



# Mexican Journal of Technology and Engineering

ISSN: en trámite

Volumen 1 Número 1



## Consejo editorial

### Editor en jefe

Dr. Rafael Alejandro Angel Cuapio  
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

### Editores de área

#### *Ciencias Químico-Biológicas*

Dr. Francisco Javier Martínez Valdez  
Universidad Tecnológica de Tecámac

Dr. Raziel Jesús Estrada Martínez  
Universidad Tecnológica de Tecámac

#### *Ciencia y Tecnología de Alimentos*

Dr. Luis Víctor Rodríguez Durán  
Universidad Autónoma de Tamaulipas-UAM Mante

#### *Ciencias Agropecuarias*

Dr. José Miguel Angel Castillo Minjarez  
Universidad Tecnológica de Tecámac

#### *Ingeniería y Desarrollo Tecnológico*

Dr. José Fernando Méndez González  
Universidad Autónoma Metropolitana

#### *Ciencias Sociales y Humanidades*

Dr. Cesaire Chiatchoua  
Instituto Politécnico Nacional-ESE

## Comité editorial

Dr. Jesús Gerardo Saucedo Castañeda  
Universidad Autónoma Metropolitana

Dr. Norberto Ulises García Cruz  
Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Gerardo Atlantis Gómez Ramos  
Universidad Autónoma Metropolitana

Dra. María del Carmen Lozano Arizmendi  
Universidad la Salle México

Dr. Daniel Trujillo Ramírez  
Universidad Autónoma de Tamaulipas-UAM Mante

Dra. Ma. Guadalupe Bustos Vázquez  
Universidad Autónoma de Tamaulipas-UAM Mante

Dra. Enaim Aída Vargas León  
Universidad Tecnológica de Tecámac

Dra. Maribel Quezada Cruz  
Universidad Tecnológica de Tecámac

Dra. Erika Lagunes Fortiz  
Universidad Autónoma de Chapingo

Dr. Paul Misael Garza López  
Universidad Autónoma de Hidalgo

Dra. Josefa Espitia López  
Universidad Autónoma de Hidalgo

Dra. Esperanza Trenado Sánchez  
Universidad Autónoma de Querétaro

Mtra. Lucía Beltrán Castillo  
Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán

M. en B. Alma Delia Toledo Guzmán  
SEDEMA



Mexican Journal of Technology and Engineering es una publicación cuatrimestral (Vol. 1, No 1, Enero-Abril 2022) editada por el Dr. Rafael Alejandro Angel Cuapio y su Consejo Editorial. Difusión y soporte digital vía internet [www.mexicanjournalte.com](http://www.mexicanjournalte.com), [editorial@mexicanjournalte.com](mailto:editorial@mexicanjournalte.com). Editor Responsable: Dr. Rafael Alejandro Angel Cuapio, con dirección en Norte 8, #214, Col. Santa Cruz, Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, CP 56617, [angelcuapio@gmail.com](mailto:angelcuapio@gmail.com). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2021-063018102800-102, ISSN: En trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. El responsable de la última actualización de este número fue el Dr. José Fernando Méndez González. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de la manera de pensar del Consejo y/o Comité Editorial. Queda explícitamente prohibida la reproducción total o parcial del contenido de la revista sin previa autorización expresa del Comité Editorial, podrá hacerse siempre y cuando se cite la fuente, incluyendo el título completo del artículo, el nombre del autor o autores, así como, el nombre, la fecha y el número de la revista.



# Contenido

## Artículos de divulgación científica

El doble papel de las Especies Reactivas de Oxígeno en el metabolismo celular.....4-8

*M. E. Bibián León*

## Publicaciones regulares

### ***Ciencias Químico-Biológicas***

Biotransformation of the organic fraction of municipal solid wastes to bioethanol.....9-14

*G. Chávez-Escalante, F. Méndez González, B.H. Espinosa-Ramírez y R. Estrada-Martínez*

### ***Ciencias Agropecuarias***

Contexto de los bioplaguicidas comerciales de base fúngica en México.....15-27

*J.M. Castillo-Minjarez*

### ***Ingeniería y Desarrollo Tecnológico***

Análisis comparativo de tipo cinemático y dinámico para arquitecturas robóticas cartesianas...28-34

*Ángel Gómez-Sánchez, Ubinio Gómez-Sánchez, Silvano Martínez-Rueda, Ben Hur Espinosa-Ramírez, Raziel Estrada-Martínez, José Miguel Castillo-Minjarez y Luis Chávez-Escalante*

### ***Ciencias Sociales y Humanidades***

Long-run relationship between interest rate spread and unemployment in the CEMAC

region: a panel data analysis.....35-45

*A. Porcayo-Albino, M. Djepang-Kouamo y J. Sibe*

## Anexos de la publicación

Guía para autores.....46-49



## Artículo de divulgación

Bibián-León, 2022

Recibido: 18-01-2022

Revisado: 10-02-2022

Aceptado: 25-02-2022

Publicado: 29-04-2022

# EL DOBLE PAPEL DE LAS ESPECIES REACTIVAS DE OXÍGENO EN EL METABOLISMO CELULAR

## THE DUAL ROLE OF REACTIVE OXYGEN SPECIES IN CELLULAR METABOLISM

M.E. Bibián-Léon<sup>1,\*</sup>

<sup>1,\*</sup> Postgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco km. 36.5, Montecillo, Estado de México, CP 56230, México.

Correspondencia: esmeralda.bibian@colpos.mx

### Resumen

Las reacciones bioquímicas celulares producen moléculas altamente reactivas e inestables denominadas Especies Reactivas de Oxígeno. Estas moléculas continuamente causan daños que, de no controlarse, llevan a muerte celular. Sin embargo, cuando la concentración de las Especies Reactivas de Oxígeno se mantiene en niveles bajos o fisiológicos, fungen como moléculas señalizadoras en procesos metabólicos como lo es la producción de metabolitos secundarios. Estos metabolitos son de interés ya que muchos de ellos tienen efectos farmacológicos y toxicológicos sobre el ser humano. Por ello, dependiendo de la concentración de las Especies Reactivas de Oxígeno dentro de la célula, éstas tienen una doble función en su metabolismo.

**Palabras clave:** Especies reactivas de oxígeno, metabolitos secundarios, hongos filamentosos.

### Abstract

The cellular biochemical reactions produce highly reactive and unstable molecules called Reactive Oxygen Species. These molecules continually cause damage that, if left unchecked, leads to cell death. However, when the low or physiological concentration of Reactive Oxygen Species is maintained, they function as signaling molecules in metabolic processes such as the production of secondary metabolites. These metabolites are of interest since some have pharmacological and toxicological effects on humans. Therefore, depending on the concentration of Reactive Oxygen Species within the cell, they have a double function in its metabolism.

**Keywords:** Reactive Oxygen Species, secondary metabolism, filamentous fungi.



# Artículo de divulgación

Bibián-León, 2022

## 1. Introducción

Las células son la base fundamental de la vida, dentro de ellas suceden miles de reacciones metabólicas que permiten el desarrollo de la vida. En algunas de ellas, se generan moléculas denominadas Especies Reactivas de Oxígeno (EROs), las cuales son productos inestables y altamente reactivos que generan daños celulares, especialmente, en el material genético, lípidos, proteínas e incluso carbohidratos.

La producción de EROs es inevitable y ocurre en procesos metabólicos vitales para la célula como, por ejemplo, la respiración oxigénica, la cual es la principal fuente de estas moléculas. Por tal motivo, la propia célula desarrolló un sistema con mecanismos de defensa que le ayudan a mantener un equilibrio entre la formación de EROs y su contención. Este sistema consiste en una batería antioxidante formada por enzimas antioxidantes (como las superóxido dismutasas) y moléculas antioxidantes (como el glutatión o la vitamina C).

Pero ¿por qué mantener un equilibrio entre los oxidantes y antioxidantes? ¿por qué no sólo acabar con todos los oxidantes? La respuesta es que, esta homeostasis oxidación-reducción (estado redox), es primordial para la vida. Los procesos redox se involucran en prácticamente todas las funciones fundamentales en la célula. Además, los estados redox son específicos dentro y fuera de la célula y, son dependientes de su situación fisiológica o fisiopatológica.

Las EROs no sólo provienen del metabolismo celular normal, sino que también se generan por estímulos ambientales como exposición a la radiación ultravioleta, toxinas o drogas, pesticidas, ozono, metales pesados, etc. Estos estímulos ambientales conducen a un aumento repentino en los niveles intracelulares de EROs, produciendo un desbalance entre su acumulación y la capacidad para poder contenerlas. A esta pérdida del estado redox se le conoce como estrés oxidante.

## 2. Estrés oxidante: inductor de enfermedades

Como ya se mencionó, cuando hay una acumulación excesiva de EROs se pierde la homeostasis óxido-reducción, los daños celulares se acumulan, e incluso, cuando el estrés es muy prolongado, puede ocasionar muerte celular. Por lo que, si el estrés oxidante no se controla, puede ser el responsable de muchas enfermedades (crónicas y degenerativas), llevar a patologías agudas y acelerar el envejecimiento.

En seres humanos, el estrés oxidante está directamente relacionado con enfermedades como el cáncer (generalmente inducido por daño al ADN), diabetes tipo 2 (involucrado en el mecanismo de señalización de la insulina), enfermedades cardiovasculares (implicado en inducir aterosclerosis), enfermedades respiratorias (involucrado en estimular inflamación crónica), artritis reumatoide (juega un papel importante en el inicio y la progresión), enfermedades de riñón (al participar como inductor de procesos inflamatorios puede desencadenar falla renal) y enfermedades neurodegenerativas como Parkinson, Alzheimer, esclerosis múltiple, etc. (juega un papel fundamental en la pérdida de neuronas y la progresión a la demencia) (1). Las cuales, tienen relación con el estilo de vida que puede estar dado a la sobreexposición a factores ambientales que pueden inducir estrés oxidante: el tabaquismo, el consumo de alcohol, la dieta, sedentarismo, entrenamiento físico, entre otros (2).

## 3. ¿Las EROs únicamente son tóxicas?

A pesar de las EROs son especies altamente reactivas y, en concentraciones elevadas, nocivas, se ha encontrado que juegan un papel esencial como moléculas señalizadoras dentro de la célula. Este papel benéfico se ha estudiado en los



## Artículo de divulgación

Bibián-León, 2022

principales sistemas biológicos, encontrando que participan activamente en la respuesta celular a diferentes condiciones fisiológicas. Por ejemplo, en mamíferos, las EROs juegan un papel fundamental en la respuesta inmune a patógenos, además de participar en la señalización de crecimiento celular, ciclo celular, muerte celular programada, señalización hormonal, respuestas celulares a diferentes tipos de estrés, desarrollo de tejidos, etc. Es importante aclarar que este papel de “moléculas señalizadoras” que desempeñan las EROs se presenta en condiciones de homeostasis óxido-reducción, donde la acumulación de las EROs se encuentra en concentraciones fisiológicas, es decir, no hay estrés oxidante.

Además, la acción fisiológica de las EROs como moléculas señalizadoras no sólo se ha encontrado en mamíferos, sino también en otros organismos, e involucradas en otros procesos metabólicos como lo es el metabolismo secundario. Los metabolitos secundarios son moléculas producidas por organismos como plantas, hongos y actinomicetos, que se generan en la fase tardía de crecimiento (fase que inicia cuando un nutriente clave se agota). Gran variedad de estos metabolitos, son de interés para el ser humano, ya que presentan efectos farmacológicos o toxicológicos.

### 4. Beneficios de las ERO's en la producción de fármacos

Existen gran variedad de metabolitos secundarios con efecto farmacológico provenientes de hongos filamentosos, plantas y actinomicetos. Entre los metabolitos secundarios fúngicos más famosos son los antibióticos penicilina G y Cefalosporina C, producidos por los hongos filamentosos *Penicillium chrysogenum* y *Acremonium chrysogenum* (respectivamente).

Se ha estudiado en muchos hongos la participación de las EROs dentro del metabolismo

secundario, y se ha encontrado que juegan un papel fundamental como moléculas señalizadoras, pues inducen la biosíntesis de diversos metabolitos secundarios. Por ejemplo, en el modelo de estudio de la lovastatina (fármaco que reduce los niveles de colesterol en sangre), producida por *Aspergillus terreus*, se encontró que las EROs están regulando su biosíntesis a nivel genético, y que la propia célula induce una acumulación de éstas para que inicie la idiofase (fase de producción de metabolitos secundarios). Además, se demostró que al añadir EROs externas (estimulando su acumulación sin llegar a estrés oxidante) se lograba aumentar la producción, e incluso, adelantarla. Por lo que, sugieren que las EROs no sólo inducen el metabolismo secundario, sino que, de cierta forma, determinan la cantidad de producción (3, 4).

Al igual que en el modelo anterior, la participación de las EROs en la biosíntesis de Pencilina G y Cefalosporina C fue evaluada a través del aumento de EROs mediante la adición de peróxido de hidrógeno (una de las principales EROs) a los cultivos, y se encontró lo mismo que en lovastatina: al añadir  $H_2O_2$  los hongos produce más, y al bajar los niveles de EROs (por medio de la adición de un antioxidante exógeno), se produce menos. Por lo que, se concluyó que estos metabolitos secundarios también son regulados por EROs. Incluso se encuentra evidencia de qué tanto puede aumentar la producción añadiendo EROs exógenas sin llegar a estrés oxidante y causar daño celular (5).

Inclusive en setas se ha encontrado que las EROs están regulando la biosíntesis de diversos metabolitos secundarios. Tal es el caso del hongo medicinal *Ganoderma lucidum* (medicina tradicional China), productor de ácido ganodérico (fármaco anticancerígeno) (6). El hongo *Antrodia camphorata* (medicina tradicional tailandesa) es otro ejemplo de regulación, pues encontraron



## Artículo de divulgación

Bibián-León, 2022

que la adición de  $H_2O_2$  aumentó la producción de antroquinol (fármaco antitumoral) [7].

En plantas se ha estudiado a fondo la participación de las EROs en la inducción del metabolismo secundario, tal es el caso del fármaco CG (Calicosina-7-O- $\beta$ -D-glucósido) producido por la planta medicinal *Astragalus membranaceus* (ampliamente utilizada en la medicina tradicional herbal China), el cual tiene diferentes efectos terapéuticos como antiinflamatorio, antioxidante, antitumoral, entre otros; en donde, la estimulación con  $H_2O_2$  en el medio de cultivo aumentó la producción de este fármaco [8].

En el caso de los actinomicetos (bacterias filamentosas) también hay evidencia de regulación de las EROs sobre los metabolitos secundarios, como los fungicidas piramicina producida por *Streptomyces natalensis* (9), y la validamicina A producida por *Streptomyces hygroscopicus* (10).

### 5. Regulación de la producción de toxinas por medio de las EROs

Como se mencionó anteriormente, no todos los metabolitos secundarios producidos por hongos son benéficos para el ser humano. Un ejemplo son las aflatoxinas que son toxinas producidas por diferentes especies de hongos (como *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*). Estos hongos comúnmente crecen en cereales como maíz y trigo, produciendo la micotoxina y almacenándola en el grano, y cuando son ingeridos por el ganado o los humanos, desencadena enfermedades como el cáncer.

La participación de las EROs sobre la biosíntesis de aflatoxinas se ha estudiado a profundidad, incluso, fue de los primeros modelos en hongos en encontrar su papel benéfico como moléculas señalizadoras donde se sabe que la regulación también es a nivel transcripcional. Inclusive, se ha propuesto que la producción de esta micotoxina es debido a su efecto antioxidante, y el hongo la sintetiza para ayudarle a contener a las EROs (11).

Resultados similares se han encontrado para micotoxina ocratoxina A producida por hongos como *Aspergillus ochraceus*, que es otra micotoxina de relevancia alimentaria (12).

### 6. Conclusión

Las EROs juegan un doble papel en las células. Por un lado, si no se les controla (estrés oxidante), pueden ser las inductoras de enfermedades; pero, por otro lado, en niveles fisiológicos (equilibrio redox) participan como moléculas señalizadoras en procesos metabólicos vitales. Su participación en la regulación del metabolismo secundario (hongos, plantas y actinomicetos) es una estrategia valiosa y simple en el mejoramiento de procesos de producción de fármacos y otros metabolitos de interés, o bien, una importante estrategia para evitar la biosíntesis de aquellos metabolitos secundarios que son nocivos para el ser humano (como las micotoxinas).

### 7. Referencias

- [1] Pizzino G, Irrera N, Cucinotta M, Pallio G, Mannino F, Arcoraci V, et al. Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxid Med Cell Longev* [Internet]. 2017 [cited 2022 Jun 27];2017. Available from: [/pmc/articles/PMC5551541/](https://pmc/articles/PMC5551541/)
- [2] Chatzianagnostou K, Del Turco S, Pingitore A, Sabatino L, Vassalle C. The Mediterranean Lifestyle as a Non-Pharmacological and Natural Antioxidant for Healthy Aging. *Antioxidants* [Internet]. 2015 Nov 12 [cited 2022 Jun 27];4(4):719. Available from: [/pmc/articles/PMC4712942/](https://pmc/articles/PMC4712942/)
- [3] Miranda RU, Gómez-Quiroz, Mejía A, Barrios-González J. Oxidative state in idiophase links reactive oxygen species (ROS) and lovastatin biosynthesis: differences and similarities in





## Artículo de divulgación

Bibián-León, 2022

submerged- and solid-state fermentations. *Fungal Biol.* 2013 Feb;117(2):85–93.

[4] Miranda RU, Gómez-Quiroz LE, Mendoza M, Pérez-Sánchez A, Fierro F, Barrios-González J. Reactive oxygen species regulate lovastatin biosynthesis in *Aspergillus terreus* during submerged and solid-state fermentations. *Fungal Biol.* 2014 Dec 1;118(12):979–89.

[5] Bibián ME, Pérez-Sánchez A, Mejía A, Barrios-González J. Penicillin and cephalosporin biosyntheses are also regulated by reactive oxygen species. *Appl Microbiol Biotechnol* 2020 1044 [Internet]. 2020 Jan 3 [cited 2021 Jul 10];104(4):1773–83. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-019-10330-2>

[6] Gao T, Shi L, Zhang T, Ren A, Jiang A, Yu H, et al. Cross talk between calcium and reactive oxygen species regulates hyphal branching and ganoderic acid biosynthesis in *Ganoderma lucidum* under copper stress. *Appl Environ Microbiol.* 2018 Jul 1;84(13).

[7] Xia Y, Zhou X, Wang G, Zhang B, Xu G, Ai L. Induction of anthraquinone production by addition of hydrogen peroxide in the fermentation of *Antrodia camphorata* S-29. *J Sci Food Agric* [Internet]. 2017 Jan 1 [cited 2022 Jun 24];97(2):595–9. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jsfa.7770>

[8] Jin H, Yu Y, Quan X, Wu S. Promising strategy for improving calycosin-7-O- $\beta$ -D-glucoside production in *Astragalus membranaceus* adventitious root cultures. *Ind Crops Prod.* 2019 Dec 1;141:111792.

[9] Beites T, Pires-Sí SDS, Santos CL, Osório H, Moradas-Ferreira P, Mendes M V. Crosstalk between ROS homeostasis and secondary metabolism in *S. natalensis* atcc 27448: Modulation of pimaricin production by

intracellular ROS. *PLoS One* [Internet]. 2011 Nov 17 [cited 2020 Apr 21];6(11):e27472. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22114674>

[10] Wei ZH, Bai L, Deng Z, Zhong JJ. Enhanced production of validamycin A by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced reactive oxygen species in fermentation of *Streptomyces hygroscopicus* 5008. *Bioresour Technol.* 2011 Jan;102(2):1783–7.

[11] Roze L V., Hong S-Y, Linz JE. Aflatoxin Biosynthesis: Current Frontiers. *Annu Rev Food Sci Technol.* 2013 Feb 28;4(1):293–311.

[12] Reverberi M, Gazzetti K, Punelli F, Scarpari M, Zjalic S, Ricelli A, et al. Aoyap1 regulates OTA synthesis by controlling cell redox balance in *Aspergillus ochraceus*. *Appl Microbiol Biotechnol* [Internet]. 2012 Sep [cited 2020 Apr 21];95(5):1293–304. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22410746>

**Contribución corta**Chávez-Escalante *et al.*, 2022

Recibido: 28-02-2022

Revisado: 15-03-2022

Aceptado: 10-04-2022

Publicado: 29-04-20212

# BIOTRANSFORMATION OF THE ORGANIC FRACTION OF MUNICIPAL SOLID WASTES TO BIOETHANOL BIOTRANSFORMACIÓN DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS A BIOETANOL

G. Chávez-Escalante<sup>1</sup>, F. Méndez-González<sup>2</sup>, B.H. Espinosa-Ramírez<sup>1</sup> and R. Estrada-Martínez<sup>1,\*</sup>

<sup>1,\*</sup> Universidad Tecnológica de Tecámac. División de Electromecánica Industrial, Carretera México-Pachuca km 37.5, Col. Sierra Hermosa C.P. 55740, México.

<sup>2,\*</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Departamento de Biotecnología, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina 09340, Ciudad de México, México.

Correspondencia: [restradam@uttecamac.edu.mx](mailto:restradam@uttecamac.edu.mx)

## Abstract

Poor management of municipal solids wastes is leading to pollution of the oceans, causing flooding, transmitting diseases, and affecting flora and fauna worldwide. Of municipal solids wastes, 52% represent organic fraction, which, due to their carbohydrate content are likely to be used for the generation of bioethanol by liquid or solid fermentation. For this, various process configurations have been developed, which include studies of strain selection, substrate pre-treatment, and type of bioreactor. With this, bioethanol production yields from 30 to 100 g/L were obtained from different organic wastes. However, it is necessary to optimize operating conditions to ensure a profitable process at the industrial level.

**Keywords:** Bioethanol, solid-state fermentation, submerged fermentation, organic wastes, biotransformation.

## Resumen

La mala gestión de los residuos sólidos urbanos está produciendo la contaminación de los océanos, causando inundaciones, transmitiendo enfermedades y afectando a la flora y fauna a nivel mundial. De los residuos sólidos urbanos, el 52% representan los residuos orgánicos; los cuales, por su contenido de carbohidratos sus susceptibles de utilizarse para la generación de bioetanol por fermentación líquida o sólida. Para ello, diversas configuraciones de proceso han



## Contribución corta

Chávez-Escalante *et al.*, 2022

sido desarrolladas; las cuales, incluyen estudios de selección de cepa, pretratamiento del sustrato y tipo de biorreactor. Con ello, se han obtenido rendimientos de producción de 30 a 100 g/L de bioetanol a partir de diferentes residuos orgánicos. Sin embargo, es necesario optimizar condiciones de operación para garantizar un proceso rentable a nivel industrial.

**Palabras clave:** Bioetanol, fermentación en estado sólido, fermentación líquida, residuos orgánicos, biotransformación.

### 1. Introduction

Worldwide, activities related to technological, industrial, and economic development have a significant impact on the volume and composition of waste generated in cities. The increase in the volume of urban solid waste (USW) generation and its inadequate disposal results in negative impacts on human health and the environment. [1]. For this reason, various strategies have been developed for the recycling of certain fractions of USW. Within USW, there is a fraction made up of organic waste from the production, processing, and consumption of food [2-4]. In certain parts of the world, the final disposal of the organic fraction of urban solid waste (OWF) is carried out by conventional dumping in landfills and open-air dumps [5]. In these systems, OWF is degraded through the putrefaction process (uncontrolled anaerobic degradation); in which organic matter is transformed by microorganisms into simpler compounds, which lead to the formation of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> [6] and leachates, causing contamination to soil, water, and atmosphere. Due to the potentially harmful effects of these techniques, efforts have been developed to generate sustainable strategies for the final disposal of OWF, such as composting, anaerobic digestion, and alcoholic fermentation. The alcoholic fermentation used for bioethanol production has gained importance as a disposal strategy of the OWF because it is a relatively simple process, there is high diversity of fermentative microorganisms and, the final product (ethanol) reduces the production of greenhouse gas emissions [6,7]. Therefore, this review will address general aspects and advances in the bioethanol production process from OWF.

### 2. Bioethanol production process

Bioethanol production arises from the growing demand for energy compounds capable of replacing fossil fuels. The diversity, abundance, and cost of raw materials that can be bio-transformed into bioethanol, have given it the characteristic of being one of the most produced worldwide. Bioethanol production is carried out through alcoholic fermentation, which is biotransformation of carbohydrates to ethanol and CO<sub>2</sub>. The process conditions include oxygen absence, fermentable carbohydrates, and the microorganism capable of bio-transforming carbohydrates to ethanol.

For this process, several microorganisms were evaluated (Table 1); among them, the *Saccharomyces cerevisiae* yeast stands out, due to its high biotransformation yields. Normally, the microorganisms used in bioethanol production are capable of fermenting monosaccharides (hexoses and pentoses) and disaccharides (sucrose). However, to guarantee the adequate development of the microorganism and its production of ethanol is necessary the availability of macronutrients (N, P, K, S) and micronutrients (Fe, Mg, Mn, Zn, etc). Therefore, to determine the design and process conditions that allow the OWF to be used for bioethanol production, a characterization study of its composition is required, which will be addressed in the next section.



## Contribución corta

Chávez-Escalante *et al.*, 2022

### 3. Organic waste fraction composition

OWF content food waste comes from processing plants, kitchens (domestic and commercial), and restaurants. Its composition contains up to 69% of total sugars, 24% of lipids, 21.8% of proteins, and 5.9% of ashes [14]. Therefore, the requirements of carbon source, macronutrients, and micronutrients necessary for alcoholic fermentation are satisfied. However, most sugars

in the OWF are polysaccharides such as starch and cellulose. Those sugars are present from 24.0 to 46.1% and from 1.6 to 16.9%, respectively [2-4]. Therefore, considering that starch and cellulose are not fermentable sugars (by the action of yeasts), it is important to implement a pretreatment (physical, chemical, biological, or enzymatic) that allows these polysaccharides to be broken down into fermentable sugars and thus, increase ethanol production.

**Table 1.** Microorganisms used for ethanol production.

Microorganisms	Substrate	Ethanol production yield (g /kg dry matter)	Reference
<i>Schw. castelli</i> CBS2863	Starch with sugarcane bagasse	89.30	[8]
<i>S. cerevisiae</i>	Kitchen waste	154.50	[2]
<i>S. cerevisiae</i>	OWF	126.20	[9]
<i>S. cerevisiae</i> CECT1329	Lemon peel	254.84	[10]
<i>Z. mobilis</i> PTCC 1718	Carob fruit	60.91	[11]
<i>S. cerevisiae</i>	Food waste	290.00	[12]
<i>S. cerevisiae</i>	Rice husk	135.00	[13]

### 4. Pretreatments for the breakdown of polysaccharides

Bioprocesses that use biomass as a substrate regularly require strategies to solubilize and/or separate one or more compounds contained in it. The foregoing allows for improving the rates and yields of substrate consumption and the production of metabolites [15]. The selection of the pretreatment method must consider the adequacy of the substrate with little or no production of inhibitors and with a cost that does not affect the feasibility of the process [16]. As mentioned in the previous section, most of the OWF components are lignocellulosic residues, in which various physical (pyrolysis, mechanical grinding, steam explosion), chemical (CO<sub>2</sub> explosion, explosion of fibers with ammonia

solution, acid hydrolysis, alkaline hydrolysis, hydrolysis by organic compounds) and biological (by microbial action or by enzymes) to hydrolyze polysaccharides [17]. Within them, steam explosion and CO<sub>2</sub> explosion are considered profitable [17]; however, these pretreatments partially hydrolyze the polysaccharides and cause the generation of microbial inhibitors (acetic acid, furfural, and hydroxymethylfurfural). Compared to steam and CO<sub>2</sub> explosion processes, biological processes have advantages in the degradation of hemicellulose and lignin with a low energy requirement; however, they have low rates of sugar hydrolysis.

On the other hand, to increase the speed and yields of polysaccharide hydrolysis, treatments with acids have been used, which are more



## Contribución corta

Chávez-Escalante *et al.*, 2022

efficient hydrolysis processes than biological and enzymatic ones [17]. However, acid hydrolysis generates toxic compounds (such as furfural) [18] that significantly affect the microbial activity and, therefore, the volumetric and specific bioethanol productivity. Due to the above, some authors [9, 19] propose the hydrolysis of the polysaccharides contained in the organic wastes by thermal pretreatment with a low residence time (2-15 min) and followed by a steam explosion, which contributes to breaking the structural fibers of the waste, reducing the microbial load and, thereby, improving fermentation yields. However, in most of the process designs aimed at the bioethanol production from the OWF, the use of filamentous fungi has been implemented in the substrate pretreatment stage [12, 20].

### 5. Advances in the production of bioethanol from the organic wastes

Determining the fermentation conditions that allow obtaining high yields of bioconversion of carbohydrates to bioethanol from OWF has been a topic of interest in recent years. To design viable processes for the production of bioethanol, studies have been carried out on the selection of the microorganism, the pretreatment of the substrate, type of bioreactor, among others, which have been incorporated for evaluation into comprehensive processes. In most, the solid fraction is suspended in an aqueous medium for its thermal or enzymatic pretreatment and separated for the fermentation of carbohydrates in liquid state. [2- 4, 9, 12, 20].

Tang *et al.* [9] developed a process to produce bioethanol from kitchen waste. The authors obtained a high glucose recovery (85.5%) from saccharification with Nagase N-40 glucoamylase (at 60 °C and agitated at 150 rpm per 2 h). The saccharification liquid was used directly for bioethanol production by fermentation (without the addition of nutrients), obtaining up to 30.9 g/L of bioethanol (154.5 g of ethanol/kg dry matter (DM)) using a strain genetically modified strain of

*Saccharomyces cerevisiae* (KF-7). Uçkun-Kiran and Liu [12] carried out hydrolysis with *Aspergillus awamori* enzymes, obtaining up to 127 g/L of glucose. Alcoholic fermentation was carried out by *S. cerevisiae* in Erlenmeyer flasks (250 mL), reaching a bioethanol production of 58 g/L (290 g/kg DM). Both works demonstrated that enzymatic hydrolysis is effective for the saccharification of food residues and the subsequent bioethanol production.

On the other hand, bioethanol production processes have been developed in a solid medium. Saucedo-Castañeda *et al.* [8] used a thermal treatment (121 °C per 30 min) for starch hydrolysis. Subsequently, using packed columns (1 L), the substrate was fermented by the action of *Schwaniomyces castelli*, reaching a maximum ethanol production of 89.3 g/kg DM. Mazaheri *et al.* [11] used a mixture of carob and wheat bran as a substrate for ethanol production using *Z. mobilis* in a 0.5 L column fermenter. The substrate was thermally pretreated (121 °C for 15 min), and fermentation was carried out at 28 °C with intermittent aeration (0.1 L/min for 15 min every hour). At the end of the fermentation, maximum ethanol production of 60.9 g/kg DM was obtained. Canabarro *et al.* [13] modified inoculum concentration and substrate (rice bran) moisture content for ethanol production in Erlenmeyer flasks. Adding an inoculum of 10% and a moisture content of 65%, they reached an ethanol production of 138.7 g/kg DM. Under the established conditions, they operated a packed bed bioreactor with a capacity of 1L (10 times greater than the flasks) with which they acquired a similar yield of ethanol production (135±10.8 g/kg DM) to that obtained in Erlenmeyer flasks.

### 6. Conclusion

The management of organic wastes is a world concern issue, which has generated studies aimed at its use and valuation. For its composition, one of those alternatives can be its bioconversion to bioethanol. For this, fermentation in liquid and solid state represent two appropriate process configurations with high bioconversion yields.



## Contribución corta

Chávez-Escalante *et al.*, 2022

However, aspects such as strain selection, pretreatment, cultivation system, and the type of bioreactor must still be studied and particularized to establish feasible processes at the industrial level.

### 7. Acknowledgment

The authors thank to the UTTEC for the support provided.

### 8. References

- [1] Cortinas de Nava, C. (2006). Bases para Legislar la Prevención y Gestión Integral de Residuos. Semarnat. México. 1a Ed.
- [2] Tang, Y., Koike, Y., Liu, K., An, M., Morimura, S., Wu, X. y Kida, K. (2008). Ethanol production from kitchen waste using the flocculating yeast *Saccharomyces cerevisiae* strain KF-7. *Biomass Bioenerg* 32, 1037-1045.
- [3] Wang, Q., Ma, H., Xu, W., Gong, L., Zhang, W. y Zou, D. (2008). Ethanol production from kitchen garbage using response surface methodology. *Biochem Eng J* 39(3) 604-610.
- [4] Uncu, O.N. y Cekmecelioglu, D. (2011). Cost-effective approach to ethanol production and optimization by response surface methodology. *Waste Manage* 31(4), 636-643.
- [5] Atencio Pérez, R. M., Guevara-García, J. A., Reyes-López, J. A. Evaluación de riesgo ambiental en un tiradero con quema de basura. *Rev. Int. de Contam. Ambie.* 2013; 29(3):107-117.
- [6] Zhang, Y., Yue, D., Liu, J., He, L. y Nie, Y. (2012a). Effect of organic compositions o aerobically pretreated municipal solid waste on non-methane organic compound emissions during anaerobic degradation. *Waste Manage* 32, 1116-1121.
- [7] Escamilla-Alvarado, C., Ríos-Leal, E., Ponce-Noyola, M.T. y Poggi-Varaldo, H.M. (2012). Gas biofuels from solid substrate hydrogenogenic-methanogenic fermentation of the organic fraction of municipal solid waste. *Process Biochem.* 4, 1572-1587.
- [8] Saucedo-Castañeda, G., Lonsane, B. K., Navarro, J. M., Roussos, S. and Raimbault, M. (1992). Potential of using a single fermenter for biomass build-up, starch hydrolysis, and ethanol production. *Appl Biochem Biotechnol.* 36, 47-61.
- [9] Ballesteros, M., Saez, F., Ballesteros, I., Manzanares, P., Negro, M.J., Martinez, J.M., Castaneda, R. y Dominguez, J.M. (2010). Ethanol production from the organic fraction obtained after thermal pretreatment of municipal solid waste. *Appl Biochem Biotechnol* 161, 423-431.
- [10] Boluda-Aguilar, M. and López-Gómez, A. (2013). Production of bioethanol by fermentation of lemon (*Citrus limón L.*) peel wastes pretreated with steam explosion. *Ind Crop Prod.* 41, 188-197.
- [11] Mazaheri, D., Shojaosadati, S. A., Hejazi, P. and Mousavi, S. M. (2015). Bioethanol production performance in a packed bed solid-state fermenter: evaluation of operational factors and intermittent aeration strategies. *Ann Microbiol.* 65, 351-357.
- [12] Uçkun-Kiran, E. y Liu, Y. (2015). Bioethanol production from mixed food waste by and effective enzymatic pre-treatment. *Fuel* 159, 463-469.
- [13] Canabarro, N.I., Alessio, C., Foletto, E.L., Kuhn, R.C., Priamo, W.L. y Mazutti, M.A. (2017). Ethanol production by solid-state saccharification and fermentation in a packed-bed bioreactor. *Renew Energ* 102, 9-14.
- [14] Uçkun Kiran, E., Trzcinski, A.P., Ng, W.J. y Liu, Y. (2014). Bioconversion of food waste to energy: A review. *Fuel* 134, 389-399.
- [15] Estrada-Martínez, R., Favela-Torres, E., Soto-Cruz, N. O. Escalona-Buendía, H. B. and Saucedo-Castañeda, G. A Mild Thermal Pre-treatment of the Organic Fraction of Municipal Wastes Allows High Ethanol Production by Direct Solid-state



## Contribución corta

**Chávez-Escalante et al., 2022**

Fermentation. *Biotechnol Bioproc* E. 2019. 24: 401–412.

[16] Demirbas, A. (2005). Bioethanol from cellulosic materials: a renewable motor fuel from biomass. *Energ Source* 27, 327-333.

[17] Kumar, P., Barrett, D.M., Delwiche, M.J. y Stroeve, P. (2009). Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. *Ind Eng Chem Res* 48, 3713-3729.

[18] Ulbricht, R.J., Northup, S.J. y Thomas, J.A. (1984). A review of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) in parenteral solutions. *Fund Appl Toxicol* 4, 843-853.

[19] Zhi-Min, Z., Lan, W. y Hong-Zhang, C. (2015). A novel steam explosion sterilization improving solid-state fermentation performance. *Bioresour Technol* 192, 547-555.

[20] Kim, J.K., Oh, B.R., Shin, H.J., Eom, C.Y., Kim, S.W. (2008). Statistical optimization of enzymatic saccharification and ethanol fermentation using food waste. *Process Biochem* 43, 1308-1312.





## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

Recibido: 28-02-2022

Revisado: 15-03-2022

Aceptado: 10-04-2022

Publicado: 29-04-2022

# CONTEXTO DE LOS BIOPLAGUICIDAS COMERCIALES DE BASE FÚNGICA EN MÉXICO

## CONTEXT OF FUNGUS-BASED COMMERCIAL BIOPESTICIDES IN MEXICO

J.M. Castillo-Minjarez<sup>1,\*</sup>

<sup>1,\*</sup> Universidad Tecnológica de Tecámac. División de Electromecánica Industrial. Carretera México-Pachuca km 37.5, Col. Sierra Hermosa C.P. 55740, México.

Correspondencia: [jcastillom@uttecamac.edu.mx](mailto:jcastillom@uttecamac.edu.mx)

### Resumen

Existe una tendencia internacional hacia la sostenibilidad que demanda una transformación de las áreas agrícolas productoras de alimentos, ya que existen efectos negativos sobre el ambiente y la salud de los consumidores derivados de la aplicación de productos químicos. Es necesario el uso de alternativas naturales que permitan la generación de alimentos inocuos, acompañadas de un soporte legislativo que oriente los sistemas de producción agrícola hacia un desarrollo sostenible. México ha ratificado el cumplimiento de los compromisos internacionales que promueven la aplicación de plaguicidas alternativos, como el uso de enemigos naturales para el control biológico de plagas agrícolas. En ese sentido, el uso de hongos microscópicos se ha posicionado como una herramienta potencial para contribuir a la sanidad vegetal y la seguridad alimentaria de forma sostenible. En este trabajo se comentan ciertos aspectos de por qué, a pesar de que hay mayor presencia de empresas que ofertan productos elaborados a base de hongos, estos bioplaguicidas no han logrado ser el sustituto de los productos químicos. Especialmente, se analizan las discrepancias observadas en la información pública disponible sobre las empresas y productos presentes en el país. En conclusión, además de la necesidad de ampliar la variedad de agentes de control naturales que sean efectivos para el control de las plagas y de incrementar el número de empresas que los oferten, es fundamental comprender la complejidad del mercado nacional de bioplaguicidas.

**Palabras clave:** bioplaguicidas fúngicos, sanidad vegetal, seguridad alimentaria, desarrollo sostenible, agenda 2030.





## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

### ABSTRACT

There is an international trend towards sustainability that demands a transformation of food-producing agricultural areas since there are negative effects on the environment and the health of consumers caused by the application of chemical products. It is necessary to use natural alternatives that allow the generation of safe food, accompanied by legislative support that guides agricultural production systems towards sustainable development. Mexico has ratified compliance with international commitments that promote the application of alternative pesticides, such as the use of natural enemies for the biological control of agricultural pests. With that in mind, the use of microscopic fungi has been positioned as a potential tool contributing to plant health and food safety in a sustainable way. This paper discusses something about why, notwithstanding there is a greater presence of companies that offer products made from fungi, these biopesticides have not become a substitute for chemical products. In particular, the discrepancies observed in the public information available about the companies and products present in the country are analyzed. In conclusion, in addition to expand the variety of natural control agents effective for pest control and increasing the number of companies that offer them, it is essential understanding the complexity of the national market for biopesticides.

**Keywords:** Fungal biopesticide, plant health, food security, sustainable development, 2030 schedule.

### 1. Introducción

En diciembre de 2018, las Naciones Unidas, a través de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) generó el documento denominado “Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe”, que señala la necesidad de lograr una seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover una agricultura sostenible. Es fundamental combatir al hambre en la región, basando los sistemas de producción agrícola en la Agenda 2030 [1,2]. Así, en el marco del Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible, organizado por la CEPAL y realizado del 15 al 18 de marzo de 2021 [3], varios países, entre ellos México, se comprometieron a implementar la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [4].

La tendencia internacional hacia la sostenibilidad demanda una transformación en las áreas agrícolas productoras de alimentos, ya que existe una conciencia sobre los efectos negativos sobre

el ambiente y la salud de los consumidores provocados por la aplicación de productos químicos [5]. Existe la necesidad de que los países usen alternativas naturales que permitan la generación de alimentos inocuos, acompañadas de la modificación o adecuación de las leyes para brindar el soporte legislativo correspondiente [6]. En este sentido, los protocolos de Montreal (1987), Kioto (1992) y Nagoya (2014) establecen los compromisos para modificar la legislación mundial hacia una mayor regulación del tipo y cantidad de químicos que se pueden utilizar en las áreas agrícolas productoras de alimentos, y promueven la legislación en favor del uso de enemigos naturales como una de las principales alternativas de control biológico de plagas agrícolas, posicionándose como una herramienta clave para contribuir a la sanidad vegetal y la seguridad alimentaria [2,6,7].



## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

### 2. Problemática de los bioplaguicidas fúngicos

Con el contexto expuesto anteriormente, se vislumbra la oportunidad para que las empresas fomenten una industria agrícola sustentable, a través de la comercialización de agentes de control biológico o incluso, que se constituyan empresas nuevas que produzcan bioplaguicidas. No obstante, existen diferentes razones por las cuales los bioplaguicidas no han logrado ser el sustituto de los productos químicos en el mercado, en especial los bioplaguicidas fúngicos se han caracterizado por tener eficacia variable o mala calidad, lo cual ya se ha determinado que está ligado a las particularidades de cada región, ya que la eficacia del hongo se afecta si es aplicado como agente de control biológico exótico, es decir, en regiones en las cuales las condiciones ambientales son diferentes a las zonas endémicas de donde haya sido aislado, asimismo, es importante considerar el género de hongo utilizado, ya que cada uno de ellos tiene la capacidad de matar de manera específica a ciertos insectos plaga [8,9,10]. En consecuencia, es necesario ampliar la variedad de agentes de control naturales que garanticen confianza en la efectividad del control de las plagas, implementando el control de calidad en las cadenas de producción y suministro.

### 3. Aspectos del mercado de bioplaguicidas

Bautista et al., (2018) [11], reportaron que en América Latina y el Caribe, el 5 % de los productos utilizados como agentes de control biológico para la protección de cultivos agrícolas corresponde al uso de insectos y microorganismos. La bacteria *Bacillus thuringiensis* destaca dentro de los microorganismos usados como principio activo de los bioplaguicidas [9,10]. Asimismo, diferentes especies de hongos han sido agentes de control biológico efectivos, ya sea como antagonistas o entomopatógenos, prevaleciendo géneros como

*Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria* (*Cordyceps*), *Lecanicillium*, *Trichoderma* y *Nomuraea* [9].

En México, existe una creciente tendencia a la producción, comercialización y consumo de bioplaguicidas elaborados a base de insectos entomófagos, entomopatógenos y microorganismos antagonistas, por lo cual, la cantidad de empresas nacionales e internacionales que los ofertan se han incrementado [6]. No obstante, a los problemas de calidad mencionados anteriormente, se suma la presencia de reglamentaciones inconsistentes. Esto representa un área de oportunidad para la ampliación y mantenimiento de la producción de los agentes de control biológico en los programas de los sectores público y privado [10].

El entendimiento de la complejidad de este mercado a nivel nacional, como señalan Arredondo-Bernal y González-Cabrera, (2020) [6], implica la necesidad de conocer cómo está segmentado, así como diferenciar entre las empresas dedicadas al comercio, las instancias gubernamentales con programas específicos de control biológico con financiamiento propio, y los productores que cuentan con infraestructura propia para la reproducción masiva de organismos benéficos con fines de autoconsumo.

En el presente trabajo, se llevó a cabo la búsqueda de información oficial disponible, que permitiera hacer una estimación de los productos comerciales que conforman el mercado nacional de plaguicidas biológicos, que tienen hongos como base para el control de plagas. Se encontraron algunos insumos públicos emitidos por las instituciones gubernamentales responsables del tema, pertenecientes a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y a la Secretaría de Salud (SSA). Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

### 4. Información de SENASICA

El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) es una entidad gubernamental dependiente de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural que,

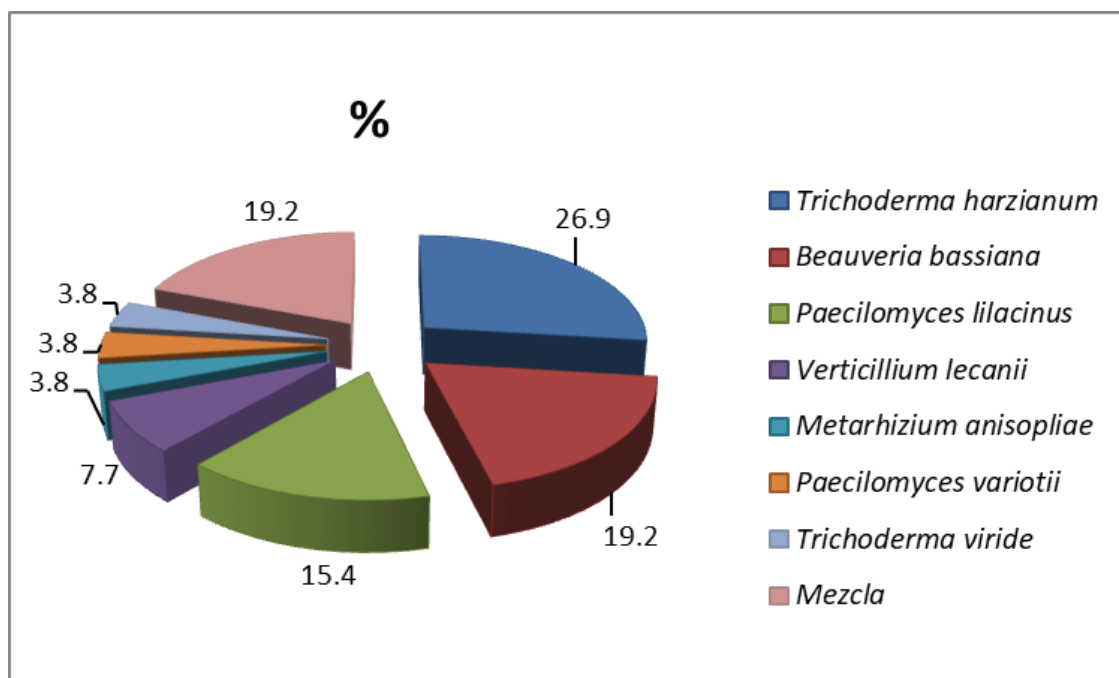


## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

dentro de sus atribuciones, tiene la de vigilar que los plaguicidas de uso agrícola que se pretendan registrar sean eficaces y se les permita obtener su Dictamen de Efectividad Biológica. En su sitio de internet, el 26 de febrero de 2020, publicó el directorio de empresas de plaguicidas, documento denominado "Directorio de empresas certificadas vigentes por cumplimiento de la NOM-034-fito-1995" [12]. Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas o morales interesadas en la fabricación, formulación, formulación por máquina, formulación y/o maquila e importación

de plaguicidas agrícolas [13]. A partir de la información reportada en el documento, se estimó que de los casi 3,000 plaguicidas enlistados (biológicos y químicos), únicamente el 1% corresponde a productos cuyo principio activo son hongos y que son diez las empresas relacionadas a su mercadeo (Tabla 1). Asimismo, se determinó que el principal hongo utilizado es *Trichoderma harzianum*, seguido por *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus* (Figura 1).



**Figura 1.** Hongos utilizados en control biológico según el Directorio de empresas certificadas vigentes por cumplimiento de la NOM-034-fito-1995.



## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

**Tabla 1.** Empresas con productos cuyo principio activo son hongos según el Directorio de empresas certificadas vigentes por cumplimiento de la NOM-034-fito-1995.

Empresa	Clave (Actividad)	Productos comerciales	Ingrediente Activo	Registro
<b>PLANT HEALTH CARE DE MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.</b>	EMIM-09-17-031 (Empresa importadora).	PHC T22 / PHC BIOPACK F / PHC ROOTSHIELD / PHC PLANTSHIELD / PHC COMPETE PLUS / PHC PLANTERBOX / T-22 HC / PHC G-41-PLANTERBOX / PHC ROOTMATE / PHC ROOTSHIELD PLUS	<i>Trichoderma harzianum</i>	RSCO-FUNG-0301B-303-002-001
<b>EL VERGEL DE OCCIDENTE, S.A. de C.V.</b>	EMIM-09-17-025 (Empresa importadora).	NATURALIS L / MYCORALIS	<i>Beauveria bassiana</i>	RSCO-INAC-0195-309-012-002
<b>SINQUÍMICA, S.A. de C.V.</b>	EFOR-25-18-004 (Empresa formuladora).	NEMAQUIM / NEMAKILL / PHA.DA / NEM P.B. / SINNEMAKILL / NEMPHADA / O.B GOLF	<i>Paecilomyces variotii</i> cepaQ09	RSCO-NEMA-0909-301-008-002
		FUNGI T.V. / TRI-VI / TRICOVIRIDE / KILL T.V. / grip GOLF	<i>Trichoderma viride</i> cepa	RSCO-FUNG-0302K 301-008-002
<b>GREENCORP BIOORGANIKS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.</b>	EFOR-05-19-010 (Empresa formuladora).	ENTOMAXX 5X2 / BIOMAXX DUO / ENTOPLUS BIO / MAXXIKOVER BIO. / BIOFIVE STARS	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Nomurea rileyi</i> + <i>Metarhizium anisopliae</i> + <i>Verticillium lecanii</i> + <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> +Concentrado Oleico –activo múltiple	RSCO-MEZC-INAC-0195-X0029-096-85.0
		LARBIOL 2X / BIOHAMMER / LARVIOUT / KILLARV / LARBIOL GM / LEPIDOUT / ENTOMAXX 5X2 / BIOPESTMAX	<i>Beauveria bassiana</i> Conidios + <i>Nomurea rileyi</i> Conidios+Aceite de neem+ <i>Bacillus thuringiensis</i> esporas var. kurstaki y var. israelensis	RSCO-INAC-0195-0636-096-54
		NEMAXXION BIOL / NEMACOL / NEMABIOL / NEMAGREEN / NEMAGOLD / NEMAKING / NEMATON PLUS	<i>Trichoderma spp.</i> + <i>Paecilomyces lilacinus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> +QUITOSAN+BI CARBONATO DE POTASIO	RSCO-NEMA-0302W-0529-013-88.00
<b>BIOKRONE, S.A. DE C.V.</b>	EFYM-11-18-018 (Empresa formuladora y/o maquiladora).	NATU CONTROL / BIOBEN / RIZOBEN / RIZOGENT / MORVEL BK-TH001	<i>Trichoderma harzianum</i>	RSCO-FUNG-0301B-307-002-001



## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

Tabla 1. (continuación).

<b>BIORGANIX MEXICANA, S.A. de C.V.</b>	EFXM-05-18-024 (Empresa formuladora por maquila).	BIOWALL	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus licheniformis</i>	RSCO-MEZC-FUNG-0302X-0299-094-30
<b>LABORATORIO Y SERVICIOS AGROBIOLÓGICOS, S.A. DE C.V.</b>	EFXM-25-18-010 (Empresa formuladora por maquila).	NEMAGRO/ LABSA NEMA/ NEMACARE	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	RSCO-NEMA-0907-X0005-013-005
		AGRODERMA/ LABSA TRICH/ FUNGIDERMA	<i>Trichoderma harzianum</i>	RSCO-FUNG-0301B-X0066-013-011
<b>QUIMICA AGRONOMICA DE MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.</b>	EFOR-08-19-001 (Empresa formuladora). EMIM-08-19-001 (Empresa importadora).	MILINI / BIOIN DALIFE Bb / BROADBAND	<i>Beauveria bassiana</i>	RSCO-INAC-0195-0622-002-1.4
		ARRECIFE / BIONE DALIFE BP	<i>Paecilomyces lilacinus</i> + <i>Bacillus firmus</i>	RSCO-MEZC-NEMA-0910-X0001-02-006
		FRAGATA / BIOFUNG DALIFE T / FERVOR / ANDANTE / ALLEGRO / COMPARZA / KUERDA / ESPEZIA / TUDOR / VOLERO / DAZZLING	<i>Trichoderma harzianum</i>	RSCO-FUNG-0301B-0526-002-5.0
<b>ULTRAQUIMIA AGRÍCOLA, S.A. DE C.V.</b>	EFXM-17-17-016 (Empresa formuladora por maquila). EFAB-17-18-004 (Empresa fabricante). EFOR-17-18-008 (Empresa formuladora).	SPECTRUM BEA B / BEAUVERIA / ULTRALITE BEA B / CYR BEAUVERIA/ INTER BB	<i>Beauveria bassiana</i>	RSCO-INAC-0195-X0013-009-0.40
		SPECTRUM META A / METARHIZIUM / ULTRALITE META A / CYR METARHIZIUM / CYR META / SPECTRUM FUNGIZIUM / SPECTRUM MICOPROT / SPECTRUM MICOLOW / XRRIZUM / INTER-M-A	<i>Metarhizium anisopliae</i>	RSCO-INAC-0190-0682-009-0.40
		SPECTRUM PAE L / PAECILOMYCES / ULTRALITE PAE L / SPECTRUM NEMA DIE / CYR PAECILOMYCES L	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	RSCO-NEMA-0907-X0007-009-0.40
		SPECTRUM TRICO-BIO / TRICHODERMA / ULTRALITE TRICO BIO / SPECTRUM TRICO H / CYR TRICHODERMA	<i>Trichoderma harzianum</i>	RSCO-FUNG-0301B-X0037-064-0.45



## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

Tabla 1. (Continuación).

AGROQÍMICOS VERSA, S.A. DE C.V.	EMIM-05-18-032 (Empresa importadora). EFYM-05-18-021 ((Empresa formuladora y/o maquiladora). EFAB-05-19-001 (Empresa fabricante).	Bb-TECNICO	<i>Beauveria bassiana</i>	RSCO-INAC-0195-313-017-092
		PL-TECNICO	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	RSCO-NEMA-0907-305-017-088
		Th-TECNICO	<i>Trichoderma harzianum</i>	RSCO-FUNG-0301B-309-017-070
		VL-TECNICO	<i>Verticillium lecanii</i>	RSCO-INAC-0104M-301-017-090
		ATENTO / BEIRA /BARA	<i>Beauveria bassiana</i>	RSCO-INAC-0195-315-002-007
		CHIMAL / RECURO / BEHELE	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	RSCO-NEMA-0907-307-002-007
		LABRADOR / SCARTO / RODONG	<i>Trichoderma harzianum</i>	RSCO-FUNG-0301B-0194-002-1.4
		EDAY / FLORETE / VASTATOR	<i>Verticillium lecanii</i>	RSCO-INAC-0104M-303-002-006

### 5. Información del CNRCB

El SENASICA, a través del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB) en el área de hongos entomopatógenos, realiza las actividades siguientes [14]:

- Búsqueda de hongos entomopatógenos nativos;
- Selección de aislados y cepas de hongos entomopatógenos por su virulencia y productividad;
- Tecnología para la producción masiva;
- Formulación;
- Seguridad biológica contra insectos benéficos asociados a la plaga y mamíferos;
- Evaluación de equipos de aplicación;
- Evaluación del impacto sobre las poblaciones de la plaga objetivo.

El CNRCB junto con otros Centros Regionales de Estudios y Reproducción de Organismos Benéficos (CREROB) ofertan 60 especies de agentes de control a laboratorios reproductores con propósitos mercantiles, de los cuales 42% son insectos y ácaros entomófagos, 20% son microorganismos entomopatógenos, 27% son agentes con actividad antagonista y 11% son

fitófagos y fitopatógenos utilizados para el control de maleza [6].

Recientemente se cuenta con el Directorio de laboratorios reproductores y comercializadores de agentes de Control Biológico a partir del cual se sabe de la existencia de 69 laboratorios reproductores, distribuidores y comercializadores de organismos benéficos como agentes de control biológico [15]. Sin embargo, también se sabe que existen más empresas dedicadas a producir y ofertar agentes de control biológico, no obstante, se desconocen sus datos de identidad. Arredondo-Bernal, aclara que las especies citadas en este directorio son reportes otorgados por los mismos laboratorios reproductores. A partir del documento y enfocándose en los agentes de control microbiano se analiza por un lado, que el mercado de los entomopatógenos ofertados por los laboratorios en México incluye a especies de bacterias y hongos principalmente. En lo que se refiere a los hongos, el 46.4% de los laboratorios establecidos producen *B. bassiana* y el 50.7% producen *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin; por otro lado, se tiene que hay 28 empresas productoras de microorganismos antagonistas comprendiendo 53 productos: 15 a base de bacterias y 38 a base de hongos. En la



## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

tabla 2, se enlistan los hongos que son más ofertados (entomopatógenos y antagonistas) y los nombres de los productos comerciales recopilados en el directorio del CNRCB.

La comparación de la numeralia de ambas fuentes de información (SENASICA vs. CNRCB) resulta en la existencia de contrastes o discrepancias en la información proporcionada

por los dos directorios analizados. Pese a ello, es importante resaltar la consistencia de la información reportada en lo que se refiere a ciertos géneros de hongos que conforman el mercado de bioplaguicidas de origen fúngico. En particular, se reitera el dominio en el mercado del hongo *B. bassiana* y de diferentes especies del género *Trichoderma*.

**Tabla 2.** Productos comerciales fúngicos reportados por laboratorios reproductores para el control biológico de plagas agrícolas (directorío del CNRCB).

Microorganismo	Nombre del producto comercial
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill	Bea-Sin, Bea-Plus, Bea-Tron, Control-B, Beauver, Bio Attack Bb, Bio-Broc, Beaveria bassiana, Bea-Met, Bio-Bassi (cepa BbET), Beamet, Bea Bichs, Beaubassil, Ban Bb, Bio-Arista Bb, BeneBeau, <i>Beauveria bassiana</i> Conidios, Mepab, Bea-Tnk y Spectrum Bea B.
<i>Hirsutella thompsonii</i> (Fisher)	<i>Hirsutella thompsoni</i> , H120.
<i>Isaria fumosorosea</i> Wize	Pae-Sin, Pae-Plus, Pae-Tron, Control-P, Pacilom, Bio Attack Pf, Fungi "Isaria" y Spectrum Pae F.
<i>Isaria javanica</i> (Bally) Damson & Hywel-Jones	Biopacel, Isaria-Pac, Ban-lj y Benelsari.
<i>Lecanicillium lecanii</i> (Zimm.) Zare & W. Gams	Verti-Sin, Verti-Plus, Verti-Tron, Bea-Met y Verpae.
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metchnikoff) Sorokin	Meta-Sin, Meta-Plus, Meta-Tron, Control-M, Dextrux, Bio Attack Ma, Metaplus, Bea-Met, Metafung, Meta-Bichs, Dtruxin, Metarsil, Ban-Ma, Bio-Arista-Mt, BeneRhizium, Meta-ICSA, Meta-Noc, Metadom, Mepab, Meta-TNK y Spectrum Meta A.
<i>Metarhizium acridum</i> Driver & Milner	Metaplus Complex, Ban-Mac, BeneRhizium, <i>Metarhizium acridum</i> Metadom cepa 213.
<i>Metarhizium rileyi</i> (Farl.) Kepler, Rehner & Humber	CHE-CNRCB 354
<i>Paecilomyces</i> sp.	Paecilo-Bichs y Mepab.
<i>Purpureocillium</i> (= <i>Paecilomyces</i> ) lilacinum (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson.	Pae-Lil, Pacilila, Phylacin, Vermi-Fungi, Pae-Lila Bichs, Nemakron, Paelil, Lila-Sin/Lila-Plus/LilaTron/Control-L/Lilac / Nem Out y Spectrum Pae L.
<i>Trichoderma</i> sp.	Ban-tricho, Trichoderma y Tricovel.
<i>Trichoderma aureoviride</i> Rifai	Bio-Arista-TH
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	Trichoderma, Trichosil, BeneTrich, <i>Trichoderma harzianum</i> , Antagonista, TricoFungi, Antagonista 20 SP, Trichoderma, Natucontrol, Tricho-Sin/Tricho-Plus/Tricho-Tron/Control-Th/Elicitor/Tricoder Forte, Spectrum Trico Bio y Tricon.
<i>Trichoderma koningii</i> (Oudem)	Koningii
<i>Trichoderma lignorum</i> (Tochinai & Shimada) Pidopl	Tricofungi
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> Rifai	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>
<i>Trichoderma viride</i> Pers	Antagonista TV y Antagonista.





## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

### 6. Información de la COFEPRIS

Otro enfoque a analizar para estimar el número de empresas y bioplaguicidas fabricados a base de hongos y que son comercializados en México, consiste en el conocimiento de los productos con registro sanitario [2, 6]. La producción y formulación de los agentes de control de origen microbiano, así como la regulación y certificación de las empresas productoras, está regulada por la Secretaría de Salud a través de la Comisión Federal contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). En la tabla 3, se incluye una lista de las especies comercializadas por empresas, muchas de ellas

transnacionales (Abbot Laboratories, Advan, Agrevo Mexicana, Agroquímicos Versa, Aventis Cropscience, BASF, Bayer-Monsanto, Biochem Systems, Biokrone, Buckman Laboratories, Certis Agro, DowDupont, Dow Agrociences, Dupont y Mycogen). El listado incluye el nombre comercial del microorganismo y el número de registro ante la COFEPRIS. Con forme a un análisis de la información reportada en COFEPRIS, Arredondo-Bernal y González-Cabrera, estimaron que son 43 las empresas que tienen productos biológicos con acción como agentes de control de plagas; a su vez, de los 133 registros obtenidos, el 19% son hongos [6].

**Tabla 3.** Bioplaguicidas de hongos registrados como agentes de control biológico ante COFEPRIS.

Especie	Nombre comercial	Registro en COFEPRIS
<i>Beauveria bassiana</i> cepa GHA	Naturalis L	RSCO-INAC-0195-303-012-002
	Mycotrol Es/Botanigard/Micron/ Baxil	RSCO-INAC-0195-305-355-011
	Mycotrol Es	RSCO-INAC-0195-307-355-011
	Cercon Es	RSCO-INAC-0195-311-355-011
<i>Beauveria bassiana</i>	Bea-Sin	RSCO-INAC-0195-0236-315-2.5
	Naturalis L/Mycoralis	RSCO-INAC-0195-309-012-002
	Bb-Técnico	RSCO-INAC-0195-313-017-092
	Atento/Beira/Bara	RSCO-INAC-0195-315-002-007
	Bioveria/Biovetrol/Biovegrow/Basimax/Biovecrop	RSCO-INAC-0195-317-002-010
	Bea-Sin/Bea-Plus/Bea-Tron/Control B/Beauver/Bio Attack Bb	RSCO-INAC-0903-0195-0291-002-2.5
	Spectrum BEA B/Beauveria/Ultralite BEA B/CYR Beauveria	RSCO-URB-INAC-0195-X0020-009-0.40
	Spectrum BEA B/Beauveria/Ultralite BEA B/CYR Beauveria/Inter BB	RSCO-INAC-0195-X0013-009-0.40





## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

Tabla 3. (Continuación).

<i>Metarhizium anisopliae</i>	<b>Meta-Sin</b>	<b>RSCO-INAC-0376-0250-315-3.0</b>
	Meta-Sin/Meta-Plus/Meta-Tron/ Control-M/Dextrux/Bio Attack Ma	RSCO-INAC-0903-0289-002-3.0
	Spectrum Meta A/Metarhizium/Ultralite Meta A/Cyr Metarhizium/Cyr Meta/Spectrum Fungizium/Spectrum Micoprot/Spectrum Micoglow/Xrrizum/Inter-M-A	RSCO-INAC-0190-0682-009-0.40
	Spectrum Meta A/Metarhizium/Ultralite Meta A/Cyr Metarhizium/Cyr Meta/Spectrum Fungizium/Spectrum Micoprot/Spectrum Micoglow	RSCO-URB-INAC-0903-X0037-009-0.40
	Meta Noc/Metadom/Muscardina/Supermetadom/Supe rmeta/Metakill 16/Meta-Ld 16/Meta Hm10	RSCO-INAC-0903-X0320-002-6.25
<i>Paecilomyces fumosoroseus*</i>	Pae-Sin/Pae Plus/Pae-Tron/Control P/Paecilom/Bio Attack Pf	RSCO-INAC-0906-0286-002-3.0
	Pae-Sin	RSCO-INAC-0907-0238-315-3.0
	PFR-97 20 % WDG	RSCO-INAC-0910-0014-034-020
<i>Paecilomyces fumosoroseus* + Metarhizium anisopliae + Beauveria bassiana</i>	Tri-Sin/Tri Plus/Tri-Tron/Control- Tri/Entomotri/Bio Attack Mix3	RSCO-INAC-0908-0285-002-5.7
	Tri-Sin/Tri Plus/Tri-Tron/Control- Tri/Entomotri/Bio Attack Mix3	RSCO-INAC-0909-0290-009-5.7
<i>Verticillium lecanii**</i>	Eday/Florete/Vastator	RSCO-INAC-0104M-303-002-006
	Verti-Sin	RSCO-INAC-0104M-0237-315-2.5
	VL-Técnico	RSCO-INAC-0104M-301-017-090
<i>Paecilomyces lilacinus***</i>	Lila-Sin/Lila-Plus/Lila-Tron/Control-L/Lilac/Nem Out	RSCO-NEMA-0907-0307-002-3
	Biostat	RSCO-NEMA-0907-301-002-033
	Biocat WG/Myco-Nema WG	RSCO-NEMA-0907-303-034-006
	Chimal/Recuro/Behele	RSCO-NEMA-0907-307-002-007
	PL-Técnico	RSCO-NEMA-0907-305-017-088
<i>Paecilomyces variotiicepa Q09</i>	Nemaquim/Nemakill/Phada/Nem PB/Sinnemakill/Nemphada	RSCO-NEMA-0909-301-008-002



## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

Tabla 3. (Continuación).

<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Rhodotorula minuta</i>	BR/Fungifree-AB Plus/Bioprotech-AB-Plus/Fungisafe-AB Plus/ Biocontrol-AB Plus/Fungitrol-AB Plus/Contrbiol-AB Plus	RSCO-FUNG-0302W-301-002-001
<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	Biowall	RSCO-MEX-FUNG-0302X-0299-094-30
<i>Trichoderma harzianum</i>	Labrador/Scarto/Rodong	RSCO-FUNG-0301B-0194-002-1.4
	Tricho-Sin/Tricho-Plus/Control-TH/Elicitor/Trichoder Forte	RSCO-FUNG-0301B-0287-002-3.0
	PHC T22/PHC Biopack F/PHCRootshield/PHC Plantshield/PHC Compete Plus/PHC Planterbox/T-22 HC/PHC G-41-Planterbo X/PHC Rootmate/PHC Rootshield Plus	RSCO-FUNG-0301B-303-002-001
	Trichodex 20 SP RSCO-FUNG-0301B-305-003-020 Moho gris Natu Control/Bioben/Rizoben/Rizogent/Morvel BK-TH001	RSCO-FUNG-0301B-307-002-001
	Th-Técnico	RSCO-FUNG-0301B-309-017-070
<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Trichoderma viride</i> + <i>Trichoderma fasciculatum</i>	JUQ	RSCO-MEYC-1301J-301-012-003
<i>Trichoderma lignorum</i>	Mycobac	RSCO-FUNG-0301C-301-002-010
<i>Trichoderma viride</i>	Funikill/Fungi TV/Tri-VI/Tricoviride/Kill TV	RSCO-FUNG-0302K-301-008-002

\* *Paecilomyces fumosoroseus* = *Isaria fumosorosea* = *Cordyceps fumosorosea* (nombre científico actual).

\*\* *Verticillium lecanii* = *Lecanicillium lecanii* (nombre científico actual).

\*\*\* *Paecilomyces lilacinus* = *Purpureocillium lilacinum* (nombre científico actual).

## 7. Discusión

Se ha dificultado conocer con exactitud el número de empresas y bioplaguicidas fabricados a base de hongos y que son comercializados en México, debido principalmente, a las inconsistencias intrínsecas de la información pública proporcionada por las instituciones gubernamentales responsables del tema. Analizando los datos proporcionados por las tres fuentes de información revisadas, se encontró que existen diferencias en el número de empresas y de productos reportados. El SENASICA reporta 30 productos y 10 empresas; el

CNRCB indica que son 69 laboratorios reproductores, distribuidores y comercializadores de organismos benéficos como agentes de control biológico, incluyendo aproximadamente 100 productos de hongos; por su parte, la COFEPRIS reporta que son 43 las empresas que tienen productos biológicos con acción como agentes de control biológico y 25 productos de hongos. No obstante, no se debe perder de vista que la diferenciación entre empresas dedicadas al comercio, instancias gubernamentales con programas específicos de control biológico con financiamiento propio y los productores que cuentan con infraestructura propia para la



## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

reproducción masiva con fines de autoconsumo explica las discrepancias observadas, ya que existen laboratorios artesanales de pequeña escala que producen mayormente para autoconsumo y de igual manera, hay empresas que comercializan bioinsecticidas importados del extranjero [6]. Es sugerible que haya una consistencia en la información oficial reportada, las incongruencias deben ser resueltas o como mínimo, se podría aclarar por qué se originan. El tema de fondo es la inexistencia de un marco regulatorio dirigido especialmente, no sólo al uso de hongos, sino de todos aquellos agentes considerables dentro del control biológico [10]. La regulación de los bioplaguicidas está inmersa en la establecida para los plaguicidas químicos, lo que conlleva a vacíos normativos. Debido a la naturaleza de los productos biológicos y en especial, a la importancia que están adquiriendo en el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles, es muy importante la generación de regulaciones específicas para este tipo de productos que conlleven a la generación, actualización o reforma del marco legal actual. Es fundamental tener una certidumbre del registro, monitoreo y trazabilidad de los bioplaguicidas, no sólo que permita conocer con exactitud el número de empresas y productos que forman parte del mercado nacional, sino su calidad y el grado de eficacia en su aplicación.

## 8. Conclusiones

La versatilidad biológica de los hongos los posiciona como elementos clave para el control de plagas agrícolas, por lo que es relevante apoyar las actividades de investigación enfocadas a encontrar nuevas especies endémicas con potencial, ya que tales investigaciones y la documentación generada (patentes y/o artículos) pueden funcionar como soporte científico de su efectividad. También, es necesario incrementar la difusión de los casos de éxito, para impulsar la transferencia de tecnología y como consecuencia el uso extensivo de esta alternativa biotecnológica. También, es importante el trabajo interinstitucional entre el SENASICA y la COFEPRIS que permita la generación de una base de datos

única con información estadística precisa sobre bioplaguicidas. Asimismo, todas estas acciones deberían respaldarse con la generación de una norma específica para bioplaguicidas y/o la adecuación del marco legal existente.

## 9. Referencias

- [1] CEPAL. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas [Internet]. 2018 [citado 18 abr 2021]. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/1362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/1362/40155/24/S1801141_es.pdf)
- [2] Córdova-Albores LC, Zelaya-Molina LX, Ávila-Alistac N, Valenzuela-Ruiz V, Cortés-Martínez NE, Parra-Cota FI, de los Santos-Villalobos S. Omics sciences potential on bioprospecting of biological control microbial agents: the case of the Mexican agro-biotechnology. *Mex. Fitopatol.* 2020; 39(1): 147-184. DOI: <http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2009-3>
- [3] CEPAL. Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible 2021. Cuarta Reunión del Foro-Reunión Virtual, 15 a 18 de marzo. Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Internet]. 2021 [citado 18 abr 2021]. Disponible en: <https://foroalc2030.cepal.org/2021/es>
- [4] CEPAL. Países de América Latina y el Caribe se comprometen a implementar la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y avanzar hacia un futuro mejor. Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Internet]. 2021 [citado 18 abr 2021]. Disponible en: <https://foroalc2030.cepal.org/2021/es/noticias/pais-es-america-latina-caribe-se-comprometen-implementar-la-agenda-2030-desarrollo>
- [5] Rani L, Thapa K, Kanojia N, Sharma N, Singh S, Grewal AS, Srivastav AL, Kaushal J. An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *J. Clean. Prod.* 2021; 283, 124657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>



## Contribución corta

Castillo-Minjarez, 2022

[6] Arredondo-Bernal HC, González-Cabrera J. El comercio del control biológico en México. En: Arredondo Bernal HC, et al, editores. Fundamento y práctica del Control Biológico de plagas y enfermedades. 1a Ed. México: Colección: Biblioteca Básica de Agricultura; 2020. p. 599-629.

[7] Ramírez-Guzmán KN, Torres-León C, Martínez-Terrazas E, De la Cruz-Quiroz R, Flores-Gallegos AC, Rodríguez-Herrera R, Aguilar CN. Biocontrol as an Efficient Tool for Food Control and Biosecurity. En: Grumezescu AM, Holban AM, editores. Food Safety and Preservation: Modern Biological Approaches to Improving Consumer Health. Reino Unido: Academic Press; 2018. p. 167-193. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814956-0.00007-X>

[8] Castillo-Minjarez JM, Garza-López PM, Barrios-González J, Loera O. Free conidia of entomopathogenic fungi modify quality traits by changing glutathione levels after an oxidant stimulus. Biol. Control, 2019; 137, 104011. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104011>

[9] Gómez M, Alarcón A, León M, Oehlschlager C, Solórzano L. Comercialización de agentes de control biológico. En: Alba Marina Cotes, editora, Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. 2a Ed. Colombia: Agrosavia; 2018. p. 762-793. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.investigation.7402537>

[10] Montesinos-Matías R, García-Cancino MD, Castillo-Minjarez JM, Ordáz-Hernández A y Sánchez-González JA. La calidad de los enemigos naturales en programas de control biológico. En: Arredondo Bernal HC, et al, editores. Fundamento y práctica del Control Biológico de plagas y enfermedades. 1a Ed. México: Colección: Biblioteca Básica de Agricultura; 2020. p. 451-90.

[11] Bautista EJ, Mesa L, Gómez-Álvarez MI. Alternativas de producción de bioplaguicidas microbianos a base de hongos: el caso de América Latina y El Caribe. Sci. Agropecu.. 2018; 9(4): 585-604.

<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.15>

[12] SENASICA. Directorio de empresas certificadas vigentes por cumplimiento de la NOM-034-fito-1995. Gobierno de México [Internet]. 2020 [citado 30 abr 2021]. Disponible en:

<https://www.gob.mx/senasica/documentos/empresas-de-plaguicidas-certificadas>

[13] DOF (Diario Oficial de la Federación). NOM-034-FITO-1995 Norma Oficial Mexicana, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas o morales interesadas en la fabricación, formulación, formulación por maquila, formulación y/o maquila e importación de plaguicidas agrícolas. Gobierno de México [Internet]. 1995 [citado 30 abr 2021]. Disponible en:

<https://catalogonacional.gob.mx/FichaRegulacion?regulacionId=1787#:~:text=Norma%20Oficial%20Mexicana,NOM%2D034%2DFITO%2D1995%2C%20Por%20la%20que%20se,e%20importaci%C3%B3n%20de%20plaguicidas%20agr%C3%ADcolas>

[14] SENASICA. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. Gobierno de México [Internet]. 2020 [citado 30 abr 2021]. Disponible en:

<https://www.gob.mx/senasica/documentos/hongos-entomopatogenos>

[15] Arredondo-Bernal HC. Directorio de laboratorios reproductores y comercializadores de agentes de control biológico en México. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico-CNRF [Internet]. 2020 [citado 30 abr 2021]. Disponible en:

<http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/10%20Material%20de%20Consulta/Literatura/Especies%20ex%C3%B3ticas%20invasoras/DIRECTORIO%20DE%20LABORATORIOS.pdf>



## Artículo de investigación

Gómez-Sánchez *et al.*, 2022

Recibido: 30-12-2021

Revisado: 05-03-2022

Aceptado: 10-04-2022

Publicado: 29-04-2021

# ANÁLISIS COMPARATIVO DE TIPO CINEMÁTICO Y DINÁMICO PARA ARQUITECTURAS ROBÓTICAS CARTESIANAS

Á. Gómez-Sánchez<sup>1\*</sup>, U. Gómez-Sánchez<sup>2</sup>, S. Martínez-Rueda<sup>1</sup>, B.H. Espinosa-Ramírez<sup>1</sup>, R. Estrada-Martínez<sup>1</sup>, J.M. Castillo-Minjarez<sup>1</sup> y L. Chávez-Escalante<sup>1</sup>

<sup>1,\*</sup> Universidad Tecnológica de Tecámac. División de Electromecánica Industrial. Carretera México-Pachuca km 37.5, Col. Sierra Hermosa C.P. 55740, México.

<sup>2</sup> Global Innovation Technologies GLINTEC, Research Department. 55745. México

Correspondencia: [dgomezs@utecamac.edu.mx](mailto:dgomezs@utecamac.edu.mx)\*

## Resumen

El presente artículo establece la comparación realizada entre dos configuraciones robóticas de tipo cartesiano: *Cantilever* y *Gantry*. El análisis de los modelos cinemático y dinámico permitió conocer las condiciones y parámetros de operación en la elección de la arquitectura robótica con base a la tarea a desarrollar. Asimismo, se demostró que, entre ambas configuraciones bajo estudio, existen similitudes propias a la arquitectura de los robots; sin embargo, la configuración o disposición de los eslabones y actuadores cambia las ventajas mecánicas entre ambas configuraciones. No obstante, la configuración *Gantry* mostró un mejor desempeño para la manipulación de objetos pesados dentro del espacio de trabajo.

**Palabras clave:** Cantilever, Gantry, modelo matemático dinámico, modelo matemático cinemático.

## 1. Introducción

Gran parte del desarrollo tecnológico ha sido alcanzado gracias a la automatización de líneas de producción, con las cuales la fabricación de bienes a gran escala ha posibilitado que la mayoría de la población acceda a ellos y, por lo tanto, se adquiera un mejor estilo de vida. Estos avances de manera significativa, se empezaron a gestar en la década de los 80's [1, 2, 3], con el surgimiento de arquitecturas robóticas de cadena abierta como una opción para ayudar al ser humano en las

tareas cotidianas, monótonas y sobre todo peligrosas, sin embargo, la maniobrabilidad y manipulabilidad exhibida por ellas no era lo suficientemente buena como para reemplazar al operador humano, ya que el tiempo en la realización de la tarea se consideraba excesivo y con poca precisión y baja repetibilidad [3, 4]. Sin embargo, también se dio comienzo a los trabajos de arquitecturas robóticas de cadena cinemática cerrada, las cuales resultaron benéficas para el desarrollo de tareas que demandan transportar



## Artículo de investigación

Gómez-Sánchez *et al.*, 2022

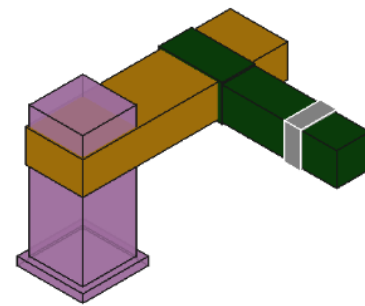
cargas pesadas de un punto en el espacio a otro (*pick and place*). En este respecto, los robots pueden interactuar o no con su entorno, si no existe interacción entonces se dice que su desplazamiento es libre por todo el espacio de trabajo. Las características por considerar para el desarrollo matemático en el presente artículo son: *i)* el robot está provisto de eslabones rígidos, *ii)* no existe fricción entre las uniones de los eslabones y *iii)* los actuadores son ideales.

El artículo está organizado como sigue. En la sección 2 se define la estructura mecánica, así como el tipo de articulaciones empleadas para los robots de tipo cartesiano. En la sección 3 se muestra el planteamiento matemático que describe al modelo cinemático directo e inverso de la configuración cartesiana. Para la sección 4 se presenta el modelado dinámico de las dos posibles configuraciones robóticas cartesianas mediante ecuaciones diferenciales, representación de estados y la ecuación generalizada de tipo matricial. También en 5 se discuten las similitudes y diferencias encontradas a partir de los modelos matemáticos para cada una de las configuraciones expuestas en el presente artículo

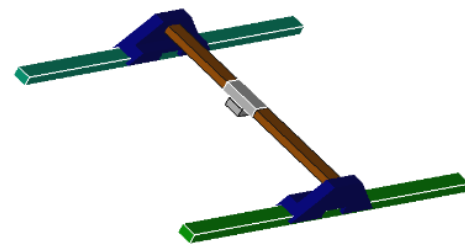
### 2. Configuración cartesiana

Se nombra robot cartesiano porque sus desplazamientos son realizados acorde a un marco de referencia ortogonal cartesiano [1, 2, 3]. Generalmente, los actuadores con los que está construido son de tipo rotacional (motores a paso o servomotores) con un mecanismo que transforma la rotación a movimientos de traslación y, en general, se emplean poleas dentadas, porque se minimizan ruidos y patinamientos entre la banda y la polea que interfieran con la colocación correcta del efector final dentro del espacio de trabajo. En la figura 1 se representan las dos configuraciones cartesianas *Cantilever* y *Gantry*, que serán analizadas en futuras secciones. Estas configuraciones son de gran utilidad en tareas de soldado pintado, corte

de materiales, colocación de objetos en distintos puntos del espacio de trabajo entre otras. Sin embargo, esencialmente son empleadas en tareas que requieren trabajar en el plano 2D porque los movimientos son mapeados con menor dificultad enviándose comandos de control a los actuadores del robot de manera directa. Los movimientos de este tipo de robots pueden ser analizados por modelos cinemáticos y dinámicos por lo que, se abordarán en las siguientes secciones.



a) *Cantilever*



b) *Gantry*

**Figura 1.** Configuraciones cartesianas.

### 3. Modelo cinemático

Es bien conocido que el estudio de los manipuladores robóticos tiene dos vertientes para su estudio, las cuales son: *i)* cinemática directa y *ii)*

$$\mathbf{X} = f(q_n) \quad \forall \quad n = \{1, 2, 3, \dots\} \quad (1)$$



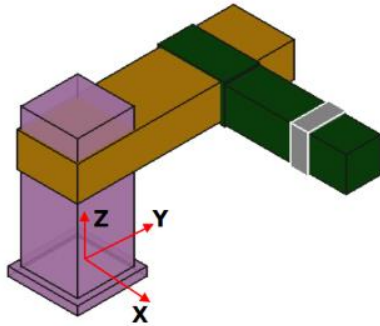


## Artículo de investigación

Gómez-Sánchez *et al.*, 2022

cinemática inversa [5, 6]. En la ecuación 1 se describe la relación existente entre las posiciones articulares con la posición y orientación del efector final.

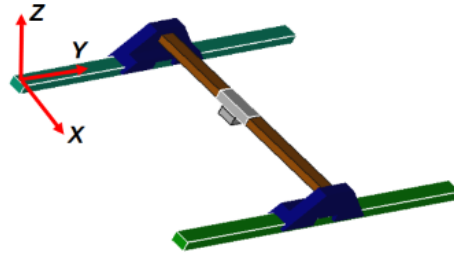
Donde  $X \in \mathbb{R}^3$  representa un vector en el espacio y  $q_n$  las posiciones articulares del manipulador, mismas que pueden ser de tipo rotacional, prismática o esférica. Considerando la configuración cartesiana mostrada en la Figura 1 del lado izquierdo (Cantilever), la cual tiene uniones de tipo prismáticas, se decide ubicar el referencial global ortogonal en la base del robot; hacia arriba indicado el eje Z, en dirección del segundo eslabón al eje Y, y por último, en dirección al tercer eslabón al eje X tal como se observa en la figura 3. Es importante notar que la elección de las direcciones, asimismo la ubicación del referencial es arbitraria, estableciéndose con la premisa de facilitar el análisis posterior.



**Figura 2.** Referencia coordenada para robot cartesiano Cantilever.

$$\left. \begin{array}{l} x = f(q_x) \\ y = f(q_y) \\ z = f(q_z) \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} x = q_x \\ y = q_y \\ z = q_z \end{array} \right\} \quad (2)$$

Sea  $\Gamma$  el espacio de trabajo del robot entonces  $X \subset \Gamma$  y el sistema de ecuaciones en (2) representa la cinemática directa del robot cartesiano *Cantilever* (no compensada en gravedad).



**Figura 3.** Referencial coordenado del robot cartesiano *Gantry*.

Analizando la cinemática para la configuración *Gantry*, se asigna el referencial ortogonal en la base de un soporte del robot donde los ejes X y Y se establecen acorde al movimiento de los eslabones, mientras que el eje Z es contrario al desplazamiento que realiza el efector final. La figura 3 muestra la disposición del referencial global sobre el robot para iniciar con el análisis cinemático.

Considerando que la configuración *Gantry* utiliza uniones prismáticas equiparables al movimiento sobre cada uno de los ejes del referencial, las ecuaciones cinemáticas son las siguientes.

Se hace notar que las ecuaciones 2 y 3 son iguales no obstante son configuraciones diferentes.

$$\left. \begin{array}{l} x = f(q_x) \\ y = f(q_y) \\ z = f(q_z) \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} x = q_x \\ y = q_y \\ z = q_z \end{array} \right\} \quad (3)$$

Para ambas configuraciones estudiadas anteriormente, el vector en el espacio está dado por  $X = [x, y, z]^T$  y describe la posición del efector final en el espacio de trabajo establecido por las condiciones de los eslabones para cada una de las configuraciones. Mientras que el problema de la cinemática inversa implica conocer las posiciones articulares del manipulador, tal que sea cumplida

$$q = f^{-1}(X) \quad (4)$$



## Artículo de investigación

Gómez-Sánchez *et al.*, 2022

la restricción de posición y orientación en el efector final. Por lo que, es posible representarla mediante la ecuación 4.

A diferencia del modelado cinemático directo, el inverso puede tener una solución, múltiples soluciones o simplemente ninguna solución; todo depende de la configuración robótica bajo estudio. Además, parte importante en el estudio cinemático es que no se consideran los efectos inerciales causados por los elementos que conforman a la configuración robótica; para ello, los actuadores se consideran ideales. Tomando en cuenta una asignación similar del marco de referencia planteado en la Figura 2, mientras que haciendo referencia a la Figura 3 se observa la disposición de los ejes que definen el avance de la variable de posición en el espacio de trabajo; siendo entonces posible plantear las ecuaciones que definen a la cinemática inversa.

$$\left. \begin{matrix} q_x = f^{-1}(x) \\ q_y = f^{-1}(y) \\ q_z = f^{-1}(z) \end{matrix} \right\} \Rightarrow \left. \begin{matrix} q_x = x \\ q_y = y \\ q_z = z \end{matrix} \right\} \quad \therefore q = X \quad q, X \in \mathbf{R}^3 \quad (5)$$

Observando las ecuaciones (2) y (3) mismas que representan a la cinemática directa para ambas configuraciones, y tomando en consideración a la ecuación (4) misma que representa a la cinemática inversa el sistema de ecuaciones mostrado en (5) define de forma precisa a las ecuaciones cinemáticas inversas para ambas configuraciones, observándose que las coordenadas articulares son iguales a las coordenadas espaciales demostrándose que no existe diferencia entre la cinemática directa e inversa para las configuraciones bajo estudio.

### 4. Modelado dinámico

El modelado dinámico conlleva a la obtención de sistemas de ecuaciones diferenciales generalmente de segundo orden de tipo vectorial [1,6]; las cuales, describen las posiciones

articulares ( $q$ ) o bien cartesianas ( $X$ ) de la arquitectura robótica. Este tipo de modelado permite conocer condiciones para definir el correcto funcionamiento del robot, es decir, si el robot puede alcanzar algún punto dentro del espacio de trabajo para el cual ha sido encomendado en todo momento, considerando las interacciones que intrínsecas y extrínsecas; de encontrarse alguna singularidad en el modelado matemático, se infiere la imposibilidad de alcanzar dicho punto, por lo que es conveniente reajustar las consignas de movimiento por medio de alguna ley de control que comande la dinámica de los actuadores. Tal como lo refiere Spong [7], el modelado dinámico puede ser expresado por la ecuación 6.

$$g(X, \dot{X}, \ddot{X}, \tau) = 0 \quad (6)$$

Acorde a la figura 4, se observa la distribución de los centros de masa aplicados para cada uno de los eslabones correspondientes a cada una de las configuraciones robóticas cartesianas, ya que es importante definir un punto de referencia sobre cada uno de los eslabones que presentan alguna dinámica; asimismo la ubicación del referencial global necesario para la medición de las variables de interés tales como la posición espacial y sus derivadas. Se hace notar que el centro de masa es variable en función al desplazamiento que tienen los eslabones.

El modelado dinámico de la configuración *Cantilever* asimismo de la *Gantry* son definidas por el siguiente par de sistema de ecuaciones diferenciales respectivamente, las cuales fueron obtenidas mediante la teoría del modelado por energías [8, 9].

$$\underbrace{\left. \begin{matrix} (m_1 + m_2 + m_3)\ddot{x} + (m_1 + m_2 + m_3)g = F_z \\ (m_2 + m_3)\ddot{y} = F_y \\ m_3\ddot{z} = F_x \end{matrix} \right\}}_{\text{a) Conf. cantilever}} \quad \underbrace{\left. \begin{matrix} m\ddot{z} + mg = F_z \\ m\ddot{y} = F_y \\ m\ddot{x} = F_x \end{matrix} \right\}}_{\text{b) Conf. Gantry}} \quad (7)$$





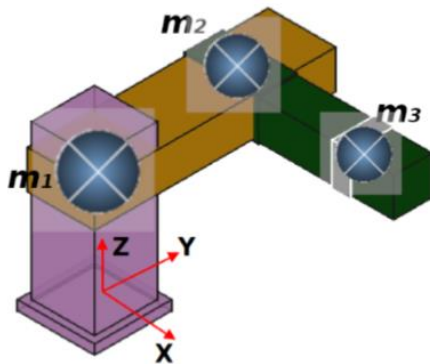
## Artículo de investigación

Gómez-Sánchez *et al.*, 2022

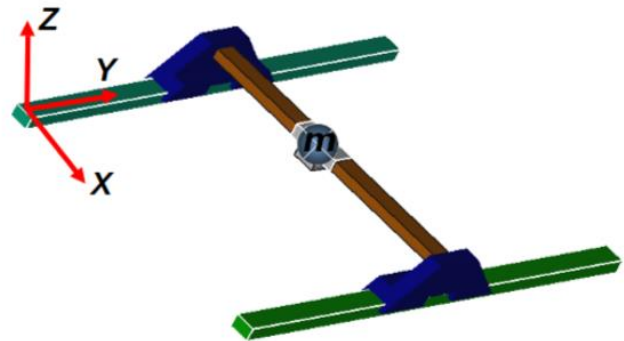
Donde:  $m_1, m_2, m_3, m, g \in \mathbb{R}^+$ .  $F_x, F_y, F_z$  son excitaciones externas hacia el robot con la finalidad de crear movimientos sobre los eslabones. Estas excitaciones pueden ser de tipo *i)* impulso, *ii)* escalón, *iii)* rampa, *iv)* sinusoidal, o bien alguna combinación de todas las anteriores. Mostrando la representación en términos de los estados para las ecuaciones presentadas en (7) son definidas en (8).

$$\underbrace{\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} l_z \\ l_y \\ l_x \\ i_z \\ i_y \\ i_x \end{pmatrix}}_{\text{Conf. Cantilever}} = \underbrace{\begin{pmatrix} i_z \\ i_y \\ i_x \\ \frac{F_z - g(m_1 + m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3} \\ \frac{F_y}{(m_2 + m_3)} \\ \frac{F_x}{m_3} \end{pmatrix}}_{\text{Conf. Gantry}} \quad \underbrace{\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} l_z \\ l_y \\ l_x \\ i_z \\ i_y \\ i_x \end{pmatrix}}_{\text{Conf. Gantry}} = \underbrace{\begin{pmatrix} i_z \\ i_y \\ i_x \\ \frac{F_z - gm}{m} \\ \frac{F_y}{m} \\ \frac{F_x}{m} \end{pmatrix}}_{\text{Conf. Gantry}} \quad (8)$$

Autores como Koren [10], Dombre and Khalil [11] y Pashkevich [4] describen el modelo dinámico de manipuladores robóticos de forma compacta por la ecuación 9.



(a) No compensada.



(b) Compensada

**Figura 4.** Configuraciones cartesianas con centros de masa.

$$\underbrace{M(q) = \begin{pmatrix} m_1 + m_2 + m_3 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 + m_3 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{pmatrix}}_{\text{Conf. cantilever}} \quad C(q, \dot{q}) = 0 \quad g(q) = \begin{pmatrix} (m_1 + m_2 + m_3)g \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$\underbrace{M(q) = \begin{pmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & m \end{pmatrix}}_{\text{Conf. Gantry}} \quad C(q, \dot{q}) = 0 \quad g(q) = \begin{pmatrix} mg \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

Para ambos casos  $F = [F_z, F_y, F_x]^T$ . La ventaja de esta representación radica en las propiedades fácilmente comprobables para cada uno de los

elementos que conforman a la ecuación generalizada establecida en (9).

## 5. Relaciones comparativas entre la configuración Gantry y Cantilever

Con base en el análisis presentado en las secciones previas, las comparaciones se centran en las ecuaciones obtenidas referentes a la cinemática directa y a la cinemática inversa para las arquitecturas robóticas de tipo Gantry y Cantilever.



## Artículo de investigación

Gómez-Sánchez *et al.*, 2022

- Tomando en cuenta las ecuaciones relacionadas al **análisis de la cinemática directa** las cuales son etiquetadas con 2 y 3 en la sección 3, muestran que el modelado matemático que define los movimientos para cada una de las articulaciones del robot tanto de tipo Cantilever como Gantry son las mismas, lo cual implica que el mapeo para el movimiento de las articulaciones se realiza de manera directa siempre y cuando las articulaciones sean de tipo prismático esto es, las coordenadas espaciales y articulares tienen un mapeo directo entre sí. Ahora, la comparación para la cinemática directa entre ambas configuraciones plantea que el mapeo es el mismo entre las coordenadas espaciales y las coordenadas articulares, esto es cierto cuando las arquitecturas han sido construidas con uniones prismáticas.
- El análisis dinámico contempla interacciones físicas que provocan la dinámica del sistema haciendo un análisis más cercano a su comportamiento real. Por lo que, considerando la configuración *Cantilever* (ecuación 7a) que plantea la condición  $m_1 \gg m_2 \gg m_3 > 0$ , se tendrá una estructura rígida capaz de cargar un objeto con masa no despreciable; el cual, no deforma a los eslabones de esta configuración. También se observa que la sumatoria de inercias impacta al vector de gravedad, causando que el peso se incremente y, en consecuencia, la potencia de los actuadores se incrementa. En cambio, para la configuración *Gantry* (ecuación 7b), se destaca la masa del efector final como factor a ser considerado. Además, en caso de no ejercer acción sobre el eje Z ( $F_z = 0$ ) existe en todo momento una fuerza de atracción; la cual, es producto de la acción gravitacional sobre la masa ( $mg$ ). Asimismo, las ecuaciones 10 y 11, muestran que para ambas configuraciones cumplen con las condiciones deseadas para lograr convergencia en el posicionamiento espacial indicado por la matriz de inercia (simétrica y definida positiva). En este caso la matriz de Coriolis es nula, lo que resulta una condición

deseable para garantizar la estabilidad en los movimientos articulares del robot.

- Considerando las características de los modelos obtenidos con los análisis cinemáticos (directo e inverso) y dinámico, los movimientos de los robots para ambas configuraciones son realizados de manera directa, sin requerir complejas consignas de control. Por lo que se podrían realizar tareas simples como soldado, pintado, corte, entre otras.

## 6. Conclusión

Se ha observado que la configuración *Cantilever* plantea mayor complejidad ya que son necesarios eslabones y actuadores más robustos en comparación con la configuración *Gantry*; sin embargo, la maniobrabilidad es similar para ambas configuraciones. Una desventaja particular de la configuración *Gantry* es el requerimiento de espacio físico para la realización de tareas e instalación del robot. Por lo tanto, la configuración *Gantry* resulta más conveniente para la operación de un robot de tipo cartesiano.

## 7. Referencias

- [1] Craig John J. (2009). Introduction to robotics: mechanics and control. Ed. Pearson Education. ISBN 9702607728
- [2] Critchlow Arthur J. (1985). Introduction to robotics. Ed. Macmillan. ISBN 978-0023255908
- [3] Subir Kumar Saha. (2008). Introduction to robotics. Ed. McGraw-Hill Education. ISBN 9780070669000. pp 321.
- [4] Pashkevich Anatol. (2009). Welding automation. In Springer handbook of automation. pp. 1027–1040. Berlin: Springer.
- [5] Lenarcic Jadran and Merlet Jean-Pierre. (2018). Advances in robot kinematic. Proceedings of the 15th meeting, ARK, June 27–30, 2016, volume 4. Cham: Springer.



## **Artículo de investigación**

**Gómez-Sánchez *et al.*, 2022**

[6] Selig Jon M. (2005). Geometric fundamentals of robotics, volume 128. Springer pp.140.

[7] Spong M. W. (1987). Modeling and control of elastic joint robots. Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control. pp 310–319.

[8] Lynch Kevin M. and Park Frank C. (2017). Modern robotics. Ed. Cambridge University Press. ISBN 1107156300.

[9] Siciliano Bruno, Sciavicco Lorenzo, Villani Luigi, and Oriolo Giuseppe. (2009). Modelling, planning and control. Advanced Textbooks in Control and Signal Processing. Ed. Springer. ISBN 1846286417.

[10] Yoram Koren. (1985). Robotics for engineers, volume 168. Ed. McGraw-Hill New York. ISBN 0070353999.

[11] Etienne Dombre and Wisama Khalil. (2013). Robot Manipulators: Modeling, Performance Analysis and Control. Ed. John Wiley & Sons. ISBN 1118614100.



## **Artículo de investigación**

**Porcayo-Albino et al., 2022**

*Recibido: 03-02-2022*

*Revisado: 02-03-2022*

*Aceptado: 03-04-2022*

*Publicado: 29-04-2022*

# **LONG-RUN RELATIONSHIP BETWEEN INTEREST RATE SPREAD AND UNEMPLOYMENT IN THE CEMAC REGION: A PANEL DATA ANALYSIS**

## **RELACIÓN A LARGO PLAZO ENTRE LA DIFERENCIACIÓN DE LAS TASAS DE INTERÉS Y EL DESEMPLEO EN LA REGIÓN DE LA CEMAC: UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL**

**A. Porcayo-Albino<sup>1\*</sup>, M. Djepang-Kouamo<sup>2</sup> and J. Sibe<sup>3</sup>**

<sup>1\*</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Comercio y Administración. Av. Luis Enrique Erro S/N, Alcaldía Madero. C.P. 07738, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>University of Douala, Department of Public Economics. Carrefour Ange Raphaël, Douala, Cameroon.

<sup>3</sup>Independent researcher, Oklahoma City, United States of America.

\*Correspondencia: ariannaporcayo@hotmail.com

### **Abstract**

This paper examines the long-run relationship between interest rate spread and unemployment in the CEMAC region. The data used to carry out this study goes from 1960 to 2013 and are secondary data from the world development indicator database. We use the panel data analysis to carry out this study, our variables of interest turn out to be I (1) and after successfully performing the Johansen cointegration test, we applied the Error Correction Model (ECM) to estimate our parameters. We reached two major conclusions. First, there is cointegration between interest rate spread and unemployment in the CEMAC Region. Second, when considering countries individually, there is such a cointegration relationship for all member countries but Cameroon. Our results also portray that variations of the interest rate spread in the CEMAC region could account for 35 % of variations in total unemployment. An increase in the interest rate spread in the short and long run drives positively and significantly the level of total unemployment in the CEMAC region. Therefore, we proposed some policies measures such as reducing the interest rate spread to encourage investors to take more risks, create more jobs and drive down total unemployment. We also proposed to the government authorities of the CEMAC region to quit the CFA currency zone and join a flexible exchange rate system, so they could have more leverage to control monetary policies.



## Artículo de investigación

Porcayo-Albino et al., 2022

**Keywords:** CEMAC, Interest spread, unemployment, Cointegration and error correction model.

### Resumen

Este documento examina la relación a largo plazo entre el diferencial de tipos de interés y el desempleo en la región de la CEMAC. Los datos utilizados para realizar este estudio van desde 1960 hasta 2013 y son datos secundarios de la base de datos de indicadores de desarrollo mundial. Utilizamos el análisis de datos de panel para realizar este estudio, nuestras variables de interés resultan ser  $I(1)$  y luego de realizar con éxito la prueba de cointegración de Johansen, aplicamos el Modelo de Corrección de Errores (ECM) para estimar nuestros parámetros. Llegamos a dos conclusiones importantes. Primero, existe una cointegración entre el diferencial de tasas de interés y el desempleo en la Región CEMAC. En segundo lugar, al considerar a los países individualmente, existe una relación de cointegración para todos los países miembros excepto Camerún. Nuestros resultados también muestran que las variaciones del diferencial de tipos de interés en la región de la CEMAC podrían explicar el 35 % de las variaciones del desempleo total. Un aumento en el diferencial de tasas de interés en el corto y largo plazo impulsa positiva y significativamente el nivel de desempleo total en la región de la CEMAC. Por lo tanto, propusimos algunas medidas políticas como reducir el diferencial de tipos de interés para animar a los inversores a asumir más riesgos, crear más puestos de trabajo y reducir el desempleo total. También propusimos a las autoridades gubernamentales de la región CEMAC abandonar la zona monetaria CFA y unirse a un sistema de tipo de cambio flexible, para que pudieran tener más influencia para controlar las políticas monetarias.

**Palabras clave:** CEMAC, Modelo de margen de interés, Desempleo, Modelo de cointegración y corrección de errores.

### 1. Introducción

The Economic and Monetary Community of Central Africa (CEMAC) is an economic region using a currency known as the CFA franc. This currency is backed by the French government under the aegis of the euro. Today with the globalization of the economies and the vulnerability of the French economy due to the financial crisis, the stability of the CFA franc is no longer guaranteed and therefore stability and control of its interest rate spread don't depend on CEMAC countries but rather on the French government monetary and economic policies.

As a result, the CFA currency is dangling so is unemployment skyrocketing, imputing social unrest in CEMAC economies. To be able to

control the unemployment level in the CEMAC region and reach full employment levels, governments and monetary authorities in the region ought to follow common goals and implement sustainable and common monetary and economic policies. This has not been the case so far since the creation of this currency (whose convertibility is neither guaranteed nor managed by CEMAC monetary authorities since the inception of the currency followed by the ratification of the Central African Customs and Economic Union (UDEAC) which later on, became CEMAC.



## Artículo de investigación

Porcayo-Albino et al., 2022

Interest Rate Spread (IRSP) in an economy is crucial for growth and development, as numerous authors suggest a critical link between the efficient intermediate and economic growth. Efficient intermediation benefits the real economy by allowing a higher expected return to a saver and providing more opportunities with cheap investable funds (Quaden, 2004). Higher IRS discourages a potential saver and is a barrier for a potential investor since the cost of intermediating between a saver and an investor has strong implications for the effective mobilization of funds. The inefficiency of financial intermediaries causes high intermediation costs and increases the loss of productive funds in the intermediary process. This leads to a reduction in lending, investment, and economic growth.

We study the relationship between monetary policy, as measured by nominal interest rates or inflation, and labor market performance, as measured by unemployment. While this is an old issue, our focus differs from the existing literature by concentrating on the longer run. We are less interested in business cycles, and more in relatively slow-moving trends. One reason to focus on the long run is that it may well be more important from a welfare and policy perspective.

Another reason to focus on the long run is that economic theory has much cleaner implications for what happens at lower frequencies, which are less likely to be clouded by complications such as signal extraction problems and other forms of imperfect information, or nominal stickiness and other rigidities (Berentsen, Menzio and Wright, 2011). We abstract from such complications to focus on the effect of interest rate spread on unemployment. In this study, we use the panel error correction model.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 describes the situation of interest spread in the CEMAC. Section 3 is the literature review followed by the data collection method and analysis of the model (section 4) and finally conclusions and recommendations (section 5).

## 2. Interest rate spread in the CEMAC region

A key variable in the financial system is the spread between lending and deposit interest rates. When it is too large, it is generally regarded as a considerable impediment to the expansion and development of financial intermediation, as it discourages potential savers with low returns on deposits and limits financing for potential borrowers, thus reducing feasible investment opportunities and therefore the growth potential of the economy (Barajas, 1996). Financial systems in developing countries have been shown to exhibit significantly and persistently larger intermediation spreads on average than those in developed countries (Hanson and Roberto, 1986).

The financial system in CEMAC is bank-dominated and mostly foreign-owned (Saab and Vacher, 2007). Cameroon and Gabon, the two largest economic powers in the subregion, account for about three-fourths of total assets and loans. There are 33 deposit-taking banks in operation in CEMAC as of end-2005, 31 of which are privately owned, and 23 of which are foreign-owned by entities outside CEMAC. Eight banks do not comply with the minimum capital adequacy ratio (8 percent), including five with negative equity. Government ownership of banks in CEMAC is limited and has been declining since the restructuring of the sector in the mid-1990s. At the regional level, as of end-2005, the average government share of bank capital is about 20 percent, while the central Government share of deposits is around 9 percent. In contrast to the situation prevailing in other countries in sub-Saharan Africa (SSA), banks have considerably limited their direct lending to governments. As of the end-2004 (Beck et al., 2005), commercial banks employed relatively few employees (5,700), in a limited number of branches (190, against 120 in 2000). Branch density is limited just reaching the density of Ghana or Nigeria would require a tripling of the number of branches (Saab and Vacher, 2007). There is significant scope for further intermediation in several countries, while other countries seem



## Artículo de investigación

Porcayo-Albino et al., 2022

over-extended: Chad and the Central African Republic have loan-to-deposit ratios above 100 percent, reflecting a narrower deposit base and a tighter liquidity situation relative to Cameroon and the Congo, for example. In Cameroon, as a result of past bank restructuring episodes, banks hold a large share of government securities, which tends to limit their capacity and willingness to extend loans.

### 3. Interest rate spread and unemployment

Crowley (2007) and Barajas, Roberto, and Natalia (1999) define interest rate spread is the difference between the Weighted Average Lending Rate (WALR) and the Weighted Average Deposit Rate (WADR). Wider spreads are always a proxy for an underdeveloped financial system characterized by inefficiency, lack of competition, and higher concentration of the banking sector; among others, and the reverse is also perceived to be true (Demirguc-Kunt and Huizinga, 1999; Mlachila and Chirwa, 2002; Mugume, Apaa and Ojwiya, 2009). Banking systems in developing countries have been shown to exhibit significantly and persistently large intermediation spreads on average than those in developed countries.

However, the difference arises in the causal factors. For example, in Uganda, just like in any other developing country, persistent high intermediation spreads have been of particular concern to the business fraternity and policymakers (Nannyonjo, 2002; Cihak and Podpiera, 2005; Beck and Hesse, 2006; Mugume, Apaa and Ojwiya, 2009). Lending rates continue to ride high while lower rates are being offered on deposits (Mugendawala, 2007).

Others causal factors can be mentioned in a study realized by Ramírez Rocha; Bernal Ponce y Cervantes Zepeda, (2019). They analyzed the differences in the interest rates of microfinance institutions of some countries in Latin America, Africa, Eastern Europe, and Asia. They found that the operating expenses are essential drivers of these interest rates. They also found that

operating expenses, average loan per borrower, real growth GDP, and government effectiveness, are key factors that explain differences in interest rates using apply Hierarchical Linear Modeling to analyze these differences.

Next, Le Gall and Lerou (2004) study the origins of banking crises in sub-Saharan Africa, drawing upon the experience of ten countries during the period 1985 to 1995. The conclusions underscore that the banking crises examined did not represent an entirely special case. Several factors identified in the general literature, including macroeconomic shocks, were highly relevant but note that several of their features were nonetheless specific to this part of the world. These banking crises were the very prototype of endemic crises associated with heavy government intervention in the banking system.

Another study by Da Costa Filho (2017) showed that long-term yields on inflation-linked bonds are driven by yields on 10-year interest rates of United States government bonds and 10-year risk premium, as measured by the Credit Default Swap. Long-term interest rates in Brazil were on a downward trend, following US real rates and stable risk premium, until the taper tantrum in the first half of 2013. From then onwards, real interest rates rose due to the increase in US real rates in anticipation of the beginning of monetary policy normalization and, more recently, due to a sharp increase in Brazilian risk premium. Policy interest rates do not significantly affect long-term real interest rates.

The dependence of African economies means that they are exposed to external shocks that affect the development of government actions. Akinley and Ekpo (2013) examine the macroeconomic implications of symmetric and asymmetric oil price and oil revenue shocks in Nigeria, using the vector autoregressive estimation technique. They find that both positive and negative oil price shocks influence real government expenditure only in the long run rather than in the short run, while examining





## Artículo de investigación

Porcayo-Albino et al., 2022

positive and negative shocks to external reserves revealed stronger implications for expenditure in the long run, with positive rather than negative oil price shocks having stronger short and long-run effects on real GDP, and therefore triggering inflationary pressure and domestic currency depreciation.

However, results obtained show that oil revenue shocks are capable of impeding economic growth only in the long run while raising general price levels marginally in the short run after the initial shocks, with evidence of serious threat to interest rate and the domestic currency in the short and medium term, as the volume of imports increases significantly along with the external reserves. Findings on the asymmetric effects of oil revenue shocks revealed that positive shocks to oil revenue stimulate expansionary fiscal posture in the Nigerian economy in the short run-in line with theory, thereby creating inflationary pressure and domestic currency depreciation. The combined implications of these discoveries suggest the need for proper coordination of fiscal and monetary policy for sustainable macroeconomic stability to be achieved. (Akinley and Ekpo, 2013).

To overcome the problem of an external shock coming from European currency and the external financial market, African governments can join a flexible exchange rate system rather than a pegged exchange rate system in which most of these countries are trapped. (Chiatchoua and Sibe, 2015). The relationship between interest rate and unemployment was studied for several years. We are going to present some cases.

In Mexico, Figueroa-Hernández; Pérez-Soto and Godínez-Montoya (2016), the aim of analyzing some macroeconomic variables that affect inflation and unemployment, from 1980 to 2015, using a model of multiple linear regression was developed, found a highly significant statistically exchange rate and the interest rate. Unemployment elasticity with respect to GDP and FDI was:  $3,44 \times 10^{-6}$ ,  $-1,2 \times 10^{-4}$  respectively, which indicated that with the 10.0% increase in

each of these, the unemployment rate varies very little. For inflation with interest rate was 1.4%, compared to an increase of 10.0% of this, the inflation rate increased by 14.0%

Mbekeni and Phiri (2019) examine the determinants of unemployment for the South African economy in the post-crisis period over a quarterly frequency period of 2009 to 2018. The determinants are examined for 4 classes of unemployment rates (total, male, female and youth) and we further partition possible unemployment determinants into fiscal, monetary and macroeconomic variables. The estimation results from the employed autoregressive distributive lag models find income tax, repo rates, economic growth, trade, investment, household debt and savings to be significant determinants of unemployment in the post-crisis South African economy and yet we note discrepancies of the significance of these determinants amongst different unemployment categories.

In recent years, much progress has been made studying both labor and monetary economics using theories that explicitly incorporate frictions, including search and matching frictions, non-competitive pricing, anonymity or imperfect monitoring, etc. Models with frictions are natural for understanding dynamic labor markets and hence unemployment, as well as goods markets and the role of money.

However, existing papers analyze either unemployment or money in isolation. One objective here is to provide a framework that allows us to analyze unemployment and money in an environment with logically consistent microfoundations. Although there are various ways to proceed, in terms of different approaches in the literature, here we integrate the labor market model in Dale and Christopher (1994) with the goods market model in Ricardo and Wright (2005). The result is a very tractable framework that makes sharp predictions about many interesting effects, including the impact of interest rates on employment.





## Artículo de investigación

Porcayo-Albino et al., 2022

We then consider the issue quantitatively by calibrating the model and asking how it accounts for the above-mentioned observations. Suppose for the sake of a controlled experiment that monetary policy is the only driving force over the period i.e., assume counterfactually that demographics, productivity, fiscal policy, etc. were constant. Given monetary policy behaved as it did, how well can we account for movements in trend unemployment? We find that the model accounts for a sizable fraction of the lower-frequency movement in unemployment as a result of observed changes in trend interest rates. For instance, monetary policy alone can generate around half of the 3-point increase in trend unemployment in the 1970s and about the same fraction of the decline in the 1980s. Money matters. However, we also ask how this prediction is affected by financial innovations and conclude that in the future money may matter less to the labor market.

### 4. Data collection method and analysis

In this section, we will discuss the methodology and theoretical framework, after running the Error Correction Model method employed to estimate the long-run relationship between interest rate spread and total unemployment in the CEMAC region. This is done after running the unit root and the cointegration tests. Thereafter, we test the econometric validity and accuracy of the results using the Wald test and the F-statistics and its probability. The data we use in this study are collected from the World Bank online database 2014. The period of analysis goes from 1960 to 2013 (53 years) and is done on a panel of 6 countries (Cameroon (CMR), Central African Republic (CAF), Congo (COG), Gabon (GAB), Equatorial Guinea (GNQ) and Chad (TCD)). These countries are chosen on the sole basis of their union (CEMAC) and their economic integration, common monetary, and synchronized economic policy. Finally, we will present the interpretation

of results and give some recommendation after concluding the research.

#### 4.1. Unit root test

The extended version of the Dickey-Fuller test called the augmented Dickey-Fuller test is the test we implement in this study; it is so-called because the regression has been augmented with the lagged changes,  $\Delta y_{t-h}$ . The inclusion of the lagged is intended to clean up any serial correlation in  $\Delta y$ . If a series has a unit root, then, in many cases, the usual large sample normal approximations are no longer valid. In addition, a unit root process has the property that innovation has a long-lasting effect, which is of interest in its own right. While there are many tests for unit roots, we choose to run the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test because it is the most popular and easiest to implement Wooldridge (2012).

Table 1 below summarizes the result I of the ADF unit root test, where the variables (interest rate spread and total unemployment are not stationary at level but are at first different) This leads us to test for cointegration.

#### 4.2. Cointegration and Wald Tests

The notion of cointegration applies when two series are  $I(1)$ , but a linear combination of them is  $I(0)$ ; in this case, the regression of one on the other is not spurious, but instead tells us something about the long-run relationship between them. Cointegration between two series also implies a particular kind of model, called an error correction model, for the short-term dynamics Wooldridge (2012). The error correction coefficient obtains from table 4 is negative and very significant. Interestingly it is different from zero as we can infer after performing the Wald test (table 3 below). Table 2 gives us a Summary of the Johansen-Fisher Panel Cointegration Test. The results imply that there is a cointegration relationship between interest rate spread and unemployment in the CEMAC Region. The cointegration between those variables of interest differs from country to country as we can



## Artículo de investigación

Porcayo-Albino et al., 2022

see from the table where there is a very strong cointegration relationship (less than or equal to 1%) for some member countries (Gabon and Equatorial Guinea). The cointegration relationship is considered strong (less than or equal to 5%) for the Central African Republic and weak (between 5% and 10%) for (Chad and the Republic of Congo), while there is no cointegration between interest spread and unemployment for Cameroon

(more than 10%). This could suggest that monetary and economic policies instruments applied to those economies are not coordinated as we could have expected in a monetary union (CEMAC); and/or we could also question the level of economic integration between these economies.

**Table 1.** Summary ADF unit root test of Unemployment and Interest Spread

ADF Unit root test (Unemployment)					
Series: UNT	Method	Levin, Lin & Chu $t^*$	Im, Pesaran and Shin W-stat	ADF - Fisher Chi- square	PP - Fisher Chi- square
	Statistic	-0.98096	-0.93229	16.0886	26.3392
	Prob.**	0.1633	0.1756	0.1872	0.0096*
Series: D(UNT)	Statistic	-5.28395	-7.25985	68.9334	174.761
	Prob.**	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*
ADF Unit root test (Interest Spread)					
Series: IRSP	Method	Levin, Lin & Chu $t^*$	Im, Pesaran and Shin W-stat	ADF - Fisher Chi- square	PP - Fisher Chi- square
	Statistic	-1.08017	0.10560	8.02073	7.58600
	Prob.**	0.1400	0.5421	0.7835	0.8166
Series: D(IRSP)	Statistic	-6.38030	-4.63807	43.3812	66.5427
	Prob.**	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*
Null: Unit root (assumes common unit root process)					
** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi -square distribution.					
All other tests assume asymptotic normality. * Reject the null hypothesis at 5% (stationary)					

Source: Calculation of the authors.



# Artículo de investigación

Porcayo-Albino et al., 2022

**Table 2.** Summary of Johansen-Fisher Panel Cointegration Test

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace and Maximum Eigenvalue)					
Hypothesis	No of CE(s)	Fisher Stat*. (from Trace Test)	Prob.	Fisher Stat*. (from Max-Eigen Test)	Prob.
None		54.89	<0.0001	36.16	0.0003
At most 1		46.74	<0.0001	46.74	<0.0001

Individual cross section results					
Hypothesis	Country	Trace Test Stat.	Prob**.	Max-Eigen Test Stat.	Prob**.
Hypothesis of no cointegration	CAF	27.1653	0.0006	21.8992	0.0026
	CMR	9.9025	0.2883	7.6420	0.4163
	COG	13.2647	0.1055	10.0993	0.2055
	GAB	35.1398	0.0000	23.3732	0.0014
	GNQ	18.1403	0.0195	11.5704	0.1278
	TCD	12.0361	0.1552	8.2700	0.3519
Hypothesis of at most 1 cointegration relationship	CAF	5.2661	0.0217	5.2661	0.0217
	CMR	2.2605	0.1327	2.2605	0.1327
	COG	3.1654	0.0752	3.1654	0.0752
	GAB	11.7667	0.0006	11.7667	0.0006
	GNQ	6.5698	0.0104	6.5698	0.0104
	TCD	3.7661	0.0523	3.7661	0.0523

\* Probabilities are computed using asymptotic Chi-Square distribution  
 \*\* Mackinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Source: Calculation of the authors.

**Table 3.** Summary of Wald Test

Null Hypothesis: $C(2)=0$			
Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	2.839393	93	0.0056*
F-statistic	8.062153	(1, 93)	0.0056*
Chi-square	8.062153	1	0.0045*

Null Hypothesis Summary		
Normalized Restriction (=0)	Value	Std. Err
C(2)	0.091432	0.032201

\*, \*\*, \*\*\* reject the null hypothesis at 1%, 5%, 10%

Source: Calculation of the authors.



## Artículo de investigación

Porcayo-Albino et al., 2022

### 4.3. Error-correction mechanism

So, we decided to run the ECM test in order to assess the long-run relationship between interest rate spread and total unemployment in the CEMAC region. Wooldridge (2012) explained that cointegration between two series implies a particular kind of model, called an error correction mechanism or error correction model, for the long and short-term dynamics the error correction mechanism (ECM) was first used by Sargan and later popularized by Engle and Granger to correct for disequilibrium. An error correction model evaluates the short-run and long-run dynamics in the relationship between the dependent variable (interest rate spread) and the independent variable (total unemployment). An important theorem, known as the Granger representation theorem, states that if two variables (the dependent variable and the independent variable) are cointegrated, the relationship between the two can be expressed as ECM.

That is

$$D(UNT) = C(1) + C(2) * D(IRSP) + C(3) * U_{t-1}$$

$$D(UNT) = -0.027335 + 0.09143 * D(IRSP) - 0.57767 * U(-1)$$

Where  $U_{t-1}$  is the white noise error term known as the lagged value of the error term (error correction term or the speed of adjustment). When the error correction term is statistically significant and negative it works to push the dependent variable (total unemployment (UNT)) back toward the equilibrium (Gujarati, 2008). From table 4 below, we can see that statistically, the Error Correction term is highly significant and negative; suggesting that economic growth (UNT) adjusts to interest rate spread with a one-year lag at the rate of 57.8%. Therefore, this model shows that there exists a long-run equilibrium relationship between interest rate spread and total unemployment in the CEMAC region.

Table 4. ECM Model

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.027335	0.057132	-0.478462	0.6334
D(IRSP)	0.091432	0.032201	2.839393	0.0056*
U(-1)	-0.577674	0.092818	-6.223760	<0.0001*
*, **, *** reject the null hypothesis at 1%, 5%, 10%				

Source: Calculation of the authors.

## 5. Conclusion

These results from the model suggest that there is a long-run equilibrium relationship between interest spread and unemployment in the CEMAC region, they corroborate with the results of the Johansen cointegration test, where we found that our variables of interest are cointegrated. The speed of adjustment is 58% percent. Also, we can notice from table 2 that in the short run interest spread significantly positively affect unemployment. Meaning that as interest spread continues to increase in the CEMAC region,

unemployment is significantly going to increase, putting these economies under stress which could harm economic growth (since economic growth is tightly pegged to the level of unemployment in developing countries). Our determination coefficient is 0.35, meaning that 35% of the variation of total unemployment in the CEMAC region could be explained by variation in interest spread alone. Also, the results from the Wald test are relevant to the fact that our dependents variables are significantly different from zero as we could confirm with the value of



## Artículo de investigación

Porcayo-Albino et al., 2022

the probability of the F statistic. Another important test to mention is that of the DW coefficient which is greater than 2 thus, revealing that there is no problem with the autocorrelation of the residues.

### 6. Recommendations

The model development is fit to give us reliable results in the CEMAC region. We see fit if CEMAC monetary authorities and their respective governments pursue economic integration through the creation of a new currency managed and guaranteed by themselves, and reduce the interest spread gap to boost citizen's propensity to save more, as well as the propensity of investors to take the risk given the reduced cost of money. This could create more jobs and drive down total unemployment. We also think it is time for the CEMAC government authorities to quit the CFA currency zone and join a flexible exchange rate system, so they could have more leverage to control monetary policies.

### 7. References

- [1] Barajas A., Roberto S. and Natalia S. (1999), "Interest Spreads in Banking in Columbia, 1974-96", *IMF Staff Papers*, Vol. 46 (2), p. 196-224
- [2] Barajas A. (1996), "Interest Rates, Market Power, and Financial Taxation: An Application to Columbia Banks 1974-1988" (unpublished; Washington: IMF, November)
- [3] Beck T. and Hesse H. (2006), "Bank Efficiency Ownership and Market Structure: Why are Interest Spreads so high in Uganda?", *World Bank Policy Research, Working Paper 4027*, October
- [4] Berentsen A., Menzio G. and Wright R. (2011), "Inflation and Unemployment in the Long Run", *American Economic Review*, Vol. 101(1), p. 371-398
- [5] Chiatchoua C. and Pegou, S. J. (2015), "Foreing Direct Investment in Sub-Saharan Africa (SSA): An Opportunity for New Developed Countries (NDC)", *Análisis Económico*, Vol. XXX (73), pp. 89-109.
- [6] Cihak M. and Podpiera R. (2005), "Bank Behavior in Developing Countries: Evidence from East Africa", *IMF Working Papers 05/129*, IMF Washington DC
- [7] Crowley J. (2007), "Interest Rate Spreads in English-Speaking African Countries", *IMF Working Papers, WP/07/101*, IMF Washington DC
- [8] Da Costa F. and Adonias E. (2017), "What Drives Long Term Real Interest Rates in Brazil?", *Brazilian Business Review*, Vol. 14 (6), pp. 624-635.
- [9] Dale T.M. and Christopher A.P. (1994), "Job Creation and Job Destruction in the Theory of Unemployment", *Review of Economic Studies*, Vol 61 (3), p. 397-415
- [10] Demirguc-Kint A. and Huizinga H. (1999), "Determinants of Commercial Bank Interest Margins and Profitability: Some International Evidence", *World Bank Economic Review*, 13, pp. 379-408
- [11] Figueroa-Hernández E.; Pérez-Soto F. and Godínez-Montoya L. (2016), "El desempleo y la inflación en México", *Opción*, vol. 32, núm. 13, pp. 267-300.
- [12] Gujarati D. N. (2008), "Basic Econometrics", 5<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill Irwin, New York
- [13] Hanson J. A. and Roberto de R. R. (1986), "High Interest Rates, Spreads, and the Costs of Intermediation: Two Studies", (Washington: World Bank)
- [14] Lagos R., and Wright R. (2005), "A Unified Framework for Monetary Theory and Policy Analysis", *Journal of Political Economy*, Vol. 113 (31), p. 463-484



## Artículo de investigación

Porcayo-Albino et al., 2022

- [15] Mbekeni L. and Andrew P. (2019). "South African unemployment in the post-financial crisis era: what are the determinants?" Munich Personal RePEc Archive, Paper No. 94159, posted 29 May 2019 13:01 UTC, Department of Economics, Nelson Mandela University. Online at <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/94159/>
- [16] Mlachila M. and Chirwa E.W. (2002), "Financial Reforms and Interest Rate Spreads in the Commercial Banking System in Malawi", IMF Working Papers, WP/02/6, IMF Washington DC
- [17] Mugendawala H. (2007), "Credit Risk And Bank Interest Rate Spreads In Uganda", <https://www.scribd.com/document/100298361/Credit-Risk-and-Bank-Interest-Rate-Spreads-in-Uganda-Final-1#> (consulté le 14 Septembre 2017)
- [18] Mugume A., Apaa J., and Ojwiya, C. (2009), "Interest rate Spreads in Uganda: Bank Specific Characteristics or Policy Changes?", *The Bank of Uganda Staff papers Journal*, Vol 3 (2), pp. 5-21.
- [19] Nannyonjo J. (2002), "Financial sector reforms in Uganda (1990-2000): interest rate spreads, market structure, bank performance and monetary policy", Göteborg: Kompendiet.
- [20] Quaden G. (2004), "Efficiency and Stability in an Evolving Financial System", <http://www.bnb.be/Sg/En/Contact/pdf/2004/sp040517en.pdf> (consulté le 14 Septembre 2017)
- [21] Ramírez Rocha A., Bernal Ponce L. A. and Cervantes Z. M. (2019), "Differences in the interest rates of microfinance institutions in some markets economies: an HLM approach", *Estudios Económicos*, Vol. 34, no. 2, pp. 275-307.
- [22] Ricardo L. and Wright R. (2005), "A Unified Framework for Monetary Theory and Policy Analysis", *Journal of political Economy*, Vol 113(3), p. 463-484
- [23] Roland D., Françoise Le G. and François L. (2004), "Banking in Sub-Saharan Africa: What Went Wrong?", *IMF Working Paper N° 04/55*.
- [24] Samer Y. S and Jérôme V. (2007), "Banking Sector Integration and Competition in CEMAC", IMF Working Papers, WP/07/3, IMF Washington DC
- [25] Simeon O.A. and Stephen E. (2013), "Oil price shocks and macroeconomic performance in Nigeria", *Economía Mexicana NUEVA EPOCA*, Vol. 2 (4), PP: 565-624.
- [26] Wooldridge J. M. (2012), "Introductory Econometrics: A Modern Approach", 5<sup>th</sup> Edition, Michigan State University, South-Western: Cengage Learning.



---

## Anexos de la publicación

### GUÍA PARA AUTORES

Los autores que sometan artículos a la revista deberán incluir una carta de exposición de motivos donde expongan la congruencia de su manuscrito con la revista, así mismo, en la misma carta, deben exponer que los autores están de acuerdo con las políticas editoriales de la revista.

#### Tipos de publicación

**Artículos de investigación:** Estos deberían incluir de forma completa, clara y concisa el estado del arte, metodología y los hallazgos experimentales obtenidos por el autor (o grupo de autores).

**Artículos de revisión:** Este tipo de publicación deberá ser producto de una rigurosa revisión bibliográfica y, como fruto de ella debe ofrecer una clara prospectiva del tema. La extensión deberá ser entre las 5000 y 10000 palabras (incluyendo bibliografía).

**Contribuciones cortas:** Esas serán aceptadas cuando se consideren un avance considerable de un hallazgo experimental y, por lo tanto, se hace de forma preliminar. Este tipo de contribución no debe exceder las 3000 palabras. También son aceptables artículos de revisión cortos (mini review) y estos no deben exceder las 5000 palabras (incluyendo bibliografía).

**Artículos de divulgación:** Se podrán abordar temas acordes a alguna de las áreas de la revista, su redacción deberá ser orientada hacia el público en general. Este tipo de contribución no debe exceder las 3000 palabras.

#### Lenguaje

*La Mexican Journal of Technology and Engineering* aceptará indistintamente contribuciones en español e inglés. Investigadores con lengua materna diferente al inglés, deben presentar un certificado de revisión emitido por alguna agencia de servicio de traducción y corrección de estilo.

#### Envío de manuscritos

Para enviar manuscritos a la revista es necesario que uno de los autores sea designado como autor de correspondencia. La dirección postal completa y correo electrónico debe señalarse dentro del manuscrito sometido. El autor de correspondencia deberá asegurarse de que el manuscrito sometido cumpla con todos los requerimientos señalados en la guía de autores y asegurarse de tener los siguientes documentos antes del envío:





---

## Anexos de la publicación

- El Archivo en Word del manuscrito.
- Archivos individuales de las imágenes utilizadas en el manuscrito en formato JPG o TIFF.
- Archivo JPG o TIFF con el resumen gráfico (opcional).
- En caso de someter en idioma inglés, el certificado de revisión.
- En caso de utilizar recursos visuales provenientes de otras fuentes debe incluir una carta de permiso para el uso del material de los autores originales o de la editorial responsable.

Todos los archivos deberán enviarse al correo electrónico [editorial@mexicanjournalte.com](mailto:editorial@mexicanjournalte.com). Las notificaciones relacionadas con la decisión del editor y el proceso de revisión serán enviadas al correo electrónico del autor de correspondencia.

## Árbitros

En todos los casos los manuscritos sometidos serán arbitrados de forma independiente. Para ello, los autores pueden enviar junto con el documento sometido, un escrito donde sugieran hasta tres árbitros; proporcionando, el nombre del investigador, adscripción y correo electrónico.

## Revisión por pares

La revista opera con un proceso de revisión de simple ciego. Todas las contribuciones serán revisadas por el editor de área y, una vez determinada la idoneidad del escrito sometido, se enviará para su revisión a un mínimo de dos revisores expertos quienes evaluarán la calidad científica. El editor del área será el responsable de la decisión final (aceptación o rechazo) de cada manuscrito.

## Estructura y formato de las contribuciones

### Aspectos generales

Todas las contribuciones que se propongan para su publicación en la *Mexican Journal of Technology and Engineering* deberán ser escritas a doble espacio (incluyendo tablas, figuras y referencias) y usando Times New Roman, tamaño 12, en todo el manuscrito. Los márgenes en todos los costados serán de 2.5 cm. Todas las cuartillas estarán numeradas en la esquina inferior derecha y deben terminar con palabras completas. Numerar cada renglón iniciando con 1 en cada página.

Los artículos deben estar divididos en secciones y subsecciones del artículo deben estar claramente definidas y debidamente numeradas (secciones: 1, 2, 3, ...; subsecciones: 1.1, 1.2, 1.3...). Los apartados básicos de la estructura principal del manuscrito se definen a continuación:



---

## Anexos de la publicación

**Título.** El título debe estar redactado en español e inglés. Deberá ser breve (20 palabras o menos), conciso e informativo, reflejando de forma sustanciosa el contenido de la contribución. El título deberá estar centrado, con mayúsculas (excepto por nombres científicos) y sin punto final. Evitar las abreviaciones, asteriscos y fórmulas a medida donde sea posible. Cuando sea el caso, nombres científicos de especies se escribirán con itálicas y con mayúscula en la primera letra del género.

**Nombres de los autores.** Los autores deben ser nombrados con un nombre y, posteriormente, el apellido (o apellido compuesto). Los autores deben estar separados por comas y al final del apellido se colocarán superíndices numéricos progresivos que indicarán la afiliación de cada autor. Su ubicación será centrada, inmediatamente debajo del título, sin grados académicos y sin cargos laborales.

**Afiliaciones.** Colocar las afiliaciones de forma numérica y en orden de aparición de los autores. Colocar la institución, el departamento, código postal y país.

**Autor de correspondencia.** El autor de correspondencia debe ser señalado con un asterisco en forma de superíndice. Sus datos de correspondencia deben contener: Institución, departamento, dirección postal, código postal, ciudad, país y correo electrónico.

**Resumen.** Debe ser redactado en español e inglés, con un máximo de 300 palabras de extensión. Debe estar redactado en el idioma en el que está escrito el artículo. Debe de englobar los contenidos y conclusiones relevantes del artículo.

**Palabras clave.** Incluir términos que faciliten la búsqueda del artículo en línea, se aceptarán de tres a seis términos simples o compuestos, con mayúscula sólo los nombres propios, separados por comas, con punto al final de la última. Se ubicarán abajo del resumen alineadas al margen izquierdo del texto.

**Introducción.** Redactar el estado del arte que sustente la relevancia de la investigación y establecer de forma clara los objetivos del artículo.

**Materiales y métodos.** Redactar de forma detallada los procedimientos utilizados en el trabajo experimental y, en el caso de realizar procedimientos provenientes de otras fuentes de información, referenciarlos adecuadamente.

**Resultados y discusión.** Se presentarán los hechos derivados de la aplicación de las metodologías descritas, ordenados de manera lógica y objetiva. Los resultados deben ser descritos de forma clara y precisa, sin recurrir a la repetición de datos de tablas y figuras. En la discusión, se debe interpretar la relevancia de los resultados obtenidos y su comparación con la literatura publicada.

**Conclusiones.** Deben presentarse de forma categórica, breve y precisa, mencionando las aportaciones específicas al conocimiento con base en los resultados más relevantes del manuscrito.

**Agradecimientos.** En caso de que los autores lo consideren adecuado, en esta sección podrán reconocer a personas o instituciones que financiaron, asesoraron o auxiliaron en la investigación.



## Anexos de la publicación

**Referencias.** Las referencias deben presentarse en formato Vancouver.

**Tablas.** Colocar las tablas al final del manuscrito (como texto editable), en orden de aparición y debidamente numeradas. Las tablas deben de referenciarse en el manuscrito. Colocar encima de la tabla su descripción.

**Imágenes.** Las imágenes deben referenciarse en el manuscrito. Colocar al final del manuscrito los pies de imagen y enviar las imágenes en archivos independientes en formato JPG o TIFF. Las imágenes deben contener de 300 a 1000 dpi.