura entre las hileras de la plantación incluyendo leguminosas, el uso de *Bacillus subtilis* y el Isotianil como elicitor en el mecanismo de resistencia sistémica de las plantas.

## 5. Bibliografía

[1] Pant, B.; Bai, T.; Du, C.; Baidya, S.; Magar, P.B.; Manandhar, S.; Shrestha, J.; Dita, M.; Rouard, M.; Fu, G.; et al. Molecular Diagnosis and Vegetative



Compatibility Group Analysis of Fusarium Wilt of Banana in Nepal. *Journal of Fungi* 2023, 9, 208. <https://doi.org/10.3390/jof9020208>

[2] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Estadísticas anuales de producción actualizadas al 2021. [Consultado en noviembre del 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data>

[3] Martínez-Solórzano G E., Rey-Brina J C., Pargas-Pichardo R E., Enrique-Manzanilla E. Marchitez por Fusarium raza tropical 4: Estado actual y presencia en el continente americano. *Agronomía mesoamericana*. 2020; Volumen 31(1):259-276. Disponible en: <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>.

[4] García-Bastidas F, et al. Guía andina para el diagnóstico de Fusarium Raza 4 Tropical (R4T) *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (syn. *Fusarium odoratissimum*) agente causal de la marchitez por Fusarium en musáceas (plátanos y bananos). 2020. Editado por: Secretaría General de la CAN. Primera edición, junio de 2020.

[5] Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral, INSAI. Comunicado transfronterizo sobre Foc-R4T. Disponible en: [www.insai.gob.ve](http://www.insai.gob.ve)

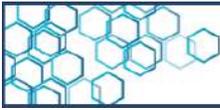
[6] Fan H, Li S, Zeng L, He P, Xu S, Bai T, Huang Y, Guo Z, Zheng S J. Biological Control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 Using Natively Isolated *Bacillus* spp. YN0904 and YN1419. *J. Fungi* 2021, 7, 795. <https://doi.org/10.3390/jof7100795>

[7] He P, Li S, Xu S, Fan H, Wang Y, Zhou W, Fu G, Han G, Wang Y-Y and Zheng S-J. Monitoring Tritrophic Biocontrol Interactions Between *Bacillus* spp., *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, Tropical Race 4, and Banana Plants in vivo Based on Fluorescent Transformation System. *Front. Microbiol.* 12:754918. doi: 10.3389/fmicb.2021.754918.

[8] Yongfen W, Wenlong Z, Paul H. G, Sijun Z, 4, Li X, Shengtao X. Effect of natural weed and siratro cover crop on soil fungal diversity in a banana cropping system in southwestern China. *Frontiers in Microbiology*. 2023.



[9] Zhou G-D, He P, Tian L, Xu S, Yang B, Liu L, Wang Y, Bai T, Li X, Li S y Zheng S-J. Disentangling the resistant mechanism of Fusarium wilt TR4 interactions with different cultivars and its elicitor application. *Front. Plant Sci.* 2023. 14:1145837. doi: 10.3389/fpls.2023.1145837.



Artículo de divulgación

## La ciencia en manos del pueblo campesino a 3 mil metros sobre el nivel del mar: Proinpa, municipio Rangel, estado. Mérida

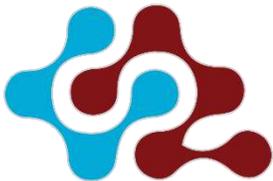
N. Briceño<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Frente Cultural de Izquierda/Colectiva Teniéndonos Mujeres Coordinación Territorial de la Ruta de las Flores.

La ciencia al servicio del pueblo es una de las máximas de la gestión científica y tecnológica en nuestro país, pues anteriormente era impensable que existiera un pueblo agricultor y campesino que ejecutara simultáneamente el estudio de la siembra de rubros y los resultados de esa experiencia práctica, esto termina siendo una praxis revolucionaria en todos los sentidos.

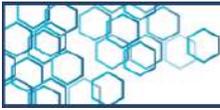
Esta y otras “...experiencias tienen como punto de referencia, por un lado, el advenimiento de una conciencia ecológica, como producto del movimiento ambientalista que fue tomando fuerza en el ámbito mundial, a principios de los años setenta y por el otro, la llegada de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) en la década de los ochenta, con la cual se introdujo la práctica irracional del uso y abuso de los agroquímicos” [1].

En el campo agrícola el proceso de producción está representado por el conjunto de labores a realizar desde la preparación de la tierra hasta la cosecha [2], y en el caso de la Fundación Productores Integrales del Páramo (Proinpa), quienes cumplieron hace poco 24 años siendo ejemplo de producción agrícola haciendo ciencia con sus propias manos, el proceso se vuelve más extenso y complejo, pues cuentan con un laboratorio llamado Cebisa (Centro Biotecnológico para la Formación y Producción de Semillas Agámicas), ver Figura 1, con 14 años



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

**Recibido:** 12 de octubre del 2023  
**Aceptado:** 12 de diciembre del 2023  
**Publicado:** 8 de enero del 2023  
**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.  
**DOI:** 10.5281/zenodo.10594060  
**\*Autor para correspondencia:**  
Niedlinger Briceño  
**e-mail:** niedlingerb@gmail.com



Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 26, (julio-diciembre, 2023)

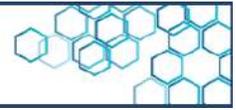
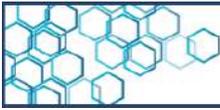
en funcionamiento y hoy cuentan con 82 variedades de papas, entre ellas: Granola, Yungay, María Bonita, Diacol Capiro, Dorinia, Kennebec, Amarillys, Angostureña, Atzimba Betina, por nombrar solo algunas.

En este ejercicio de comunicar la ciencia, en el Páramo merideño, específicamente el municipio Rangel, a más de 3.000 metros sobre el nivel del mar existe la experiencia de la papa y otros rubros. Resulta que hay papas para freír y otras para sancochar, hay semillas sexuales y asexuales, todas y cada una de estas variedades tienen nombre propio y, en definitiva, el pueblo consumidor no sabe elegir la papa que se lleva a la boca.

Proinpa, “surge como una propuesta de desarrollo, promovida por el Programa Andes Tropicales y se inicia como una experiencia piloto, que establece estrategias productivas, incorporando principios de biodiversidad, conjugando elementos, tales como: organización, participación, capacitación de los productores, ética ecológica, tecnologías alternativas, entre otras, en función de la economía social”, expresa Fuenmayor [1].



Figura 1: Centro Biotecnológico para la Formación y Producción de Semillas Agámicas, municipio Rangel, estado Mérida.



Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 26, (julio-diciembre, 2023)

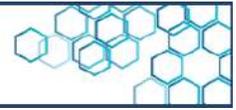
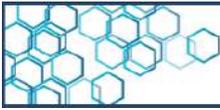
En este artículo, se expresa el conocimiento que fue transmitido por científicas y científicos productores con el compromiso de difundir al pueblo venezolano. Como si fuera poco, esta comunidad también cuenta con un área donde cosechan papas sembradas en el aire, ¿te puedes imaginar esto? La papa es uno de los tubérculos más deliciosos de la tierra y no lo digo yo, lo dicen los paladares exquisitos de las infancias, y es que, a partir de conocer esta experiencia, se realizó una encuesta a 20 niñas y niños de una comuna urbana y lo confirmaron, en puré de papa, papas fritas, en la sopa de los domingos, en el pollo guisado, etc.; ninguno negó la exquisitez del rubro que brota de las tierras andinas para alimentar al pueblo, esto es un ejemplo de soberanía alimentaria.

### **Cebisa en 3 pisos**

Néstor Monsalve, investigador de Cebisa, dice que cuando hicieron el laboratorio necesitaban un espacio plano con diferentes áreas, pero solo contaban con una estructura de tres pisos y ahí mismo es que llevan 14 años haciendo ciencia. En ese lugar hacen multiplicación masiva de plantas de papa, ajo, zanahoria, fresa, batata y ñame.

Tienen el área de preparación del medio utilizado para el cultivo, un suelo artificial que preparan para multiplicar las plantas dentro del laboratorio, es un medio que contiene macronutrientes, micronutrientes, hormonas de crecimiento, enraizadores, fertilizantes y una hormona adicional dependiendo del rubro que vayan a trabajar.

Ingrid Rivas, es una mujer investigadora que está metida en el laboratorio casi siempre y de primera mano nos cuenta que, adicionalmente a este proceso, se le agrega un agar que es como una



Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 26, (julio-diciembre, 2023)

gelatina que solidifica el suelo, porque lo trabajan también líquido y semisólido para poder sembrar los micro esquejes de las plantas que se van a trabajar. Ese medio de cultivo, después que se esteriliza, cuenta con una autoclave, como una olla de presión gigante que trabaja a vapor, con 20 minutos de esterilización y con 10 o 12 libras de presión. Luego que ya está preparado, se sube al área de micro propagación, que, dentro de esas cámaras de flujo laminar con campanas, trabajan con pinzas quirúrgicas y cápsulas de Petri, y suben una planta madre, pero ¿qué es una planta madre? es una planta que ya tiene su crecimiento óptimo, con un tamaño desarrollado de cualquier variedad.

### **Propagación y multiplicación**

Ahí hacen la micro propagación, multiplicación o cortes de las yemas axilares, dentro de esas cámaras, esas plantas se sacan y se cortan micro esquejes de 0,5 milímetros, cada envase contiene 8 plantas madres y una de ellas puede generar 3, 4 o 5 micro esquejes, es decir, que un envase de 8 puede generar 5 o 6 envases más, de 8 plantas cada una, ver Figura 2. Además, “contamos con un mechero y alcohol absoluto porque cada vez que se hace un corte se seccionan la planta, las pinzas quirúrgicas son previamente esterilizadas y para acceder al lugar es similar al acceso de un quirófano, tapa bocas, caretas, gorros, batas y guantes”.

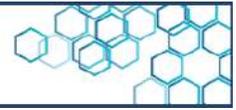
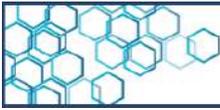


**Figura 2:** Proceso de propagación y multiplicación

Otro de los trabajos que hacen dentro del laboratorio, es producir micro tubérculos, es decir, que las plantas que ya están grandes en el envase, le adicionan otro medio de cultivo, ya sea hormonas o una concentración más alta de azúcar sacarosa, que cada planta madre genere micro tubérculos que es el mismo trabajo que se hace en el invernadero, pero en este caso, lo hacen dentro de los frascos y el tamaño de la papita es como el de un granito de caraota.

### **Crecimiento**

Luego que se hace ese trabajo de propagación en el área de multiplicación, esas plantas que están multiplicadas recién sembradas chiquiticas, se envían a otra área, a un cuarto de crecimiento, donde tardan alrededor de 22 días a un mes, creciendo en un ambiente óptimo, con luz, aire y temperatura controlada, reciben 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, ver Figura 3.

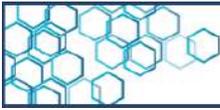


**Figura 3:** Gestión del proceso de crecimiento de las plantas

Cuentan con un banco de germoplasma, donde existen 82 variedades de papas, para agroindustrias, para consumo fresco y una línea de papas nativas, estas son papas ancestrales de productoras y productores del Páramo, y lo que hacen es rejuvenecerlas y mantener el material en vitroplantas, en un banco de germoplasmas que es el medio de cultivo, se le agrega un conservante que permite que la planta dure 6 meses en ese medio de cultivo, mientras que, si no cuentan con el conservante, duran 28 días.

“Tenemos 82 variedades de papa, pero el productor lo que más llevan son 16 variedades para luego encargarse del trabajo en la tierra”, acota Monsalve.

Para establecer una variedad de papa lo hacen por los grelos, “le extraemos con una pincita en lo que es la célula madre de esa variedad, son cositas muy chiquiticas que se ven es en el microscopio y lo que hacemos es la multiplicación o generar clones de esa misma planta y un operario al día puede sacar mil plantas”.



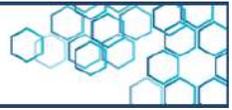
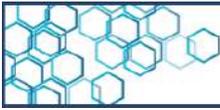
### **Fresas, café y cacao**

En el caso de la fresa, trabajan con los aquenios (semillas de fresas), comienza con un protocolo de desinfección, para luego sembrar en el medio de cultivo específico para la formación de los brotes, después cuando están grandes se siembran en el invernadero y ya cuando tienen la multiplicación de estolones, con sus hijitos, ahí se entregan al productor a raíz desnuda o incluso en una bolsita. Ahí el productor hace el trabajo de siembra, cuidado y cultivo.

Dicen que el café y la zanahoria trabajan con una técnica diferente a la de la papa, la cual se llama androgénesis somática, y no es más que someter el cultivo a producir embriones y se hace con el mismo medio, pero es un proceso mucho más largo porque hay que cambiarlos con diferentes hormonas por cada ciclo, entonces se extrae de la raíz, el corazón o disco, ahí pasan a multiplicación celular y luego se pasan a otro para que produzcan embriones, luego a los brotes de las plantitas de fresa y la raíz. Con el café y el cacao es el mismo proceso, pero por medio de las hojas de la planta, igual con su desinfección, luego a embrión y envían al territorio de la comuna Che Guevara, en Tucaní, estado Mérida.

### **Semillas sexuales y asexuales**

Una de las curiosidades en este lugar es cuando hablan de las semillas sexuales y asexuales. Monsalve cuenta que la asexual es la que produce una planta madre, ver Figura 4, “es como un mamón, como ver un tomatillo que obtiene las semillas, pero si esa semilla es de la variedad angostureña, yo asumo que todas las semillitas van a ser de la misma variedad, la sorpresa de la naturaleza es que no es así, hay una



Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 26, (julio-diciembre, 2023)

segregación múltiple, aquí en este tubo de ensayo hay una diversidad y un trabajo de investigación para 20 variedades de papa más, provenientes de mamá angostureña, entonces es una semilla asexual”.

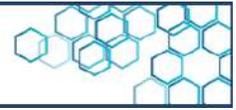
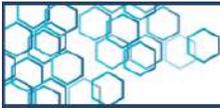


**Figura 4:** Proceso de propagación de la papa

En cambio, la semilla sexual puede generar mucha más vida, cada tubérculo de estos va a dar 10 plantas, esas 10 en la siguiente siembra va a dar 100, estos 100 en el siguiente ciclo va a dar mil y estos mil una tonelada y pico en semillas, por eso es que es muy interesante el tema de la propagación de cada ciclo, pero también asumir el compromiso de lo que se está haciendo, ver Figura 5.



**Figura 5:** Gestión de la propagación de la papa



Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 26, (julio-diciembre, 2023)

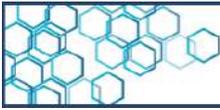
“¿Qué es lo que tenemos en nuestras manos? Es genética, es bioseguridad, es agroalimentario”.

### En los invernaderos

Mostrando una arena muy fértil empieza a contar que ese sustrato contiene arena, cáscara de arroz, fibra de coco, humus sólido y un suelo nuevo o un suelo virgen, eso en varios porcentajes, después, es necesario desinfectarlo con vapor de agua y se hace durante 6 horas en la caldera y desde el momento que se abre el vapor tarda 2 horas para subir a los 90 °C y queda totalmente estéril, y hay que darle vida nuevamente, se extiende, se humedece y se le incorporan los microorganismos eficientes, más Tricodermas, luego de darle vida, ingresan las plantas que salen del laboratorio y se empiezan a sembrar, para eso diseñaron una herramienta de trabajo que hace los puntos de siembra con más medidas exactas entre una planta y otra, ver Figura 6.



**Figura 6:** Investigadores practicando la ingeniería popular.



## Sistemas aeropónicos

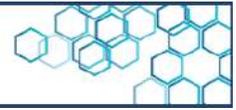
En abril de este año, la ministra Gabriela Jiménez colocó en su red social X: “Venezuela logra 1era cosecha de semilla de papa de la alta calidad fitosanitaria por Aeroponía. Con 4 variedades de semillas evaluadas se alcanzaron rendimientos superiores a 4 veces los obtenidos por métodos clásicos. Felicidades [@proinpa](#) por tan extraordinario acto de soberanía!”

“Proinpa logró construir el primer núcleo de aeroponía que forma parte del Laboratorio de Biotecnología de Semillas Agámicas (Cebisa). Este sistema innovador permite cultivar papas en el aire sin emplear el suelo, insumos químicos, fertilizantes y agua de riego. Fue desarrollado en el estado Mérida como parte de una apuesta estratégica para garantizar la soberanía alimentaria de Venezuela”, así reseña el portal del Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología [3].

Apenas entramos a esta área, se abrieron unas puertas donde se ven las raíces de las plantas de papa, acá pudimos observar muy de cerca cómo es el tratamiento a la raíz y lo increíble que se ven las papitas colgando, ver Figura 7.



**Figura 7:** Sistemas aeropónicos en el cultivo de la papa



Nos comentó el compañero encargado del área, Jesús Suescun de Proinpa que “...el manejo ergonómico es la solución nutritiva que aplicamos al agua y le enviamos al riego y entra solamente por la raíz de la planta, es como una nebulización en la raíz, esperamos que las papitas tengan el tamaño de una pulgada para desprenderlas, hasta que alcance la vida fisiológica de la planta”.



Figura 8: Sistemas aeropónicos en cultivos de papa.

En septiembre cumplieron 24 años, son 24 años con las manos en la siembra, 24 años innovando, inventando y reinventando una agroecología sustentable, pasando todos esos conocimientos a nuevas generaciones para seguir garantizando variedades de rubros para alimentar a un pueblo, en contacto directo con productores y productoras que apuestan al trabajo digno y soberano.



Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 26, (julio-diciembre, 2023)

“La Fundación Proinpa, es una organización de ciencia y tecnología que genera impactos positivos en familias de productores, microempresas y empresas agrícolas a través de la innovación tecnológica. Con capacidad de adaptarse e identificar oportunidades en los cambios del entorno. Es reconocida en Bolivia y en el exterior por su eficiencia, su aporte y compromiso con el desarrollo agropecuario”, expresa la organización como visión en su portal web [4].

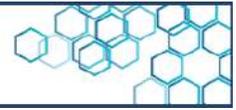
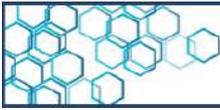
### Referencias bibliográficas

[1]. Fuenmayor N, Rodríguez López J. (2006). Aportes de la economía social al desarrollo sustentable. El caso de la Asociación de Productores Integrales del Páramo en el estado Mérida, Venezuela. Revista Venezolana de Ciencias Sociales, 10(1), 144-160.

[2]. De Paredes OR (2017) Rentabilidad de la producción agrícola desde la perspectiva de los costos reales: municipios Pueblo Llano y Rangel del estado Mérida, Venezuela. Visión Gerencial, (2), 217-232.

[3]. Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología. Twitter. <https://mincyt.gob.ve/proinpa-24-anos-trabajando-alimentacion-pueblo/>

[4]. Fundación Propinpa. Misión y Visión organizacional. <https://www.proinpa.org/web/mision-y-vision/>



Artículo de investigación

## Comparación fisiológica y morfológica de árboles antiguos y juveniles de nueve genotipos de cacao puros 100 % Nacional

W. Tezara<sup>1,2\*</sup> , P. Cedeño<sup>3</sup> , M. Bolaños<sup>1</sup> , S. Pachar<sup>3,4</sup> 

1 Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Estación Experimental Mutile, Esmeraldas. 2 Centro de Botánica Tropical, Instituto de Biología Experimental, Universidad Central de Venezuela, Apartado 47114, Caracas 1041-A, Venezuela. 3 Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ESPAM MFL. 4 Toak Chocolate.

### Resumen

El objetivo del estudio fue comparar las características fisiológicas y morfológicas de nueve genotipos de árboles ancestrales genéticamente puros del clúster cacao Nacional en Piedra de Plata *in situ* y sus respectivos clones juveniles cultivados en la Reserva Ecológica Camarones en la provincia de Manabí, Ecuador. Se evaluó el intercambio gaseoso: tasa de fotosíntesis (A), tasa de transpiración (E), conductancia estomática ( $g_s$ ), concentración intercelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ), eficiencia de uso de agua (EUA) y características morfológicas foliares, altura, diámetro del tallo, ramificación, arquitectura de las plantas de individuos adultos antiguos y clones jóvenes de dos años de edad de ambas localidades. Se encontraron diferencias significativas en A, E,  $g_s$ ,  $C_i$  y EUA entre genotipos y entre localidades. Los genotipos 2, 5 y 6 en Piedra de Plata mostraron las mayores A y los clones 2, 7 y 9 en la Reserva Ecológica Camarones con promedios de 8,0 a 9,3  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$  producto de mayores  $g_s$ , mientras que los clones 4, 2 y 9 mostraron las mayores EUA. Los nueve genotipos de cacao en Piedra de Plata y Reserva Ecológica Camarones mostraron características morfológicas foliares similares. Se concluyó que, a pesar de homogeneidad y pureza genética del cacao Nacional evaluado, se observaron diferencias fisiológicas entre los genotipos y localidad.

**Palabras clave:** Cacao Nacional, fotosíntesis, genotipos, intercambio de gases.



Recibido: 4 de julio del 2023

Aceptado: 7 de diciembre del 2023

Publicado: 8 de enero del 2023

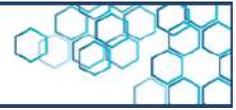
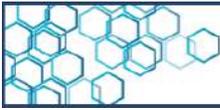
Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: 10.5281/zenodo.10479404

\*Autor para correspondencia:

Wilmer Tezara

e-mail [wtezara@gmail.com](mailto:wtezara@gmail.com)



Research article

## Physiological and morphological comparison of old and juvenile trees of nine 100% National pure cocoa genotypes

W. Tezara<sup>1,2\*</sup> , P. Cedeño<sup>3</sup> , M. Bolaños<sup>1</sup> , S. Pachar<sup>3,4</sup> 

**1** Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Estación Experimental Mutile, Esmeraldas. **2** Centro de Botánica Tropical, Instituto de Biología Experimental, Universidad Central de Venezuela, Apartado 47114, Caracas 1041-A, Venezuela. **3** Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ESPAM MFL. **4** Toak Chocolate.

### Abstract

The study aimed to compare the physiological and morphological characteristics of nine genotypes of genetically pure ancestral trees of the National cocoa cluster at Piedra de Plata *in situ* and their respective juvenile clones grown in the Camarones Ecological Reserve in the province of Manabí, Ecuador. Gas exchange was evaluated: photosynthetic rate (A), transpiration rate (E), stomatal conductance ( $g_s$ ), intercellular CO<sub>2</sub> concentration ( $C_i$ ), water use efficiency (WUE) and leaf morphological characteristics, height, stem diameter, branching, plant architecture of old adult individuals and young clones of two years of age from both locations. Significant differences in A, E,  $g_s$ ,  $C_i$  and EUA were found among genotypes and between locations. Genotypes 2, 5 and 6 in Piedra de Plata showed the highest A and clones 2, 7 and 9 in Camarones Ecological Reserve with averages of 8.0 to 9.3  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  product of higher  $g_s$ , while clones 4, 2 and 9 showed the highest EUA. The nine cocoa genotypes in Piedra de Plata and Camarones Ecological Reserve showed similar leaf morphological traits. It was concluded that despite the homogeneity and genetic purity of the National cocoa evaluated, physiological differences between genotypes and locality were observed.

**Keywords:** Cocoa Nacional, photosynthesis, genotypes, gas exchange.



**Received:** July 4, 2023

**Accepted:** December 7, 2023

**Published:** January 8, 2023

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

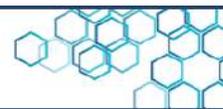
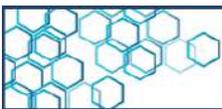
**DOI:**

10.5281/zenodo.10479404

**\*Autor para correspondencia:**

Wilmer Tezara

**e-mail** [wtezara@gmail.com](mailto:wtezara@gmail.com)



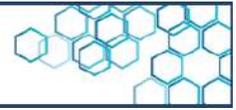
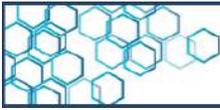
## 1. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los productos agrícolas de mayor importancia comercial a nivel mundial, debido a que el grano constituye la materia prima para diversos productos de gran valor nutritivo [1]. En Ecuador existe un tipo de cacao fino de aroma único en el mundo, por sus altas notas florales, denominado “Arriba”, proveniente de la variedad Nacional considerado como cacao Forastero, debido a su genética [2], morfología de la mazorca y coloración violeta oscuro de sus semillas [3].

Ecuador es el principal exportador mundial de cacao fino de aroma, debido a la alta calidad sensorial de sus almendras, con características distintivas de sabor y aroma, siendo la variedad Nacional una de las más buscada entre los fabricantes de chocolates [4]. Ecuador representa el tercer país productor de cacao en el mundo y esto debido a un aumento de plantaciones especialmente del clon CCN-51 y a la reactivación de cultivos de cacao fino de aroma [5].

Sin embargo, en Ecuador no existe una variedad Nacional genéticamente pura del cacao, lo que se encuentra es una mezcla de híbridos naturales que se agrupan en el complejo “Nacional x Trinitario” [6] y algunas poblaciones de cacao Criollo ubicados al norte de Esmeraldas [3]. Para poner en contexto la rareza del cacao Nacional puro, el INIAP en año 2009 recogió muestras de ADN de 11.000 árboles de cacao en todo Ecuador y tan sólo 6 árboles (0,05 %) eran 100 % Nacional puro [7].

En 2015 se analizó el ADN de 47 árboles antiguos (> 100 años de edad) de cacao en Piedra de Plata, Provincia de Manabí, Ecuador, las hojas

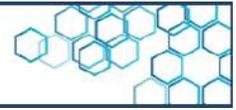


fueron colectadas bajo la dirección del Dr. Freddy Amores, director Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y colaboración con “Heirloom Cacao Preservation Fund”. Las 47 muestras fueron analizadas en el laboratorio genético del USDA-ARS, los resultados mostraron que solo nueve árboles resultaron ser 100 % Nacional puro, 31 árboles menor a un 70% de Nacional, y sólo arboles cinco menor a 50 % de Nacional [7].

En 2009, se creía que el cacao Nacional puro se había extinguido. Los híbridos de Nacional también corren peligro de desaparecer ante la rápida expansión del cultivar de cacao de alto rendimiento conocido como CCN-51, representando en el 2018 el 70 % de la producción actual del Ecuador, gracias a su alta productividad y adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas [8]. La composición genética de CCN-51, que se está convirtiendo rápidamente en la variedad de cacao dominante a pesar de su mala reputación en cuanto a sabor, es 45,4 % IMC 67, 22,2 % Criollo, 21,5 % Amelonado, 3,9 % Contamana, 2,5 % Purús, 2,1 % Marañón y tan solo 1,1 % Nacional [2].

To'ak elabora los chocolates más caros del mundo con almendras proveniente de cacao Nacional del sector Piedra de Plata, Manabí. Recientemente, se han reproducido por injertación los nueve árboles Nacional puros de Piedra de Plata, en una parcela protegida de la Reserva Ecológica Camarones, con el objetivo de conservar esta antigua variedad y ampliar la investigación del cacao puro nacional. La presente investigación aporta información fisiológica valiosa de estos árboles antiguos y sus respectivos clones jóvenes en esta región.

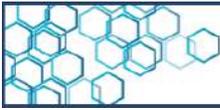
A pesar del significativo número de estudios de información fisiológica y características fotosintéticas en cacao ecuatoriano y desarrollo de



proyectos de investigación ecofisiológica en cacao [3, 8-13], aún persisten muchas lagunas en nuestro conocimiento sobre los principales procesos fisiológicos asociados al rendimiento del cultivo y como son afectados por variables ambientales, los cuales son indispensables en el momento de querer incrementar la producción.

Se pretende generar conocimiento e información sobre aspectos fisiológicos y morfológicos del cacao Nacional antiguo en Piedra de Plata, seleccionado por investigadores del INIAP, ESPAM y To'ak, que fueron evaluados *in situ* en la provincia de Manabí, y su comparación con sus clones jóvenes en la Reserva Ecológica Camarones, donde las condiciones ambientales son potencialmente aptas para la siembra de este cultivo. Hipotetizamos que, debido a la homogeneidad y pureza genética, no habrá diferencias significativas en los rasgos evaluados entre los árboles antiguos y sus clones jóvenes.

El objetivo del estudio fue comparar las características fisiológicas (intercambio gaseoso) y morfológicas foliares, altura, diámetro del tallo, ramificación, arquitectura de las plantas adultas antiguas de cacao Nacional en Piedra de Plata y clones jóvenes de dos años de edad cultivados en la Reserva Ecológica de Camarones en la provincia de Manabí. Se plantearon las siguientes preguntas: ¿Existirán diferencias significativas en las características fisiológicas y morfológicas entre arboles antiguos y sus clones jóvenes ancestrales de cacao Nacional evaluadas en dos diferentes localidades? ¿Cuál será el potencial morfológico-fisiológico de cada uno de los genotipos evaluados, para futuras investigaciones, y recomendación en condiciones agroclimáticas similares a las del estudio?



## 2. Metodología

### 2.1 Ubicación

La investigación se desarrolló en dos localidades de Manabí productoras de cacao Nacional la cuales se describen a continuación: Piedra de Plata, ubicada en la parroquia Membrillo perteneciente al cantón Bolívar, Manabí (0°49' S y 79°52' O) y Reserva Ecológica Camarones, localizada en el cantón Jama de la provincia de Manabí (0°06' S y 80°08' O). En la tabla 1 se presentan las características climáticas de las localidades Piedra de Plata y Reserva Ecológica Camarones.

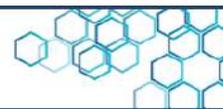
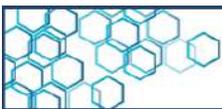
**Tabla 1.** Características climáticas

Localidades	Piedra de Plata	Reserva Ecológica Camarones
Precipitación	1.500 mm/año	816,6 mm/año
Temperatura	25°C	25,4°C
Humedad relativa	86,5%	87%
Velocidad de viento	1,37 km/h	2 km/h

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2014)

### 2.2 Material vegetal

Se evaluaron nueve árboles ancestrales de más de 100 años de edad de cacao genéticamente puros del clúster cacao Nacional (100 % puro), *in situ* en Piedra de Plata y plantas clonadas a partir de los árboles ancestral, de dos años de edad, establecidas en una parcela en la Reserva Ecológica de Camarones.

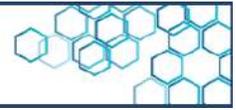


### 2.3 Diseño y unidad experimental

En el ensayo de la Reserva Ecológica de Camarones se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial A (2 localidades) x B (9 diferentes genotipos), con 18 tratamientos y 5 repeticiones con un total de 90 unidades experimentales. Para la unidad experimental en la Reserva Ecológica Camarones, se tomaron 5 plantas al azar a las que se le realizaron las evaluaciones, mientras que, en la localidad de Piedra de Plata, considerando que solo existe una planta por clon, se escogieron tres diferentes ramas por planta (unidad experimental), a las cuales se les llevó el registro de datos.

### 2.4 Parámetros fisiológicos

Se evaluó el intercambio gaseoso: tasa de fotosíntesis (A), tasa de transpiración (E), conductancia estomática ( $g_s$ ), concentración intercelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ) y eficiencia de uso de agua ( $EUA = A/E$ ). Para ello, se utilizó un analizador infrarrojo de gases portátil modelo CIRAS 2 (PP Systems, Hitchin, RU.). Todas las medidas se realizaron en hojas adultas completamente expandidas y sanas de 5 árboles individuales de cada clon de cacao ( $n=5$ ), en la Reserva Ecológica de Camarones, mientras que, las medidas realizadas en Piedra de Plata se realizaron en 5 hojas de cada árbol ancestral. Las medidas se realizaron en las siguientes condiciones: concentración de  $CO_2$  ambiental ( $C_a$ )  $410 \pm 10$  ppm, 21 % de  $O_2$ , Temperatura  $28 \pm 1,3$  °C, densidad de flujo fotónico saturante (DFF)  $1.000 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  y un gradiente vapor de agua hoja - aire (VPD)  $1,36 \pm 0,07$  KPa. Las mediciones de las condiciones ambientales para determinar el intercambio gaseoso, se realizaron en



entre las 8:00 am y 12:00 pm, horas donde ocurre el mayor intercambio de gases [14 - 16].

## 2.5 Variables morfológicas

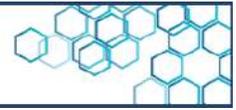
Las mediciones de las variables morfológicas estuvieron basadas en la metodología de Engels y col. [17]. Las determinaciones se realizaron en árboles adultos crecidos, desde semillas de crecimiento ortotrópico con ramas plagiotrópicas y de clones provenientes de la injertación de varetas de los árboles antiguos de crecimiento plagiotropo.

### 2.5.1 Arquitectura de la planta

Para determinar esta variable se realizaron mediciones del ángulo de las ramas del árbol con relación a un eje central hipotético. Si es igual o menor de  $90^\circ$ , se designó como erecta; si el ángulo está entre  $90$  y  $135^\circ$ , la denominación fue intermedia; y si el ángulo es mayor de  $135^\circ$  se le determinó como pendulosa.

### 2.5.2 Formación de la ramificación

Se observó el tronco principal del árbol, fijándose en la primera ramificación, constatando si en este punto existe solo una rama o si por el contrario forma dos o más: 1 simple: una sola rama; 2 intermedia: dos ramas y 3 verticilada: 3 o más.



### **2.5.3 Altura desde el suelo hasta el primer verticilo o ramificación (cm)**

En los árboles antiguos, se midió la altura desde el suelo hasta el primer verticilo, en aquellos casos en que el mismo haya sido eliminado se ubicó la cicatriz dejada por éste, y se midió desde el suelo hasta dicha cicatriz. Mientras que los clones se midió la altura desde el suelo al brote terminal.

### **2.5.4 Diámetro del tronco a 10 cm del suelo (cm)**

Se midió 10 cm a partir del suelo en el tronco de la planta, luego en dicho punto, se realizó la medición del grosor del tronco.

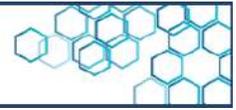
### **2.5.5 Vigor de la planta**

Se determinó la apariencia general de los árboles de cacao, se tomaron observando varios árboles, los cuales se compararon con un patrón preestablecido, se tuvo en cuenta el follaje, la estructura de las ramas, la forma del tronco y sus estructuras productivas. 1: débil, 2: intermedia y 3: vigorosa.

### **2.5.6 Características de las hojas**

#### **2.5.6.1 Largo de la hoja (cm)**

Se midió el largo de la hoja desde el punto de inserción del pecíolo hasta el ápice.



### **2.5.6.2 Ancho máximo de la hoja (cm)**

Se determinó en punto más ancho de la hoja.

### **2.5.6.3 Relación largo ancho (l/a)**

Se dividió el valor obtenido del largo, entre el valor obtenido del ancho.

### **2.5.6.4 Largo desde la base de la hoja hasta el punto más ancho de la misma (lba)**

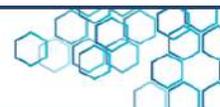
Se midió desde el punto de inserción del pecíolo hasta el punto más ancho de la hoja.

### **2.5.6.5 Forma de la hoja**

Se determinó calculando la relación entre la longitud de la lámina foliar (l) y la longitud de la hoja desde la base hasta la parte más ancha de la misma (lba).  $l/lba < 2$  ovoide,  $l/lba = 2$  elíptica y  $l/lba > 2$  obovada.

### **2.5.6.6 Base de la hoja**

Se clasificó por el ángulo interno que conforma el margen de la hoja con la nervadura central: 1=  $< 90^\circ$  aguda, 2=  $90^\circ-150^\circ$  obtusa, 3=  $151^\circ-180^\circ$  redondeada, 4= cordiforme.



### 2.5.6.7 Ápice de la hoja

Se observó el ápice de la hoja y se le asignó: 1=agudo, 2=acuminado largo y 3=acuminado corto.

## 2.6 Análisis de datos

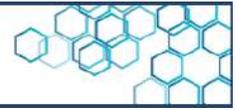
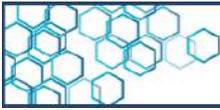
Se empleó el software Statistica versión 10, para realizar el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías: factor A (2 localidades) y factor B (nueve clones de cacao Nacional) de las variables evaluadas. Se aplicó la prueba a posteriori de Tukey para conocer la significancia ( $p < 0.05$ ) de diferencias observadas en las variables estudiadas.

## 3. Discusión de resultados

### 3.1 Variables fisiológicas

#### 3.1.1 Tasa de fotosíntesis (A) y tasa de transpiración (E)

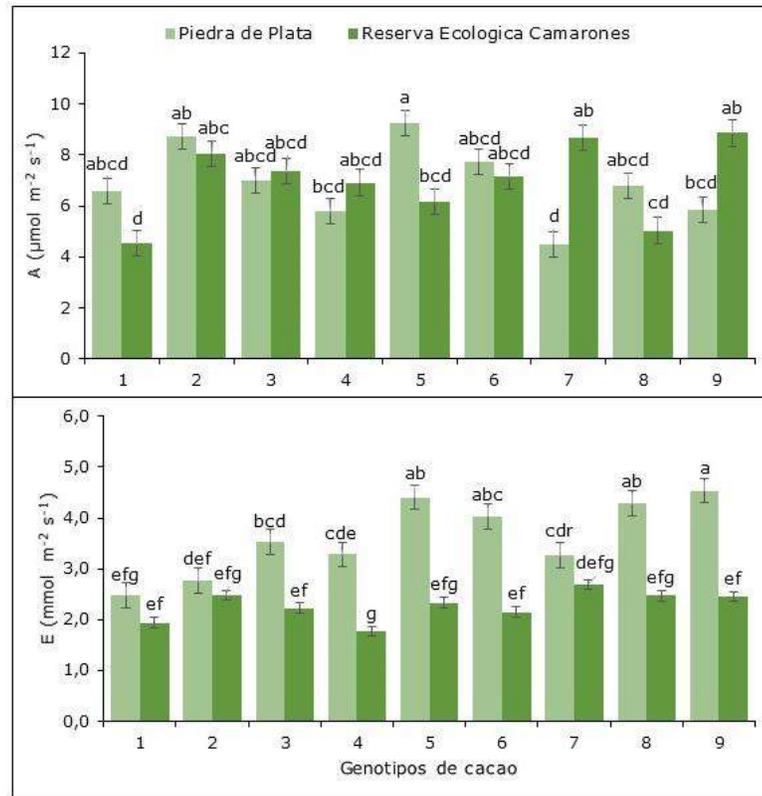
Los árboles ancestrales evaluados en Piedra de Plata y los clones jóvenes en la Reserva Ecológica de Camarones, mostraron diferencias significativas en A entre localidad y por clones ( $p < 0,05$ ). La A estuvo comprendida entre 4,5 y 9,6  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Los valores promedios de A en Piedra de Plata ( $6,89 \pm 0,49 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y en Reserva Ecológica de Camarones ( $6,91 \pm 0,48 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Se observaron los mayores valores de A (8,7 y 9,26  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en los híbridos 2 y 5 en Piedra de Plata y clones 9, 7 y 2 en Reserva Ecológica de Camarones. Mientras que los menores valores se observaron en el híbrido 1 en Piedra de Plata y el



clon 7 en Reserva Ecológica de Camarones con tasas de  $4,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Figura 1 A).

La E mostro diferencias significativas entre localidades y entre clones ( $p < 0,05$ ); los clones en Reserva Ecológica de Camarones mostraron una reducción en E del 25,3 % en comparación con los híbridos en Piedra de Plata. Los híbridos 5, 8 y 9 en Piedra de Plata mostraron mayor E ( $4,50 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), mientras que los clones 4 y 6 en Reserva Ecológica de Camarones presentaron una menor E ( $1,8$  y  $2,1 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente; Figura 1 B).

En contraste, los valores de A reportados en arboles de cacao criollo y forastero antiguos, en la isla de Margarita, Venezuela, fueron similares a los reportados en su contraparte jóvenes evaluado en banco de germoplasma [18]. De manera similar, se ha encontrado que los valores de A se encuentran entre  $4,5$  y  $6,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  con  $g_s$  bajos ( $20 - 150 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en diferentes estudios [16, 19, 20].

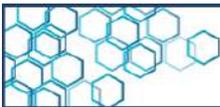


**Figura 1.** A, Tasa de fotosíntesis (A) y B, transpiración (E) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes. Letras distintas indican diferencias significativas entre genotipo por localidad ( $p < 0,05$ ).

Valores similares de A, se han reportado en 10 clones de cacao nacional evaluados en el norte de Esmeraldas [3] y en clones de cacao Ecuatoriano en el INIAP [11].

En general, mayores tasas fotosintéticas están asociadas a mayor capacidad de asimilación de CO<sub>2</sub>, mayores concentraciones de la clorofila, nitrógeno y proteínas en las hojas, mayor actividad de la Rubisco, mayor desarrollo de los cloroplastos y mejor metabolismo en la planta [21].

Los resultados de E, indican que los árboles antiguos de Piedra de Plata presentaron una mayor pérdida de agua por transpiración en



comparación con sus clones en Reserva Ecológica de Camarones, la pérdida de agua en los árboles jóvenes fue 25,3 % menor que en los árboles antiguos en Piedra de Plata.

En cacao ecuatorianos, reportaron E mayores a 3,8 a 6  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  bajo dos diferentes densidades de flujo fotónico (400 y 1.000  $\text{mmol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) [11]; valores similares a los resultados obtenidos en los híbridos 9, 5, 8 en Piedra de Plata. Según García y col. [22] la E de los clones de cacao varía de acuerdo al contenido de humedad del suelo, además, indicaron que a un mayor contenido de humedad presentan mayores E de 7,84 y 6,91  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a diferencia de los clones que se sometieron a déficit hídrico con 1,21 y 4,48  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Estos resultados apoyan lo encontrado en nuestro estudio, la localidad Piedra de Plata posee una precipitación de 1.500 mm/año en contraste con los 817 mm en la Reserva Ecológica de Camarones, una mejor disponibilidad de agua en Piedra de Plata puede permitirles a estos árboles adultos tener una mayor tasa de transpiración.

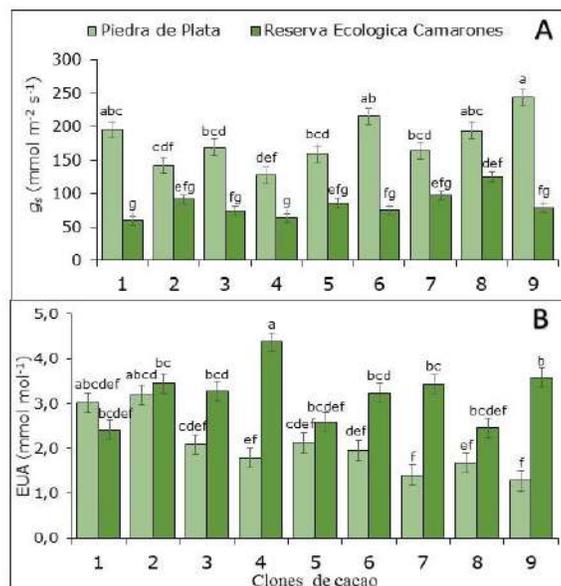
Una mejor condición de humedad en el suelo, favorece la apertura de los estomas, es decir hay un menor cierre parcial de los estomas lo que permite una mayor actividad de intercambio gaseoso [23].

### **3.1.2 Conductancia estomática ( $g_s$ ) y eficiencia de uso de agua (EUA)**

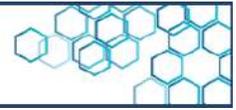
En los 9 árboles de cacao antiguo en Piedra de Plata, la  $g_s$  promedio fue significativamente mayor ( $178,9 \pm 12,1 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) que los observados en los clones jóvenes en Reserva Ecológica de Camarones ( $82,2 \pm 6,7 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); es decir, las  $g_s$  en Reserva Ecológica de Camarones fue 54,05 % menor que en Piedra de Plata. Los árboles antiguos mostraron

mayor  $g_s$  siendo los árboles 9 y 6, los que mostraron mayores  $g_s$  (243 y 216  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente), mientras que los clones 1, 4, 3, 6 y 9 en Reserva Ecológica de Camarones mostraron menores valores de  $g_s$  (58 - 78  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; Figura 2 A).

En seis de los nueve clones jóvenes en Reserva Ecológica de Camarones se observó mayor EUA, en comparación con los árboles antiguos en Piedra de Plata. Los valores promedio de EUA en Reserva Ecológica de Camarones fueron de  $3,20 \pm 0,21 \text{ mmol mol}^{-1}$  y en Piedra de Plata de  $2,05 \pm 0,22 \text{ mmol mol}^{-1}$ ; es decir, la EUA fue significativamente mayor en un 56,1% en los clones jóvenes en Reserva Ecológica de Camarones. El clon 4 en Reserva Ecológica de Camarones presentó la mayor EUA (4,37  $\text{mmol mol}^{-1}$ ), mientras que los menores se encontraron en los árboles 7 y 9 en Piedra de Plata, con valores de 1,36 y 1,28  $\text{mmol mol}^{-1}$ , respectivamente (Figura 2 B).



**Figura 2. A, Conductancia estomática ( $g_s$ ) y B, Eficiencia de uso de agua (EUA) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes. Letras distintas indican diferencias significativas entre genotipo x localidad ( $p < 0,05$ ).**

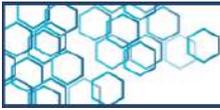


Los valores de  $g_s$  observados en clones de cacao nacional mostraron valores entre 149 y 300  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  [3], estos resultados son similares a los observado en los árboles antiguos de la localidad Piedra de Plata y menores a los reportados en cacao forasteros y criollos antiguos, con bajas  $g_s$  que van desde 50 a 200  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  [24]. El bajo promedio de A en el cacao en Venezuela, podría estar asociado a bajas  $g_s$  [18, 24].

Mientras que, Jaimez y col. (2018) observaron datos superiores a los reportado en Piedra de Plata, estos valores de  $g_s$  dan como resultado una mayor difusión de  $\text{CO}_2$  y por ende una mayor disponibilidad de  $\text{CO}_2$  para la carboxilación por Rubisco en el ciclo de Calvin y, por lo tanto, una mayor tasa de fotosíntesis y producción de carbohidratos [11].

El clon 4 en la Reserva Ecológica de Camarones presentó la mayor EUA con 4,37  $\text{mmol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ , mientras que, los demás clones obtuvieron una EUA de 2,54 a 3,45  $\text{mmol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ; datos similares fueron reportados por De Almeida y col. [25] en cuatro clones de cacao en un sistema agroforestal. Los árboles evaluados en la localidad Piedra de Plata presentaron menores resultados de EUA en todos los clones con resultados de 1,30 a 3  $\text{mmol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ , estudios realizados por Jaimez y col. en cultivares de cacao Nacional reportaron resultados similares a esta investigación [11]. Los datos de EUA observado de 9 clones de cacao Nacional se asemejan a lo reportado por Tezara y col. [3].

Los mayores EUA en los clones Reserva Ecológica de Camarones se deben a una A similar entre las localidades, y una reducción considerable en  $g_s$  y transpiración, probablemente, en respuesta a la disponibilidad hídrica, dada las diferencias en los contrastes de



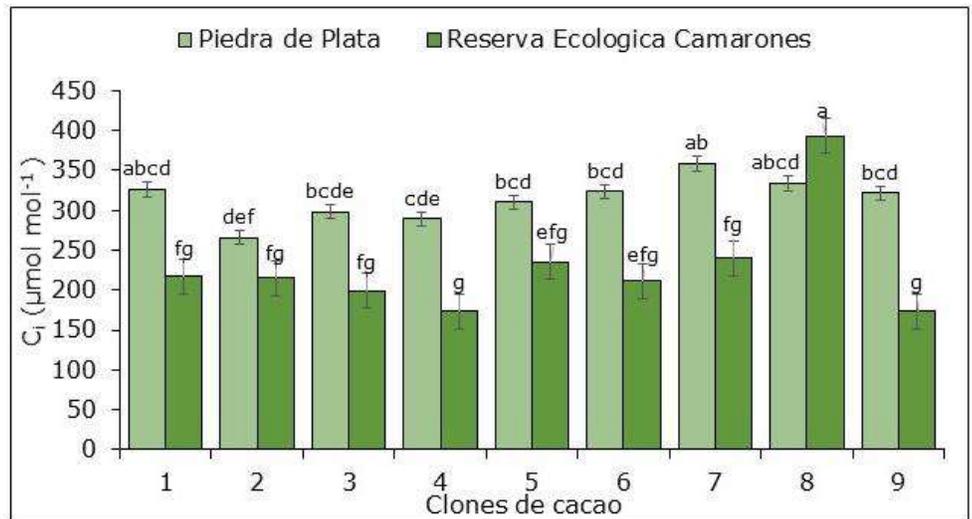
precipitación entre Piedra de Plata y la Reserva Ecológica de Camarones.

Una alta A y una baja E, determinan una EUA significativamente más alta en Criollo en comparación con Forastero, lo que sugirió que el cacao Criollo podría crecer mejor en regiones con disponibilidad limitada de agua [18]. Los valores de A en árboles antiguos de Criollo y Forastero fueron similares a los árboles jóvenes de cacao, en un banco de germoplasma incluso con valores altos de  $g_s$  [16,26]. Una EUA alta está relacionado a una baja E y a alta A, lo que sugiere que podrían tener un buen comportamiento en regiones con disponibilidad limitada de agua [24], además, los altos valores de EUA observados en los clones de cacao Nacional evaluados, en las condiciones climáticas de la costa ecuatoriana, abren la posibilidad de cultivar cacao sin sombra en esta región; sin embargo, una alta EUA no siempre implica una mayor capacidad fotosintética, se puede obtener por un mantenimiento en A y una disminución en  $g_s$  y por lo tanto una baja pérdida de agua por E [11].

### 3.1.3 Concentración intercelular CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>)

El análisis de varianza para la concentración intercelular CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), evidenció diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre los genotipos estudiados en las dos localidades. En general, se observó que los menores C<sub>i</sub> corresponden a los clones en Reserva Ecológica de Camarones ( $224,6 \pm 25,5 \mu\text{mol mol}^{-1}$ ), en comparación con los árboles antiguos en Piedra de Plata ( $314,4 \pm 9,1 \mu\text{mol mol}^{-1}$ ), a excepción del clon 8 en la Reserva Ecológica de Camarones, el cual mostró el mayor C<sub>i</sub>

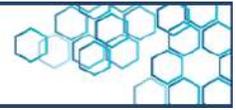
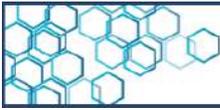
(393  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ); mientras que los demás clones mostraron valores entre 173 a 235  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  (Figura 3).



**Figura 3.** Concentración intercelular  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes. Letras distintas indican diferencias significativas entre Genotipo x Localidad ( $p < 0,05$ ).

Los genotipos ancestrales en la localidad de Piedra de Plata, muestran resultados desde 265 hasta 358  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  siendo el clon 8 quien presentó los valores más altos, datos similares fueron reportados por Tezara y col. [24] en cacao tipo forasteros y criollos con valores de 315  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ .

La reducción del  $C_i$  en los clones jóvenes de Reserva Ecológica de Camarones, obedecen al hecho de una menor  $g_s$ , un parcial cierre estomático y por tanto una menor difusión de  $\text{CO}_2$  desde la atmosfera hacia los sitios de carboxilación. Este cierre parcial estomático es posiblemente una respuesta fisiológica de los clones jóvenes a una menor disponibilidad de agua en una zona agroecológica donde llueve



aproximadamente 50 % menos, que donde se encuentra originalmente los arboles adultos antiguos en Piedra de Plata.

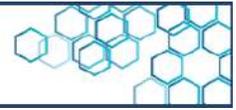
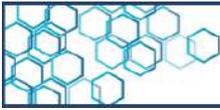
La  $C_{i}$  es considerada una característica fisiológica influenciada por factores ambientales como: la disponibilidad del agua, la luz y temperatura, entre otros, en presencia de cantidades adecuadas de luz, altas concentraciones de  $CO_2$  permiten mantener tasas fotosintéticas altas [27].

### 3.2 Caracterización morfológica

#### 3.2.1 Características morfológicas de los genotipos de cacao

Se presentan características morfológicas de árboles ancestrales provenientes de semillas creciendo bajo condiciones edafoclimáticas de Piedra de Plata y de árboles de Clones en la Reserva Ecológica de Camarones. Estas características determinan las particularidades individuales de cada árbol, ya que cada semilla es un híbrido o individuo único y desarrolla características heredadas de genes dominantes para estas características. Además, debe considerarse que en la (Tabla 2) se están considerando dos tipos de crecimiento el Piedra de Plata árboles de crecimiento ortotrópico con ramas plagiotrópicas y el la Reserva Ecológica Camarones árboles clones de crecimiento plagiotropo.

Dentro de los descriptores morfológicos de arquitectura de la planta, los resultados obtenidos muestran que el 86,7 % de los genotipos evaluados evidenciaron una arquitectura erecta en las dos localidades, a diferencia del 13,3 % de plantas que mostraron una arquitectura intermedia. En la forma de ramificación el 67,7 % posee una forma simple, el 25,6 % contiene una forma intermedia y el 6,7 % una forma



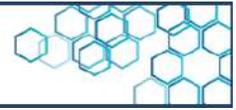
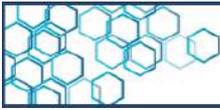
verticilada, esto coincide con el estudio de Fowler [28], en relación con árboles de cacao tipo Nacional longevo, el comportamiento de inclinación puede estar relacionado con la variabilidad genética dentro de esta variedad, las condiciones específicas de cultivo en diferentes regiones y la edad de las plantas, por otra parte López y col. [29] hace referencia que el 10,64 % de árboles de cacao criollo presentan una arquitectura intermedia, presumiendo a este resultado la falta de manejo agronómico del cultivo. En consecuencia, el 81,1 % de los genotipos en estudio presentó un vigor de la planta intermedio y solo el 18,9 % evidenciaron un vigor débil de la planta (Tabla 2).

Según Jaimez y col. [30], los diferentes genotipos de cacao expresan sus potencialidades fisiológicas y morfológica de acuerdo con el comportamiento del ambiente en los que se encuentre

**Tabla 2.** Características morfológicas de arquitectura de la planta, forma de ramificación y vigor de las plantas de nueve genotipos de cacao en las localidades de Piedra de Plata y en la Reserva Ecológica Camarones.

Localidad	Genotipo	Arquitectura (%)		Ramificación (%)			Vigor de planta (%)	
		Erecta	Intermedia	Simple	Intermedia	Verticilada	Débil	Intermedia
Piedra de Plata	1	100	0	100	0	0	0	100
	2	100	0	100	0	0	100	0
	3	100	0	100	0	0	0	100
	4	100	0	100	0	0	100	0
	5	0	100	0	100	0	0	100
	6	100	0	0	100	0	100	0
	7	100	0	100	0	0	0	100
	8	100	0	0	100	0	0	100
	9	100	0	100	0	0	0	100
Reserva Ecológica Camarones	1	100	0	80	20	0	20	80
	2	60	40	60	0	40	0	100
	3	100	0	40	60	0	20	80
	4	100	0	80	0	20	0	100
	5	100	0	60	40	0	0	100
	6	80	20	80	0	20	0	100
	7	60	40	80	20	0	0	100
	8	60	40	60	20	20	0	100
	9	100	0	80	0	20	0	100
<b>Media</b>		<b>86,7</b>	<b>13,3</b>	<b>67,7</b>	<b>25,6</b>	<b>6,7</b>	<b>18,9</b>	<b>81,1</b>

**Nota:** Cada columna representa los porcentajes de cada uno de los descriptores para cada genotipo en las dos localidades.

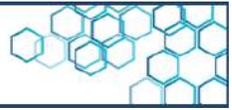
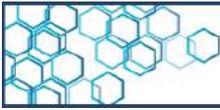


Los resultados de altura de la planta hasta el primer verticilo y diámetro del tronco, los genotipos en la localidad Piedra de Plata poseen una altura desde los 102 cm hasta los 266 cm siendo el genotipo 3 el que mostró mayor altura, y el genotipo 2 presentó una altura menor, mientras que en la localidad de la Reserva Ecológica Camarones se evidencia altura desde los 15,9 cm hasta los 46,2 cm (Tabla 3).

En lo que se refiere a diámetro del tronco el genotipo 2 de la localidad Piedra de Plata evidenció el menor diámetro con 42 cm y el clon siete con un diámetro mayor de 62 cm. Los árboles en la localidad de la Reserva Ecológica Camarones, poseen diámetro desde 13,2 a 19,6 cm. Cabe recalcar que la diferencia de las mediciones entre localidades se debe a que en Piedra de Plata por ser árboles ancestrales poseen una altura y diámetro mayor que los árboles jóvenes en la Reserva Ecológica Camarones.

**Tabla 3.** Medias de altura desde el suelo hasta el primer verticilo en árboles longevos y desde el suelo al brote terminal en los clones, y el diámetro del tronco de nueve genotipos de cacao en las localidades Piedra de Plata y la Reserva Ecológica Camarones. En letras negritas se muestran los valores mínimos y máximos de cada variable.

enotipo	Altura (cm)		Diámetro (cm)	
	Piedra de plata	Reserva Ecológica Camarones	Piedra de plata	Reserva Ecológica Camarones
1	112	19	58	15,5
2	<b>102</b>	33,8	<b>42</b>	13,9
3	<b>266</b>	<b>15,9</b>	56	<b>13,2</b>
4	150	28,9	46	17
5	168	<b>46,2</b>	61	<b>19,6</b>
6	203	29,7	58	14,1
7	165	32,2	<b>62</b>	16,2
8	163	27,5	60	15,9
9	195	19	47	15,5

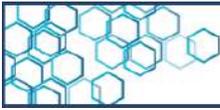


### 3.2.2 Características de la hoja

La Tabla 4 muestra los promedios del largo de la hoja (cm), ancho máximo de la hoja (cm), relación larga por ancho (L/A) y largo desde la base de la hoja hasta el punto más ancho de la misma (LBA) de nueve genotipos de cacao en las localidades Piedra de Plata y la Reserva Ecológica Camarones, además, se evidenció diferencias estadísticas significativa de acuerdo con el análisis de varianza.

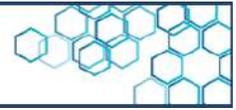
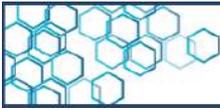
**Tabla 4.** Medias de largo de la hoja (cm), ancho máximo de la hoja (cm), relación largo por ancho (L/A) y largo desde la base de la hoja hasta el punto más ancho de la misma (LBA) de nueve genotipos de cacao en las localidades Piedra de Plata y la Reserva Ecológica Camarones.

Localidad	Genotipo	Largo de hoja (cm)	Ancho máximo de hoja (cm)	L/A	LBA
Piedra de Plata	1	31,6 ab	10,3 ab	3,1 abc	16,3 ab
	2	30,9 ab	9,5 ab	3,3 ab	16,1 ab
	3	30,4 ab	9 ab	3,4 ab	16,6 ab
	4	33 ab	10,9 ab	3 abc	17,6 ab
	5	29,3 ab	11,2 a	2,6 c	16,4 ab
	6	30,5 ab	9,6 ab	3,1 abc	16,2 ab
	7	36 a	10,1 ab	3,6 a	20,6 a
	8	34,2 ab	10,4 ab	3,3 ab	19,2 ab
	9	28,5 ab	9,7 ab	2,9 bc	16,6 ab
Reserva Ecológica Camarones	1	27,8 b	8,6 b	3,2 ab	15,3 b
	2	27,9 b	8,9 ab	3,1 abc	15,2 b
	3	27,5 b	9,1 ab	3,0 abc	15,8 ab
	4	27,2 b	8,9 ab	3,1 abc	14,9 b
	5	27,6 b	9,7 ab	2,8 bc	15,5 b
	6	28,4 ab	8,9 ab	3,2 ab	15,5 b
	7	29,6 ab	9,3 ab	3,2 abc	15,5 b
	8	28,2 ab	9,5 ab	2,9 bc	15,12 b
	9	28,5 ab	9,3 ab	3,1 abc	16,74 ab
<b>Probabilidad ANOVA</b>		0,0019	0,0143	0,0001	0,0079
<b>CV (%)</b>		11,42	11,34	7,72	13,2



El genotipo 7 en la localidad Piedra de Plata presentó un largo de la hoja superior a los demás genotipos, con 36 cm a diferencia de los demás que varió desde 27 cm hasta 33 cm. En la variable ancho de la hoja el genotipo 5 obtuvo mayores resultados con 11,2 cm en la localidad Piedra de Plata, mientras que en los demás genotipos se obtuvieron rangos desde 8,6 cm hasta 10,9 cm. En la relación L/A, el genotipo siete obtuvo mayor L/A con 3,6 a diferencia del genotipo 4 el cual presentó la menor L/A con 2,6 y los demás genotipos en las dos localidades presentaron valores intermedios. Los valores que se evidencian la tabla 4 coinciden con el trabajo de Mena y col. [31] el cual hace referencia que el 59,59 % del promedio de los seis individuos evaluados de cacao tipo Nacional recae sobre la base de la hoja de forma aguda, por otra parte Ramos y col. [32] difiere de estos resultados realizados en materiales híbridos de cacao Nacional y criollo en Colombia, donde la mayoría tenían características obtusa en la base de la hoja, estos resultados están relacionados a la variabilidad que existe entre el material genético y el manejo del cultivo.

La Tabla 5 presenta los descriptores morfológicos para la hoja de nueve genotipos en dos localidades, el 93,3 % de los genotipos evaluados presentan una forma de la hoja ovoide, mientras que en la base de la hoja 91,1 % presenta una base de la hoja aguda y el 73,3 % presenta un ápice de la hoja con acuminado largo.



**Tabla 5.** Características morfológicas foliares (forma, base y ápice de las hojas) de nueve genotipos de cacao en las localidades de Piedra de Plata y en la Reserva Ecológica Camarones.

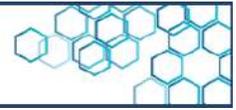
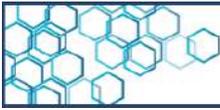
Localidad	Genotipo	Forma de la hoja (%)			Base de la hoja (%)			Ápice de la hoja (%)		
		Obovada	Ovoide	Elíptica	Aguda	Obtusa	Redondeada	Acuminad o largo	Acuminado corto	Agudo
Piedra de Plata	1	20	60	20	100	0	0	80	0	20
	2	20	80	0	100	0	0	100	0	0
	3	20	80	0	60	0	40	100	0	0
	4	0	100	0	60	40	0	80	20	0
	5	0	100	0	100	0	0	40	40	20
	6	0	100	0	100	0	0	40	60	0
	7	0	100	0	100	0	0	100	0	0
	8	0	100	0	100	0	0	60	40	0
	9	0	100	0	100	0	0	40	40	20
Reserva Ecológica Camarones	1	0	100	0	100	0	0	100	0	0
	2	0	100	0	100	0	0	100	0	0
	3	0	100	0	60	40	0	80	20	0
	4	0	100	0	100	0	0	60	40	0
	5	20	80	0	100	0	0	80	20	0
	6	0	100	0	100	0	0	60	40	0
	7	0	100	0	100	0	0	100	0	0
	8	20	80	0	60	20	20	40	60	0
	9	0	100	0	100	0	0	60	40	0
<b>Media</b>		<b>5,6</b>	<b>93,3</b>	<b>1,1</b>	<b>91,1</b>	<b>5,6</b>	<b>3,3</b>	<b>73,3</b>	<b>23,3</b>	<b>3,3</b>

**Nota:** Cada columna representa los porcentajes de cada uno de los descriptores para cada genotipo en las dos localidades.

## 4. Conclusiones

Se concluyó que, a pesar de la uniformidad y pureza genética del cacao Nacional evaluado, se observaron diferencias fisiológicas significativas entre los nueve genotipos de cacao en Piedra de Plata (árboles ancestrales) y sus clones (árboles jóvenes) de la Reserva Ecológica Camarones, por tanto, se rechazó la hipótesis propuesta.

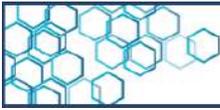
Con los resultados encontrados podemos responder ¿Existen diferencias significativas en las características morfo-fisiológicas entre



árboles antiguos y sus clones jóvenes de cacao Nacional evaluadas en dos diferentes localidades? Se evidenció que, los árboles ancestrales y los clones jóvenes mostraron diferencias significativas en todas las variables de intercambio gaseoso entre genotipos y localidad.

Las mayores de A ( $8,7$  y  $9,26 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) se encontraron en los híbridos 2 y 5 en Piedra de Plata y clones 9, 7 y 2 en Reserva Ecológica de Camarones. Mientras que los menores valores se observaron en el híbrido 1 en Piedra de Plata y el clon 7 en Reserva Ecológica de Camarones. Los nueve genotipos ancestrales de cacao Nacional en Piedra de Plata mostraron una arquitectura de la planta erecta, forma de la ramificación simple y un vigor intermedio; mientras que los árboles ancestrales y los clones jóvenes presentaron características morfológicas foliares similares, las hojas de los árboles en ambas localidades presentaron una forma ovoide, base aguda, ápice con acuminado.

Sin embargo, para responder ¿Cuál será el potencial fisiológico de cada uno de los genotipos evaluados, para futuras investigaciones, y recomendación en condiciones agroclimáticas similares a las del estudio? Las mayores EUA encontradas en los clones Reserva Ecológica de Camarones, probablemente se deba principalmente a las bajas  $g_s$  y E, en respuesta a la baja disponibilidad hídrica en esta zona, dada las diferencias contrastes en precipitación entre ambas localidades. Se recomienda continuar estudios de los clones en función de las respuestas fisiológica al cambio climático, tales como: déficit hídrico, altas temperatura y elevadas concentraciones de  $\text{CO}_2$ , entre otros, y así detectar clones élites con mecanismo que le confieran resistencia o tolerancia a factores de estrés; es decir, con mayor potencial de estos en condiciones ambientales diferentes; además de realizar evaluaciones



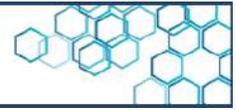
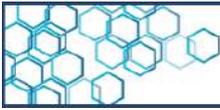
de producción y correlacionar los parámetros fisiológicos con los productivo.

## 5. Agradecimiento

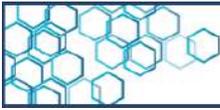
INIAP por el reconocimiento e identificación de los árboles en piedra de plata- membrillo y de los clones en la reserva ecológica camarones-jama.

## 6. Referencias

- [1]. Nair KP. Cocoa (*Theobroma cacao* L.). En: Tree Crops: Harvesting Cash from the World's Important Cash Crops. K. P. Nair (Ed.), pp 153-213, 2021. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-62140-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-62140-7_5)
- [2]. Boza EJ, Motamayor JC, Amores FM, Cedeno-Amador S, Tondo CL, Livingstone, DS y Gutiérrez OA. Genetic characterization of the cacao cultivar CCN 51: its impact and significance on global cacao improvement and production. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 139(2): 219-229, 2014. <https://doi.org/10.21273/JASHS.139.2.219>
- [3]. Tezara W, Fernández W, Valencia E, Reynel V, Bolaños M, Blanco H. Actividad fotosintética de diez clones de cacao nacional y su relación con el rendimiento. *Revista ESPAMCIENCIA* 11(1):19-27, 2020. [https://doi.org/10.51260/revista\\_espamciencia.v11i1.202](https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v11i1.202)
- [4]. Vera F, Moran E, Álvarez A. Comportamiento agronómico, sanitario y productivo de 41 cruces interclonales de cacao en la cuenca alta del río Guayas. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 4, 4-15. 2019. <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/23>



- [5]. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Resumen estadístico de cacao. Boletín Situacional N° 3. p. 5., 2017. <https://fliphtml5.com/ijia/jhbq/basic>
- [6]. Loor R, Amores F. Explorando la variabilidad del cacao tipo Nacional para identificar clones elite. Revista Sabor Arriba, 2(4): 18-19, 2003.
- [7]. Toth J. Genetic & Morphology Analysis of Nacional Cacao in Piedra de Plata, 2018. <https://toakchocolate.com/blogs/news/genetic-and-morphology-analysis-of-nacional-cacao-in-piedra-de-plata>
- [8]. Jaimez R, Barragan L, Fernández-Niño M, Wessjohann LA, Cedeño-García G, Cantos IS y Arteaga F. *Theobroma cacao* L. cultivar CCN 51: a comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects. Peer J, 9, 1-23, 2022. <https://doi.org/10.7717/peerj.12676>
- [9]. Tezara W, De Almeida J, Valencia E, Cortes J y Bolaños M. Actividad fotoquímica de clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) ecuatoriano en el norte de la provincia Esmeraldas. Investigación y Saberes, 4(3): 37-52, 2015. [http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion\\_y\\_saberes/article/view/90](http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/90)
- [10]. Tezara W, De Almeida J, Bolaños M, Reynel V. Capacidad fotosintética del cacao: Ecuatorianos vs Venezolanos. Memorias Convención Internacional agroforestal. pp. 56-962. I, 2017. SBN 978-859-7215-29-5.
- [11]. Jaimez R, Amores F, Vasco A, Loor R, Tarqui O, Quijano G, Jiménez J y Tezara W. Photosynthetic response to low and high light of cacao growing without shade in an area of low evaporative demand. Acta Biológica Colombiana, 23(1): 95-103, 2018. <https://doi.org/10.15446/abc.v23n1.64962>



[12]. Jaimez RE, Loor R, Arteaga F, Márquez V y Tezara W. Differential response of photosynthetic activity, leaf nutrient content and yield to long-term drought in cacao (*Theobroma cacao* L.) Acta agronómica, 70(3): 274- 284, 2021 <https://doi.org/10.15446/acag.v70n3.92252>

[13]. Jaimez RE, Peña G, Barragán L, Chica E, Arteaga F y Cedeño G. The effect of water deficit on leaf stomatal conductance, water relations, chlorophyll fluorescence and growth of rootstock-scion combinations of cacao, Scientia Horticulturae, 321, 2023, 112335, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112335>

[14]. De Almeida J, Tezara W y Herrera A. Physiological responses to drought and experimental water deficit and waterlogging of four clones of cacao (*Theobroma cacao* L.) selected for cultivation in Venezuela. Agricultural Water Management, 171, 80-88, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.03.012> Get rights and content

[15]. Baligar V, Bunce J, Machado R y Elson M. Photosynthetic photon flux density, carbon dioxide concentration and vapour pressure deficit effects on photosynthesis in cacao seedlings. Photosynthetica, 46(2):216-221, 2008. DOI:10.1007/s11099-008-0035-7

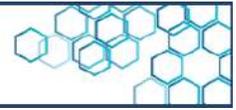
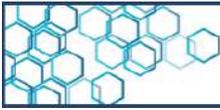
[16]. Ávila-Lovera E, Coronel I, Jaimez R, Urich R, Pereyra P, Araque O, Chacón L. y Tezara W. Ecophysiological traits of adult trees of Criollo cocoa cultivars (*Theobroma cacao* L.) from a germplasm bank. Experimental Agriculture, 52: 137-15, 2016. <https://doi.org/10.1017/S0014479714000593>

[17]. Engels M, Bartley G y Enriquez. Cacao Descriptor, Their State and Modus Operandi. Turrialba, 30: p 209 - 218, 1980.

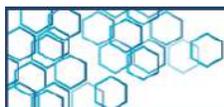
[18]. Tezara W, Urich R, Jaimez R, Coronel I, Araque O, Azócar C y Chacón I. Does Criollo cocoa have the same ecophysiological characteristics as Forastero? Botanical Sciences, 94: 563-574, 2016. DOI:10.17129/botsci.552



- [19]. Daymond A, Tricker P y Hadley P. Genotypic variation in photosynthesis in cacao is correlated with stomatal conductance and leaf nitrogen. *Biologia Plantarum*, 55: 99-104, 2011. DOI:10.1007/s10535-011-0013-y
- [20]. Araque O, Jaimez R, Tezara W, Coronel I, Urich R y Espinoza W. Comparative photosynthesis, water relations, growth and survival rates in juvenile Criollo cacao cultivars (*Theobroma cacao* L.) during dry and wet seasons. *Experimental Agriculture*, 48:513-522, 2012. <https://doi.org/10.1017/S0014479712000427>
- [21]. Ribeiro M, da Silva J, Aitken W, Machado R y Baligar V. Nitrogen use efficiency in cacao genotypes. *J. Plant Nutr.* 31(2), 239-249, 2008. DOI:10.1080/01904160701853720
- [22]. García J y Moreno L. Respuestas fisiológicas de *Theobroma cacao* L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. *Acta Agron.*, 65 (1): 44-50, 2015.
- [23]. Agudelo G, Cadena J, Almanza P. y Pinzón, E. Desempeño fisiológico de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo la sombra de tres especies forestales en Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1): 223-232, 2018.
- [24]. Tezara W, Herrera A, De Almeida J, Bolaños M y Reynel V. Respuestas ecofisiológicas y productiva del cacao venezolano y ecuatoriano al estrés. *Memorias del Instituto de Biología Experimental* 8: 121-124, 2016.
- [25]. De Almeida J, Ávila E, Jaimez R, Araque O, Móvil O, González R. and Tezara, W. Características fotosintéticas de cuatro clones de cacao en un sistema agroforestal en Barlovento, Edo. Miranda. *Investigación y Saberes*, 3(3): 3-21., 2017.
- [26]. Tezara W, Coronel I, Urich R, Marín O, Jaimez R, Chacón I. Plasticidad ecofisiológica de árboles de cacao (*Theobroma cacao*) en diferentes ambientes de Venezuela. III CLAE e IXCEB, 10 a 17 de Setembro de 2009, São Lourenço - MG.p.1-5, 2009.



- [27]. Taiz L, Zeiger, Eds. Plant Physiology. 5<sup>th</sup> Edition, Sinauer Associates Inc., Sunderland, 782 p., 2010.
- [28]. Fowler R. Características del cacao Nacional, Turrialba (Costa Rica), 2 (4):161-166, 1952.
- [29]. López M. Caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en El Salvador. ISSN 2522-6509. Agrociencia, 1(4):25-34, 2018.
- [30]. Jaimez R, Tezara W, Coronel I, Urich, R. Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. Revista Forestal Venezolana, 52(2): 253-258, 2008.
- [31]. Mena M. Caracterización fenotípica de seis familias híbridas de *Theobroma cacao* L, en el campus experimental "LA TEODOMIRA" – MANABÍ – ECUADOR P. Trabajo de Maestría de la ESPAM MFL, Manabi Ecuador. 101 pg, 2022.
- [32]. Ramos A, Gómez M, Machado E y Aranguren Y. Phenotypic and genotypic characterization of cacao cultivars (*Theobroma cacao* L.) from Dibulla, La Guajira, Colombia. Cienc. Tecnol. Agropecuaria, 21 (3), 2019. e1557 DOI: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num3\\_art:15](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:15).



Artículo de Investigación

## Evaluación de aceptación de bloques multinutricionales producidos con residuos de la industria aceitera en mautes

J. Isturiz<sup>1</sup> , Y. Guerrero<sup>1</sup> , N. Telleira<sup>1\*</sup> , M. Henríquez<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación, Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela

### Resumen

La producción de bovinos en las regiones tropicales es una actividad esencialmente pastoril, con dependencia total del forraje como fuente de nutrientes, cuya disponibilidad y calidad está determinada por la fertilidad de los suelos y condiciones climáticas. El esfuerzo por la disminución de costos de producción, el mejoramiento en la calidad de los productos y la búsqueda de una mayor eficacia alimenticia para lograr competitividad comercial, han llevado al hombre a buscar alternativas en la alimentación y nutrición animal. Los Bloques Multinutricionales (BMN) permiten el uso de materias primas locales para mejorar el consumo y productividad del animal mediante el aporte de proteína, energía, minerales o medicinas. Se identificó una familia de patentes donde se diseñan sistemas de alimentación animal basados en subproductos del proceso de extracción de aceite vegetal que tienen una composición mineralógica aceptable para el sector ganadero y se combina con un agente aglutinante para el aporte de calcio, la cual valoriza un residuo industrial obteniendo un producto con aporte nutricional. Los BMN presentados para su evaluación tienen una composición de residuo industrial 15-30 %, agrícolas 10-25 %, melaza 30-40 %, urea 5-15 %, agente aglutinante 5-10 % y sal 5-10 %. El estudio se realizó en Chirgua, estado Carabobo, con una población de 9 unidades experimentales, mautes doble propósito.

**Palabras clave:** bloque multinutricional, ganado, desechos industriales, residuos agrícolas.



**Recibido:** 23 de julio del 2023  
**Aceptado:** 15 de octubre del 2023  
**Publicado:** 8 de enero del 2023  
**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.  
**DOI:** 10.5281/zenodo.10805194  
**\*Autor para correspondencia:**  
Natasha Telleria  
**e-mail:** [ntelleria.cntq@gmail.com](mailto:ntelleria.cntq@gmail.com)

Research article

## Acceptance evaluation of multinutritional blocks produced with waste from the oil industry in cattle

J. Isturiz<sup>1</sup> , Y. Guerrero<sup>1</sup> , N. Telleria<sup>1</sup> , M. Henriquez<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación, Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela

### Abstract

Cattle production in tropical regions is an essentially pastoral activity, with total dependence on forage as a source of nutrients, whose availability and quality is determined by soil fertility and climatic conditions. The effort to reduce production costs, improve the quality of products and the pursuit for greater food efficiency to achieve commercial competitiveness has led man to seek alternatives in animal food and nutrition. The Multinutritional Blocks (BMN) allow the use of local raw materials to improve the animal's consumption and productivity by providing protein, energy, minerals or medicines. A family of patents was identified where animal feeding systems are designed based on byproducts of the vegetable oil extraction process that have an acceptable mineralogical composition for the livestock sector and are combined with a binding agent to provide calcium, which valorizes an industrial waste obtaining a product with nutritional contribution. The BMN evaluated have a composition of industrial waste 15 - 30 %, agricultural waste 10 - 25 %, molasses 30 - 40 %, urea 5 - 15 %, binding agent 5 - 10% and salt 5 - 10%. The study was carried out in Chirgua, Carabobo state, with a population of 9 experimental units, dual-purpose *mautes*.

**Keyword:** multinutritional block, cattle, industrial waste, agricultural residuals.



**Received:** July 23, 2023

**Accepted:** October 15, 2023

**Published:** January 8, 2023

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

**DOI:** 10.5281/zenodo.10794002

**\*Corresponding author:**

Natasha Telleria

**e-mail:** [ntelleria.cntq@gmail.com](mailto:ntelleria.cntq@gmail.com)



## 1. Introducción

Los seres vivos necesitamos incluir en nuestra alimentación diaria una cantidad de carbohidratos, proteínas, grasas y minerales para el correcto funcionamiento del metabolismo, de lo contrario, los procesos químicos esenciales se verían seriamente afectados. En este sentido, la búsqueda de nuevas fuentes de alimentos debe ir acompañada de la información nutricional que permita cumplir con la ingesta diaria de nutrientes requeridos por los animales a los que son dirigidos.

Los bovinos son animales que requieren de mucha energía para el desarrollo de sus procesos metabólicos, una alimentación deficiente con baja ingesta de minerales puede ocasionar problemas de desarrollo, producción de leche, falta de celo, crecimiento insuficiente de los huesos y pérdidas de pelo o lana. Mientras que la ausencia de vitaminas A, B y E puede causar ceguera e inflamaciones articulares.

Por otro lado, el clima ejerce una acción directa en la producción bovina, generando bienestar fisiológico en los animales y un efecto indirecto a través de la producción y calidad de los alimentos [1]. En condiciones climáticas estacionales, principalmente en las áreas geográficas que tienen un clima estacional seco y sub-húmedo, el déficit hídrico ocasiona que muchas plantas reduzcan o detengan su crecimiento, se marchiten y mueran, disminuyendo la oferta forrajera, modificando su composición química y reduciendo la digestibilidad y consumo voluntario por parte de los animales [1].

Los rumiantes se diferencian de otras especies básicamente por las características de su sistema digestivo, el cual consta de dos etapas: el consumo de alimentos y la rumia. Su estómago está conformado por cuatro compartimientos, el primero es muy grande y se llama rumen

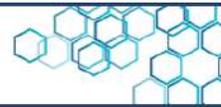


(panza), el segundo es el retículo (bonete), el tercero es el amaso (librillo) y el cuarto es el abomaso, el verdadero estómago. El rumiante mastica la hierba, la ingiere y va al rumen, el alimento es regurgitado (vuelto a la boca) y remasticado, a esto se le conoce como la rumia. Los ruminantes producen mucho gas en el estómago y eructan una vez cada minuto [2].

Este tipo de digestión permite hacer mejor uso de los carbohidratos estructurales presentes en las plantas como lo son la celulosa, hemicelulosa y pectina. Los primeros suministran el estímulo físico para el inicio de la rumia y juegan por lo tanto un papel importante en el mantenimiento y funcionamiento de este [3].

También requieren suficiente fibra en la dieta para la función normal del rumen [4]. Las bacterias, hongos y protozoarios presentes en el rumen hidrolizan estos carbohidratos (polisacáridos) y aprovechan las proteínas contenidas en los vegetales y el nitrógeno no proteico. Como resultado sintetizan algunas vitaminas hidrosolubles, producen aminoácidos, obteniendo amoníaco y nitrógeno con la muerte de los microorganismos.

Complementar la dieta del ganado durante determinadas épocas del año, es una condición obligada para los ganaderos en las zonas tropicales, la producción de bovinos en los trópicos es una actividad que depende del aporte del nutriente del forraje y su disponibilidad no es constante durante los periodos de lluvia y sequía [5], su calidad es sumamente baja y en casos extremos su oferta es nula [6], obligando a complementar la dieta del ganado en energía, proteína, minerales y vitaminas para mantener un buen nivel de producción. Por tanto, cuando la disponibilidad de nutrientes del pastizal es escasa, los animales sufren períodos de subnutrición lo que disminuye su capacidad productiva. Bajo estas circunstancias, la suplementación no solamente es justificable, sino necesaria para el mantenimiento de la eficiencia del hato ganadero [5].

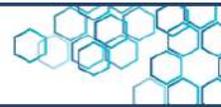


El esfuerzo permanente por la disminución de costos de producción, el mejoramiento en la calidad de los productos y la reutilización de insumos o subproductos para obtener una mejor eficacia alimenticia, han llevado al hombre a buscar alternativas permanentes en la alimentación y nutrición animal. Una metodología de implementación lo constituyen los bloques multinutricionales (BMN), que aportan principalmente nitrógeno y energía para garantizar un crecimiento adecuado de microorganismos en el rumen, además de proporcionar vitaminas y minerales necesarios para la nutrición animal.

Implementar la suplementación basada en el suministro de bloques multinutricionales facilita la alimentación a los pequeños productores; además, varios ingredientes regionales pueden ser empleados en la fabricación de los mismos. En la formulación del bloque se debe tener presente que el objetivo principal es fabricar un suplemento de emergencia, medicinal e incluso de supervivencia durante la época seca y no el de proporcionar a los animales una ración equilibrada y ajustada a las normas de la producción intensiva, ni tampoco sustituir el forraje como alimento principal.

Los ingredientes de un BMN, pueden ser locales y variados como se ha mencionado, uno de esas materias primas son residuos o subproductos tanto de origen agrícola, como industrial. Para este estudio, se formuló un suplemento con un residuo proveniente de la industria aceitera cuya composición mineralógica es aceptable para los bovinos debido a que contiene calcio. Para ello se realizó una vigilancia tecnológica con base en literatura científica y patentes acerca del tema en cuestión.

El estudio piloto de suplementación con BMN, se llevó a cabo en la unidad productiva del Monasterio María Reina de los Ángeles, ubicado en el estado Carabobo, Venezuela, con el fin de determinar la aceptación o



rechazo del BMN por parte de mautes. Con los resultados de este primer estudio se diseñarán las siguientes fases experimentales.

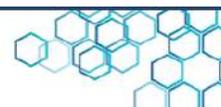
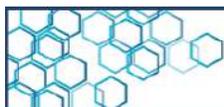
## 2. Metodología

La primera parte de la investigación se basó en la búsqueda, descripción y análisis de los documentos científicos publicados en el periodo que data desde 2009-2019, con el objetivo de identificar las propuestas de formulación de bloques multinutricionales a nivel mundial y los ingredientes empleados para la suplementación de bovinos.

Para ello, se formuló una ecuación de búsqueda introducida en la plataforma de la base de datos *The Lens*®, se excluyeron términos como “ovejas”, “cabra”, “pez”, “cerdo” y “aves de corral” en el campo de artículos científicos. Para documentos de patentes relacionadas con la elaboración de BMN y el residuo industrial, se aplicó el filtro de inventores o aplicantes para obtener todas las familias de la invención.

Con la información recuperada, se realizó el diseño experimental de formulación del BMN con el residuo industrial y materias primas locales. Se elaboraron cinco (05) prototipos a escala laboratorio con diferentes rangos de composición para cada ingrediente (ver Tabla 1), seleccionando la formulación que presentó una consistencia aceptable para su manipulación y consumo.

Para elaborar el BMN, el residuo industrial se mezcla con melaza, urea (nitrógeno no proteico), agente aglutinante, sal y afrecho de maíz (como producto agrícola disponible), todos previamente pesados de acuerdo con las relaciones presentadas en la Tabla 1. La mezcla se realizó de manera



manual, hasta obtener una consistencia pastosa y homogénea. Posteriormente, se trasvasaron a los moldes dispuestos y se dejaron secar entre 5 y 7 días (dependiendo de la humedad atmosférica), para facilitar su compactación. Al conseguir la consistencia deseada, se presentó el BMN a los animales en estudio.

**Tabla 1.** Rangos de composición de ingredientes del BMN\*

Melaza	30-40
Úrea	5-10
Agente aglutinante	1-5
Sal	1-5
Afrecho de maíz	20-30
Residuo industrial	20-30

\*Fuente: elaboración propia (CNTQ, 2022)

El suministro de BMN fue restringida en un tiempo promedio de 180 minutos en los comederos, en horario vespertino de acuerdo con el ritmo de los animales en el día y las condiciones ambientales, después de su rutina en potreros, generalmente entre las 03:00 – 5:00 pm, durante 25 días continuos.

La evaluación de la aceptación en animales fue desarrollada en el Monasterio María Reina de los Ángeles, municipio Bejuma, Chirgua, estado Carabobo, entre las coordenadas 10.256492088762075, -68.18773449621625, tal como se muestra en la Figura 1, con pasturas naturales constituidas en su mayoría por pasto estrella, cuba 22 y king grass morado.

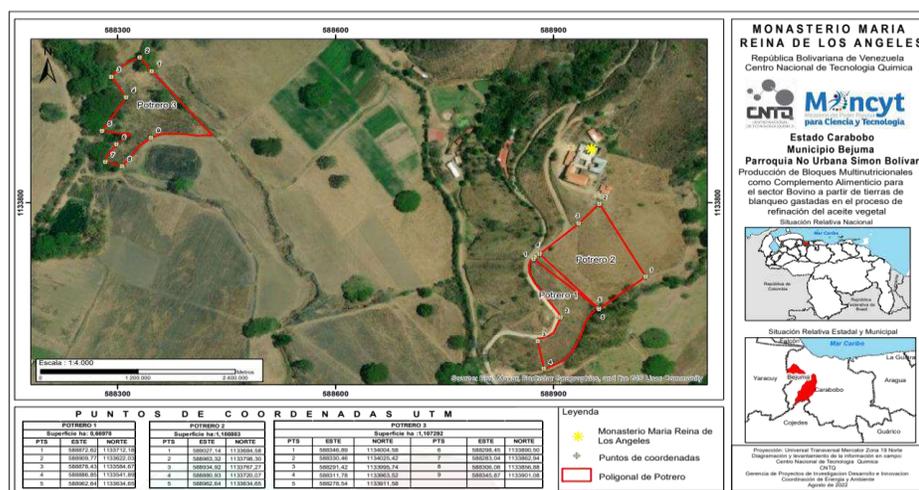


Figura 1. Mapa satelital del lugar de estudio

Por un lapso de 26 días, un total de 9 mautes entre mestizo lechero y doble propósito fueron asignados por grupos de tres individuos cada uno, discriminando por su edad y sexo, cuya clasificación se presenta en la Tabla 2. Cada grupo consumió 3 unidades de BMN de igual formulación de 5 kilos de peso, como en la Tabla 1, en ese periodo de tiempo durante la temporada de lluvias.

Tabla 2. Grupo de estudio por edad y sexo\*

Grupo	Sexo	Edad
1	03 hembras	01 año
2	02 machos y 01 hembra	08 meses
3	03 machos	> 1 año

\*Fuente: elaboración propia (CNTQ, 2022)



### 3. Resultados.

#### 3.1 Vigilancia Tecnológica

Con la ecuación de búsqueda planteada se recuperaron 1.152 publicaciones científicas, obteniendo un panorama completo de la formulación de bloques multinutricionales para bovinos. El país con mayor número de publicaciones es Estados Unidos con 371 documentos, seguido del Reino Unido con 170, ambos en el campo de estudio de biología, ciencia animal, ciencia de los alimentos, ensilaje, química e ingredientes para formulación de piensos.

Europa cuenta con 478 documentos representando el 30,79 % del total de publicaciones científicas para el período de estudio, en el campo de nutrición animal en su mayoría. África parece ser un continente interesado en la suplementación de alimento para animales, debido a su clima promedio están orientados hacia la formulación de ingredientes para ensilaje en épocas de sequías, tratamientos médicos e impacto ambiental, posee un total de 136 publicaciones (8,76 %). América Latina registró 88 documentos en el área de ciencia animal, formulación de ingredientes y medicina representando el 5,67 %. En comparación con África, Latinoamérica posee 3 % menos documentos, a pesar de contar con productividad ganadera como una de sus principales actividades económicas.

El número de registros científicos realizados por países latinos no es sinónimo de investigaciones escasas en esta área. Existe información técnica para la suplementación en bovinos en portales periodísticos,



páginas webs, foros y tesis de grado con el enfoque amplio y colectivo de discusiones entre asociaciones o entidades.

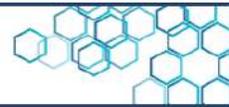
Según la base de datos utilizada, Venezuela posee 5 documentos en alimentación con BMN liderada por universidades nacionales. Sin embargo, se encuentran publicaciones en simposios, congresos y tesis determinando que existen avances en este campo de la ciencia animal.

No se encontraron publicaciones que se orienten al uso del residuo de la industria aceitera de interés como ingrediente para la elaboración de BMN. La formulación de bloques o piensos para ganado varía de acuerdo a la zona, el objetivo de este trabajo es aprovechar los ingredientes disponibles en la localidad y los subproductos generados en otros procesos que poseen un valor económico o energético como materia prima.

Por otro lado, se encontró que se registraron 51 patentes orientadas al uso de este residuo industrial en varios países, todas pertenecientes al mismo inventor. De esa cantidad, 9 han sido concedidas hasta la fecha de estudio (2019).

### **3.2 Fase experimental.**

Los componentes que se utilizan usualmente en la producción de BMN son: melaza como fuente de energía rápidamente asimilable, es una miel pura y espesa que permite diluir la urea (30 a 45 %). Este ingrediente también es el que permite el consumo voluntario por parte de los animales, ya que, al ser de un sabor agradable, mejora la palatabilidad y por ende aumenta la ingesta. La urea en el BMN, es una fuente de nitrógeno no proteico (NNP) que al ser consumido por el ganado se



convierte en proteína microbiana (5 a 20 %) por acción de los microorganismos del rumen. Como fuente de solidificación se usa principalmente cal y cemento [7]

Se inició la suplementación con un (01) BMN de 5 kilos cada uno catalogados por letras (Bloque A, B y C), ofrecido para cada grupo de bovinos. Se tomó el consumo total del BMN ofrecido durante el tiempo de estudio como parámetro de aceptación o rechazo por el animal. Se demuestra que en el caso del grupo de las hembras y machos (Grupo N° 1 y Grupo N° 3 respectivamente; Figura 2), se logró buena receptividad debido a que el consumo de los bloques B y C se dio en menos tiempo, entre 7 y 10 días, lográndose el objetivo de aceptación por la población de estudio.

En el Grupo N° 2, el consumo fue pausado posiblemente porque estos animales son los más jóvenes y su sistema gástrico no está completamente desarrollado. Aunque en el periodo de estudio no consumieron por completo el último BMN de la suplementación (Bloque C), se considera una buena aceptación teniendo en cuenta el promedio de días suplementados establecidos, siendo la diferencia de peso para este último de 2 kg (Figura 2).

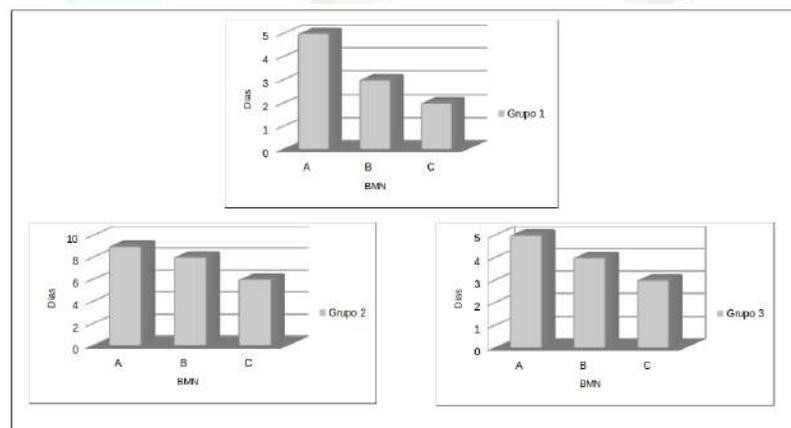
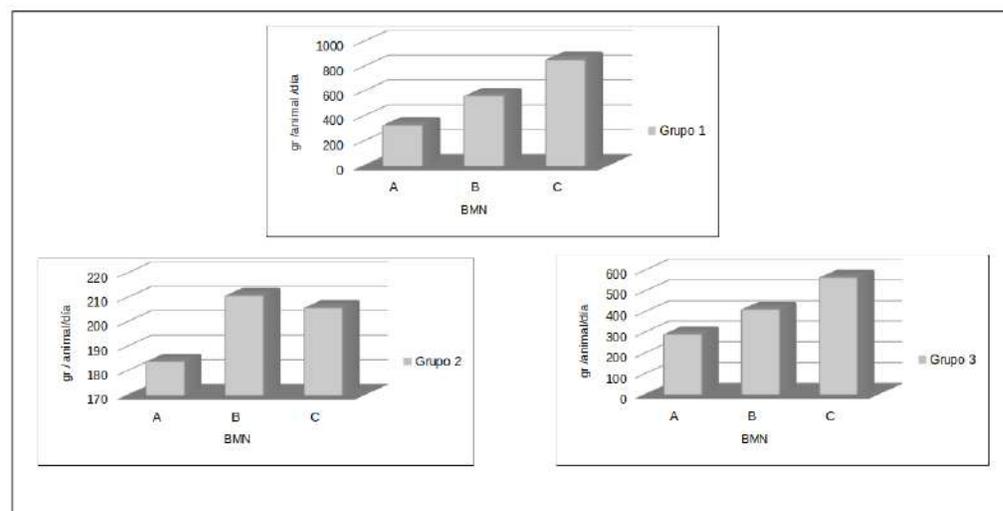


Figura 2. Representación gráfica de consumo de BMN por días

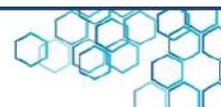
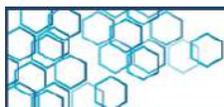


La urea como ingrediente añadido a la formulación en cuanto al nitrógeno no proteico [8], estimuló el consumo voluntario de forraje, y por ende, mejora la flora microbiana del rumen, esencial para sus procesos metabólicos. La razón por la cual hubo mayor consumo del BMN en un grupo más que en otro se infiere que es debido a la edad.

El consumo promedio de BMN fue elevado para el Grupo N° 1, siendo el máximo de aprox. 600 g (Figura 3), y el mínimo de 200 g. para el Grupo N° 2. Dependiendo de las necesidades nutricionales del animal, la palatabilidad y consistencia, el consumo promedio de un BMN puede oscilar entre 400 - 600 g/animal [9], observando también otros casos donde se registren consumos bajos (200 g/animal) dependiendo de las condiciones ambientales y particulares de la unidad experimental [10]. Teniendo en cuenta lo anterior y para fines de este estudio piloto, las unidades experimentales se encuentran en el rango de aceptación del BMN.



**Figura 3.** Representación gráfica de consumo de gr BMN/animal/día



El aumento de peso en los ejemplares fue el indicador más sobresaliente en el estudio de la incidencia del consumo del BMN por parte de los animales estudiados. Los animales fueron pesados al inicio y al final del experimento, obteniendo aumento de peso en el rango de 10 a 50 kilos, como se puede visualizar en la Tabla 3. Los animales alimentados con pasto y heno normalmente reciben bajos niveles de energía metabolizable (grasa) en la dieta. Como consecuencia, los animales tienen que metabolizar masa muscular para proporcionar suficiente energía para sobrevivir. Por lo tanto, durante los periodos de alimentación con hierba y heno, no hay un aumento de peso significativo. Al proporcionar productos de BMN, que contienen energía metabolizable, se logra que pocos o ningún músculo se transforme para obtener energía, contribuyendo a la tasa de crecimiento del ganado.

**Tabla 3.** Pesos iniciales y finales de las unidades experimentales

<b>Nº Unidad Experimental</b>	<b>Peso Inicial (Kg.)</b>	<b>Peso Final (Kg.)</b>	<b>Diferencia (Kg.)</b>
1	188	194	6
2	196	208	12
3	154	166	12
4	146	158	12
5	176	192	16
6	192	212	20
7	232	248	16
8	210	266	56
9	210	220	10



Como parámetro de control y comparación del efecto de la suplementación en los bovinos se realizaron análisis nutricionales al BMN y al forraje consumido por las unidades experimentales en el tiempo de estudio, compuesto de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y king grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*), cuyos valores se muestran en la Tabla 4.

De acuerdo a la norma COVENIN 1883: Alimentos para bovinos [11] en la categoría de animales en crecimiento, se evidencia que, para el caso del forraje, exceptuando la humedad en ambos casos, los valores están por debajo del límite inferior. A pesar de que el estudio se realizó en época de lluvias, el pasto no contaba con el mínimo requerido, por lo que estos resultados, proporcionan información para una correcta suplementación no solo en estos casos donde el pasto es de baja calidad, sino en periodos críticos donde el suelo presenta fatiga por determinadas causas, una de ellas por sequías.

**Tabla 4.** Análisis nutricional a BMN vs Forraje consumido en tiempo de estudio. NVC: Norma Venezolana Covenin 1883

Parámetro	BMN	Forraje	NVC
Humedad %	24,53	72,2	12,5
Cenizas %	26,53	3,3	-
Grasas %	5,74	0,64	2
Proteína %	32,81	7,1	12
Fibra Cruda %	10,65	8,6	13
Ca mg/100 g	650,20	185,45	1,2 % máx



Los datos presentados en la tabla 4 muestran que el BMN formulado provee una mejor oferta nutricional con respecto al forraje consumido, incluso en temporada de lluvias, afianzando la línea de investigación para futuras formulaciones y próximos estudios.

#### 4. Conclusiones

Para un periodo de 10 años, se encontraron 1.552 documentos científicos que respaldan los estudios orientados a la suplementación de bovinos (y otras especies), con piensos o bloques multinutricionales. En el caso de patentes se recuperaron 51 documentos de invención, cuyo aplicante ha estado trabajando con el residuo industrial en la formulación de piensos para animales desde aproximadamente el 2011 y patentando su invención en varios países hasta la fecha.

El estudio piloto de suplementación llevado a cabo a una población experimental de 9 mautes se efectuó con 100 % de aceptación en un periodo de 26 días, con un promedio de 13 kilos de aumento en la mayoría de los bovinos. El BMN obedece en sus valores nutricionales al cumplimiento de los estándares de acuerdo a la norma venezolana COVENIN 1883.

El uso del bloque multinutricional ofrecido como suplemento alimenticio, permitió el uso de materias primas locales para mejorar el consumo de forraje y productividad del animal, lo que representa una alternativa para las épocas de sequía, las cuales pueden durar aproximadamente 6 meses en Venezuela debido a su ubicación geográfica y afectación al pasto.

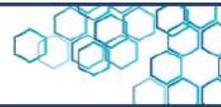


## 5. Agradecimientos

Al personal presente en campo: fueron de gran ayuda por su activa e importante participación: *Sebastián Cestari, Jorman José Hernández, Francisco Rodríguez, Leonardo Betancourt, Gabriela Pérez, José Izaquirre y Nilia Fuenmayor.*

## 6. Referencias

- [1]. Morillo D. Efectos de la época seca sobre la producción forrajera y bovina. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia [Internet]. 1994;11(2). <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/25979>.
- [2]. Organización para las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Card es [Internet]. FAODocuments. 1995. <https://www.fao.org/documents/card/es?details=8bc8ba81-43c3-5486-9348-8d5956169da1>
- [3]. Roa Y. 5 propiedades alimenticias de las dietas para ganado bovino de engorda [Internet]. CONtexto Ganadero. 2018. <https://www.contextoganadero.com/blog/5-propiedades-alimenticias-de-las-dietas-para-ganado-bovino-de-engorda>
- [4]. Kawas J. Producción y Utilización de Bloques Multinutrientes como Complemento de Forrajes de Baja Calidad para Caprinos y Ovinos: La Experiencia en Regiones Semiáridas. Tecnol Cien Agropec (Brazil). 2008 Jan 1;2.
- [5]. Garmendia J. Uso de bloques multinutricionales en la ganadería a pastoreo de forrajes de pobre calidad. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia. 1994;11(2). <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/25984>



- [6]. Bustamante G J. Estrategias de alimentación para la ganadería Brahman en Nayarit. 2006.
- [7]. Espinoza A J, Azofeita M M. DSpace [Internet]. bdigital.zamorano.edu. 2014. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3461>
- [8]. Birbe B, Herrera P, Barazarte R, Colmenares O, Hernandez M, Martinez N. Bloques multinutricionales con urea fosfato. Evaluación física Multinutritional Blocks With Urea Phosphate. 2. Physical Evaluation. Revista Saber - ULA. 2001. <http://www.saber.ula.ve/revistaunellez/pdfs/12-17.pdf>
- [9]. Chacón B, Taylhardat E, Garmendia J, Mata D. Aspectos Físicos de importancia en la fabricación y utilización de bloques multinutricionales. In Cardozo, A. y Birbe, B., eds. I Conferencia Internacional Bloques Multinutricionales Universidad Ezequiel Zamora, Guanare. 1994.
- [10]. G Pirela, MR, Omar A. Alimentación Estratégica con Bloques Multinutricionales.II. Suplementación de Mautas a Pastoreo. Revista Científica, FCV - LUZ. 1996;6(2):95-8.
- [11]. Normas Venezolana COVENIN. Alimentos para Bovinos. 1883.

Artículo de Investigación

## Generalidades y oportunidades de desarrollo en el proceso de producción de alimento concentrado para caballos.

F. Rodríguez<sup>1\*</sup> , N. Fuenmayor<sup>1</sup> , H. Rodríguez<sup>1</sup> , M. Henríquez<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación, Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.



**Recibido:** 16 de junio del 2023

**Aceptado:** 18 de septiembre del 2023

**Publicado:** 8 de enero del 2023

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

**DOI:** 10.5281/zenodo.10679296

**\*Autor para correspondencia:**

Francisco Rodríguez.

**e-mail:** [frmirotr14@gmail.com](mailto:frmirotr14@gmail.com)

### Resumen

La industria equina genera gran impacto económico en el mundo. Frente a una creciente demanda, se presentan retos para la industria de alimento animal que contemplan el uso eficiente de recursos, economía circular y disminución del impacto ambiental, mejorando el valor nutricional y la absorción de nutrientes. Este escenario presenta oportunidades para innovar con desarrollo de nuevos productos. El análisis llevado a cabo permitió identificar que en el período desde 1976 a 2001, el 14 % de las invenciones internacionales, se refieren a alimento reforzado con minerales, un 9 % clasifica como alimento animal de origen vegetal, 9 % alimento animal proveniente de desechos de origen vegetal, 5 % alimentos con aditivos de alto contenido en grasa y 22 % de la categoría “otros”. Uno de los métodos de procesamiento más ventajosos de alimento para caballos es la extrusión, la cual permite mayor aprovechamiento de nutrientes y mayor inocuidad. En el marco de puntos críticos de control se encontró que la literatura identifica a la salmonella, esporas fungales, monensino de sodio, micotoxinas y morfina como fuentes de riesgo que afectan la calidad del producto y en el artículo, se identifican las acciones más básicas para controlar, mitigar y prevenir los mismos.

**Palabras clave:** Alimentos, caballo, desarrollo, innovación, productos.

Research article

## Generalities and development opportunities in the production process of concentrated horse feed.

F. Rodríguez<sup>1\*</sup>, N. Fuenmayor<sup>1</sup>, H. Rodríguez<sup>1</sup>, M. Henríquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación, Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.

### Abstract

The equine industry generates great economic impact in the world. Faced with growing demand, challenges arise for the animal feed industry that contemplate the efficient use of resources, circular economy and reduction of environmental impact, improving nutritional value and nutrient absorption. This scenario presents opportunities to innovate with new product development. The analysis carried out allowed us to identify that in the period from 1976 to 2001, 14 % of international inventions refer to food reinforced with minerals, 9 % classified as animal food of plant origin, 9 % animal food from animal waste. plant origin, 5 % foods with high-fat additives and 22 % from the “other” category. One of the most advantageous processing methods for horse feed is extrusion, which allows greater use of nutrients and greater safety. Within the framework of critical control points, it was found that the literature identifies salmonella, fungal spores, sodium monersine, mycotoxins and morphine as sources of risk that affect product quality and in the article, the most basic actions are identified to control, mitigate and prevent them.

**Key words:** Feed, horse, development, innovation, product.



**Received:** June 16, 2023

**Accepted:** September 4, 2022.

**Published:** January 8, 2023

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

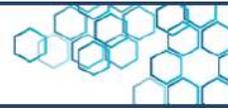
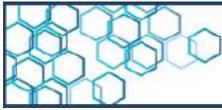
**DOI:**

10.5281/zenodo.10679296

**\*Corresponding author:**

Francisco Rodríguez.

**e-mail:** [frmirotr14@gmail.com](mailto:frmirotr14@gmail.com)



## 1. Introducción

La formulación de alimento y sus tecnologías de producción están en auge debido a la creciente demanda de alimento de origen animal, el uso de componentes que minimicen el impacto ambiental, así como, el mejoramiento de la eficiencia en la elaboración del mismo [1].

Comparado con el año 2000, se cree que para el 2050 ocurra un incremento en la demanda de alimento de origen animal en un 70 % debido a la urbanización y crecimiento poblacional. Del mismo modo, se espera que la demanda de alimento animal llegue a 1.500 Mton para el 2050. En este sentido, existen oportunidades económicas al desarrollar e innovar en áreas relacionadas a las tecnologías de producción de alimento animal y desarrollo de dietas avanzadas para satisfacer las necesidades mencionadas, de las cuales se prevé un incremento en el futuro, al igual que los precios de estos alimentos [2].

En la fabricación y manufactura de alimento animal se procesan mezclas de ingredientes para mejorar la disponibilidad de nutrientes y darle forma física que cumpla con los requerimientos nutricionales de animales para desempeño óptimo, lo cual depende de los parámetros y equipos empleados para el proceso. Adicional a esto, se plantea como objetivo obtener beneficios económicos.

Dentro de las etapas de procesos comunes en la elaboración industrial de alimento animal, aquellas de mayor impacto son la molienda, el acondicionamiento de mezcla, peletizaje, extrusión, enfriado y secado.

Los cambios físicos, químicos y nutricionales más estudiados y documentados han sido sobre la extrusión, peletizaje y acondicionamiento. Este último, generalmente, abarca la adición de

vapor y agua a la mezcla para hidratar, calentar y cocinar parcialmente sus ingredientes. El peletizaje convierte los ingredientes a gránulos y conglomerados, usando un agente aglomerante por medio de esfuerzo mecánico de la mezcla a través de un troquel, mientras que en la extrusión los ingredientes son humedecidos, plastificados y cocinados por acción de la humedad, presión, temperatura y corte, resultando en cambios de sus condiciones de procesamiento más pronunciados en comparación al proceso de peletizaje [3, 4].

El presente artículo se enfoca en alimento para caballos (*Equus Ferus Caballus*) a nivel nacional y algunos aspectos a nivel internacional. De igual manera, tiene como finalidad presentar aspectos generales sobre el diseño y desarrollo de un alimento para caballos y los procesos de fabricación asociados. El tema se encuentra dentro del marco de las normas COVENIN y las recomendaciones para la nutrición equina como lo reporta la National Research Council (NRC).

## 2. Metodología

Se realizó un levantamiento bibliográfico sobre procedimientos de desarrollo de nuevos productos y nutrición equina empleando la plataforma Sciencedirect.

Los factores de vigilancia fueron identificados junto con las palabras claves: alimento energético concentrado para caballos de carrera en forma sólida (contemplando: pellet, gránulos, alimento extruido, peletizado o texturizado), para identificar las formas, tecnologías y materiales comúnmente empleados en el área. Estas palabras claves

fueron empleadas en la plataforma Patentinspiration según los siguientes filtros reflejados en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Estrategia de búsqueda y número de resultados

Ecuación	Filtros	Número de resultados
(Horse OR equine) AND ("horse feed")	A23K, sin fecha, título abstract claims, y 1 patente por familia	74 resultados

Los resultados fueron analizados mediante la distribución de códigos para los mismos y clasificaciones propias de las patentes al realizar su lectura.

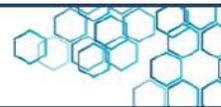
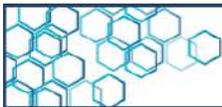
Finalmente, se identificaron las normativas venezolanas para fabricación de alimento para caballos y aspectos más importantes de los puntos críticos de control, las cuales se presentan en este artículo.

### 3. Discusión de resultados

#### Desarrollo del proceso de diseño de producto alimenticio.

El proceso de desarrollo de un producto alimenticio consta de las siguientes fases [5, 6]:

1. Generación de ideas.
2. Estudio de consumidor y segmentación del mercado.



3. Estudiar el entorno y proponer ideas para resolver.
4. Plan de proyecto y estrategia de desarrollo.
5. Identificación de oportunidades.
6. Identificar tendencias, nichos de mercado, empresas líderes.
7. Estudiar e interpretar necesidades del consumidor.
8. Generación de conceptos de diseño.
9. Descripción textual o ficha de posible producto.
10. Perfil del producto (método de procesamiento, ingredientes, normativa).
11. Análisis de productos competitivos.
12. Identificar y evaluar beneficios, ventajas, desventajas de los productos.
13. Diseño de un producto superior.
14. Elección de productos a desarrollar.
15. Análisis competitivo y comparativo de productos, costos y tiempo asociados al desarrollo y costo unitario.
16. Especificación de límites y restricciones del diseño.
17. Especificaciones de diseño, límites de ingredientes, normativa asociada.
18. Descripción detallada de formulación del producto.
19. Costo unitario + costo de desarrollo + mercado destino + tiempo de desarrollo + misión y visión de empresa.
20. Elaboración física del producto.
21. Optimización por medio de diseño de experimentos.
22. Evaluación y puesta a prueba del producto.
23. Pruebas de estabilidad y vida útil del producto.
24. Evaluar desempeño del producto.
25. Escalamiento y comercialización.
26. Lotes de prueba. Pruebas de mercado a pequeña escala.
27. Comercialización y plan de mercadeo.

28. Registro CPE – INSAI – SAPI.

### **Evaluación de métodos de procesamiento comunes e inteligencia tecnológica.**

Durante el período 1976-2021 se obtuvieron 29 patentes que representan invenciones en la formulación o método para elaborar alimento concentrado (energético) para caballos. Además, se encontró una lista de todos los códigos IPC (códigos de patente internacional) asociados. Del resultado de la incidencia de dichos códigos se observan aquellos de mayor frecuencia y repercusión en el siguiente orden:

Alimento reforzado o suplementado con minerales, esteroides o antibióticos (14 %) (A23K10/16).

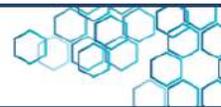
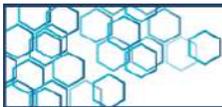
Alimento animal de origen vegetal (9 %) (A23K10/30).

Alimento animal proveniente de desechos de origen vegetal (9 %) (A23K10/37).

Alimentos con aditivos de alto contenido en grasa (5 %) (A23K20/158).

Por otro lado, el 22 % especificado como “otros” está compuesto de los siguientes códigos:

Incidencia del 45 % del código A61K, correspondiente a preparaciones de uso medicinal en el área de la medicina veterinaria que contemplan: moléculas orgánicas como el retinol, tiamina y el tocoferol (A61K31/00), aquellas preparaciones de carácter inorgánico (A61K33/00) que contienen azufre, selenio, telurio, zinc, fósforo, aluminio y cobre.



Incidencia del 5 % de modificación de calidad nutritiva por adición de aminoácidos (A23L33/17) y 5 % por adición de vitaminas (A23L33/15).

Adicionalmente, se emplearon palabras claves como “horse feed” y “product” en la plataforma Google de las cuales luego de analizar se obtuvo que la mayor proporción es alimento texturizado o multipartícula 47,0 %, seguido del extruido 26,5 %, peletizado 17,5 % y otros 8,8 %.

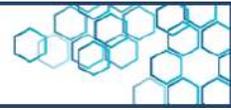
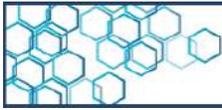
Al comparar los métodos de procesamiento comunes para alimento para caballos, como el peletizado y la extrusión, algunos de los factores que pueden compararse son: la inocuidad, la flexibilidad en la formulación, la digestibilidad, parámetros del proceso y el costo.

En cuanto a la inocuidad, la extrusión tiene mayor capacidad de reducir factores antinutricionales, salmonella y aflatoxinas, mientras que el peletizado tiene menor capacidad, ya que se procesa a menor temperatura [7, 8].

Las mezclas procesadas por extrusión pueden incorporar hasta 20 % en masa de grasa y el aglutinante es opcional, otorgando mayor flexibilidad al proceso, mientras que el peletizado admite hasta 5 % en masa de grasa en la formulación y requiere de aglutinante [7].

En cuanto a la absorción de nutrientes el alimento extruido posee generalmente mayor digestibilidad como producto de desnaturalización de proteínas y gelatinización del almidón, lo cual ocasiona una mayor absorción de nutrientes [8 - 12].

Los parámetros del proceso son más severos en la extrusión (hasta 25 % de humedad y más de 200 °C), mientras que en el peletizado es menor (70-80) °C [7], aunado a ello, otras de las consecuencias nutricionales



para caballos según el método de procesamiento para el alimento extruido, se encuentran el mantenimiento del peso y fácil alimentación en caballos de edad avanzada [13].

### **Composición y valores nutricionales del producto**

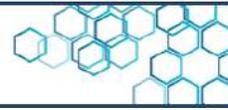
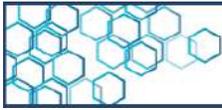
Los valores nutricionales permitidos se encuentran tabulados según la norma COVENIN 1884- 2021, la cual establece un 12 % de humedad máxima, 12 % mínimo de proteína, 12 % máximo de fibra, 3 % grasa cruda mínimo, 10 % máximo de cenizas, (0,6 - 1,2) % de Ca y 0,4 % de P mínimo.

En el caso de caballos de ejercicio intenso (caballos atletas), la normativa mencionada establece los valores nutricionales para alimento concentrado de 12 % de humedad máxima, 15 % mínimo de proteína, 8 % máximo de fibra, grasa cruda mínimo 4 %, 8 % máximo de cenizas, (0,8 - 1,0) % de Ca y 0,6 % de P mínimo.

Adicionalmente, según la National Research Council (NRC) y los productos de alimento energético para caballos atletas, se encontraron valores de energía digestible ED Kcal/kg entre 2,7-3,8, 12 % mínimo de proteína, entre (4-17) % de fibra cruda, grasa cruda mínimo de 4 % y entre (0,8 - 1,2) % Ca.

Empleando estos límites y los de la normativa COVENIN 1884-2021, se puede utilizar el método de combinaciones lineales para formular a mínimo costo, evaluando el aporte nutricional de macro y micronutrientes [8].

En función de la revisión de patentes y productos comerciales internacionales, entre los ingredientes comúnmente empleados como

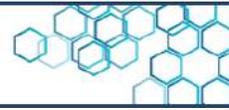
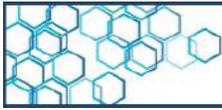


fuelle energética se encuentran: los cereales y las oleaginosas, como la soya, la avena, la cebada, el centeno, el trigo, el maíz y el arroz. Como fuente proteica se encontró que se emplean granos secos de destilería, proteína de soya, torta de semillas como el maíz, girasol, algodón, colza, linaza, maní, guisantes, frijoles, harina de alfalfa, entre otros. En menor incidencia, fuentes proteicas como la harina de pescado. Como fuente de fibra, se encontró evidencia del uso de afrechos y cascarillas de los granos, cereales y semillas mencionados. Las grasas empleadas en formulaciones son de origen vegetal. Otros aditivos empleados varían en función del estado fisiológico del caballo, edad y tipo de alimento, utilizándose como fuente de micronutrientes (vitaminas y minerales); con frecuencia se emplea el cloruro de sodio, fosfatos de calcio, premezclas vitamínicas y minerales, entre otros. El uso de la melaza también es importante como fuente de energía y saborizante.

### **Parámetros del proceso de elaboración del alimento**

El proceso de extrusión por cocción es preferido al poseer las ventajas mencionadas en las secciones anteriores. Se define un parámetro independiente del proceso como aquel que el operador del extrusor puede controlar, mientras que los parámetros del sistema son aquellas condiciones como resultado de los parámetros independientes [14 - 16]:

Entre los parámetros independientes más comunes están la formulación, la humedad en el barril, la configuración del tornillo extrusor, la velocidad del tornillo extrusor, la temperatura en el barril, la dimensión del troquel y la velocidad del cortador del troquel. Los parámetros de sistema en procesos de este tipo son comúnmente el



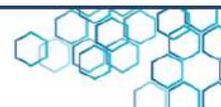
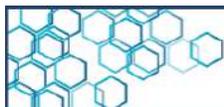
torque, la viscosidad de la mezcla fundida, la energía mecánica específica, el tiempo de residencia en el barril y la contrapresión del troquel.

Como resultado se obtienen las propiedades del producto, las cuales dependen de los parámetros del sistema. Comúnmente, estas variables pueden ser de carácter físico, nutricional o sensorial. Los atributos del producto, considerados parámetros de salida del proceso más comunes para alimento extruido, son el índice de expansión, densidad, estructura, tamaño, digestibilidad y textura.

### **Puntos críticos de control del proceso**

Según la norma COVENIN 3802 – 2002 esta metodología asegura la calidad de forma sistemática, aporta información sobre la severidad de la amenaza y los factores que la favorecen. El punto crítico de control puede ser un procedimiento, práctica o proceso para prevenir contaminación, sobrevivencia o crecimiento de microorganismos (o patógenos) o introducción de sustancias no deseadas al alimento. Es necesario elaborar un plan para mitigar dichas amenazas y las acciones correctivas, en caso de que un resultado esté fuera de las especificaciones. [17]

Desde el punto de vista de la tecnología de alimentos, además de cumplir con las buenas prácticas de manufactura, se presentan fuentes comunes de riesgos en la elaboración de alimento para caballos. En la Tabla 2 se resumen las actividades generales y acciones en la fabricación de alimento para caballos en el marco de HACCP.



**Tabla 2.** Acciones y resultados en el marco del HACCP para fabricación de alimento para caballos

Acción	Resultado
Evaluación de materia prima	Se verifica el proveedor y que no haya
Verificación del proveedor	habido sustancias prohibidas en los últimos
Evaluación visual	tres lotes recibidos
Evaluación nutricional	Muestras para evaluación visual
Plagas en almacén	Análisis nutricional
Trampas de plagas	Monitoreo de plagas
Evaluación de producto terminado	Análisis de color, tamaño y bromatología
Evaluación visual	del alimento
Evaluación nutricional	Análisis de sustancias según normativa
Chequeo de sustancias indeseables	local
	Análisis para evaluar sustancias prohibidas
	como micotoxinas y aflatoxinas

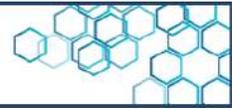
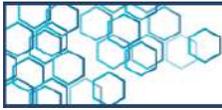
En el proceso de fabricación de alimento para caballos existen riesgos comunes, asociados a la calidad del producto, que afectan su inocuidad. A continuación, se presentan los riesgos más comunes y sus acciones más básicas para controlar, mitigar y prevenirlos [18]:

### Esporas fungales

Fuente: forraje seco al aire

Control: monitoreo de cosecha y condiciones de almacenamiento. Análisis y pruebas cuando condiciones presenten un riesgo elevado, rechazar materia prima húmeda.

Prevención: uso de preservantes en la formulación.



### **Salmonella**

Fuente: materia proteica de origen animal (predominantemente) o vegetal. Plagas que llevan salmonella.

Control: seleccionar proveedores que tengan sistemas de control de salmonella

Mitigación: cocción, acidificación y uso de preservantes.

Prevención: empleo de preservantes, acidificadores e implementar prácticas para reducir contaminación cruzada.

### **Monersino de sodio**

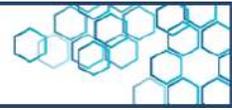
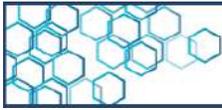
Fuente: premezclas vitamínicas contaminadas.

Control: seleccionar proveedores con sistemas de control y líneas no medicadas, que no usen monersino.

### **Micotoxinas**

Fuente: cereales, subproductos del procesamiento de cereales.

Control: realizar análisis fisicoquímico y microbiológico cuando condiciones indiquen riesgo, rechazar materia húmeda (15 %) y niveles fuera de especificación.



Mitigación: reformulación de las dietas para menor cantidad de materiales riesgosos.

Prevención: secado rápido y almacenamiento seco de cereales para evitar crecimiento de toxinas.

### **Morfina**

Fuente: contaminación cruzada con morfina.

Control: evitar comprar de proveedores que utilicen sustancias prohibidas

Prevención: minimizar contaminación cruzadas en la cadena de distribución.

### **Efectos de los métodos de conservación sobre el contenido nutricional y sensorial del alimento**

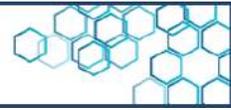
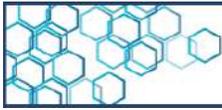
La extrusión es un método en el cual las variables del proceso de manufactura afectan las propiedades organolépticas relacionadas con: palatabilidad, digestibilidad de proteínas y almidón, además, de la apariencia del producto.

El método de conservación, incluyendo su empaque y condiciones de almacenamiento, influyen en el producto. Esto ha sido comprobado ampliamente en la literatura para alimento extruido en ensayos de estabilidad natural y acelerada.

La estabilidad de extruidos coloreados con antocianina fue estudiada, luego de 45 días a  $(30 \pm 2)$  °C, en empaques de polietileno de baja densidad o polietileno metalizado. La retención del color fue evaluada en los mismos empaques por 28 días, bajo intensidad de 500 lux. La adición de 1 % de ácido cítrico incrementó la retención de antocianina por 20,34 %, por el contrario, el bicarbonato de sodio disminuyó la retención de antocianina en 50,53 %. El polietileno metalizado presentó mejor estabilidad en las muestras en el período estudiado [19].

En un estudio de estabilidad se evaluaron las propiedades de los extruidos de harina de maíz con harina de castaña de agua como: dureza, actividad del agua, contenido de humedad, ácidos grasos libres, conteo total en placa y aceptabilidad general cada 60 días. Las condiciones de almacenamiento usadas fueron: 25 °C por 120 días, usando empaques de polietileno de baja densidad o empaques laminados con aluminio. Los resultados indicaron que durante ese período las muestras mantuvieron gran parte de sus atributos de calidad. Asimismo, las muestras ganaron humedad en ambos casos y la actividad de agua aumentó desde 0,25 hasta 0,43 y 0,36, para muestras en empaque laminado con aluminio y polietileno de baja densidad, respectivamente. Por otro lado, la humedad aumentó de 0,15 % a 0,27 % y 0,24 %, del mismo modo, el conteo bacteriano en placas fue bajo ( $< 25$  colonias/placa) [20].

En un estudio de estabilidad de 34 días a 40 °C, se analizaron los productos de degradación (como el hexanal) y secciones de la estructura del extruido. Además, se determinó que la matriz protege el contenido interior del extruido del aire y la humedad [21].



## **Comercialización**

### **Tamaño de mercado**

En Venezuela se estima que hay en total 527.734 caballos [22], de los cuales 1.595 son caballos de carrera, 1.100 son cuarto de milla y 500 de adiestramiento, salto y otras disciplinas [23].

### **Canales de distribución**

Para los caballos atletas, normalmente, a través de los potreros o hipódromos, realizan la compra a distribuidoras, agrotiendas o directamente con las empresas, para ser almacenados en mencionados espacios.

Para los caballos de trabajo o de las fincas, generalmente se compran a través de agrotiendas o distribuidoras.

Como es común en Venezuela, la distribución se realiza por transporte terrestre (en camiones o gandolas) al consumidor, ya sea en transporte, como mercancía seca cerrada o con lona encerada que protege la carga.

### **Registros y permisología**

Instituto de Salud Agrícola Integral INSAI: el producto debe registrarse frente a este ente para poder comercializarse.

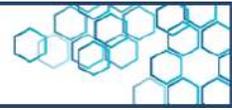
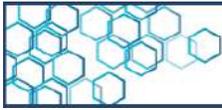
Control de productos envasados CPE: código emitido por SENCAMER para la obtención de código único de barra de producto.

Servicio autónomo de propiedad Intelectual SAPI: para protección de marcas y patentes a nivel nacional.

## Perspectivas

La ganadería equina tiene múltiples usos en el sistema agroindustrial, ya que se emplean como caballos de trabajo, así como también, asisten a la ganadería. La cría de caballos constituye un mercado tanto de animales vivos o para sus despojos o carne, aportando avances a las ciencias veterinarias, asimismo, los animales pueden comercializarse, exportarse y, finalmente, se emplean como caballos de competencia y deporte, para los cuales existe un mercado que genera ingresos y empleo a nivel internacional [24 - 26]. De esta industria que generó, aproximadamente, 300 billones para el año 2019, los mayores contribuyentes fueron EE UU, Europa, Reino Unido, Canadá y Australia [27].

Por otra parte, respecto al alimento para animales, desde el año 2002 hasta el 2019, ha habido un declive general en las exportaciones en forma de harina, pellets o preparaciones de alimento animal en Venezuela. En la actualidad, las importaciones son mayores que las exportaciones para alimento animal en la presentación mencionada. Del mismo modo, los países importadores principales son: Ecuador, Perú, Brasil, EEUU, Países Bajos, España y China. También, desde el 2012, se puede evidenciar una disminución importante en las importaciones y exportaciones de alimento animal desde y hacia Venezuela [23, 28, 29].



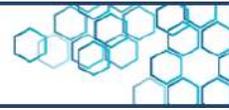
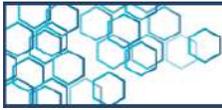
En las próximas décadas, se prevé un aumento en la demanda de alimento para animales, lo cual presenta oportunidades para innovar y desarrollar productos en este mercado.

A nivel nacional, existe baja oferta de alimento balanceado para animales. Además, las materias primas dependen fuertemente de importaciones de elementos básicos y aditivos. Especialmente en el mercado de caballos atletas, existen fuertes deficiencias en la oferta de alimentos, en un contexto de crecimiento de población de equinos en Venezuela. Esta deficiencia pudiese ser satisfecha desarrollando productos que empleen materia prima de origen nacional.

En Venezuela, entre los principales rubros agrícolas se encuentran: el maíz, arroz, subproductos de la caña de azúcar y frutas tropicales, con los cuales se puede formular y elaborar alimento para caballos. También, existen materias primas de cultivo nacional, de origen vegetal, que poseen potencial para su empleo como ingrediente no convencional, ya que han demostrado ser útiles en la alimentación para humanos, animales monogástricos y rumiantes. Por ejemplo, el *amaranthus*, el *prosopis juliflora*, la cascara de plátano (*musa*), el algarrobo (*ceratonia siliqua*), leguminosas forrajeras, como la *leucaena leucocephala*, *gliciridia sepium*, *morus alba* y otras, como la *Moringa oleifera*.

#### 4. Conclusiones

El proceso de desarrollo de nuevos productos parte de la creación de ideas, pasa por la generación de conceptos, desarrollo de



especificaciones, elaboración de prototipos y su puesta a prueba para la comercialización.

Entre los conceptos de alimentos energéticos comerciales más populares se encuentran, el alimento multipartícula (tipo musli), luego, el extruido y, finalmente, el peletizado.

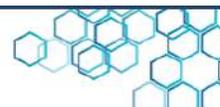
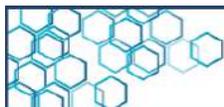
En el campo de productos alimenticios para caballos es un área que ha presentado interés, lo cual se refleja por el aumento en número de patentes en las últimas décadas. Estas invenciones se caracterizan por emplear materia prima de origen vegetal reforzada con minerales y otros aditivos.

Empleando la normativa COVENIN se puede diseñar un alimento acorde con los valores nutricionales permitidos y elaborar un plan para controlar, mitigar y prevenir riesgos asociados a la inocuidad de alimento para caballos.

La industria equina tiene fines dentro de la ganadería y deportes, además, genera ingresos en el orden de los billones internacionalmente. En Venezuela, existe una industria de caballos que demanda alimentos, siendo la gran mayoría dependiente de las importaciones. Este panorama presenta oportunidades para innovar y desarrollar nuevos productos alimenticios para esta especie.

## 5. Referencias

[1] Babinszky L, Verstegen MWA, Hendriks WH. 1: Challenges in the 21st century in pig and poultry nutrition and the future of animal nutrition.



En: Poultry and pig nutrition. The Netherlands: Brill | Wageningen Academic; 2019. p. 17-37.

[2] Van der Poel AFB, Abdollahi MR, Cheng H, Colovic R, den Hartog LA, Miladinovic D, et al. Future directions of animal feed technology research to meet the challenges of a changing world. Anim Feed Sci Technol [Internet]. 2020;270(114692):114692. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114692>

[3] Riaz MN, Rokey GJ. Single screw extruders in food and feed extrusion: common problems and their solutions. En: Extrusion Problems Solved. Elsevier; 2012. p. 79-93.

[4] Rojas OJ, Vinyeta E, Stein HH. Effects of Pelleting, Extrusion, or Extrusion and Pelleting on Energy and Nutrient Digestibility in Diets Containing Different Levels of Fiber and Fed to Growing Pigs. Journal of Animal Science, 94(5), 1951 - 1960, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0137>

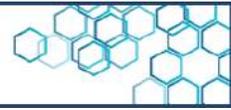
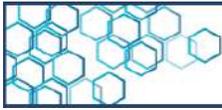
[5] Earle M, Earle R. Food Product Development (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition) (1st ed.). Woodhead Publishing. 2001.

[6] Moskowitz HR, Saguy SI, Straus T. An Integrated Approach to New Food Product Development (1ra ed.). CRC Press. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420065558>

[7] Rokey G, Plattner B. Extrusion and Other Agglomeration Technologies. Feed Pelleting Reference Guide. Kansas State University. [https://www.feedstrategy.com/wp-content/uploads/2019/09/1-2\\_extrusion.pdf](https://www.feedstrategy.com/wp-content/uploads/2019/09/1-2_extrusion.pdf)

[8] Studies DOEAL, Resources BOAAN, Horses CONRO, editores. Nutrient Requirements of Horses: Sixth. National Academies Press. 2007.

[9] Kronfeld D, Harris P. Equine Grain Associated Disorders. Compendium Continuing Education for Veterinarians, 25(12), 974-83, 2003.



[10] Breuer LH. Selecting and Utilizing Manufactures Feeds in Current Therapy in Equine Medicine. Londres. Robinson, 1997. p. 675-680.

[11] Hintz HF, Jaquay H, Sirois P. Feeds and Feeding in the North-eastern United States. In: Current Therapy in Equine Medicine 4. 1997. p. 680-684.

[12] Hintz HF, Scott J, Soderholm LV, Williams J. Extruded Feeds for Horses. In Proc. 9th Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., East Lansing. 1985. p. 174-176.

[13] Ralston SL, Breuer LH. Field evaluation of a feed formulated for geriatric horses. J Equine Vet Sci. 1996;16(8):334-8. [http://dx.doi.org/10.1016/s0737-0806\(96\)80141-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0737-0806(96)80141-9)

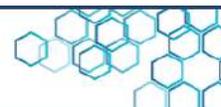
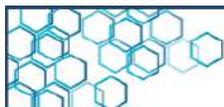
[14] Ganjyal GM, Hanna MA, Jones DD. Modeling selected properties of extruded waxy maize cross-linked starches with neural networks. J Food Sci [Internet]. 2003;68(4):1384-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09654.x>

[15] Ek P, Ganjyal GM. Basics of extrusion processing. Extrusion Cooking. Elsevier; 2020. p. 1-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815360-4.00001-8>

[16] Eerikäinen T, Zhu Y-H, Linko P. Neural networks in extrusion process identification and control. Food Control. 1994;5(2):111-9. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0956-7135\(94\)90096-5](http://dx.doi.org/10.1016/0956-7135(94)90096-5)

[17] COVENIN 3802-2002 Norma Venezolana Directrices Generales para la aplicación del sistema HACCP en el sector alimentario FONDONORMA 2002

[18] Bishop R. Applied Equine Science. Manufacturer's Role in Feed Quality and Safety. 2013. <https://www.veteriankey.com/the-manufactures-role-in-feed-quality-and-safety-a-discussion-on-methods-used-in-feed-manufacturing-processes-to-assure-feed-hygiene-and-safety/>



[19] Durge AV, Sarkar S, Singhal RS. Stability of anthocyanins as pre-extrusion colouring of rice extrudates. *Food Res Int.* 2013;50(2):641-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.017>

[20] Jabeen A, Naik HR, Jan N, Hussain SZ, Shafi F, Amin T. Numerical optimization of process parameters of water chestnut flour incorporated corn-based extrudates: Characterizing physicochemical, nutraceutical, and storage stability of the developed product. *J Food Process Preserv.* 2021;45(7). DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.15569>

[21] Amft J, Bauer JL, Rostek J, Spielvogel S, Schwarz K. Effect of water addition on the microstructure, lipid incorporation, and lipid oxidation of corn extrudates. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2019;121(9):1800433. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ejlt.201800433>

[22] FAOSTAT. Caballos, República Bolivariana de Venezuela, 2002-2020, Producción. FAOSTAT. 2022. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/SCL>.

[23] Study Book de Venezuela, 2022. [www.sunahip.gob.ve](http://www.sunahip.gob.ve)

[24] Winfield JR. What industry requires from the application of research from equine science. *Adv Anim Biosci.* 2010;1(1):351. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/s2040470010004942>

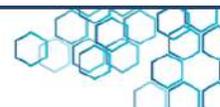
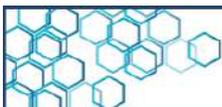
[25] Antczak DF. Significance of the equine genome for the horse industry. En: *Equine Breeding Management and Artificial Insemination.* Elsevier; 2009. p. 295-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-1-4160-5234-0.00027-1>

[26] Squires EL. Integration of future biotechnologies into the equine industry. *Anim Reprod Sci.* 2005;89(1-4):187-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.06.022>

[27] Equine Business Association. Equine Industry Statistics Overview L. Retrieved March 20, 2022. <https://www.equinebusinessassociation.com/equine-industry-statistics/>

[28] Despojos y carne de caballos, República Bolivariana de Venezuela, 2002-2020. Producción, FAOSTAT, 2022.  
<https://www.fao.org/faostat/es/#data/SCL>

[29] B. (n.d.). Where Does Venezuela Import Animal Feed Preparations and Flour or Meal, Pellet, Fish, etc, for Animal Feed from? (2002-2019) OEC. OEC - The Observatory of Economic Complexity.  
<https://oec.world/en/visualize/stacked/hs92/import/ven/show/4230990.4230120/2002.2019/>



Estudio de tendencia

## Control y revalorización del *Eichhornia crassipes*

J. Izaguirre<sup>1</sup> , Y. Guerrero<sup>1</sup> , N. Telleira<sup>1\*</sup> , H. Rodríguez<sup>1</sup> ,  
M. Henríquez<sup>1</sup> .

<sup>1</sup> Gerencia de proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación I+D+i. Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ)

### Resumen

El lirio acuático o Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) es un macro organismo nocivo, que pone en peligro la calidad del recurso hídrico. Debido a su rápida reproducción, cubre la superficie de los cuerpos de agua e impide la penetración de la luz solar en los mismos. Además, al descomponerse crea condiciones anaeróbicas que intensifica la liberación de gases como el metano. No obstante, la planta también es famosa por muchas aplicaciones industriales potenciales. Por ende, para contribuir con la calidad de agua a nivel nacional y con miras al desarrollo sustentable venezolano, se realiza un estudio de tendencia sobre la revalorización y tratamiento de *Eichhornia crassipes* a través de una búsqueda de documentos de patentes para el periodo 2017 - 2021. Se determinó que China es el país predominante con una mayor cantidad de invenciones referente al control y revalorización del Jacinto de agua. Así mismo, la tendencia en cuanto a patentamiento de tratamiento de *Eichhornia crassipes* ha aumentado 40 % en los registros del 2021 con respecto al 2018, mientras que el enfoque sobre la revalorización para la producción de pienso animal y fertilizante han presentado una disminución durante 2017 - 2021.

**Palabras clave:** *Eichhornia crassipes*, Jacinto de agua, revalorización, tendencia.



**Recibido:** 3 de agosto del 2023

**Aceptado:** 10 de noviembre del 2023

**Publicado:** 8 de enero del 2023

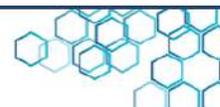
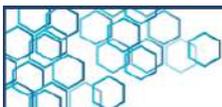
**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

**DOI:** 10.5281/zenodo.10723874

**\*Autor para correspondencia:**

Natasha Tellería

**e-mail:** [ntelleria.cntq@gmail.com](mailto:ntelleria.cntq@gmail.com)



Estudio de tendencia

## Control and enhancement of *Eichhornia crassipes*

José Izaguirre<sup>1</sup> , Yvelit Guerrero<sup>1</sup> , Natasha Telleira<sup>1\*</sup> , Héctor Rodríguez<sup>1</sup> , Magaly Henríquez<sup>1</sup> .

<sup>1</sup> Gerencia de proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación I+D+i. Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ)

### Abstract

The water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is a harmful macro organism that endangers the quality of water resources. Due to its rapid reproduction, it covers the surface of bodies of water and prevents the penetration of sunlight into it. In addition, when it decomposes, it creates anaerobic conditions that intensify the release of gases such as methane. However, the plant is also famous for many potential industrial applications. Therefore, to contribute to the quality of water at the national level and with a view to sustainable development in Venezuela, a trend study is carried out regarding the revaluation and treatment of *Eichhornia crassipes* through a search of patent documents for the period of 2017 - 2021. It was determined that China is the predominant country with the largest number of inventions regarding controlling and revaluating the water hyacinth. Likewise, the trend in terms of patenting regarding the treatment of *Eichhornia crassipes* has increased by 40 % in the registrations of 2021 concerning 2018, while the focus on the revaluation for the production of animal feed and fertilizer has presented a decrease during 2017 - 2021.



**Received:** August 3, 2023

**Accepted:** November 10, 2023

**Published:** January 8, 2023

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

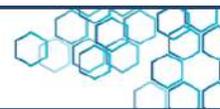
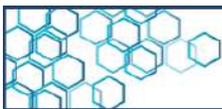
**DOI:** 10.5281/zenodo.10723874

**\*Corresponding author:**

Natasha Tellería.

**e-mail:** [ntelleria.cntq@gmail.com](mailto:ntelleria.cntq@gmail.com)

**Keywords:** *Eichhornia crassipes*, Water Hyacinth, revaluation, trend.



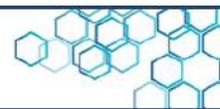
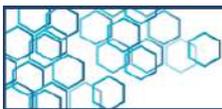
## 1. Introducción

El lirio acuático o Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) es un macroorganismo nocivo, que provoca un fuerte impacto al agua, a la salud humana y al desarrollo económico [1]. El Jacinto de agua crece en cuerpos de agua con abundantes nutrientes y soporta condiciones ambientales extremas con variaciones considerables en temperatura, salinidad y pH, lo que favorece que el organismo invada los sistemas de agua dulce de los cinco continentes. Según los modelos de cambio climático, el lirio puede expandirse a latitudes más altas a medida que aumentan las temperaturas [2,3,4].

La presencia del *Eichhornia crassipes* en los ecosistemas de agua dulce pone en peligro la calidad del agua debido a su rápida reproducción y alta tasa de crecimiento [5], cubre la superficie del cuerpo de agua e impide la penetración de la luz solar en el mismo, además, al perecer se descompone en grandes cantidades, promoviendo condiciones anaeróbicas e intensifica la liberación de gases como el metano [6].

No obstante, la planta también es conocida por una diversidad de aplicaciones industriales potenciales como agente de fitorremediación, debido a su capacidad para crecer en aguas residuales, acumular metales, radionúclidos, nano partículas de plata y otros contaminantes [7]. Incluso se puede usar para la producción de energía por combustión, como decolorante en aguas residuales o una fuente alternativa de combustible [8].

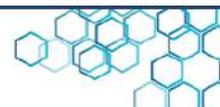
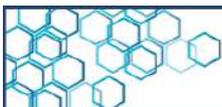
Por ende, para contribuir con la calidad de agua a nivel nacional y con miras al desarrollo sustentable venezolano, se realiza el presente



documento con el objetivo de identificar las tendencias en las innovaciones referentes a la revalorización y tratamiento de *Eichhornia crassipes* a través de una búsqueda de documentos de patentes para el periodo 2017 - 2021. La información recopilada permitirá ofrecer un abanico de posibilidades para tratar la macrofita en los cuerpos de aguas venezolanos o darle un valor agregado aprovechando su rápida reproducción y crecimiento, mediante su transformación en productos útiles.

## 2. Metodología

La estrategia de búsqueda en primera instancia consistió en identificar palabras claves relacionadas al tratamiento y revalorización de *Eichhornia crassipes*. Posteriormente, se procedió a construir las ecuaciones de búsqueda, utilizando los términos generales identificados, los operadores Booleanos (AND, OR, NOT) y de truncamiento (\* / "). Las ecuaciones establecidas que aparecen en la Tabla 1, se aplicaron en la plataforma The Lens® en noviembre del 2022, para la búsqueda de las palabras claves en el título, resumen y reclamaciones de las palabras en los documentos de propiedad intelectual publicados desde el año 2017 hasta el 2021, con el objeto de obtener información de las tendencias en las tecnologías sobre tratamiento y revalorización del lirio. Se obtuvieron 180 documentos referentes a tratamiento de lirio y 363 orientados a su revalorización, de los cuales se eliminaron las familias quedando 161 y 351



respectivamente. Los resultados fueron analizados y categorizados según los objetivos de las invenciones.

**Tabla 1.** Ecuaciones y filtros aplicados en la búsqueda

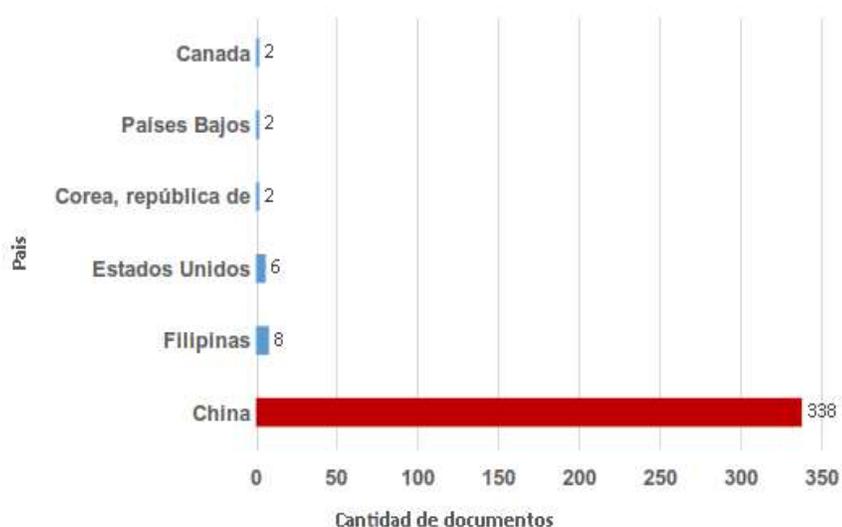
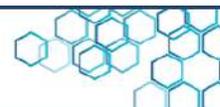
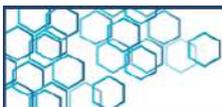
Ecuación	Filtro	Resultados
((("Eichhornia crassipes" OR "Water Hyacinths" OR "Water Hyacinth") AND (valu* OR benefit* OR biofuel* OR bioenergy OR feed OR Biochar OR fertilizer*)) NOT (("Rearing Method" OR "breeding method" OR seedling OR "blue algae") OR (title: Device OR title: equipment OR ship OR boat OR class_ipcr.symbol:(E02B15\32) OR class_ipcr.symbol:(B63B35\32))))	Año 2017 - 2021 Buscar en el título, resumen y	352
((("Eichhornia crassipes" OR "Water Hyacinths" OR "Water Hyacinth") AND (Remov* OR Mitigat* OR Treat* OR Control*)) NOT (Sewage OR wastewater OR wetland OR title: Biodiesel OR title: biochar OR title: fertilizer OR title: Biofuel OR title: Carbon OR title: Powder OR title: cultivat* OR title: breed* OR class_ipcr.symbol:(C02F3\32) OR class_ipcr.symbol:(A0136\88) OR class_ipcr.symbol:(A23K10\00) OR class_ipcr.symbol:(A23K10\30) OR class_ipcr.symbol:(C05G31\00) OR class_ipcr.symbol:(A23K50\00)))	reclamaciones, Solo una patente por familia Descartar patentes sin título o resumen/	161

### 3. Resultados

#### 3.1. Tendencia tecnológica en la revalorización de *Eichhornia crassipes*

##### 3.1.1 Países líderes en la publicación de patentes

La República Popular de China se presenta como el país predominante referente las invenciones relacionadas a revalorización de *Eichhornia crassipes*, con el 93,11 % de documentos, seguido por Filipinas con 2,20 % y Estados Unidos con el 1,65 %, como se puede ver Figura 1.



**Figura 1.** Cantidad de patentes por país sobre revalorización de *Eichhornia crassipes* (2017-2021).

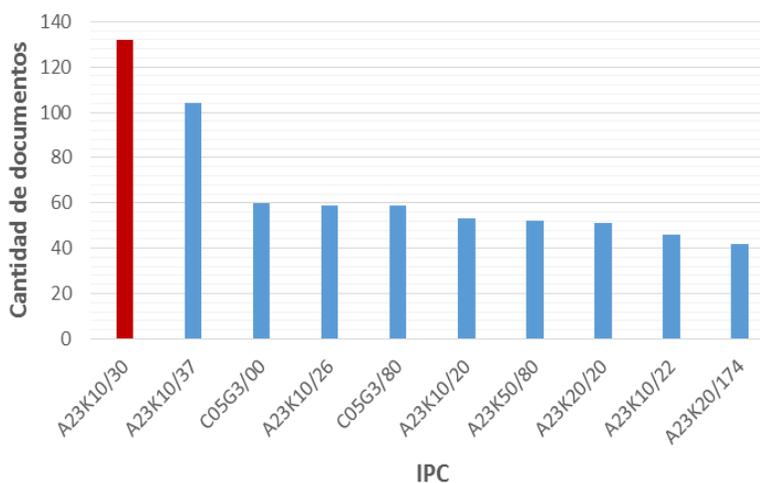
El Jacinto de agua o *Eichhornia crassipes* se introdujo en China en la década de 1930 [9]. Para 1940, se encontraba solamente en las provincias de Taiwán, Guangxi y Guangdong. Sin embargo, en 2004 la macrofitas había infestado los cuerpos de agua de 19 provincias del país asiático, debido a su alta tasa de reproducción y propagación [10].

En la actualidad, se ha reportado que, en China, el Jacinto de agua redujo la biodiversidad acuática autóctona, alterando los alimentos y ciclos biogeoquímicos. De esta forma, causando el deterioro del funcionamiento y los servicios de los ecosistemas de numerosos cuerpos de agua. Por ejemplo, el Jacinto de agua ha cubierto alrededor de dos tercios de la superficie del agua del lago Caohai, resultando en el deterioro del ambiente acuático, disminución de las poblaciones de peces y expansión de vectores de enfermedades como mosquitos y moscas. También obstruye la navegación en Huangpu y daña el riego e

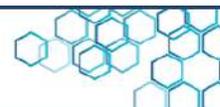
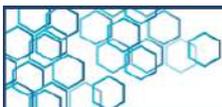
instalaciones hidroeléctricas [10]. Los impactos del Jacinto y su necesidad de aprovechamiento explican el interés del país en el tema.

### 3.1.2. Áreas de conocimiento

Los códigos de la Clasificación de Internacional de Patentes (en inglés IPC) más utilizados en los documentos de propiedad intelectual obtenidos, reflejan que el código predominante es A23K10/30 que abarca materias primas de origen vegetal con 132 solicitudes y patentes, seguido de A23K10/37 que especifica la producción a partir de residuos, como se muestra en la Figura 2, con 104 documentos. Ambos códigos se asocian a la revalorización del Jacinto de agua para la elaboración de productos de valor.

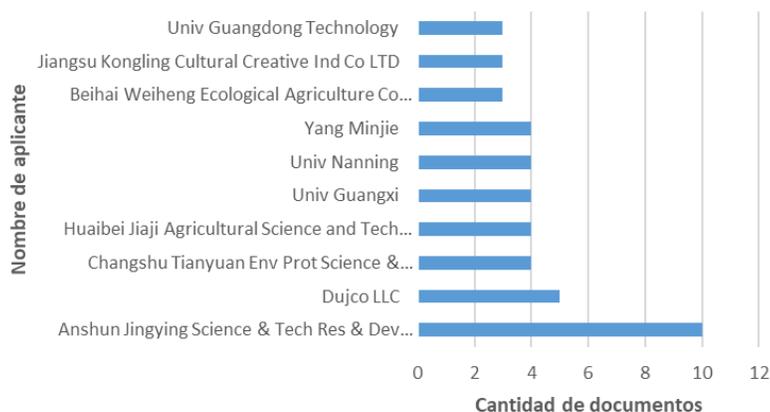


**Figura 2.** Códigos IPC obtenidos en la búsqueda revalorización de *Eichhornia crassipes* (2017-2021).



### 3.1.3. Instituciones aplicantes predominantes referente a la revalorización de *Eichhornia crassipes*

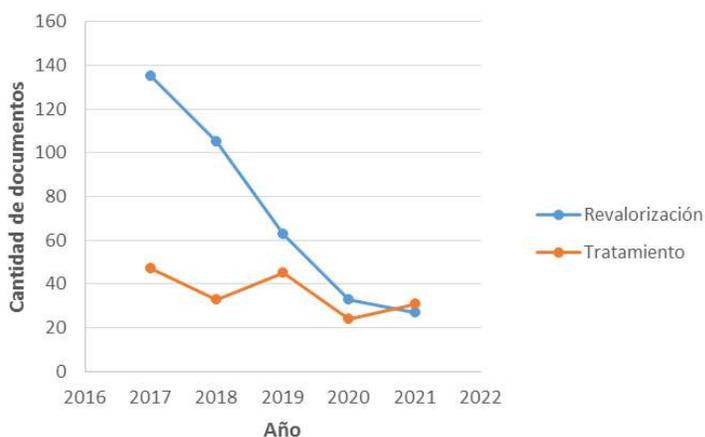
Los aplicantes más prominentes según la cantidad de documentos referentes a revalorización de *Eichhornia crassipes* se muestran en la Figura 3, donde la empresa Anshun Jingying Science & Tech Res & Dev Co. LTD destaca como predominante con 10 documentos sobre fertilizantes a partir de jacinto de agua. Seguido de Dujco LLC, que se especializa en productos químicos para su uso en agricultura, horticultura y silvicultura, así como, de extracto de algas marinas para aplicación como enmienda de plantas y suelos, enraizamiento, y posee 5 patentes sobre bioestimulantes que emplean como componente Jacinto de agua y la empresa Changshu Tianyuan Env. Prot. Science & Tech Co Ltd con cuatro patentes sobre fertilizantes y abonos.



**Figura 3.** Instituciones aplicantes predominantes durante 2017 - 2021 referente a invenciones sobre revalorización de *Eichhornia crassipes*

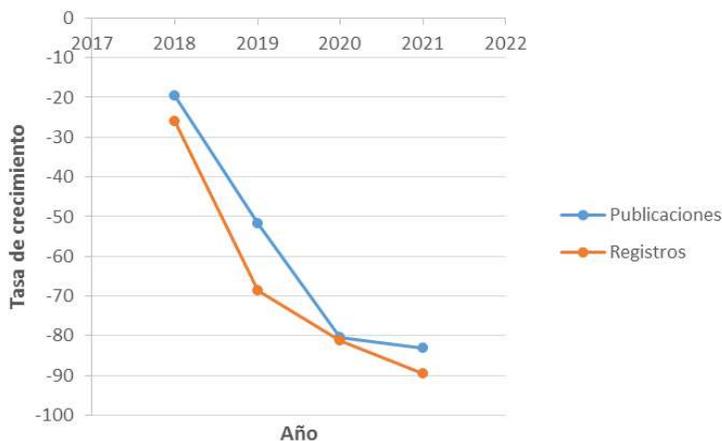
### 3.1.4. Tasa de crecimiento y orientación tecnológica de las patentes

Un análisis a las orientaciones tecnológicas del universo de patentes obtenido mostró una disminución asociado al campo de la revalorización de la macrofitas, como se muestra en la Figura 4.



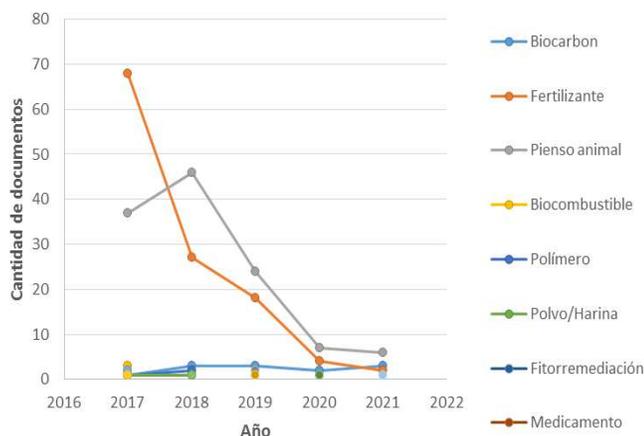
**Figura 4.** Orientaciones tecnológicas de los documentos de patentes durante 2017 – 2021 referente al control y revalorización de *Eichhornia crassipes*.

La tendencia a la disminución ha presentado una continua reducción desde el 2017 al 2021 con un decrecimiento del 83 % de publicaciones, del mismo modo los registros de documentos de patente se han reducido hasta un 89 % con respecto al 2018, véase Figura 5. Lo que puede indicar una ausencia de interés en las tecnologías de revalorización del lirio.

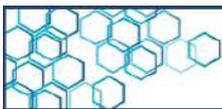


**Figura 5.** Tasa de crecimiento en patentes sobre revalorización de *Eichhornia crassipes* 2017 - 2021

En un estudio más detallado de la tendencia en revalorizaciones de *Eichhornia crassipes*, se observó que el cambio o disminución en los documentos era principalmente en patentes con relación a elaboración de fertilizantes y piensos animales (Figura 6).



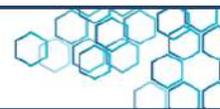
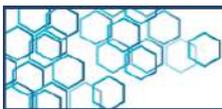
**Figura 6.** Orientaciones de revalorización de *Eichhornia crassipes* en los documentos de patentes durante 2017 - 2021.



La biomasa del lirio es rica en nutrientes, con proteína cruda de 10 a 20 %, por lo que existe bibliografía que establece su uso como reemplazo total o parcial del alimento y forraje animal [11]. No obstante, se ha demostrado que el Jacinto de agua puede contener cristales de oxalato de calcio en forma de aguja, que pueden causar daños en el tracto digestivo. Además, son responsables de la baja palatabilidad del alimento [12,13]

Un estudio sobre el empleo de la macrofitas como alimento para Tilapia del Nilo, indicó efectos anormales relacionados al aumento de la proporción de Jacinto de agua en la dieta. En los sujetos experimentales alimentados con una dieta que contenía un 20 % de *Eichhornia crassipes*, se encontraron efectos leves en la vena central hepática y los hepatocitos. Del mismo modo, el hígado de peces alimentados con una dieta que contenía un 30 % del lirio mostró agregación de monocitos y necrosis leve de los hepatocitos dentro de los lóbulos hepáticos y pequeñas vacuolas estaban presentes en los lóbulos hepáticos [14]. Otro estudio más reciente evaluó el potencial de la planta como alimento para el desarrollo y la digestibilidad de *Ctenopharyngodon idella*. Se concluyó que mientras que la harina de hojas tuvo la mayor ganancia de peso (7,14 g), una evaluación histológica reveló que los riñones de los peces tenían degeneración de los túbulos renales, daño necrótico en las células epiteliales tubulares y lisis tubular [15].

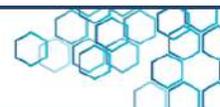
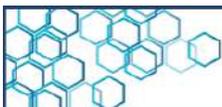
Además, el contenido de humedad del Jacinto de agua puede llegar al 90 %, por lo que es difícil transportarlo directamente sin secarlo y almacenarlo. Sin embargo, diversos autores establecen que el valor nutritivo por unidad de materia seca es demasiado bajo para justificar el costo del secado artificial [13,16]. Por lo que la disminución de



patentamiento en cuanto a la producción de alimento animal puede ser atribuida a los problemas derivados a su consumo y procesamiento.

Así mismo, *Eichhornia crassipes* contiene elementos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, lo que la hace apropiada para su uso como mantillo, compost o vermicompostaje [17]. Sin embargo, existe la hipótesis de que el uso del lirio como biofertilizante puede dar lugar a que las plantas tengan una acumulación de metales pesados. En un estudio reciente se utilizaron bloques aleatorios con cinco tipos de tratamientos estiércol de corral (FYM), fertilizante inorgánico (NPK), FYM + NPK, vermicompost (VC) + NPK y compost de tambor de Jacinto de agua (WHDC + NPK) para evaluar la calidad del suelo y el crecimiento del cultivo de tomates y repollo. Si bien, el rendimiento del repollo y los tomates fue mejor con WHDC+ NPK y VC + NPK, los cultivos tratados con compost de tambor de Jacinto de agua poseen niveles significativos de metales pesados, por lo que los autores concluyen que la absorción elevada de iones metálicos ( $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{+}$  y  $Pb^{2+}$ ) es el principal problema de toxicidad que debe abordarse antes de usarse a gran escala [18]. Un aprovechamiento que pueden tener los lirios contaminados con metales pesados se muestra en la patente US2018/0178262A1, la cual presenta un método donde los iones de metales pesados adsorbidos en la planta se utilizan como componente básico de una reacción enzimática anaeróbica para promover el crecimiento de bacterias del metano, lo que permitiría aprovechar los lirios contaminados para producir energía.

No obstante, investigaciones más recientes sobre *Eichhornia crassipes*, detectaron oportunidades de investigación y desarrollo en el aprovechamiento de la biomasa vegetal para satisfacer la demanda

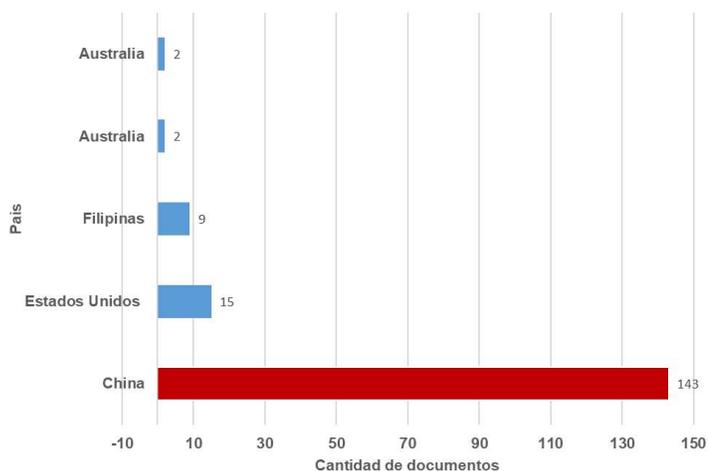


mundial de plásticos [8]. La celulosa del Jacinto de agua se ha utilizado para fabricar polihidroxibutirato (PHB), un recurso para los bioplásticos, películas de embalaje biodegradables, tecnología de liberación controlada (hidrogel) [17]. Además, se ha reportado el uso de lirio para la generación de ácido láctico. Si se produce poliácido láctico como biopolímero para diversas aplicaciones, entre ellas, la impresión 3D podría constituir una solución a varias necesidades maximizando el aprovechamiento de la planta [19].

## 3.2 Tendencia tecnológica en el tratamiento de *Eichhornia crassipes*

### 3.2.1 Países líderes en invenciones sobre *Eichhornia crassipes*

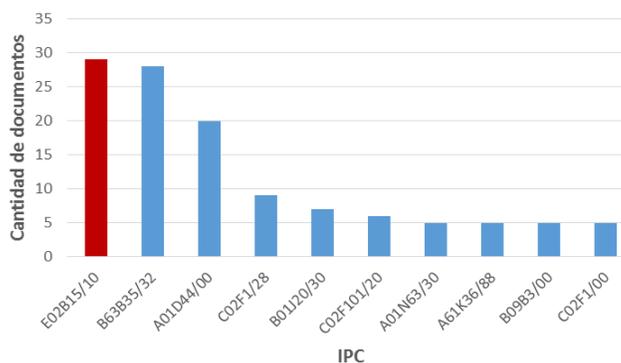
China se mantiene como país predominante en invenciones, tratamiento de lirio acuático con 79,4 % de los documentos de patentes, como se puede observar en la Figura 7. Seguido por Estados Unidos con 8,3 % y Filipinas con 5 %. El interés del país asiático en el tratamiento del Jacinto de agua, puede ser derivado de los problemas anteriormente mencionados.



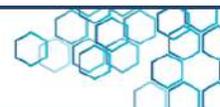
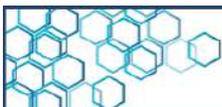
**Figura 7.** Cantidad de patentes por país sobre control y tratamiento de *Eichhornia crassipes* (2017-2021).

### 3.2.2 Áreas de conocimiento

El código predominante de la búsqueda referente al tratamiento de Jacinto de agua es E02B15/10 con 29 documentos que abarca patentes en las que se emplee dispositivos para la remoción de material en la superficie de cuerpos de agua como método de control (Figura 8).

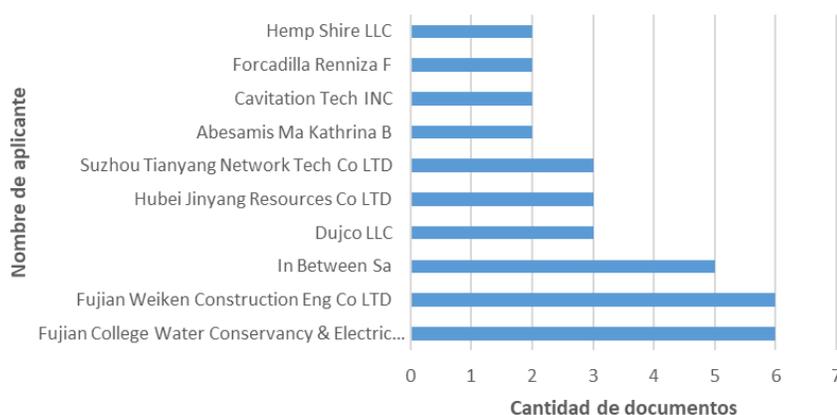


**Figura 8.** Códigos IPC obtenidos en la búsqueda de control y tratamiento de *Eichhornia crassipes* (2017-2021)



### 3.2.3 Instituciones aplicantes predominantes referente a la revalorización de *Eichhornia crassipes*

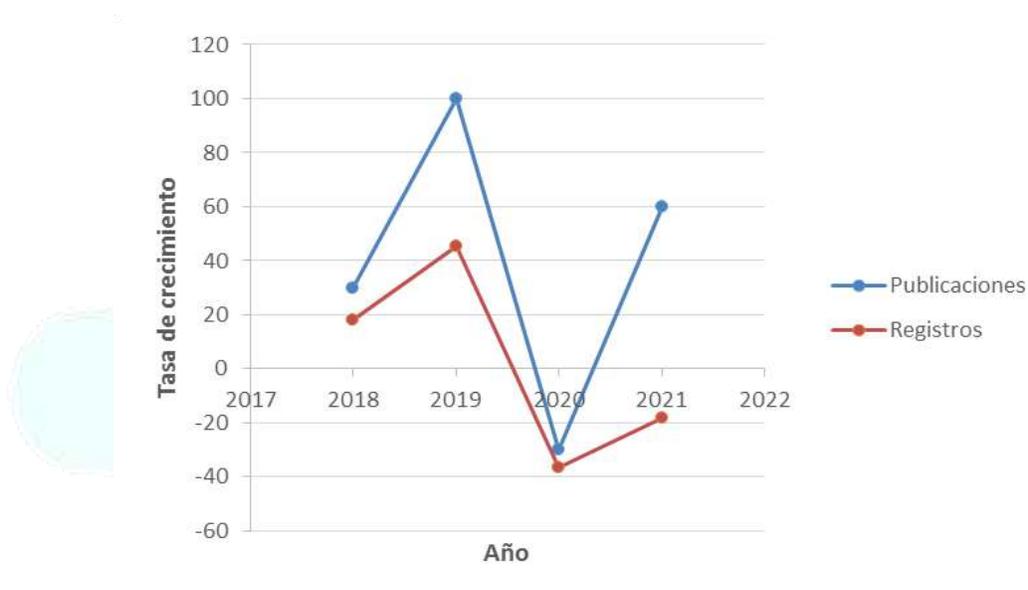
Con respecto a tratamiento de *Eichhornia crassipes*, la empresa predominante es Fujian College of Water Conservancy and Electric Power, dedicada a servicios técnicos y consultoría para la conservación del agua, la electricidad, la conservación del suelo y el agua, etc. Con 6 patentes sobre embarcaciones para la eliminación del lirio, seguido por Fujian Jiutian Construction Engineering Co. Ltd. Dedicada a la ingeniería de construcción de vivienda, ingeniería pública municipal, ingeniería vial, entre otras. Con 6 documentos sobre extracción mecánica del Jacinto de agua, y In Between Sa, empresa especializada en el tratamiento innovador y sostenible de *Eichhornia crassipes*, posee patentes sobre recolección y control del lirio (Figura 9).



**Figura 9.** Aplicantes predominantes durante 2017 - 2021 referente a invenciones sobre tratamiento de *Eichhornia crassipes*.

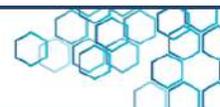
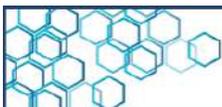
### 3.2.4. Orientación tecnológica de las patentes y tasa de crecimiento

Por otro lado, los documentos relacionados al tratamiento del lirio acuático han presentado para el 2021 un crecimiento del 40 % con respecto al 2018, y 18 % con respecto al 2020 (Figura 10).



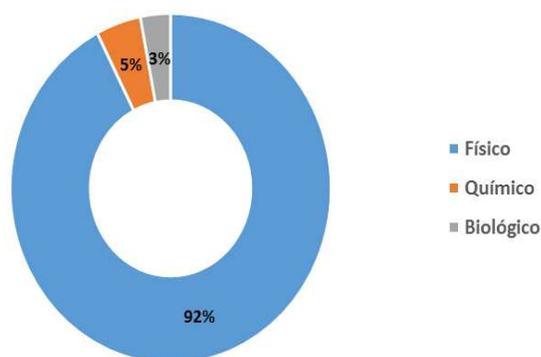
**Figura 10.** Tasa de crecimiento en patentes sobre tratamiento de *Eichhornia crassipes* 2017 - 2021

Los métodos de tratamiento de *Eichhornia crassipes* se pueden clasificar en tres grandes grupos: físicos/mecánico, químicos y biológicos. El tratamiento mecánico consiste en el corte *in situ* y el acarreo de Jacinto de agua de la vía fluvial utilizando la mano o maquinaria. Incluyen las técnicas no contaminantes más eficientes porque la planta se recupera sin la introducción de agentes químicos o biológicos [20]. El método de tratamiento químico hace uso de

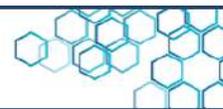
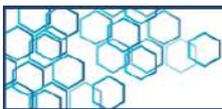


sustancias como herbicidas para controlar la biomasa de la macrofitas en los cursos de agua, lo cual se ha practicado durante muchas décadas. Sin embargo, a menudo se asocian con la contaminación secundaria [21]. El control biológico es una técnica clásica que implica el uso de insectos, bacterias y hongos para eliminar el Lirio acuático. Es una alternativa a los programas de control mecánico y químico que evitan la introducción de elementos tóxicos en el ambiente, además no requieren mucha mano de obra ni equipos [6]. No obstante, el tiempo de efecto del control biológico es el más lento de los tres.

La tendencia en invenciones referentes al control y tratamiento de *Eichhornia crassipes* durante el periodo 2017 - 2021, se orientó hacia la aplicación de tratamientos físicos (Figura 11). El 92 % del total de patentes abarcan la recolección y tratamiento a través de equipos, 5 % se enfocan en la adición de un herbicida y 3% se orientan en la aplicación de microorganismos.



**Figura 11.** Orientaciones de control y tratamiento de *Eichhornia crassipes* en los documentos de patentes durante 2017 - 2021

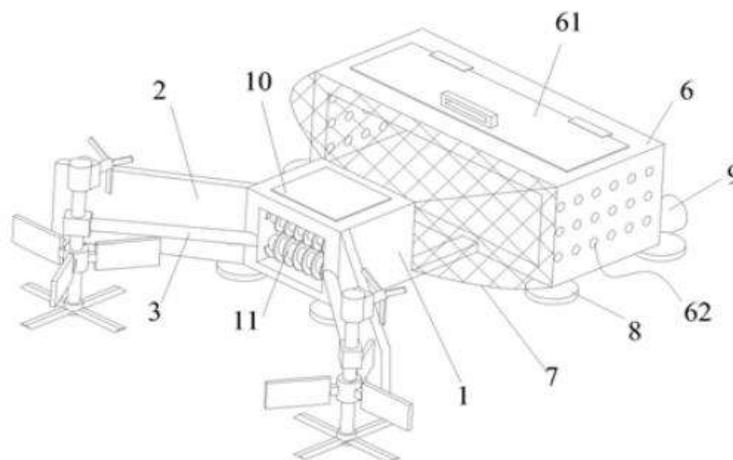
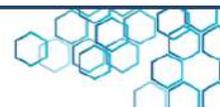
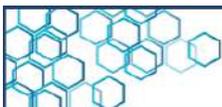


A continuación, se presentan las invenciones con mayor relevancia de los distintos tratamientos aplicados a *Eichhornia crassipes*.

### 3.2.4.1 Patentes relevantes referentes al tratamiento

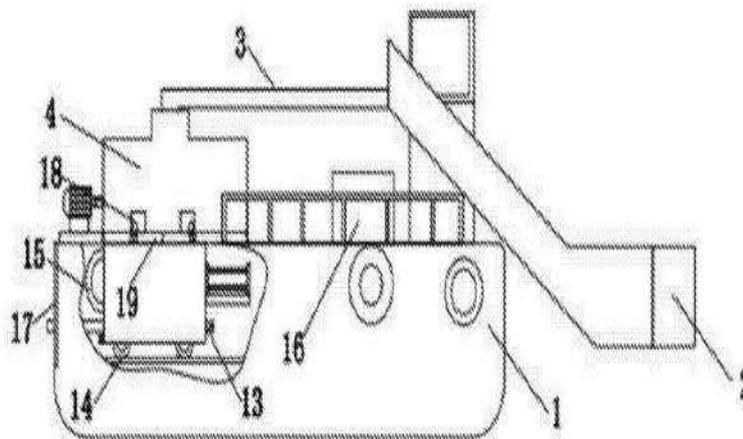
#### Mecánico/físico

El CN209693467U divulga un dispositivo de limpieza de Jacinto de agua. El modelo de utilidad consta de una caja de trituración, una placa guía y una varillas instaladas de forma fija a ambos lados del extremo frontal de la caja de trituración, ubicada entre las dos placas guía, el extremo de la varilla de instalación está provisto de un primer bloque, el extremo inferior del bloque de instalación está provisto de una pluralidad de cuchillas de corte, el extremo posterior de la caja de trituración está conectado de forma fija con una caja de recolección a través de una biela, una red está instalada de manera fija entre la trituración caja y la caja colectora, y un extremo de la red está conectado fijamente al extremo de la caja de trituración. La invención resuelve el problema con las proliferaciones masivas de Jacinto de agua y el problema del procesamiento manual. El modelo está provisto de una placa guía y una hoja de ventilador, y la rotación de la hoja del ventilador empuja el Jacinto de agua cortado hacia la caja de trituración y entra en la caja de trituración a lo largo de la placa guía, lo cual es conveniente para la recolección [22]. La red es liviana, lo que puede reducir el peso del equipo



**Figura 12.** Recolector de Jacinto de agua. Fuente: [22].

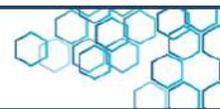
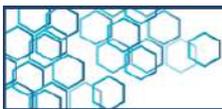
La solicitud de patente CN107878694A refiere a un barco para recolección de Jacinto de agua, que comprende un casco; un mecanismo de salvamento que está dispuesto en el extremo delantero del casco; una cinta transportadora, un contenedor de basura y un mecanismo de trituración y deshidratación ubicados en el extremo trasero del casco; el extremo delantero de la cinta transportadora está conectado con el mecanismo de salvamento, y el extremo trasero de la cinta transportadora está ubicado sobre el mecanismo de trituración y deshidratación; la caja de basura está ubicada debajo del cinta transportadora [23]. En la invención, el Jacinto de agua puede ser triturado y deshidratado, reduciendo la carga en el casco, y la caja de deshidratación móvil puede transportar el Jacinto de agua tratado fuera de la cabina de manera conveniente y rápida.



**Figura 13.** Barco de recolección de Jacinto de agua. Fuente: [23].

### 3.2.4.2 Patentes relevantes referentes al tratamiento químico

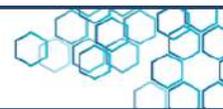
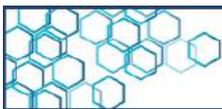
La solicitud de patente CN112825857AB proporciona un plaguicida para prevenir y tratar el Jacinto de agua, que comprende un agente de mezcla de ácido nonanoico y aceite de parafina: tetracloruro de dimetilo de sodio: un agente auxiliar de prevención de vuelo y agua en relación de porcentaje de masa (660-700): (15-25): (95-105): (9100-9250) respectivamente [24]. El pesticida y el método de control proporcionados por la invención, no solo logran un efecto de control del Jacinto de agua más eficiente con una tasa de marchitamiento de la planta de del 98 % después de 7 días, sino que también aseguran mejor la ecología del agua y la seguridad del entorno circundante y reduce el costo de control.



La invención observada en US2019/0357530A1 describe perlas que comprenden en total, sus sales o derivados atrapados en un complejo de alginato [25]. La descripción se refiere a un proceso para preparar composiciones herbicidas de perlas de alginato y un método para controlar algas y malas hierbas acuáticas utilizando las mismas. Además, se proporciona un sistema de suministro seguro de herbicidas, para el control de malas hierbas acuáticas, que comprende la composición en perlas con efectividad a los 5 días de aplicación.

#### **3.2.4.3. Patentes relevantes referentes al tratamiento biológico**

La solicitud de patente CN113122457A proporciona una nueva fruta antracnosis F11 conservada en CGMCC con un número de conservación de CGMCC No. 21933, una preparación de la misma y una aplicación para controlar el Jacinto de agua. El esquema técnico mencionado anteriormente incluye al menos los siguientes efectos beneficiosos: se proporciona una nueva fruta antracnosis F11 y su agente bacteriostático que se conservan en CGMCC y cuyo número de conservación es CGMCC No. 21933. El hongo de la antracnosis F11, puede inhibir eficazmente la reproducción del Jacinto de agua de manera específica y no tiene ningún efecto adverso en otras plantas y cuerpos de agua [26].



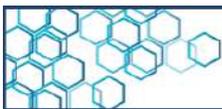
## 4. Conclusiones

China es el país predominante en las invenciones de revalorización y tratamiento desde el 2017 hasta el 2021. Los documentos de propiedad intelectual referente al tratamiento de *Eichhornia crassipes* presentaron un crecimiento del 40 % con respecto al 2018, el 92 % de las invenciones referentes al control y remoción de Jacinto de agua a través de métodos mecánicos/físicos, seguido de los químicos con 5 % y el biológicos con 3 %. En estos predominan la incorporación de dispositivos en los barcos para la recolección del lirio, herbicidas y hongos para su eliminación selectiva. No obstante, invenciones sobre aprovechamiento del lirio han sufrido un decrecimiento del 83 % para publicaciones, y 89 % para los registros originados por los documentos orientados a la producción de pienso animal y fertilizante, debido a los problemas referente a baja palatabilidad, costos y toxicidad asociados a la planta. No obstante, investigaciones más recientes sobre *Eichhornia crassipes*, detectaron oportunidades de investigación y desarrollo en el aprovechamiento de la biomasa vegetal para satisfacer la demanda de plásticos.

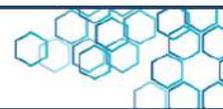
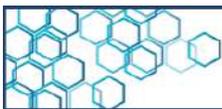
## 5. Referencias

[1]. Malik, A. (2007). Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. *Environment International*, 33(1), 122-138.

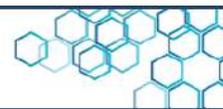
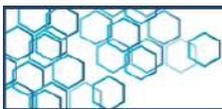
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.08.004>



- [2]. Hellmann, J. J., Byers, J. E., Bierwagen, B. G., & Dukes, J. S. (2008). Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation Biology*, 22(3), 534–543. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00951.x>
- [3]. Rahel, F. J., & Olden, J. D. (2008). Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation Biology*, 22(3), 521–533. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00950.x>
- [4]. Rodríguez-Gallego, L. R., Mazzeo, N., Gorga, J., Meerhoff, M., Clemente, J., Kruk, C., Scasso, F., Lacerot, G., García, J., & Quintans, F. (2004). The effects of an artificial wetland dominated by free-floating plants on the restoration of a subtropical, hypertrophic lake. *Lakes and Reservoirs*, 9(3–4), 203–215. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2004.00245.x>
- [5]. Havel, J. E., Kovalenko, K. E., Thomaz, S. M., Amalfitano, S., & Kats, L. B. (2015). Aquatic invasive species: challenges for the future. *Hydrobiologia*, 750(1), 147–170. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2166-0>
- [6]. Rodríguez-Lara, J. W., Cervantes-Ortiz, F., Arambula-Villa, G., Mariscal-Amaro, L. A., Aguirre-Mancilla, C. L., & Andrio-Enríquez, E. (2021). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión. *Agronomía mesoamericana: órgano divulgativo del PCCMCA, Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales*, 33(1),1-12. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44201>
- [7]. Karouach, F., Ben Bakrim, W., Ezzari, A., Sobeh, M., Kibret, M., Yasri, A., Hafidi, M., & Kouisni, L. (2022). A comprehensive evaluation of the existing approaches for controlling and managing the proliferation of Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): Review. *Frontiers in environmental science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.767871>



- [8]. Sierra-Carmona, C. G., Hernández-Orduña, M. G., & Murrieta-Galindo, R. (2022). Alternative uses of water hyacinth (*Pontederia crassipes*) from a sustainable perspective: A systematic literature review. *Sustainability*, 14(7), 3931. <https://doi.org/10.3390/su14073931>
- [9]. Ding, J., Wang, R., Fu, W., and Zhang, G. (2001). Water Hyacinth in China: Its Distribution, Problems and Control Status.
- [10]. Lu, J., Wu, J., Fu, Z., & Zhu, L. (2007). Water hyacinth in China: a sustainability science-based management framework. *Environmental Management*, 40(6), 823–830. <https://doi.org/10.1007/s00267-007-9003-4>
- [11]. Biswas, P.; Mandal, L. (1988). Use of fresh water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the ration of growing calves. *Indian Vet. J.* 65, 496–500.
- [12]. Franceschi, V. R., Horner, H. T. Jr. (1980). Calcium oxalate crystals in plants. *The Botanical Review*, 46 (4): 361-427. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02860532>
- [13]. Su, W., Sun, Q., Xia, M., Wen, Z., & Yao, Z. (2018). The resource utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [mart.] Solms) and its challenges. *Resources*, 7(3), 46. <https://doi.org/10.3390/resources7030046>
- [14]. Abdelhamid, AM., Magouz, FI., El-Mezeen, MIB., Abd El-Khalik, AE., El-Sayed Khlaf Allah, MM., Ahmed, EMO. (2010). Effect of source and level of dietary water hyacinth on Nile tilapia *Oreochromis Niloticus* - Histopathology. *Aquaculture*.
- [15]. Mahmood, S., Khan, N., Iqbal, K.J., Ashraf, M., Khaliq, A. (2018). Evaluation of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) supplemented diets on the growth, digestibility and histology of grass carp



(Ctenopharyngodon idella) fingerlings. J. Appl. Anim. Res, 46(1), 24–28.

<https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1256291>

[16]. Göhl, B., (1982). Les aliments du bétail sous les tropiques. FAO, Division de Production et Santé Animale, Roma, Italy.

[17]. Ilo, OP., Simatele, MD., Nkomo, SL., Mkhize, NM., Prabhu NG. (2020). The [19].Benefits of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) for Southern Africa: A Review. Sustainability; 12 (21), 9222.

<https://doi.org/10.3390/su12219222>

[18]. Goswami, L., Nath, A., Sutradhar, S., Bhattacharya, S. S., Kalamdhad, A., Vellingiri, K., Kim, K.-H. (2017). Application of drum compost and vermicompost to improve soil health, growth, and yield parameters for tomato and cabbage plants. J. Environ. Manag. 200, 243–252.

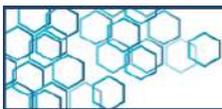
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.073>

[19]. Mu Xiaoling , Chang Le , Zhao Yafei , Wang Shu , Meng Yao , Cao Shuguang. Method for preparing lactic acid by using water hyacinth as raw material. (Patente de China. No. CN112646843A).

[20]. Villamagna, A. M., Murphy, B. R. (2010). Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (Eichhornia crassipes): a review. Freshwater Biol. 55(2), 282-298. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02294.x>

[21]. Adelodun, A. (2022). Appraising the Control and Benefits of Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes [Mart.] Solms). Applied NanoBioScience. 12 (1). <https://doi.org/10.33263/LIANBS121.029>

[22]. Jiang, Y; Liu, G. 2019. A kind of water hyacinth cleaning plant. (Patente de China. No. CN209693467U). Oficina de la Agencia de Patentes de Lianyungang Lianchuang



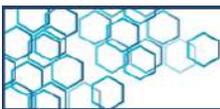
[23]. Lyu, X. 2018. A kind of water hyacinth rescue vessel. (Patente de China. No. CN107878694A).

[24]. Zhang, W., Huang, F. 2021. Pesticide for preventing, treating water hyacinth, preventing, and treating method thereof. (Patente de China. No. CN112825857A). Guangzhou Sanhuan Patent and Trademark Agency Co., Ltd.

[25]. Jadhav, P., Skorczyns, S., Shroff, J., Shroff, V. 2019. Bead compositions for aquatic weed control. (Patente de Estados Unidos. No. US2019/0357530A1)

[26]. Lin, Z., Huang, W., Chen, J., Zhang, Z., Jiang, X. 2021. Fruit-borne anthrax F11, preparation thereof, and application of water hyacinth treatment. (Patente de China. No. CN113122457A). Fang Yuan Lin Xiangxiang.





Artículo de divulgación

## Polímero Termoplástico: Polipropileno

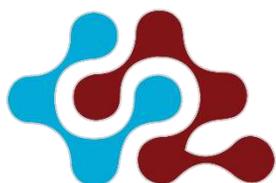
L. Blanco<sup>1</sup> , E. Catari<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Laboratorio de Polímeros, Centro de Química “Dr. Gabriel Chuchani”, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Apartado 21827, Caracas 1020-A, Venezuela.

### Resumen

En los últimos años se han desarrollado innumerables investigaciones en torno al Polipropileno. El polipropileno (PP) es ampliamente utilizado en la industria en muchos campos de aplicación para la producción de plásticos moldeados debido a la excelente combinación de propiedades que presenta, como peso ligero, resistencia al impacto y relativo bajo costo. El gran uso de estos polímeros termoplásticos es motivo para buscar alternativas que impacten de manera positiva en su producción, costos de obtención y manufactura, mejores propiedades y que además tenga menor impacto en el medio ambiente. Este trabajo presenta una revisión general del polipropileno y sus aplicaciones, basándose principalmente en información publicada en la literatura, patentes y resúmenes de los procesos de fabricación de últimas tecnologías, con el objetivo de ampliar las perspectivas para su mejor investigación y estudios en el país.

**Palabras clave:** aplicaciones, polipropileno, polímero, propiedades, termoplásticos.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

**Recibido:** 23 de agosto del 2023

**Aceptado:** 10 de noviembre del 2023

**Publicado:** 8 de enero del 2023

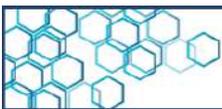
**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

**DOI:** 10.5281/zenodo.10492573

**\*Autor para correspondencia:**

Edgar Catari

**e-mail:** [ecatari@gmail.com](mailto:ecatari@gmail.com)



Dissemination article

## Thermoplastic Polymer: Polypropylene

L. Blanco<sup>1</sup> , E. Catari<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Laboratorio de Polímeros, Centro de Química “Dr. Gabriel Chuchani”, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Apartado 21827, Caracas 1020-A, Venezuela.

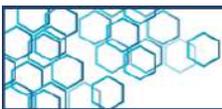
### Abstract

In recent years, countless investigations have been carried out around Polypropylene. Polypropylene (PP) is widely used in industry in many fields of application for the production of molded plastics due to its excellent combination of properties, such as lightweight, impact resistance, and relatively low price. The great use of these thermoplastic polymers is the reason to look for alternatives that have a positive impact on their production, regarding the costs of obtaining and manufacturing, better properties, and that also have less impact on the environment. This paper presents a review of polypropylene technology and its applications, based mainly on information published in the literature, patents, and summaries of the history of manufacturing processes of the latest technologies, with the aim of opening perspectives for research and studies in the country.

**Keywords:** polypropylene, applications, properties, polymer, thermoplastics.



**Received:** August 23, 2023  
**Accepted:** November 10, 2023  
**Published:** January 8, 2023  
**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.  
**DOI:** 10.5281/zenodo.10492573  
**\*Corresponding author:**  
Edgar Catari  
**e-mail:** [ecatari@gmail.com](mailto:ecatari@gmail.com)



## 1. Introducción

El Polipropileno nació en Milano, Italia, el 11 de marzo de 1954. Al principio demostró características de poliedro, con rasgos de estereobloques isotácticos y sindiotácticos [1].

Ese año el italiano G. Natta, siguiendo los trabajos elaborados por K. Ziegler en Alemania, logró obtener polipropileno de estructura muy regular denominado isotáctico. Su comercialización en Europa y Norteamérica se inició rápidamente en 1957, en aplicaciones para enseres domésticos.

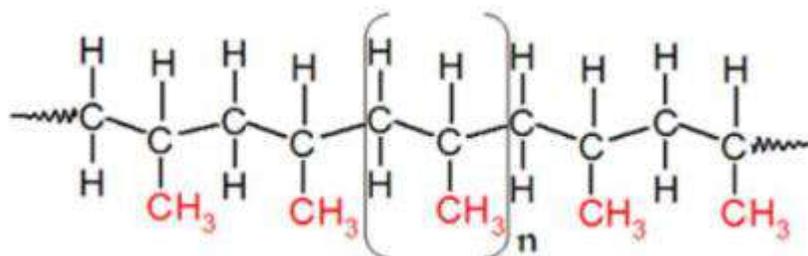
Los trabajos de Natta y Ziegler permitieron conseguir polímeros de etileno a partir de las olefinas, abriendo el camino para la obtención de otros polímeros. Este plástico, también con una estructura semicristalina, superaba en propiedades mecánicas al polietileno, su densidad era la más baja de todos los plásticos, así como, su precio, pero tenía una gran sensibilidad al frío, y a la luz ultravioleta, lo que le hacía envejecer rápidamente. Por este motivo su uso se vio reducido a aplicaciones muy específicas. Al pasar los años, esto ha cambiado y la amplia gama de propiedades del polipropileno, lo ha hecho adecuado para una gran variedad de aplicaciones en diferentes sectores, marcando la parada ante los materiales del futuro, además de suponer una alternativa mucho más económica. Debido a esto, el empleo de este material está creciendo, en gran parte gracias al desarrollo de nuevos y mejores productos.

El polipropileno (PP), es un polímero termoplástico comercial, semicristalino, blanco, semiopaco, que actualmente se elabora en una amplia variedad de calidades y modificaciones. Es un plástico

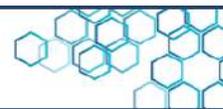
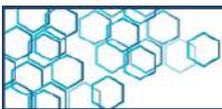
termoconformado que básicamente se utiliza para la construcción de piezas que necesitan resistencia química, peso ligero y fricción suave. Es un material muy rígido y duro, que tiene una excelente resistencia al impacto y a productos líquidos corrosivos. Es conocido como una poliolefina alifática que resiste al calor (160°C), tiene baja densidad y muy fácil moldeo. Fabricado en la industria es un polímero lineal. Actualmente, el PP es el tercer termoplástico más vendido y uno de los más baratos, ya que se puede sintetizar a partir de materiales petroquímicos de bajo costo [2]. Con el pasar de los años, los polímeros han logrado desplazar a los materiales metálicos y cerámicos, y es debido a todo esto, la causa de su gran demanda [3].

El PP es un plástico comercial típico y su producción mundial está en constante crecimiento, lo que se traduce en una búsqueda constante de mejoras del proceso de producción. Hoy en día, el PP se produce a gran escala ya que presenta una gran demanda global.

El polipropileno se prepara catalíticamente a partir de la Polimerización en cadena del propileno. Este es un polímero de vinilo en el que cada átomo de carbono está unido a un grupo metilo y se puede expresar como se muestra en la Figura 1, la cual es su unidad repetida [4].



**Figura 1.** Estructura del polipropileno.



El PP tiene las características físicas de una gravedad específica baja, rigidez, resistencia al calor y trabajabilidad superior. Debido a su costo relativamente bajo, se utiliza en una gran variedad de aplicaciones tales como películas, componentes de vehículos, muebles y un sin fin de otros productos. Han pasado ya casi 70 años desde 1954 cuando Giorgio Natta *et al* de Italia lograron sintetizar PP altamente cristalino y de alto peso molecular [5].

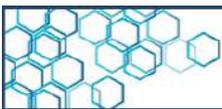
El florecimiento del mercado de PP se ha respaldado por las grandes mejoras y simplificación del proceso de fabricación al pasar de los años, atribuido a un mejor rendimiento de los catalizadores utilizados, además de las características y propiedades propias del PP antes mencionadas. Cabe destacar, que a pesar de que el PP es ampliamente comercializado, se espera seguir potencializando y optimizando su amplio rango de aplicaciones [6].

En este artículo ofreceremos una visión general de todos los aspectos de dicho polímero, así como un resumen de las diferentes tecnologías que se aplican para su obtención.

## 2. Síntesis del polipropileno.

En este artículo ofreceremos una visión general de todos los aspectos de dicho polímero, así como, un resumen de las diferentes tecnologías que se aplican para su obtención.

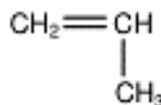
Existen diferentes formas de unir los monómeros, pero el PP comercial se fabrica usualmente en presencia de un catalizador que da lugar a



productos semicristalinos con buenas propiedades físicas, térmicas y mecánicas [2].

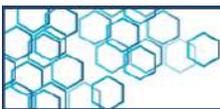
El PP, es un producto petroquímico derivado del monómero olefínico propileno y se produce a través de un proceso de unión de monómeros llamado polimerización por adición del propileno (2-propeno), producto gaseoso obtenido a partir del proceso de refinado de petróleo. En este proceso, se somete el monómero a radiación de alta energía en condiciones de presión y temperatura controladas con un iniciador o catalizador para combinar los monómeros. Por lo tanto, las moléculas de propileno se polimerizan en moléculas o cadenas de polímeros muy largas. En el mismo orden de ideas, el propeno es un hidrocarburo saturado que únicamente contiene átomos de carbono y de hidrógeno.

En su reacción de polimerización, muchas moléculas de propileno (monómero) reaccionan para formar una gran molécula de polipropileno, tal como se muestra en la Figura 2.

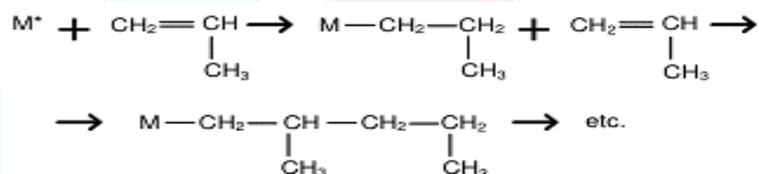


**Figura 2.** Molécula de propeno.

La síntesis de este polímero requiere un catalizador, que es generalmente un compuesto organometálico, donde el centro activo es un metal de transición. El catalizador actúa como soporte para que la reacción de polimerización tenga lugar, las moléculas de propeno se unen de forma secuencial a la cadena polimérica introduciéndose en la posición inicial entre el metal de transición y el enlace con la primera



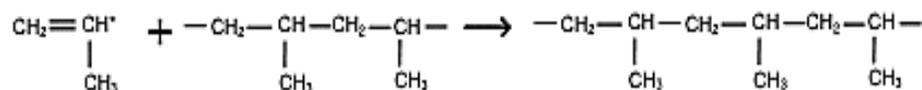
unidad monomérica de la cadena polimérica. Uno de los átomos de carbono que forman el doble enlace de la molécula de propileno se inserta entre el catalizador metálico y el átomo de carbono de la cadena de polímero. Fruto de esta reacción de síntesis se obtiene una cadena lineal de carbonos con sustituyentes tipo metilo en posiciones determinadas. Miles de moléculas de propeno pueden unirse de forma secuencial antes de que se dé por finalizada la reacción de polimerización. En la Figura 3 se puede observar parte del proceso de polimerización de la estructura de la macromolécula de polipropileno.



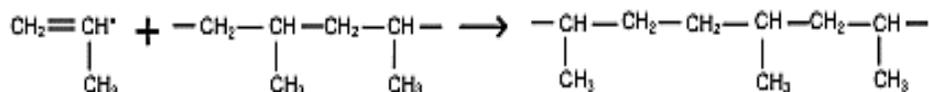
**Figura 3.** Mecanismo de polimerización del polipropileno.

La síntesis de polipropileno, bien sea mediante el empleo de catalizadores tipo Ziegler-Natta o bien metalocénicos, es una reacción altamente estereoespecífica. La orientación de las moléculas de propileno en la cadena polimérica depende de la estructura química y cristalina del catalizador, hecho que condiciona la estructura tridimensional resultante de la cadena polimérica. Las moléculas de propileno se unen a la cadena principal, incrementando la longitud de ésta, y no se unen a los grupos metilo ya que esto originaría una estructura ramificada que daría lugar a nuevas propiedades en el material. La unión entre las moléculas de propileno es, generalmente, del tipo cabeza-cola, como se muestra Figura 4, y no cola-cola o cabeza-cabeza, ver la Figura 5. La adición cabeza-cola, tiene como

resultado la obtención de una cadena de polipropileno donde los grupos metilo se hallan en posiciones alternadas mientras que en los otros tipos de adición se pierde esta regularidad.



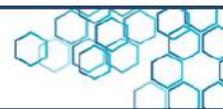
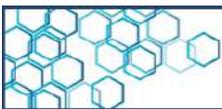
**Figura 4.** Adición cabeza-cola del propileno en la cadena principal.



**Figura 5.** Adición cola-cola del propileno en la cadena principal.

Dependiendo las características del polímero obtenido tendrá aplicaciones específicas. Por ejemplo, cuando tienen lugar adiciones tipo cola-cola o cabeza-cola en la cadena principal, puede verse alterada la estructura cristalina de la molécula, hecho que hace disminuir el punto de fusión del polímero; formulaciones que son usadas por ejemplo en procesos de termo conformado o moldeo por soplado.

El proceso de fabricación del PP se compone básicamente de un proceso de refinación de materias primas, un proceso de polimerización, un proceso de postratamiento y uno de granulación. El proceso de purificación elimina del propileno cantidades diminutas de impurezas que afectan el proceso, como agua, oxígeno, monóxido y dióxido de carbono, sulfuro de carbonilo y similares, así como, los disolventes y otras materias primas y auxiliares utilizados, siendo este



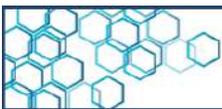
fundamentalmente necesario para la estabilización del proceso global. En el proceso de polimerización, se pone en contacto el propileno, y si es necesario, el etileno y otros monómeros con el catalizador que sirve de activador de la polimerización.

La mayoría de los principales catalizadores industriales se encuentran en forma granular como partículas secundarias o terciarias que son agregados de moléculas primarias. La reacción de polimerización ocurre en los puntos activos de las partículas del catalizador, el PP que se forma precipita y el catalizador se divide en partículas primarias. En estas reacciones, las partículas de PP que se forman se asemejan a la forma original del catalizador agregado [7].

El proceso de postratamiento es un proceso para eliminar los residuos de catalizador, el solvente y los polímeros atácticos no cristalinos donde los grupos metilos de las unidades de PP están dispuestos irregularmente en la cadena, los cuales son innecesarios en las partículas de PP obtenidas en la polimerización. Esta etapa del proceso de eliminación del catalizador se conoce como eliminación de cenizas.

Cuando se utiliza un disolvente en la depuración del proceso este debe no solo depurarse sino recuperarse. Por último, está el proceso de granulación, el cual consiste en fundir y amasar aditivos y rellenos en las partículas de PP.

En los últimos años se han generado mejoras a través del rendimiento del catalizador, métodos de distribución de estabilizadores, etc. con los cuales se puede controlar el proceso de polimerización obteniendo PP con características bien definidas simplificando las etapas del proceso en el postratamiento, representando avances significativos en los procesos de fabricación química. Hasta la fecha, el proceso de



obtención de PP se puede dividir en tres generaciones, la primera, eliminación de cenizas y de polímero atáctico (AP), la segunda, sin eliminación de cenizas ni solvente, y la tercera, sin eliminación de cenizas ni AP.

En la actualidad, existen diferentes métodos de polimerización de los PP: Polimerización en suspensión, polimerización en masa y polimerización en fase gaseosa [7].

## 2.1 Proceso en suspensión o “Slurry”

Este proceso es llamado así porque las partículas de PP se dispersan en forma de suspensión en el solvente (Proceso de polimerización por solvente) [7]. Esta reacción tiene lugar en un hidrocarburo líquido, en el que el PP es prácticamente insoluble a una temperatura inferior a la de fusión del polímero. Dentro de este tipo de procesos existen marcadas diferencias en la configuración de los reactores (de tipo bucle o autoclave) y en el tipo de diluyente utilizado, lo que afecta las características de la operación y al rango de productos que se puede fabricar. El más conocido es el proceso Montecatini, que gracias a los avances en materia de polimerización está prácticamente en desuso. El proceso se divide en varias etapas, tal como se muestra en la Figura 6, preparación del catalizador, polimerización, recuperación del monómero y solvente, remoción de residuos del catalizador, remoción del polímero atáctico y de bajo peso molecular, secado del producto, adición de modificadores y extracción del polímero.

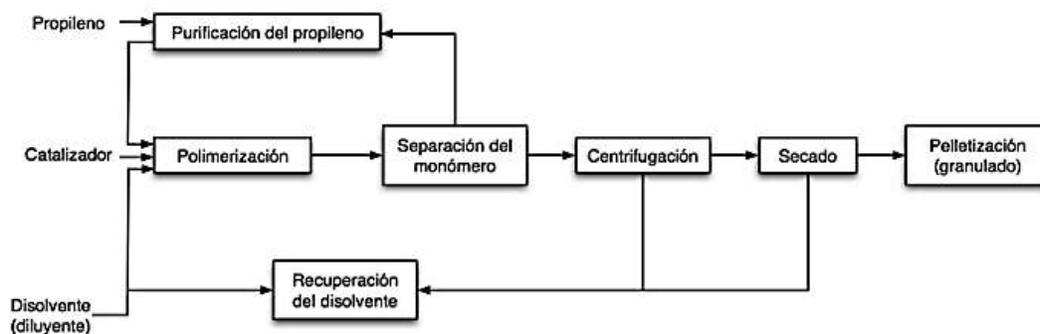


Figura 6. Diagrama de bloque del proceso en suspensión.

## 2.2 Proceso en masa con monómeros en fase líquida

La principal diferencia de este proceso con respecto al de suspensión es la sustitución del solvente por propileno líquido. Esto fue posible debido al desarrollo de nuevos catalizadores, y no fue más necesaria la extracción del catalizador ni la remoción del polímero atáctico. Se trata de un proceso versátil con menos etapas como se puede observar en la Figura 7.

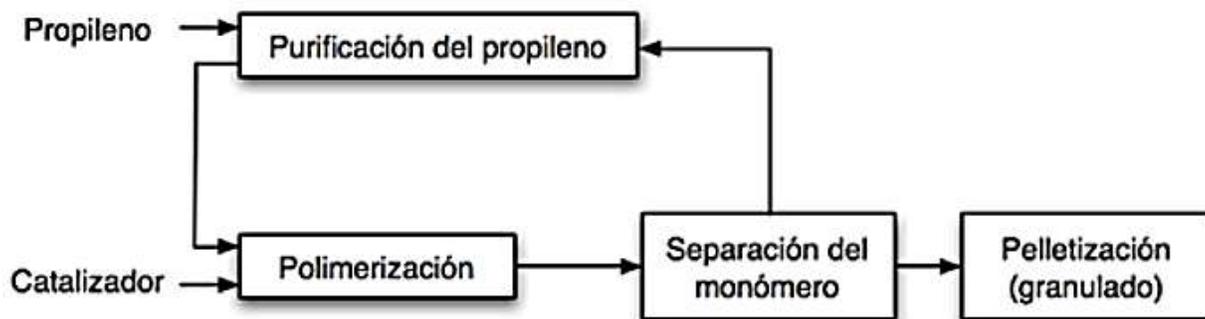
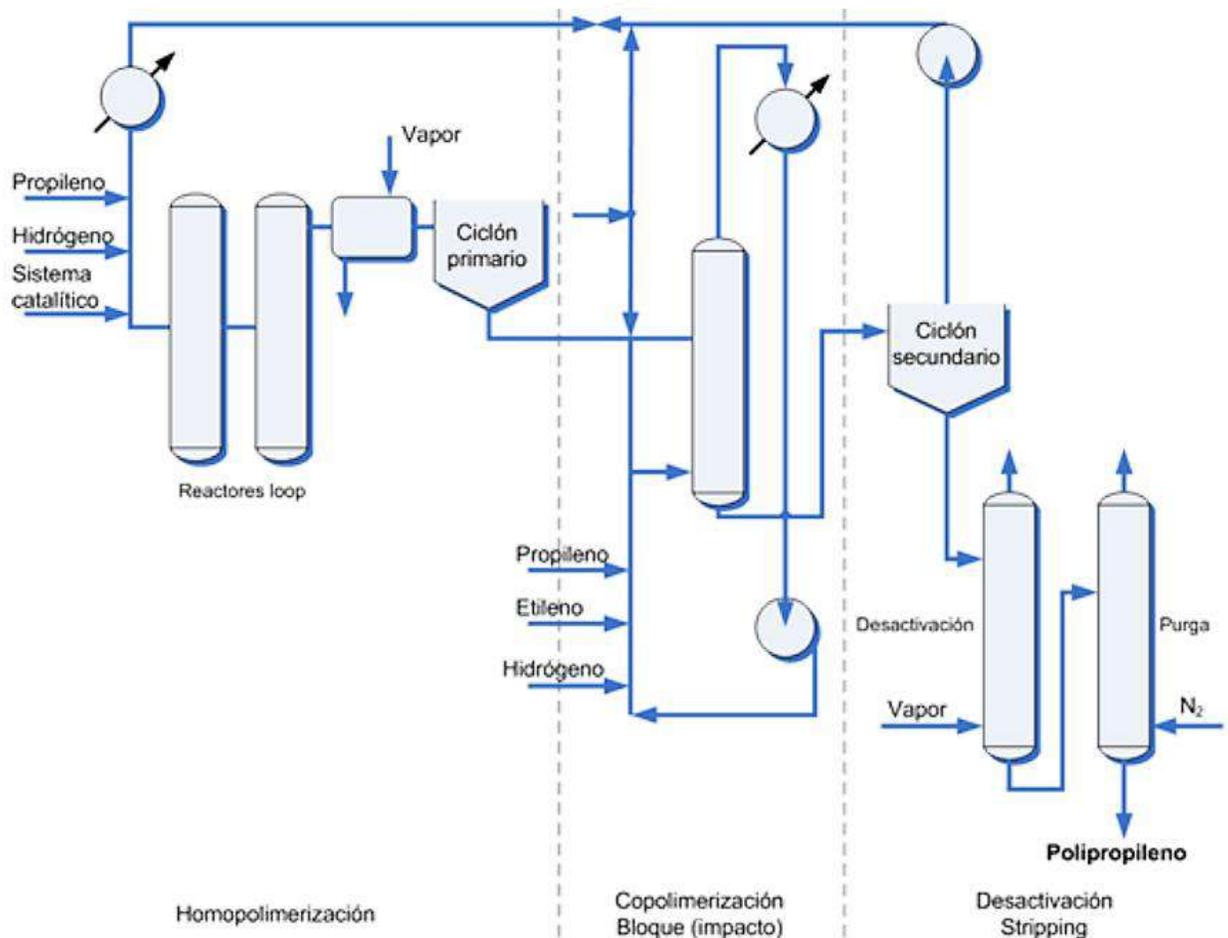


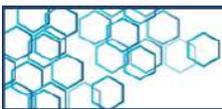
Figura 7. Diagrama de bloque del proceso con monómero en fase líquida.

El proceso más utilizado comercialmente corresponde a esta clasificación y es llamado Spheripol, el cual permite preparar diferentes tipos de productos con propiedades óptimas.

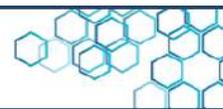
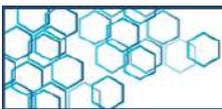
La Figura 8 muestra las etapas del proceso Spheripol, el cual es continuo y se basa en un catalizador superactivo ( $Ti/MgCl_2$ ), un alquilaluminio, un donador de electrones.



**Figura 8.** Diagrama de flujo del proceso Spheripol.



Existen dos reactores en serie: el primero para trabajar en masa y el segundo en fase gas. El primer reactor es de tipo bucle, donde se hace circular catalizador y monómero a gran velocidad para que permanezcan en suspensión en el diluyente. El diluyente es el propio propileno líquido, el cual facilita la evacuación del calor generado por la reacción y al mismo tiempo permite aumentar el rendimiento del sistema catalítico. En este reactor tipo bucle (loop) la mezcla reaccionante fluye impulsada por una bomba axial (no requiere agitación externa), y alcanza una alta velocidad que previene la deposición de polímero en las paredes del reactor; el área de transferencia de calor por unidad de volumen es más alta que en un reactor agitado, lo que permite un mejor control de la temperatura y mayor productividad. El tiempo de residencia en el reactor se puede alterar, variando la velocidad de recirculación. El propileno, que se puede diluir en propano (hasta el 40 %), alimenta al reactor en presencia de catalizador e hidrógeno. La temperatura de reacción es de entre 65 °C y 80 °C, y la presión de 33 atm. La mezcla de reacción circula rápidamente, y contiene hasta 50 % de sólidos. El Polímero y monómero no reaccionado se separan en un tanque flash a 16 atm. El monómero se recircula al reactor, y se remueve el propano sobrante. En el segundo reactor (de fase gas), se incorpora el polímero producido en el reactor tipo bucle. En esta fase se preparan copolímeros con características especiales añadiendo un comonómero (por ejemplo, etileno), además del monómero. A este reactor de lecho fluidizado ingresan las partículas de polímero y vapor de agua, con el fin de desactivar el catalizador. El secado se realiza con nitrógeno. El polímero se obtiene en forma de partículas esféricas con diámetro entre 1,5 y 2 mm y distribución de tamaño estrecha. La productividad es del orden de 20 kg/g catalizador

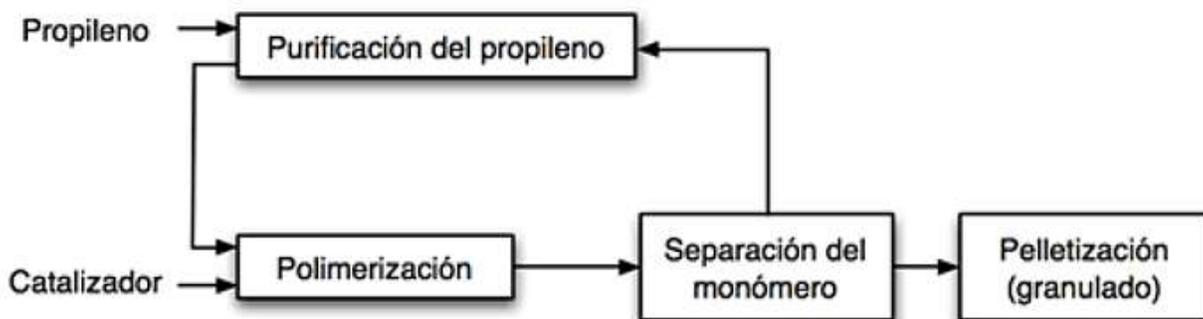


soportado (1000 Kg/g Ti). El índice de isotacticidad es de 97 %. El peso molecular se controla por adición de hidrógeno durante la reacción, y también utilizando compuestos organometálicos derivados de zinc o cadmio [8].

### 2.3 Proceso en masa con monómeros en fase gas

Los procesos en fase gaseosa aparecieron casi simultáneamente con los de fase líquida. Esta tecnología fue revolucionaria porque evitaba completamente la necesidad de un solvente o un medio líquido para dispersar los reactivos y productos del reactor. También, elimina la separación y recuperación de grandes cantidades de solventes o de propileno líquido, que era necesaria en los procesos con reactores en suspensión o en fase líquida. El polipropileno producto que se obtenía en los reactores de fase gas era esencialmente seco y sólo requería la desactivación de una pequeña parte de los residuos del catalizador antes de la incorporación de aditivos y su posterior peletización.

La Figura 9 representa un esquema general del proceso, el cual es parecido al de fase líquida, pero con menos etapas intermedias. Esta tecnología redujo la manufactura del polipropileno a pocos pasos esenciales. Algunos procesos muy populares representantes de esta tecnología son: Novolen, y Unipol [8].



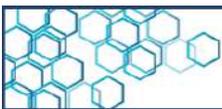
**Figura 9.** Diagrama de bloque del proceso en masa con monómero en fase gas.

### 3. Tipos de polipropilenos existentes

En general, los polímeros que consisten en monómeros idénticos se denominan homopolímeros, y los polímeros que están compuestos con más de un tipo de monómero en sus cadenas se conocen como copolímeros [4].

En los polipropilenos es importante acotar, como influye el grado de cristalinidad en las propiedades y los monómeros existentes en su matriz, razón principal e importante para su clasificación o tipos. Estas propiedades se pueden variar alterando el contenido y la distribución de la regularidad (tacticidad) de la cadena. Estas modificaciones se pueden lograr con la incorporación de un comonómero, como el etileno, en las cadenas poliméricas o la incorporación de un modificador de impacto en la formulación de la resina [2].

Existen tres tipos diferentes de polipropileno. Primero, un polipropileno que contiene solo monómero de propileno en una forma sólida semicristalina, homopolímero PP (HPP). En segundo lugar, el



polipropileno que contiene etileno como comonomero en las cadenas de PP en el rango de 1-8 %, copolímero aleatorio (RCP). Tercero, un HPP que contiene una fase RCP mezclada con contenido de etileno de 45 % a 65% llamado copolímero de impacto (ICP). Considerando la cristalinidad y matriz del PP, entra en juego el grado de tacticidad del polipropileno en la cual se subdividen los HPP. Entre los tipos de homopolímeros PP tenemos los polipropilenos isotácticos (iPP), sindiatáctico (sPP) y atáctico (aPP).

En otras palabras, el HPP consta de una sola unidad de propileno a lo largo de la cadena, con unidades de propileno en su mayoría isotácticas dando una estructura cristalina al polímero. Por lo tanto, el HPP exhibe un alto nivel de rigidez a temperatura ambiente y un alto punto de fusión, pero menor transparencia, así como, disminución de la fuerza de impacto.

### 3.1 Homopolímeros de polipropileno (HPP)

El homopolímero PP, es un sistema de dos fases porque contiene tanto cristalino como regiones lineales y no cristalinas. Las regiones no cristalinas o amorfas son compuestas tanto de PP isotáctico como de PP atáctico. El PP isotáctico en algunas regiones es cristalizable, y cristalizará lentamente con el tiempo hasta el límite que el enredo permita.

La estructura polimérica se denomina de diferentes formas en función de la orientación de los grupos metilo en la cadena principal; con base en esta consideración, se clasifican en polipropileno isotáctico,

sindiotático o atáctico como se muestra en la Figura 10. En esta, los grupos metilos están ubicados en diferentes zonas de la red cristalina.

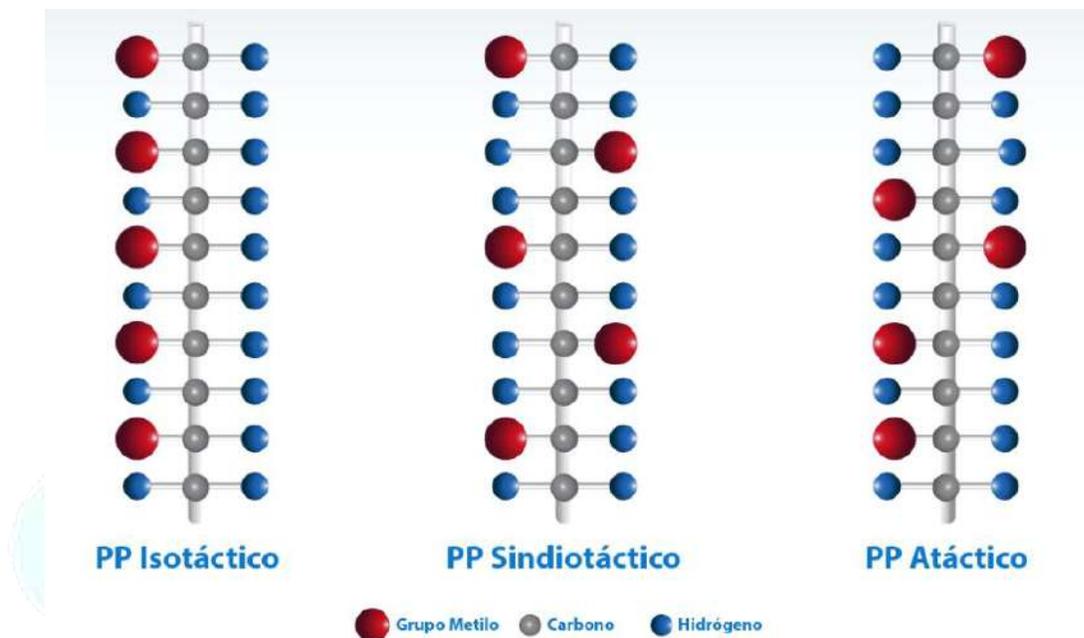
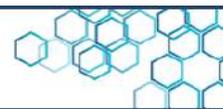
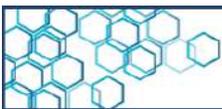


Figura 10. Tipo de tacticidad de los PP.

**PP Isotático (iPP):** El más utilizado, con moléculas que forman hélices, tiene una alta dureza y rigidez para fundir a los 1.760 °C. Tiene una alta cristalinidad (220.000 - 700.000 g/mol), y presenta un índice de fluidez entre 0,3–1.000 g/10min.

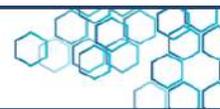
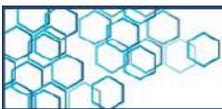
**PP Sindiotático (sPP):** Tiene los grupos metilo alternados a los lados de la cadena. Este no se produce comercialmente. Poco cristalino, lo cual lo hace ser más elástico que el polipropileno isotático, pero también menos resistente.



**PP Atáctico (aPP):** los grupos metilo se encuentran distribuidos en forma aleatoria a lo largo de la cadena de la macromolécula. Es amorfo y tiene pocas aplicaciones.

### 3.2 Copolímero aleatorio (Random)

Los copolímeros aleatorios (RCP), son copolímeros de etileno/propileno que se producen en un solo reactor mediante la copolimerización de propileno y pequeñas cantidades de etileno (generalmente 7 % o menos). El etileno interrumpe la estructura regular del polipropileno y da como resultado una reducción de uniformidad cristalina en el polímero. La relación entre el etileno y el espesor cristalino, es inversamente proporcional, lo que significa que a medida que el contenido de etileno aumenta, el espesor cristalino disminuye gradualmente, resultando en un punto de fusión más bajo. Estos copolímeros generalmente tienen propiedades de impacto ligeramente mejores que los HPP, disminución del punto de fusión y mayor flexibilidad. El etileno copolimerizado, cambia las propiedades del polímero. Con cadenas significativamente mayores, resulta en productos termoplásticos que se venden en mercados en los que las propiedades de impacto son ligeramente mejores, claridad mejorada, punto de fusión reducido o flexibilidad mejorada. El etileno monómero en la cadena de PP, se manifiesta como un defecto en la regularidad de la cadena, por lo que inhibe la cristalización de la cadena. La cantidad de etileno incorporada en la cadena suele ser dictada por el equilibrio entre las propiedades térmicas, ópticas y mecánicas.



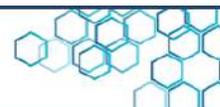
### 3.3 Copolímero de impacto

Los copolímeros de impacto (ICP), son mezclas físicas de HPP y RCP con un contenido total de etileno de aproximadamente entre 6 – 15 % en peso. Estos polímeros son óptimos a bajas temperaturas con una mayor resistencia al impacto. La parte RCP de la mezcla es diseñada para tener contenidos de etileno en el orden de entre 40 – 65 % y se denomina fase de caucho. El parecido a la goma mejora en gran medida la resistencia al impacto, particularmente a bajas temperaturas (por debajo de  $-20^{\circ}\text{C}$ ). Sin embargo, la rigidez es reducida resultando en un excelente equilibrio rigidez/impacto. Los productos de ICP, así como, la resistencia al impacto varía con respecto al tamaño, forma y distribución de las partículas de caucho.

En cuanto a ventajas y desventajas de los dos grandes grupos de PP, se presentan en la Tabla 1, que ilustra las diversas debilidades y fortalezas de ambos materiales, siendo el CPP el de mejores prestaciones y características, como lo son su procesabilidad, resistencia al impacto y la rigidez.

**Tabla 1.** Ventajas y desventajas del PP [4].

Ventajas del PP		Desventajas del PP
HPP	CPP	Degradación por UV
Buena procesabilidad	Alta procesabilidad	Flamable
Buena resistencia al impacto	Alta resistencia al impacto	Ataque por solventes aromáticos y clorados
Buena rigidez	Alta rigidez	Difícil de mezclar
Contacto con comida aceptable	Contacto con comida Preferiblemente no.	Degradación oxidativa severa por metales
		Resistencia al impacto a bajas temperaturas pobre



## 4. Propiedades del polipropileno

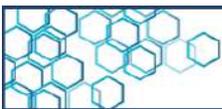
### 4.1 Propiedades fisicoquímicas

En general el PP puede considerarse químicamente inerte dada su estructura estable, lo que le otorga buenas propiedades de resistencia química. La Tabla 2 muestra algunas propiedades físicas del PP [9].

**Tabla 2.** Propiedades físicas de los PP.

Propiedades físicas	Valores típicos
Ganancia de humedad	< 0,1 %
Índice de refracción $n_D$	1,49
Conductividad térmica (20 °C)	0,14-0,22 W.m/°K
Coefficiente lineal de expansión térmica (20-60 °C)	100 $10^{-6}$ °C <sup>-1</sup>
Calor de fusión (Entalpía)	21 cal/gr
Calor específico	0,46 cal/gr.°C
Densidad del fundido a 180 °C	0,769 gr/cc
Calor de combustión	10.725 Kcal/Kg
Índice de oxígeno	17,4
Rango de temperatura de descomposición	328 – 410 °C
Constante dieléctrica (20-80°C)	2,25 kHz
Factor de disipación ( $10^2 - 10^6$ Hz)	< 0,0002 %
Resistividad volumétrica específica	> $10^{16}$ $\Omega$ .cm

Entre estas propiedades tenemos, la absorción de humedad la cual es la capacidad de absorción de agua, que influye mucho en su procesamiento como en sus propiedades y apariencia estética, los PP presentan un porcentaje de ganancia de humedad muy bajo (< 0,1 %); su índice de refracción es de 1,49 el cual es un valor típico de polímeros termoplásticos orgánicos. La conductividad térmica (K) es una medida de qué tan bien un material transfiere calor. Los PP presentan una amplia variedad en la K ya que la misma depende del grado de cristalinidad; un polímero con un alto grado de cristalinidad y una

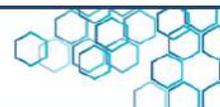


estructura ordenada tendrá una conductividad mayor que el material amorfo equivalente. Esto se debe a la vibración coordinada más efectiva de las cadenas de moléculas en el estado cristalino.

La entalpía de fusión o calor de fusión ( $\Delta_{fus}H$ ), es la cantidad de energía necesaria para hacer que un mol de un elemento alcance su punto de fusión y pase del estado sólido al líquido, a presión constante. En otras palabras, es la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno. El PP presenta un  $\Delta_{fus}H$  de 21 cal/gr. La densidad del PP es baja (0,769 gr/cc). El índice de oxígeno limitante (LOI), o índice de oxígeno (límite) (IO (L) o (L) OI [índice de oxígeno (límite)]), es utilizada para caracterizar la combustibilidad (inflamabilidad) de un material combustible, en particular un plástico. Para el PP la combustibilidad es muy alta (17,4). Estas propiedades, junto con su resistencia al agua, baja densidad y buena relación precio/propiedades otorgan al PP gran importancia a nivel industrial [9].

En el mismo orden de ideas, la Tabla 3 muestra algunas propiedades del polipropileno isotáctico [10]. El iPP es semirrígido, translúcido, con buena tenacidad, resistencia al calor y a productos químicos. Además, tiene alto reblandecimiento o punto de transición vítrea, baja absorción de agua, buena resistencia eléctrica, estabilidad dimensional, y no es tóxico.

**Tabla 3.** Propiedades del iPP.

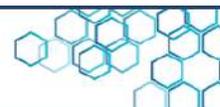
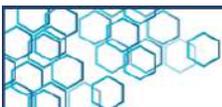


Propiedad	Valor
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0,91-0,94
Resistencia a la tracción (Psi)	3.200-5.000
Absorción de agua 24h (%)	0.01
Elongación (%)	3-700
Punto de reblandecimiento T <sub>g</sub> (°C)	140-150
Punto de fusión T <sub>m</sub> (°C)	160-166
Expansión térmica 10 -5 pulg/pulg (°C)	5,8-10
Volumen específico (cm <sup>3</sup> /lb)	30,4-30,8

## 4.2 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del polipropileno varían drásticamente en función del grado de cristalinidad. Un aumento de la cristalinidad en el material se traduce en un incremento en la rigidez, en la resistencia a la flexión, pero hace disminuir ciertas propiedades como la dureza y la resistencia a impacto [9].

En la Tabla 4 se puede observar algunas propiedades mecánicas de diferentes tipos de PP [4]. Los homopolímeros PP isotácticos (iPP), son los que presentan mejores propiedades mecánicas en líneas generales. Mayor índice de fluidez, resistencia a la tracción, módulo de flexión, elongación y dureza ligeramente superiores a los demás homopolímeros PP y copolímeros PP. Con el aumento de la cristalinidad existe un mejor reordenamiento de las cadenas poliméricas, que se traduce a mejores propiedades del polímero (características del iPP). Los homopolímeros con presencia de zonas amorfas como el sPP y aPP, presentan rangos de valores menores en comparación con el iPP. Los CPP, muestran diferencias entre sí en algunas propiedades en



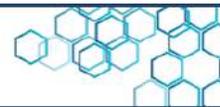
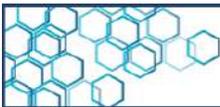
específico. La dureza y resistencia a la tracción se evidencia más alta en los copolímeros de impacto a diferencia de los otros PP [11].

**Tabla 4.** Propiedades mecánicas de los PP.

Propiedad	Homopolímero PP			Copolímero PP	
	iPP	sPP	aPP	ICP	RCP
Índice de fluidez	3	0,7	0,2	3	0,2
Resistencia a la tracción (MPa)	34	30	29	29	25
Elongación a la fractura (%)	350	115	175	40	240
Módulo de flexión (MPa)	1.310	1.170	1.100	1.290	1.030
Temperatura de fragilidad (°C)	15	0	0	-15	-20
Punto de reblandamiento Vicat (°C)	154 -150	148	148	148	147
Dureza Rockwell (Escala R)	95	90	90	95	88,5
Resistencia al impacto (ft.lb)	10	25	34	34	42,5

Los grados comerciales están disponibles en variedad de distribución de peso molecular y tipos de comonomero, así como, con sus contenidos y aditivos. Con mejores propiedades físicas el PP puede tener aplicaciones más exigentes como películas, fibras, cintas, láminas, termoformado, inyecciones y moldeo por soplado. Algunas comparaciones de propiedades mecánicas y térmicas de los polipropilenos comerciales como conductividad térmica se muestran en la Tabla 3 y 4, respectivamente [12, 11].

Las propiedades de varios grados de homopolímero se muestran en la Tabla 5. En esta tabla, el peso molecular del polímero y la polidispersidad se adaptan para dar las mejores características de

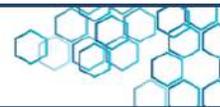
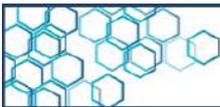


procesamiento para cada proceso de fabricación. Los polímeros que se muestran en la Tabla 5, se produce por polimerización directa. Mayores grados de flujo de fusión, y los grados de “reología controlada” con polidispersidad estrecha, pueden ser importantes en otras aplicaciones, incluidas las fibras. Las resinas de polidispersidad estrecha, también se pueden producir por catalizadores de metalloceno [13]. Estos catalizadores también pueden producir iPP con una estrecha distribución de tacticidad entre cadenas. Los grados de alta cristalinidad (tacticidad) y los grados de alta polidispersidad proporcionan rigidez adicional y mayor temperatura de distorsión térmica en solicitudes de moldeo por inyección [14].

**Tabla 5.** Propiedades de homopolímeros PP de diferentes grados [15]

Índice de fluidez (g/10min)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Elongación a la fluencia (%)	Módulo de flexión 1% secante (Mpa)	Temperatura de deflexión 455KPa, (°C)	Impacto Izod a 23°C (J/m)	Dureza Rockwell R	Productos / Aplicación
0.5	33	13	1.200	96	81	86	Extrusión, perfiles
4	34	12	1.400	93	39	86	Moldeo por inyección, fines generales
12	34	10	1.400	92	35	88	Moldeo por inyección, fines generales
22	36	10	1.500	93	34	93	Moldeo por inyección, fines generales, pared delgada
35	32	12	1.200	95	32	89	Moldeo por inyección de reología controlada.

En la Tabla 6, se muestran las propiedades de algunos copolímeros aleatorios. Estos copolímeros tienen etileno, aunque también es posible buteno. La rigidez de estos polímeros es menor que la de los homopolímeros. En estos se mejora la resistencia al impacto, particularmente a temperaturas de refrigeración. La claridad también se mejora. Su bajo punto de fusión permite su uso como capas selladoras en películas de polipropileno.



**Tabla 6.** Propiedades de copolímeros aleatorios (random) de etileno [15].

Índice de fluidez (g/10min)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Elongación a la fluencia (%)	Módulo de flexión 1% secante (Mpa)	Temperatura de deflexión 455KPa, (°C)	Impacto Izod a 23°C (J/m)	Productos / Aplicación
2	28	13	940	79	330	Moldeo por soplado de alta calidad, extrusión, termoconformado
6,5	28	13	920	76	56	Película fundida de alta calidad
11	30	13	1.000	84	66	Moldeo por inyección de alta calidad, moldeo por inyección soplado
35	28	13	940	83	140	Moldeo por inyección de reología controlada

En la Tabla 7, se dan las propiedades de los copolímeros resistentes al impacto. Gran parte de esta clase de material se utiliza en aplicaciones de moldeo por inyección, proporcionando resistencia al impacto muy por debajo de 0°C. Son Copolímeros que contienen alta flexibilidad en sus productos. Además, se utilizan cargas minerales, ya que es uno de los plásticos más duros, resistentes al calor y al agua, el cual posee características que lo diferencian de entre otros materiales. Este material es utilizado para crear objetos de todo tipo, debido a que sus componentes lo hacen flexible al ser usados.

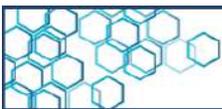
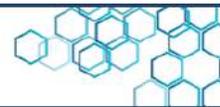
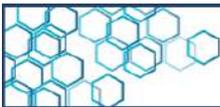


Tabla 7. Propiedades de copolímeros de impacto de etileno [15].

Índice de fluidez (g/10min)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Elongación a la fluencia (%)	Módulo de flexión 1% secante (Mpa)	Temperatura de deflexión 455KPa, (°C)	Impacto Izod a 23°C (J/m)	Productos / Aplicación
0.45	27	11	1.100	88	No falla	extrusión
2	27	9	1.200	90	270	Moldeo por inyección de impacto medio
4	27	8	1.200	90	110	Moldeo por inyección de impacto medio
35	27	6	1.400	100	70	Moldeo por inyección con flujo alto y paredes delgadas de impacto medio
50	26	6	1.200	107	42	Moldeo por inyección con flujo alto y paredes delgadas de impacto medio
4	21	8	1.000	81	No falla	Extrusión y Moldeo por inyección de impacto medio
8	26	8	1.200	87	100	
22	24	7	1.000	83	100	Moldeo por Inyección de reología controlada moldeo de impacto medio
12	22	8	900	82	340	Moldeo por inyección con resistencia alto impacto

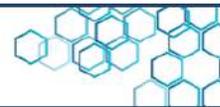
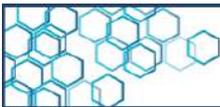
## 5. Aplicaciones del polipropileno

El PP posee características que lo diferencian de otros materiales. A partir de los procesos industriales se pueden preparar un sin fin de productos diferentes, cuyas propiedades varían según la longitud de las cadenas del polímero (peso molecular), de su polidispersidad y de



comonómeros eventualmente incorporados [9]. Las aplicaciones del PP son ilimitadas e incluyen flejes, películas, láminas, moldeo por inyección y soplado, películas, telas no tejidas y monofilamentos, así como, diferentes tipos de fibras o tejidos. El PP es un material central en muchos plásticos modificados para mejorar sus propiedades. Ideales para utilizarlos como condensadores de película delgada en aplicaciones eléctricas para almacenar energía. Empaques rígidos y artículos para el hogar, son algunas aplicaciones del moldeo por inyección. Las botellas y los tarros son los principales productos de la técnica de moldeo por soplado [4].

El PP tiene muchas otras aplicaciones asociadas con plásticos en herramientas médicas o de laboratorio, tinas de plástico, envases de plástico, papeleras, receta de farmacia, botellas, recipientes enfriadores, platos, jarras, alfombras, aislamiento para cables eléctricos, carpetas de papelería, cajas de almacenamiento, pantallas de luz, unidades de control de altavoces y filtros de agua o aire acondicionado. Además, se utiliza para producir ropa o incluso productos relacionados con la ropa, como pañales o productos sanitarios donde el PP es tratado para absorber agua (hidrofílico), en lugar de repeler el agua de forma natural (hidrofóbico). El PP es perfecto para la fabricación de base de ropa interior de capas para el frío. Otras aplicaciones interesantes del PP son las espumas de lámina de PP. La Tabla 8 muestra cómo se utiliza en diferentes áreas, como la automotriz, hogar, electrónica y en construcción [4].



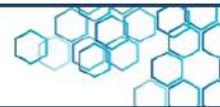
**Tabla 8.** Aplicaciones de láminas de espuma de PP [4].

<b>Transporte</b>	Productos de plástico moldeado por inyección; automotor, piezas y accesorios aeroespaciales y náuticos; vaso y espejos
<b>Muebles</b>	Mobiliario residencial y de oficina de madera; metálico, cerámico y herrajes de vidrio; espejos; armarios de madera
<b>Electrónica</b>	Ordenadores; televisores; sistemas de audio; radios; componentes y partes
<b>Construcción</b>	mantas de curado de hormigón; aluminio extruido productos; herrajes funcionales y decorativos; protección para tuberías enterradas

### 5.1 Fibras y tejidos

Las fibras se producen mediante de procesos de extrusión. Las fibras incluyen películas o cintas cortadas. Las ventajas que ofrece el PP incluyen un bajo peso específico, que significa mayor volumen por peso dado. Existen diferentes aplicaciones para fibras, como película cortada, fibras cortadas, textiles no tejidas y monofilamentos. La película cortada, es una banda ancha extruida. Su principal aplicación es en los respaldos de alfombras. Hoy en día, los respaldos de alfombras se fabrican a partir de PP naturales de yute. La razón es que las fibras de yute se dañan más rápido que las fibras de PP en climas de alta humedad. Las aplicaciones de película cortada son: cordeles, tejidos para sacos de fertilizantes, sacos de arena y a granel, bolsas de contenedores, lonas, esteras, pantallas para la erosión prevención y geotextiles para estabilizar lechos de suelo [2].

### 5.2 Películas

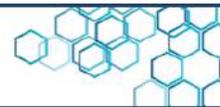
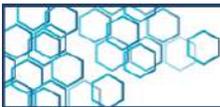


Por proceso de extrusión de PP se producen películas con espesores menores de 10 milésimas de pulgadas. Estas se utilizan en productos alimenticios, tabaco y ropa. Hay dos clases de películas: fundidas y orientadas [2]. Las películas orientadas son fabricadas depositando una capa de plástico líquido sobre una superficie y estabilizando esta forma al permitir que la masa fundida se enfríe por evaporación del disolvente. El espesor de la película suele estar entre 1-4 milésimas de pulgada. Una característica importante de las películas fundidas es que son blandas. Tanto los homopolímeros como los copolímeros aleatorios, son utilizados en películas de reparto. Las películas fundidas se convierten en productos como bolsas, páginas, protectores de hojas, cintas y etiquetas autoadhesivas [2].

### 5.3 Termoformado

Implica calefacción de la lámina termoplástica hasta su punto de reblandecimiento seguido de formación de la hoja ablandada en una forma deseada por medios mecánicos y finalmente la solidificación en la forma deseada. El proceso de extrusión produce una hoja que es mayor de 10 milésimas de pulgada de espesor y el espesor típico es de aproximadamente 40 milésimas de pulgada. El ancho de la hoja suele ser de 2 a 7 pies. Se utilizan hojas en la producción de envases termoformados para aplicaciones de embalajes rígidos.

### 5.4 Moldeo por inyección.



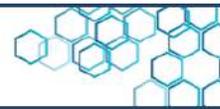
Estos artículos están hechos de homopolímeros, copolímeros de impacto y aleatorios, y de una variedad de polímeros rellenos, utilizando máquinas de inyección convencionales. Este consiste en la fusión del material, junto con colorantes o aditivos, para luego forzarlo bajo presión dentro de un molde. Este molde es refrigerado, el material se solidifica y el artículo final es extraído. Este método es usado para hacer muchos tipos de artículos, como frascos, tapas, muebles plásticos, sillas, cuerpos de electrodomésticos, juguetes, aparatos domésticos y piezas de automóviles [8].

#### 5.5. Moldeo por soplado.

Es usado para la producción de frascos, botellas, bidones, toboganes, tanques, tanques de vehículos, etc. En este proceso, un tubo de material fundido es soplado dentro de un molde y toma la forma de la cavidad. Cuando es enfriado, el molde es abierto y el artículo extraído.

#### 5.6. Industria automotriz.

El PP tiene una gran presencia en los vehículos. Para ejemplo, uno de sus usos es en cajas de batería dado que el PP se considera el termoplástico más ligero debido a su baja densidad (0,9 g/mL), gran parte de los plásticos en autos nuevos son PP porque las compañías automotrices tienden a reducir el total peso de sus coches para ahorrar gastos en consumo de gasolina. Además, se fabrican molduras interiores y varios componentes exteriores, acabados interiores como puertas, los pilares, los paneles laterales y las consolas. Un material especial conocido que se produce a partir de PP llamado La olefina



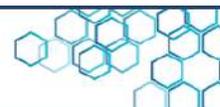
termoplástica (TPO), se utiliza en los parachoques de los automóviles. El TPO También se utiliza en revestimientos laterales de carrocería, paneles de balancines e incluso parrillas [4].

## 6. Producción industrial del polipropileno

### 6.1 Principales empresas productoras nacionales

#### Propilven:

Es una empresa venezolana de capital mixto, productora de polipropileno grados homopolímeros, copolímeros random e impacto, ver Figura 11. La empresa fue constituida en 1985, con su planta ubicada en el Complejo Petroquímico Zulia "Ana María Campos", en la costa nororiental del Lago de Maracaibo, al noroeste de Venezuela. La capacidad instalada de Propilven a principio de la década de 1990 fue de 70.000 toneladas; para 1996 se incrementó a 84.000 toneladas métricas por año. Llegó A 110.000 en el año 2004. Con el plan de expansión lograron un incremento de 34.000 toneladas más [8]. En el año 2022, Khalil Nasser, miembro y expresidente de la Cámara Venezolana de la Industria del Plástico, aseguró que, la empresa productora de plástico produjo alrededor de 20.000 toneladas la cual representa un 15% de su capacidad instalada.



**Figura 11.** Logo de Polipropileno de Venezuela S.A (PROPILVEN)

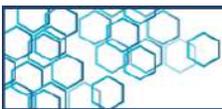
## 6.2. Principales empresas productoras a nivel mundial

El tamaño del mercado de polipropileno se estimó en más de 80 millones de toneladas en 2021, y se prevé que el mercado registre una CAGR del 5,2 % durante el período de pronóstico (2022-2027).

Asia Pacífico fue la región más grande en el mercado de polipropileno en el año 2021. América del Norte fue la segunda región más grande en el mercado de polipropileno. Las regiones son Asia-Pacífico, Europa Occidental, Europa del Este, América del Norte, América del Sur, Oriente Medio y África. Las empresas más importantes y mencionadas a nivel mundial son: Lyondellbasell, Borealis, Braskem, China Petrochemical Corporation y Reliance Industries Limited, entre otras.

## 7. Conclusiones

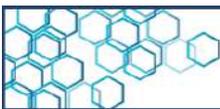
El polipropileno es un polímero que surge de la polimerización de propileno. Siendo la segunda poliolefina más utilizada a nivel mundial



luego del PE. Existen 3 clasificaciones de procesos para polimerizar al propileno, siendo la fase gaseosa la más eficaz, aunque el proceso en masa con monómero en fase líquida y fase gas, son los más utilizados actualmente, y no necesitan de un disolvente adicional a diferencia del proceso en suspensión. Los mecanismos de reacción de Z-N contemplan una iniciación (activación del catalizador), propagación (crecimiento de la cadena) y terminación (transferencia de cadena y descomposición del catalizador). El proceso Spheripol, es el proceso en masa más utilizado comercialmente, por las mejoras que ofrece ante el proceso de suspensión. En Venezuela, solo existe la empresa Propilven, la cual polimeriza y comercializa el PP a empresas nacionales que están encargadas únicamente de su transformación. El polipropileno es un polímero con una variedad muy amplia de aplicaciones, las cuales con el desarrollo tecnológico de la actualidad seguirá ampliándose mucho más debido a sus excelentes propiedades.

## 8. Referencias bibliográficas

- [1]. Busico V, Cipullo R. Microstructure of polypropylene. Prog Polym Sci [Internet]. 2001;26(3):443-533. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0079-6700\(00\)00046-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-6700(00)00046-0)
- [2]. Karian HG. Handbook of polypropylene and polypropylene composites, revised and expanded. 2a ed. Boca Ratón, FL, Estados Unidos de América: CRC Press; 2003.
- [3]. Brenner E. Polypropylene ± an Alternative? Window Profile Material in PP Compound, 2004.
- [4]. Maddah HA. Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. American Journal of Polymer Science. 2016;6(1):1-11.



- [5]. Natta G, Pino P, Corradini P, Danusso F, Mantica E, Mazzanti G y Moraglio G. Crystalline high polymers of  $\alpha$ -olefins. 1955. Journal of the American Chemical Society, 77(6), 1708-1710.
- [6]. Caicedo-Cano C, Servicio Nacional de Aprendizaje - Centro de Asistencia Técnica a la Industria, Crespo-Delgado LM, de la Cruz-Rodríguez H, Álvarez-Jaramillo NÁ, Servicio Nacional de Aprendizaje - Centro de Asistencia Técnica a la Industria, et al. Propiedades termomecánicas del Polipropileno: Efectos durante el reprocesamiento. Ing Investig Tecnol. 2017;18 (3): 345-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2017.18n3.022>
- [7]. Hideki S, Hiroyuki O. Review on Development of Polypropylene Manufacturing Process. Sumitomo Chemical Co, Ltd Process & Production Technology Center. 2009; II.
- [8]. López A, Caleffi C, Dominguez. N. proceso-de-polipropileno. 2016 Jun.
- [9]. Monzo M. Investigación de la influencia del tipo de gas utilizado en el plasma atmosférico, en la modificación superficial del polipropileno. 2015.
- [10]. Shubhra QTH, Alam AKMM, Quaiyyum MA. Mechanical properties of polypropylene composites: A review. Vol. 26, Journal of Thermoplastic Composite Materials. 2013. p. 362-91.
- [11]. Brydson TJA. Brydson's Plastics Materials. Brydson's Plastics Materials. 2017.
- [12]. Andrady AL, Neal MA. Applications and societal benefits of plastics. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2009 Jul 27;364(1526):1977-84.
- [13]. Brintzinger HH, Fischer D, Miilhaupt R, Rieger B, Waymouth RM. Stereospecific Olefin Polymerization with Chiral Metallocene Catalysts.
- [14]. Supaphol P, Spruiell JE. Regime crystallization in syndiotactic polypropylenes: re-evaluation of the literature data.
- [15]. Lieberman RB, Barbe PC. PROPYLENE POLYMERS. Encyclopedia of Polymer Science and Technology. 2004. p 287-298.

Artículo de Investigación

## Estudio patentométrico sobre las tecnologías de pasteurización de suelos - Período 1993-2022

M. Lopez<sup>1</sup>, J. Izaguirre<sup>1</sup>, Y. Guerrero<sup>1</sup>, N. Tellería<sup>1\*</sup>,  
H. Rodríguez<sup>1</sup>, M. Henríquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gerencia de proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación I+D+i. Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ)

### Resumen



**Recibido:** 18 de septiembre del 2023

**Aceptado:** 7 de diciembre del 2023

**Publicado:** 8 de enero del 2023

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

**DOI:** 10.5281/zenodo.10732374

**\*Autor para correspondencia:**

Natasha Tellería

**e-mail:** [ntelleria.cntq@gmail.com](mailto:ntelleria.cntq@gmail.com)

El suelo o sustrato utilizado para el cultivo de alimentos pueden albergar una gran cantidad de organismos como hongos, bacterias, nemátodos, artrópodos, entre otros. Algunos de ellos con actividad parasitaria que pueden causar importantes pérdidas de calidad en las producciones agrícolas, obligando al agricultor a utilizar agroquímicos altamente tóxicos como el bromuro de metilo, como método de eliminación de éstos microorganismos, lo que está provocando la contaminación de los recursos naturales, suelo y agua, así como, el deterioro de la capa de ozono. Por ello surge la presente investigación que tiene por objetivo identificar la tendencia tecnológica en la pasteurización de suelos, como alternativa amigable con el medio ambiente, a través del análisis de los documentos de propiedad intelectual publicados en el área durante el período de 1993-2022. La cantidad de documentos de propiedad intelectual, presentaron un crecimiento anual promedio de 3,33 %, entre los cuales, China se presenta como el país predominante con el 65,25 % del total de las invenciones. Mientras que la orientación tecnológica, en el periodo de estudio, se inclina al uso del vapor como fluido de calentamiento para la desinfección de suelos y disminución de patógenos en los cultivos.

**Palabras clave:** agroquímicos, contaminación, invenciones, pasteurización, tecnológica.

Research article

## Patentometric study on soil pasteurization technologies - Period 1993-2022

M. Lopez<sup>1</sup>, J. Izaguirre<sup>1</sup>, Y. Guerrero<sup>1</sup>, N. Tellería<sup>\*1</sup>,  
H. Rodríguez<sup>1</sup>, M. Henríquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gerencia de proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación I+D+i. Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ)

### Abstract



**Received:** September 18, 2023

**Accepted:** December 7, 2023

**Published:** January 8, 2023

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

**DOI:**  
10.5281/zenodo.10732374

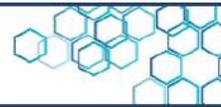
**\*Corresponding author:**

Natasha Tellería

**e-mail:**  
[ntelleria.cntq@gmail.com](mailto:ntelleria.cntq@gmail.com)

Soil or substrate used for growing food can host a large number of organisms such as fungi, bacteria, nematodes, arthropods, among others. Some of them with parasitic activity that can cause significant quality losses in agricultural production, forcing the farmer to use highly toxic agrochemicals such as methyl bromide, as a method of eliminating these microorganisms, which is causing the contamination of natural resources, soil and water, as well as the deterioration of the ozone layer. For this reason, this research arises, which aims to identify the technological trend in soil pasteurization, as an environmentally friendly alternative, through the analysis of intellectual property documents published in the area during the period 1993-2022. The number of intellectual property documents presented an average annual growth of 3.33%, among which, China is the predominant country with 65.25% of the total inventions. While the technological orientation, in the study period, leans towards the use of steam as a heating fluid for soil disinfection and reduction of pathogens in crops.

**Keywords:** pasteurization, technological, inventions, agrochemicals, pollution.



## 1. Introducción

Los suelos o sustratos utilizados para el cultivo de alimentos pueden albergar una gran cantidad de organismos como hongos, bacterias, nemátodos, artrópodos, entre otros. Algunos de ellos con actividad parasitaria en los cultivos y pueden llegar a causar importantes pérdidas de calidad en las producciones agrícolas. El empleo excesivo de agroquímicos para la eliminación de estos microorganismos puede afectar tanto a la fauna como a la flora y al ser humano, si entra en contacto con la sustancia, ya sea por inhalación, contacto o ingestión [1]. Es por ello que surgen tecnologías como la pasteurización de suelos, que representa una alternativa amigable con el medio ambiente, en vez del uso de agentes químicos como el bromuro de metilo, para mejorar las condiciones sanitarias de los cultivos en general. El presente trabajo de investigación tiene por objeto la identificación de tecnologías de pasteurización de suelos, utilizadas a nivel internacional, a través de una búsqueda de documentos de patentes durante el periodo 1993 – 2022, contribuyendo a las políticas de soberanía alimentaria, como la de sustitución de importaciones y a la producción de alimentos libres de sustancias químicas.

## 2. Metodología

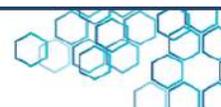
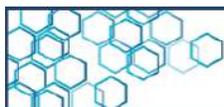
La estrategia de búsqueda consistió en identificar las palabras claves relacionadas a los procesos y equipos utilizados en la desinfección de suelos. Posteriormente, se procedió a construir la ecuación de búsqueda, utilizando los términos generales identificados, los operadores Booleanos (AND, OR, NOT) y de truncamiento (\* /"). La

ecuación establecida (Tabla 1), se usó en la plataforma seleccionada The Lens®, con el objeto de obtener información de la evolución de tecnologías en los documentos de Propiedad Intelectual (PI) sobre pasteurización de suelos.

**Tabla 1.** Ruta de búsqueda para la identificación de los documentos de propiedad intelectual relacionados a pasteurización de suelos

Plataforma	Ecuación	Filtros	Resultados
The lens	((soil AND (pasteurization OR pasteurisation OR "pasteurization process" OR sterilization OR disinfection) AND (machine OR equipment OR device OR apparatus) AND (class_ipcr.symbol:(A01M17\00) OR class_ipcr.symbol:(A01M21\04) OR class_ipcr.symbol:(A61L2\00) OR class_ipcr.symbol:(A01G13\00) OR class_ipcr.symbol:(A01B77\00) OR class_ipcr.symbol:(A01G11\00) OR class_ipcr.symbol:(A01B33\16)) NOT ("Heavy metal" OR "Heavy metals" OR fertilizer OR compost OR manure OR class_ipcr.symbol:(B09B3\00)))	1993-2022 Códigos IPC incluidos (A01M17/00, A01M21/04, A61L2/00, A01B77/00, A01G11/00, A01G13/00, A01B33/16) y excluidos (B09B3/00)	591

Con la finalidad de obtener los documentos relevantes al tema de estudio, se filtraron los resultados por medio de un conjunto de códigos de la Clasificación Internacional de Patentes (en inglés IPC),



relacionados a tecnologías y dispositivos. En la Tabla 2 se describen los códigos empleados:

**Tabla 2.** Códigos IPC utilizados

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
<b>A01M17/00</b>	Aparatos para la destrucción de animales dañinos en el suelo o en los alimentos
<b>A01M21/04</b>	Aparatos para la destrucción por vapor, productos químicos, combustión o electricidad
<b>A61L2/00</b>	Métodos o aparatos para desinfectar o esterilizar materiales u objetos que no sean alimentos o lentes de contacto
<b>A01B77/00</b>	Máquinas para levantar y tratar el suelo (biocidas, repelentes o atrayentes de plagas, reguladores del crecimiento de las plantas)
<b>A01G11/00</b>	Esterilización por vapor
<b>A01G13/00</b>	Protección de plantas (aparatos para la destrucción de alimañas o animales nocivos)
<b>A01B33/16</b>	Con arreglos adicionales especiales (para siembra o fertilización)

En la Tabla 3, se muestran los códigos empleados para excluir los grupos de patentes no relevantes para el objeto de este estudio.

**Tabla 3.** Códigos IPC excluidos.

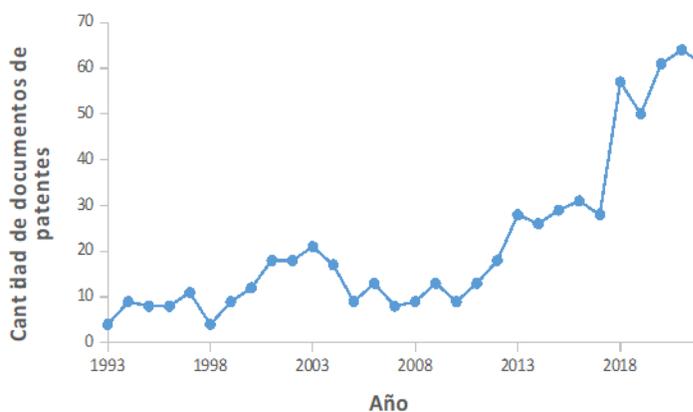
Códigos	Descripción
B09B3/00	Destruir desechos sólidos o transformar desechos sólidos en algo útil o inofensivo

### 3. Resultados

#### Estudio patentométrico en tecnologías de pasteurización de suelos.

##### 3.1 Documentos publicados por año

La cantidad de documentos de propiedad intelectual publicados referentes a la pasteurización de suelos, se ha incrementado desde el año 1993 hasta el 2022 (Figura 1), con una tasa de crecimiento anual promedio de 2,45 %, tal como se muestra en la Tabla 4.

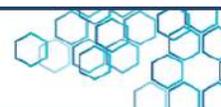
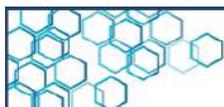


**Figura 1.** Cantidad de documentos de patentes publicados por año sobre pasteurización de suelos, periodo 1993-2022.

El promedio de publicaciones por año se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Promedio de patentes por año

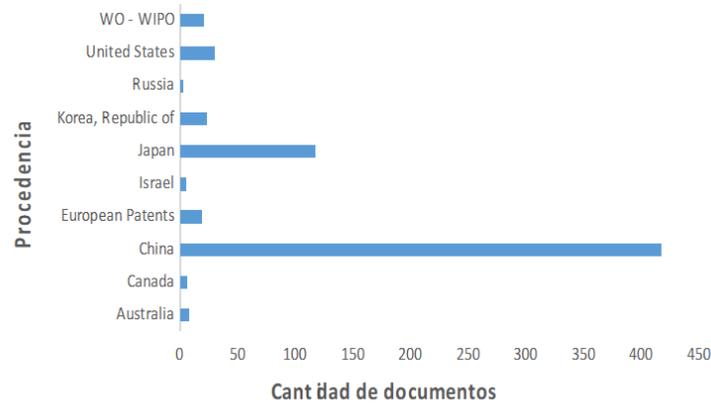
Año	Promedio
1993	1
1994	1,8
1995	1,33333333333333
1996	2
1997	1,83333333333333
1998	1
1999	1,8
2000	1,71428571428571
2001	1,9
2002	1,9
2003	2,5
2004	2,375
2005	1,8



Año	Promedio
2007	1,42857142857143
2008	1,5
2009	1,57142857142857
2010	1,5
2011	1,625
2012	2,57142857142857
2013	2,54545454545455
2014	2,6
2015	2,9
2016	2,81818181818182
2017	2,54545454545455
2018	5,18181818181818
2019	4,16666666666667
2020	5,08333333333333
2021	5,33333333333333
2022	5,16666666666667

### 3.2. Países líderes en la publicación de patentes

En cuanto a la procedencia de los documentos de patentes referente a pasteurización de suelos, durante el periodo de estudio, la República Popular de China se presenta como el país predominante con el 65,25 % de solicitudes y patentes, seguido por Japón con 18,00 % y Estados Unidos con 4,60 %, (Figura 2).



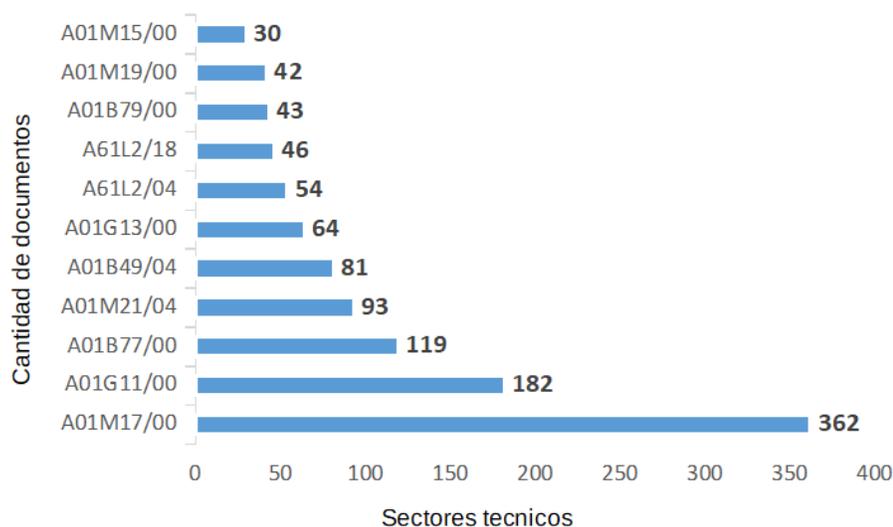
**Figura 2.** Países líderes a nivel mundial en patentamiento referente a pasteurización de suelos, periodo 1993-2022.

China ha sido un gran productor y consumidor de hortalizas, y con el continuo desarrollo del cultivo se ha generado una serie de problemas relacionados al suelo. Por ejemplo, el uso de fertilizantes químicos ha llevado a generar impactos como desequilibrio de nutrientes, barreras de cultivo, alteración de las propiedades físicas y químicas del suelo, etc [2]. Causando serios daños al crecimiento, rendimiento y calidad de las hortalizas, por lo que las tecnologías de desinfección de suelos y sustratos, como la pasteurización por vapor de agua, son utilizadas actualmente como alternativa al bromuro de metilo, cuyo uso internacional fue restringido severamente en el Protocolo de Montreal [3]. Para 2014, se habían desarrollado en el país asiático protocolos de gestión integrada de plagas, que se centraron en toda la gama de tecnologías registradas en China, teniendo en cuenta, entre otras cosas, los tratamientos de terrenos sin aplicar productos químicos como vapor, biofumigaciones, entre [4].



### 3.3 Áreas tecnológicas predominantes en la búsqueda patentométrica.

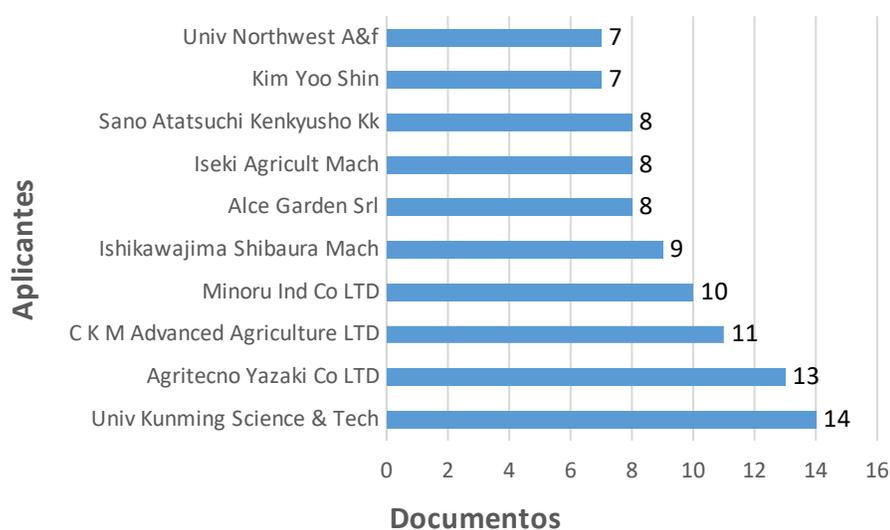
Las áreas de conocimiento de las patentes obtenidas referentes a pasteurización de suelos, durante el periodo de estudio, reflejan que el código IPC predominante es el A01M17/00, el cual abarca aparatos para la destrucción de animales dañinos en el suelo o en los alimentos, seguido del A01G11/00, que engloba la esterilización por vapor, como se muestra en la Figura 3, y el A01B77/00, que engloba a máquinas para levantar y tratar el suelo (biocidas, repelentes o atrayentes de plagas, reguladores del crecimiento de las plantas). Esta distribución puede indicar el interés de las empresas y academias en las tecnologías de desinfección de suelo a través de vapor.



**Figura 3.** Areas tecnológicas predominantes en la búsqueda patentométrica, durante el periodo de estudio.

### 3.4 Instituciones aplicantes predominantes en invenciones sobre pasteurización de suelos

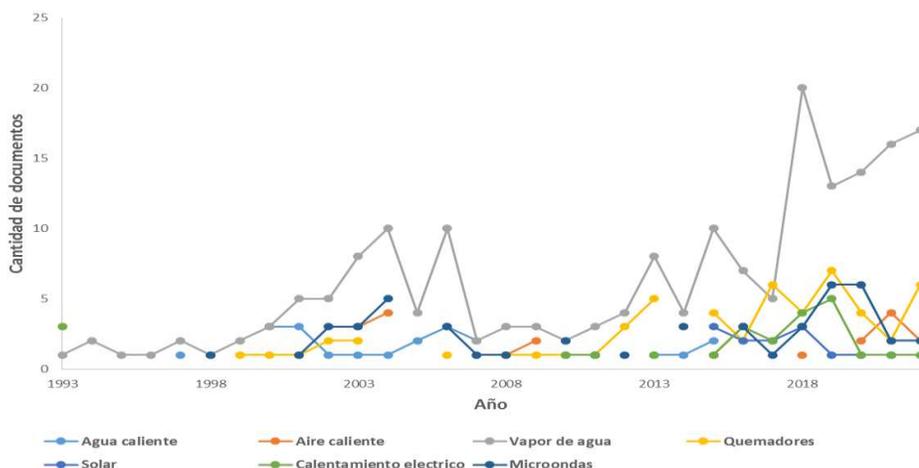
Entre las instituciones aplicantes predominantes se encuentra, durante el periodo de estudio, la universidad de Ciencia y Tecnología de Kunming, ubicada en la ciudad capital de la provincia de Yunnan, suroeste de China, e importante base provincial de capacitación para personal técnico avanzado con 14 patentes sobre distintos mecanismos para pasteurización por vapor, seguido de Agritecno Yazaki Co LTD empresa japonesa con la misión de aprovechar la tecnología agrícola y la sabiduría de los japoneses, con 13 documentos que abarcan desde sistemas de desinfección empleando químicos, hasta dispositivos de accionamiento de bombas en los sistemas, y C. K. M. Advanced Agriculture LTD, con 11 patentes sobre dispositivos para tratar el suelo con aire caliente, ver Figura 4.



**Figura 4.** Instituciones aplicantes predominantes en invenciones sobre pasteurización de suelos, periodo 1993-2022.



Al estudiar la orientación tecnológica de los documentos de patentes, durante el periodo 1993-2022, se puede observar que la utilización de vapor de agua para la desinfección del suelo es el método más empleado, con un total de 31,47 % de documentos. Seguido por el empleo de quemadores con un 9,30 % y microondas con 7,95 %, tal como se muestra en la Figura 5. Este comportamiento, confirma el interés en la tecnología de desinfección usando el vapor como fluido de calentamiento.



**Figura 5.** Tendencia tecnológica de las invenciones sobre pasteurización de suelos, durante el periodo 1993-2022.

### 3.5 Tecnologías de pasteurización de suelos

A partir de la información obtenida en las patentes, correspondientes al periodo de estudio, se determinó que los métodos utilizados en la desinfección de suelos se clasifican en:

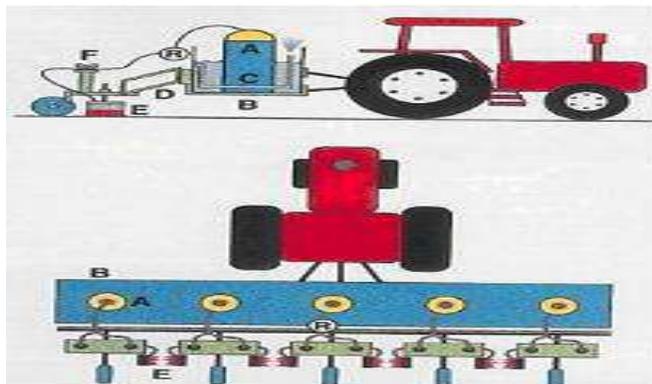


- 1. Métodos mecánicos:** Estos se basan en la escarda y trituración a través de dispositivos de corte para el tratamiento y desinfección de suelos.
- 2. Métodos térmicos:** Consisten en la aplicación de calor con la finalidad de aumentar la temperatura del sustrato a niveles que inhiba la existencia y reproducción de microorganismos patógenos. La fuente de calor puede ser a través de llama, radiación solar, radiación electromagnética, vapor de agua, entre otros.
- 3. Métodos químicos:** Estos emplean productos químicos como fumigantes para eliminar o reducir, los microorganismos parásitos y malas hierbas presentes en el suelo.

A continuación, se describen cada una de las tecnologías que se están utilizando a nivel mundial para la pasteurización de los suelos:

### 3.5.1 Aplicación de calor seco con flama

Consiste en la aplicación de calor seco al suelo o sustratos mediante una llama en la superficie del suelo, permitiendo la eliminación de los organismos perjudiciales y malas hierbas. El punto de muerte térmica de los patógenos se alcanza cuando se consigue la coagulación de las proteínas o la inactivación de sus enzimas [5]. En Estados Unidos, se utilizó un sistema de aplicación de llama para el control de las malas hierbas en cultivos de algodón y maíz, realizado por investigadores de la Universidad de Florida y de la Universidad de Texas, ver Figura. 6.



**Figura 6.** Esquema de los componentes de un quemador de malas hierbas en sistema de post-emergencia [6].

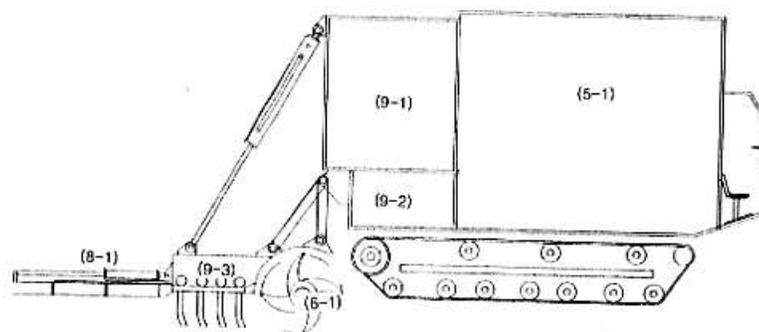
La patente US6394009B1, describe un método y aparato para la desinfección del suelo mediante la aplicación de llama. Las mismas se desplazan dentro del suelo a lo largo de zanjas estrechas, tales como hendiduras creadas en el suelo, calentando a la temperatura de 120° C. Las llamas se pueden producir encendiendo corrientes de combustible líquido o gaseoso que se alimentan continuamente a la profundidad deseada [7].

### 3.5.2 Aplicación de calor seco con resistencia eléctrica

Otra tecnología consiste en la aplicación de resistencias eléctricas para tratar sustratos para semilleros antes de que sean colocados en el lugar de cultivo, a esta forma de trabajo se le denomina “tratamiento aparte” y se recomienda para el establecimiento de algunos cultivos hortícolas delicados [8, 9,10, 11].

La patente bajo el código KR20220002177A [12], muestra un dispositivo ecológico de desinfección de suelos con calor a alta temperatura que utiliza un calentador eléctrico y aire comprimido. El aire inyectado pasa

a través de un dispositivo equipado con un calentador de serpentín eléctrico convirtiéndolo en calor a alta temperatura que se recalienta, mientras una hoja de sierra va triturando el sustrato y permitiendo que el aire caliente penetre uniformemente en el suelo. Es una tecnología mecánica de bajo costo y de alta eficiencia, que aumenta la tasa de desinfección debido a que actúa como una banda de calor con la cubierta, ver Figura 7.



**Figura 7.** Dispositivo de desinfección de suelos ecológico con calor a alta temperatura que utiliza un calentador eléctrico además de energía de aire comprimido [12].

### 3.5.3. Solarización

La solarización se define como una técnica de desinfección que se aplica al suelo humedecido previamente, cubriéndolo con un plástico transparente (polietileno) y exponiéndolo a la luz solar durante al menos 30 días. Durante el proceso la temperatura del suelo alcanza niveles elevados que son letales para muchos hongos, bacterias, nemátodos, insectos y malas hierbas, reduciendo la capacidad parasitaria, ver Figura 8. Además, provoca modificaciones en las características físicas,



químicas y biológicas del suelo, mejorando el crecimiento y la producción de las plantas cultivadas [13].



**Figura 8.** Pasteurización de suelos mediante la técnica de solarización.

La patente bajo el código CN101258796A [14], describe un dispositivo para desinfectar suelos mediante el uso de energía solar. El dispositivo comprende una película de plástico de color blanca o negra utilizada para sellar la superficie del suelo y una segunda capa de plástico blanca para reforzar la primera capa. La distancia máxima entre la primera capa de película y la segunda es de 10 a 100 cm y una temperatura de 80 °C dentro de un tiempo determinado, logrando así, efectivamente, la desinfección del suelo. Mientras que la solicitud de patente CN111527817A [15], describe un método para mejorar el efecto de desinfección solar mediante el uso de una máquina de labranza mecanizada.

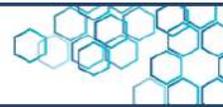


### **3.5.4 Tratamiento térmico del suelo irradiado por microondas**

Un método alternativo a la desinfección en estático con vapor, es el uso de microondas orientadas a bandejas de siembra de pocos centímetros de espesor (hasta 8 - 10 cm), circulando de forma continua a través de un módulo específico, el cual ha dado buenos resultados. Sin embargo, la capacidad de trabajo y el coste energético todavía resulta alto en comparación con el tratamiento con vapor de agua [16,17,18]. La invención US2003/0215354A1 [19], presenta un método de pasteurización por microondas mediante la exposición del suelo o sustrato a un flujo de energía y un tiempo suficiente para disociar biopolímeros. El dispositivo comprende: una fuente de radiación electromagnética de frecuencia de microondas; un carruaje; y, opcionalmente, un escudo y un sistema de refrigeración. El carro mueve la fuente electromagnética a un área de tratamiento y el escudo evita la fuga de energía a puntos no deseados.

### **3.5.6 Pasteurización de suelos por vapor de agua**

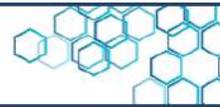
Consiste en la inyección de un fluido que puede ser vapor de agua, agua caliente o aire seco caliente, provocando en el suelo o sustrato la destrucción de los organismos patógenos y semillas de malas hierbas. Según lo discutido anteriormente, una de las tecnologías que ha tenido mayor auge para la desinfección de suelos en cultivos de alimentos es la pasteurización por vapor. La tecnología implica la transferencia de energía por la quema de combustible a través del vapor de agua inyectado en el suelo o sustrato para calentarlo a temperaturas que



inhiben la existencia y reproducción de plantas o microorganismos patógenos, además, permite tratar parcialmente la zona de cultivo sin ocasionar daños en áreas adyacentes, combatir la fatiga en el sustrato y la liberación de nutrientes, sin generar residuos tóxicos [20].

Es recomendable que la caldera diseñada permita al suelo alcanzar una temperatura de 80°C, en un tiempo de 1 hora, prolongándose el tratamiento a 30 minutos adicionales para mantener una temperatura constante. Tras este tiempo, se cierra la emisión de vapor y se deja otra hora para enfriar el sustrato antes de que se pueda manejar. No es recomendable pasteurizar volúmenes de suelo o sustrato que sobrepasen la capacidad de la caldera [21]. Mientras que, para aplicaciones de 10 minutos, las temperaturas letales para la mayor parte de bacterias quedan por debajo de 70 °C, para hongos 80 °C, semillas de malas hierbas 85 °C, virus del tomate 92 °C y nematodos 55 °C. En la práctica normal de esterilización parcial con vapor, la temperatura se suele fijar a entre 75 – 80 °C durante más de 15 minutos, con ello se elimina completamente los patógenos, con la única excepción de algunas bacterias esporígenas [22].

El análisis de los documentos de propiedad intelectual, permitió identificar un amplio espectro de tecnologías de pasteurización de suelos por vapor. En este sentido, se observaron pasteurizadores que combinan agua caliente y vapor de agua como en el caso de la patente JP2005295852A [23]. También, se describen tecnologías que utilizan vapor de agua como en la patente JP2004033039A [24], que desglosa un pasteurizador cuyo tratamiento de desinfección consiste en la aplicación de calor mediante orificios o una boquilla de inyección de vapor, mientras se realiza un movimiento rotatorio del material a tratar.

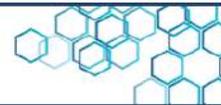
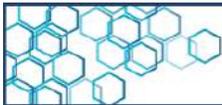


De la misma forma existen otras técnicas, mediante el uso de una caldera para producir el vapor de agua y una manguera para inyectarlo al suelo, como en la patente JP2011239754A [25]. Mientras que la patente CN203243763U [26], define un equipo de esterilización húmeda del suelo, que consta de una maquina tipo caldera, una manguera de inyección de vapor y un contenedor tipo baúl, en el que se deposita el sustrato a esterilizar.

En la Tabla 5, se describen las ventajas y desventajas de cada tecnología según diversos autores.

**Tabla 5.** Ventajas y desventajas de las tecnologías de pasteurización de suelos.

<b>Tecnología</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Calor por flama</b>	Equipos sencillos, fáciles de construir y de bajo costo; la energía puede provenir de fuentes renovables como biomasa, biodiesel, gas sintético o biogás.	Son equipos diseñados y contruidos para tratar pequeñas cantidades de suelo; es difícil controlar la temperatura, sobre todo cuando el componente sobre el cual se ubica el suelo permanece fijo.
<b>Calor por resistencia eléctrica</b>	No es corrosivo, su diseño es simple y sencillo [7,9].	Solo se pueden tratar pequeñas cantidades de suelo o sustrato; es menos efectivo que el calor húmedo; requiere de tiempos más largos y/o altas temperaturas; resulta más difícil el control de la temperatura que con vapor de agua [7,9].
<b>Solarización</b>	Es muy económico ya que no requiere de inversiones en fuentes de energía artificiales ni en agroquímicos. El costo de mano de obra también es muy bajo. No provoca desbalances entre las poblaciones naturales de microorganismos del suelo. No contamina el suelo, ni las fuentes de agua con agroquímicos.	Aplicable a regiones que tengan una elevada irradiación solar y altas temperaturas veraniegas.  Durante el tratamiento, el suelo debe estar libre de cultivo, como mínimo durante 1 mes en verano.  No es un método de desinfección total 100 %.



	Tiene múltiples efectos benéficos sobre las plantas.	
<b>Irradiación por microondas</b>	No son equipos corrosivos, su diseño del equipo es simple y sencillo [18].	Se presenta una falta de uniformidad superficial en la transformación de energía, debido a esto, la mayoría de aplicadores comerciales realizan una agitación de onda (cambios de la dirección de propagación) y un movimiento mecánico del material irradiado.  Este sistema no es eficaz en superficies mayores a 5 cm <sup>2</sup> [18].
<b>Vapor de agua</b>	El suelo o sustrato pasteurizado con vapor de agua se puede utilizar tan pronto como se enfría.  El vapor de agua no es selectivo, es decir erradica todos los patógenos y semillas de malas hierbas.  Control de la temperatura del suelo o sustrato y por lo tanto mayor eficiencia.  El vapor de agua no causa daño a las plantas de los bancales adyacentes ni resulta toxico para el ser humano.  Se difunde más eficientemente que el calor seco a través del suelo o sustrato lo cual repercute en un costo más eficiente.  Es una tecnología limpia y fácil de usar [21,27,28].	No es factible y operacional en grandes campos de cultivo debido a la baja velocidad de aplicación y por lo tanto alto costo de energía e inversión.  En campo abierto, debido a una limitada penetración del vapor de agua, la aplicación superficial puede no alcanzar los patógenos de raíces profundas de árboles y cultivos.  Es un método ineficiente en suelos húmedos, y temperaturas entre 85 a 100 °C destruyen la estructura del suelo o sustrato.  A temperaturas por arriba de 85°C, erradican patógenos y organismos benéficos y, liberan sales fitotóxicas [21,27,28].

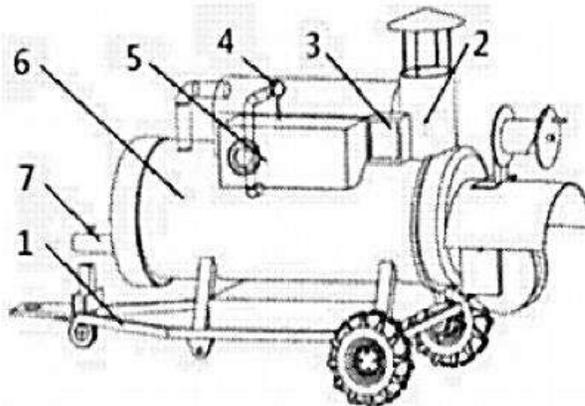
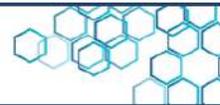
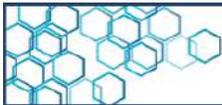
Fuente: Elaboración propia.



### **3.5.7 Aplicación de la pasteurización de suelos en Venezuela.**

Para la aplicación de esta tecnología en Venezuela es necesario tomar en cuenta ciertos parámetros o criterios. La dimensión del equipo es de particular importancia, ya que puede ser utilizado en invernaderos de pequeños agricultores o campos a cielo abierto mediante tractores para cultivos a gran escala, por lo que sus dimensiones dependerán del fin que tenga la misma. Otro de los criterios es la versatilidad, debido a que la técnica de pasteurización se realiza únicamente al inicio del cultivo, por lo que es necesario su traslado para el resguardo del equipo una vez que este no se esté utilizando. Finalmente, que la tecnología no amerite altos costos en fabricación y mantenimiento.

De las 591 patentes evaluadas, para el periodo de estudio, la tecnología descrita por la solicitud de patente bajo el código CN108377817A [27], posee características que la hacen aplicables en Venezuela, la misma detalla un equipo de desinfección con vapor para eliminar los microorganismos nocivos del suelo, ver Figura 9. El funcionamiento de la invención consiste en introducir continuamente vapor en el suelo, generado por una caldera a alta presión para que ocurra la pasteurización. Dicho equipo posee un sistema de control electrónico (PLC), que controla automáticamente la cantidad de vapor de acuerdo con el área de esterilización y la profundidad del sustrato, asegurando un suministro de vapor continuo y automático; cuando el valor de retroalimentación del sensor cumple con los requisitos especificados, el sistema deja de funcionar automáticamente.



**Figura 9.** Pasteurizador de suelo [27].

Este sistema consta de un radiador (2), panel de control (3), gabinete de control (5), calderas de vapor de alta presión (6), el tubo de salida de vapor (7) y una rejilla para facilitar el traslado del esterilizador.

#### 4. Conclusiones

La cantidad de documentos de patentes referentes a pasteurización publicados se ha incrementado desde 1993 al 2022, con un crecimiento promedio de 3,33 %.

La República Popular de China se presenta como el país predominante con el 65,25 % de documentos, evidenciando un alto interés en tecnologías de desinfección de suelos y sustratos que sean amigables con el ambiente debido a los graves problemas ambientales como desequilibrio de nutrientes del suelo, barreras de cultivo continuo del



suelo, desequilibrio de las propiedades físicas y químicas del suelo, que ha derivado el uso indiscriminado de fertilizante en ese país.

El aplicante predominante es la universidad de Ciencia y Tecnología de Kunming, ubicada en provincia de Yunnan, e importante base provincial de capacitación para personal técnico avanzado con 14 patentes sobre distintos mecanismos para pasteurización por vapor.

Las áreas de conocimiento de las patentes obtenidas referentes a pasteurización de suelos reflejan que el código predominante es A01M17/00, el cual abarca aparatos para la destrucción de animales dañinos en el suelo o en los alimentos, seguido de A01G11/00 que engloba la esterilización por vapor.

La utilización de vapor para la desinfección del suelo es la tecnología más utilizada con un total de 31,47 % de los documentos de patentes. Seguido por la utilización de quemadores 9,3 % y microondas con 7,95 %. El comportamiento confirma el interés en la desinfección del suelo por vapor.

Dentro del universo de patentes analizadas durante el periodo de estudio, la patente CN108377817A cumple con los criterios técnicos para ser utilizada en Venezuela. Es una alternativa versátil y con bajos costos operativos, que busca mejorar la productividad agrícola en los suelos de cultivos venezolanos. Adicionalmente, evita el trabajo mecánico asociado al traslado del sustrato, por su naturaleza móvil y adaptable al sistema de suelo que se quiera pasteurizar.



## 5. Bibliografía

- [1]. Guillén A, Ibáñez C, Pérez L, Hernández J, González MJ. (s/f). VIII. Efecto de los biocidas en las poblaciones de murciélagos. Gob.es. [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/090471228015f10c\\_tcm30-195677.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/090471228015f10c_tcm30-195677.pdf)
- [2]. Xiaochan W, Chengguang L, Zhenjie Y, Guoxiang S, Shi Yinyan Z. Development of mobile soil rotary steam disinfection machine. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2018;34:18-24.
- [3]. Placco C, Saravia L, Gea M, Altamirano M, Fernández C, Herrando C. (2010). Desinfección de sustrato con vapor utilizando un concentrador fresnel lineal. Core.ac.uk. <https://core.ac.uk/download/pdf/326823839.pdf>
- [4]. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Propuesta de proyecto: China. 2014.
- [5]. Gracia LC, Martín-Portugués YEP, 1983. Mecanización de los cultivos hotícolas. Ed. Mundi-Prensa. España. 243 pp.
- [6]. CN 106961865A. A kind of soil disinfection method for preventing and treating soil-borne disease. March 14, 2017.
- [7]. US 6394009B1. Method and apparatus for the disinfection of soil. January 01, 2000.
- [8]. PIERCE JH, 1977. Green House Grow How. Ed. Plants Alive Books.
- [9]. WALLS IG, 1992. The complete book of the greenhouse. 4ª edición. Ed. Ward lock. British.



- [10]. SIEBRING. HTML, 2003. Siebring steam N air. <http://www.usgr.com/soilsterilization/siebring.html>
- [11]. ORTIZ-CAÑAVATE J. 1995. Las máquinas agrícolas y su aplicación. Ed. Mundi-Prensa. España. 465 pp.
- [12]. KR 20220002177A. High-temperature heat eco-friendly soil disinfection device using an electric heater in addition to compressed air energy. December 06, 2021.
- [13]. KATAN J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. Plant Disease 64, 450-454.
- [14]. CN 101258796 A. Device and method for disinfecting soil by using solar energy. April 14, 2018.
- [15]. CN 111527817A. Method for improving soil solar disinfection effect by using mechanized farming machine. May 18, 2020.
- [16]. Rangelov GG. 2003. Method and system for exterminating pests, weeds and pathogens. Patent Application Publication. Pub. No. US 2003/0037482 A1. Date: Feb. 27, 2003.
- [17]. Minobe TK, Mikami S, Yamaguchi H, Kanmura H, Kato Y. 2003. Microwave continuous heating equipment with workpiece transport path having a meandering shape. Patent Applications Publication. Pub. No. US 2003/0057204 A1. Pub. Date Mar. 27, 2003.
- [18]. Velázquez-Martí B, Gracia-López C, Jordá C, Savall P. 2003. Tratamiento de sustratos destinados a semilleros por radiación de microondas. Phytoma España 149: 43-46
- [19]. US2003/0215354A1. Systems and methods for in situ soil sterilization, insect extermination, and weed killing. October 04, 2002.



[20]. Division of Plant Sciences. Soil steaming to reduce the incidence of soil-borne diseases, weeds, and insect pests (Ramón Arancibia) [Internet]. Missouri.edu. <https://ipm.missouri.edu/MPG/2020/11/steaming-RA/>

[21]. Greenhouse Management: A guide to structures, environmental control, materials handling, crop programming and business analysis". Halcyon Press of Ithaca; 1990.

[22]. Alpi Ac Tognoni F, 1999. Cultivo en invernadero. 3ª edición. Ed. Mundi-Prensa. España. Versión española por Cerisola C.I. y Domínguez. Castillo E. 347 pp.

[23]. JP 2005295852A. Heating source apparatus for sterilization of soil. April 8, 2004.

[24]. JP 2004033039A. Soil sterilization apparatus. June 28, 2002.

[25]. JP 2011239754A. Apparatus and method for weeding or soil disinfection. May 21, 2010.

[26]. CN 203243763U. Soil medium steam sterilization integration device. May 30, 2005.

[27]. CN 108377817A. Packaged type sterilizing soil by steam machine. April 18, 2018.

[28]. Bartok JW JR. 1994. Steam sterilization of growing media. Proceedings, Forest and conservation nursey associations. Williamsburg, VA. gen. tech. rep. rm-gtr-257. For Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 163-165. Available at: <http://www.fcnet.org/proceedings/1994/bartok1.pdf>.



“El amor que alberga el corazón de una mujer (Científica)  
es fuerza sublime para salvar la causa humana.”

Hugo Chávez.

[www.cntq.gob.ve](http://www.cntq.gob.ve)

Síguenos en nuestras redes



@CNTQ\_Vzla



Centro Nacional de Tecnología Química



CNTQ