



Mexican Journal of Technology and Engineering

ISSN: en trámite

Volumen 1 Número 2



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 2, Mayo-Agosto 2022) editada por el Dr. Rafael Alejandro Angel Cuapio y su Consejo Editorial. Difusión y soporte digital vía internet www.mexicanjournalte.com,

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. 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

- Residuos sólidos orgánicos ¿Beneficio o problema?.....4-8
N. López-Ramírez, A. Espinosa-Sánchez y A. Jiménez-Huerta

Publicaciones regulares

Ciencias Químico-Biológicas

- Glycyrrhizin and glycyrrhetic acid: pharmacological potential for the treatment of viral respiratory infections.....9-21
N. Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez

Ingeniería y Desarrollo Tecnológico

- Los texturizantes incrementan la producción de conidios de *Metharizium anispliae*.....22-29
H. Castillo-Castillo, L. Rojas-Gutierrez, J. Espitia-López, P. Garza-López, G. Martínez-de Jesús, I. Neria-González y A. Angel-Cuapio

Ciencias Sociales y Humanidades

- Análisis del desarrollo económico, social y ambiental de Brasil.....30-47
C. Chiatichoua y M. T. Matadamas-García

Ciencias Agropecuarias

- Implementación de tratamientos biológicos en la disminución de residuos sólidos urbanos.....48-56
J.M. Castillo-Minjarez, E. A. Vargas-León, P. López-Ordaz, A. Angel-Cuapio y F. J. Martínez-Valdez

Anexos de la publicación

- Guía para autores.....57-60



Artículo de divulgación

López-Ramírez et al., 2022

Recibido: 09-09-2022

Revisado: 01-10-2022

Aceptado: 06-10-2022

Publicado: 11-10-2022

RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS ¿BENEFICIO O PROBLEMA?

N. López-Ramírez^{1*}, A. Espinosa-Sánchez² y A. Jiménez-Huerta²

^{1,*}Tecnológico Nacional de México/TES Chicoloapan. Departamento de Desarrollo Comunitario. Camino al Monte s/n, esquina con Camino a Tlalmimilolpan, Loma de Guadalupe., 56380 Ejido de Chicoloapan, Méx., Méx.

²Tecnológico Nacional de México/TES Chicoloapan. Departamento de Gestión Empresarial. Camino al Monte s/n, esquina con Camino a Tlalmimilolpan, Loma de Guadalupe., 56380 Ejido de Chicoloapan, Méx., Méx.

*Correspondencia: nohemi.lopez@teschic.edu.mx

Resumen

Toda actividad humana consume materias primas, produciendo a corto o largo plazo desechos. Eliminarlos es un problema en todo el mundo, y este se agrava más a medida que la población no solo aumenta en número, sino también en calidad de vida. Una de las estrategias sustentables para el tratamiento de los residuos sólidos es la producción de biofertilizantes, estos resultan de gran importancia en la fertilización del suelo ya que proporcionan nutrientes y mejoran las condiciones físico-químicas y biológicas del mismo, ayudando al desarrollo y crecimiento de plantas. De esta manera, se puede mitigar el impacto ambiental negativo que provoca su inadecuada gestión y/o su disposición final en rellenos sanitarios o vertederos a cielo abierto y, por otro lado, se pueden generar intereses económicos en la obtención de un producto que impacta en el sector agroindustrial. Por lo que, es necesario dar a conocer a la sociedad las alternativas que se pueden generar a partir del uso de lo que se considera desecho ayudando a disminuir algunos problemas de contaminación y en ese sentido, concientizar a la sociedad y a las autoridades sobre el tratamiento y gestión de éstos.

Palabras clave: residuos sólidos orgánicos, daño ambiental, biofertilizantes.

Abstract

All human activity consumes raw materials, producing waste in the short or long term. Eliminating them is a problem throughout the world, and this is becoming more serious as the population not only increases in number, but also quality of life. One of the sustainable strategies for the treatment of solid waste is the production of biofertilizers, these are of great importance in the fertilization of the soil since they provide nutrients and improve its physical-chemical and biological conditions, helping the development and growth of plants. In this way,



Artículo de divulgación

López-Ramírez et al., 2022

the negative environmental impact caused by its inadequate management and/or its final disposal in sanitary landfills or open-air dumps can be mitigated and, on the other hand, economic interests can be generated in obtaining a product that has an impact on the agribusiness sector. That is why it is necessary to make society aware of the alternatives that can be generated from the use of what is considered waste, helping to reduce some pollution problems and in that sense, making society and the authorities aware of their treatment and management.

Keywords: organic solid waste, environmental damage, biofertilizers.

1. Introducción

A nivel mundial, los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su incorrecta disposición y porque cada día aumentan, debido a los procesos de transformación industrial, agroalimentarios, a los hábitos de consumo de las personas y, debido al rápido crecimiento poblacional, propiciando un incrementado en el consumo de bienes y servicios y con ello la generación de residuos.

La descomposición de los residuos sólidos orgánicos (restos de alimentos y restos de poda, principalmente) en los rellenos sanitarios, provocan graves problemas de contaminación ambiental y constituyen un recurso desaprovechado, debido a que contienen una alta fracción orgánica que puede ser empleada como fuente de energía [1, 2]. Así mismo, dentro de las actividades humanas que están afectando negativamente el ambiente, existen residuos sólidos generados en mercados y tianguis. Estos sitios son fuentes muy importantes de producción de residuos sólidos a nivel municipal y cuya problemática en México se ha agudizado por su inadecuado manejo y disposición [3].

En la actualidad se ha tratado de buscar solución a este problema, implementando la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), de la cual hace falta una integralidad de procesos que van desde: separación de residuos hasta la transformación de éstos que permiten este proceso o a la disposición final de los residuos que no se pueden reciclar.

El procesamiento biológico de los residuos orgánicos es una opción de tratamiento efectiva, ya que reduce significativamente la cantidad de residuos destinados a la eliminación y genera productos de valor, tales como la energía en forma de biogás, lodo (digerido) rico en nutrientes, además, de subproductos como el bio-abono líquido y sólido, que pueden sustituir a los fertilizantes químicos [4, 5].

2. ¿Qué son los residuos sólidos urbanos?

Los residuos sólidos (RS) se pueden clasificar en residuos orgánicos (RO) y residuos inorgánicos (RI). Entre los residuos orgánicos se encuentran los residuos de comida, hojas, ramas, papel, excremento de ganado y virutas de madera. Y los residuos inorgánicos los conforman el vidrio, plástico, metal y otros [6].

Los residuos sólidos orgánicos se descomponen rápida y naturalmente, presentan la característica de poder desintegrarse o degradarse, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Su manejo tiene importancia tanto por su cantidad como por los impactos sanitarios y ambientales de su disposición, como la generación de lixiviados y de gases de efecto invernadero. Para su disminución, en eventos de alcance mundial se ha adoptado una jerarquía para la gestión de los residuos sólidos municipales (RSM) que estimula la reducción de la disposición final de los residuos sólidos



Artículo de divulgación

López-Ramírez et al., 2022

orgánicos y su aprovechamiento por medio de opciones de tratamiento biológico [7].

3. Problemática ambiental

A lo largo de la historia de la agricultura, para tener buenas cosechas, el ser humano ha aplicado toda clase de materias orgánicas a los suelos cultivados. Sin embargo, esta práctica ha ido perdiendo su importancia por efecto de la revolución agrícola promovida desde finales del siglo XIX. Los aditivos orgánicos fueron sustituidos por fertilizantes minerales [8]. Esto ha generado la ruptura del equilibrio de los suelos agrícolas y ha desembocado en una pérdida paulatina de su calidad biológica y consecuentemente en bajos rendimientos de cosecha [9].

Además, los residuos sólidos producidos a nivel mundial son considerados uno de los principales subproductos del creciente desarrollo urbano y representan una fuente significativa de contaminación del suelo, del agua y del aire, con un alto riesgo de afectar a la salud pública en el corto, mediano y largo plazo. Por lo general, se deshacen de ellos mediante su dispersión o vertimiento en tiraderos. La disposición de la basura en rellenos sanitarios es un método simple y barato. Sin embargo, esta solución ha tenido como consecuencia la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, olores desagradables y contaminación del suelo. Los espacios para instalar los rellenos sanitarios son cada vez más escasos, especialmente en países muy poblados.

El exceso de desechos sólidos es una realidad y su manejo debe ser una prioridad para evitar problemas de salud pública o de contaminación. Esta tarea recae en los gobiernos locales, quienes deben asegurar un correcto tratamiento de éstos mediante una gestión integral que pueda abarcar desde la generación, recolección, transportación, almacenamiento, tratamiento y disposición final de estos [10].

Sin embargo, la inadecuada gestión de residuos sólidos urbanos es uno de los principales

problemas relacionados con la prestación de servicios básicos a nivel mundial [11].

4. Gestión de los residuos sólidos

Una gestión integral de los desechos sólidos es el conjunto de acciones de política, normativas, actividades de planeación, administrativas, sociales, educativas, de evaluación, seguimiento y monitoreo desde la prevención de la generación hasta la disposición final de los residuos o desechos peligrosos, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada región [12].

Sin embargo, la brecha económica, tecnológica, educativa, social y cultural existente entre países de “primer” y “tercer” mundo marca un contraste importante en cómo se gestiona el manejo de los desechos en cada una de estas naciones. En países de “primer mundo” el manejo de los desechos resulta en maniobras eficaces al contar con los marcos jurídicos pertinentes y la educación e información necesaria para cumplir con las disposiciones ambientales. Sin embargo, en los países de “tercer mundo” la situación es más compleja. Los gobiernos locales o municipales deben resolver problemas urgentes de urbanización, definir marcos legales apropiados y atender problemas de corrupción que obstaculizan el funcionamiento de todo el apartado administrativo y de gestión. Mientras el problema de los residuos no sea percibido por las autoridades como tema prioritario, la propia ciudadanía es ajena y poco participativa [10].

En ese sentido, la entrada en vigor de la Ley 22/2011, el 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, ha venido a incentivar el acopio y gestión de los residuos sólidos orgánicos, producidos no solo en los hogares, sino también en los sectores asociados al medio natural, como el sector agrícola, forestal o la jardinería por citar algunos ejemplos, considerando al compostaje como una de las principales alternativas de uso de los residuos orgánicos junto con otros procesos de transformación biológica [13].



Artículo de divulgación

López-Ramírez et al., 2022

5. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos

El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos tiene varias alternativas como producción de aditivos en la alimentación animal o bien, en la producción de biofertilizantes como son; el compost, humus de lombriz, biol, entre otros, repercutiendo positivamente en el medio ambiente ya que habría una disminución de residuos sólidos orgánicos y al mismo tiempo habría una generación de ingresos económicos a través de un sistema autosustentable mediante la producción y venta de biofertilizantes [6].

El compost es un biofertilizante sólido que resulta de la descomposición del estiércol de animales con residuos vegetales, los cuales son mezclados en un montón o pila y dejados en reposo por algún tiempo, en el que actúan millones de microorganismos que descomponen estos residuos, lo cual puede durar de tres a seis meses, según el clima donde se elabore [14].

El humus de lombriz es un producto que resulta del proceso de lombricompostaje de residuos orgánicos a través de la actividad metabólica de la lombriz bajo condiciones controladas. Es un biorregulador y corrector del suelo protegiéndolo de la erosión y mejorando sus características fisicoquímicas [15].

El biol es un biofertilizante líquido, resultado de la descomposición de los residuos vegetales y animales en sistemas llamados biodigestores en ausencia de oxígeno (condiciones anaeróbicas) y se obtiene en un tiempo corto (1 – 4 meses). Es fuente de fitoreguladores y promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas [16].

6. Conclusión

Los residuos sólidos orgánicos pueden ser utilizados como materia prima para la obtención de biofertilizantes y otros productos ayudando así, a contrarrestar los problemas de contaminación debido a su acumulación. Además, por el deficiente conocimiento y seguimiento en la disposición de estos, puede resultar como un

área de oportunidad para promover el conocimiento en la gestión, y capacitación en el tratamiento de los residuos orgánicos e inducir mejoras, y cambios en la sociedad, así como en su entorno.

7. Referencias

- [1] Fisgativa, H., Tremier, A & Dabert, P. Characterizing the variability of food waste quality: A need for efficient valorisation through anaerobic digestion, *Waste Manag.* 2016; 50, 264–274. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.041>.
- [2] Aguilar-Virgen, Q., P. Taboada-González, & S. Ojeda-Benítez, Potential production of electricity from biogás generated in a sanitary landfill, *Ing. E Investig.* 2011; 31(3):56–65. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092011000300007.
- [3] González Velandia, K. D., Daza Rey, D., Caballero Amado, P. A., & Chadae Martínez, G. Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Luna Azul.* 2016; (43):499-517. Available from: <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.21>.
- [4] Nakasima-López, M., Taboada-González, P., Aguilar-Virgen, Q., & Velázquez-Limón, N. Adaptación de inóculos durante el arranque de la digestión anaerobia con residuos sólidos orgánicos. *Información Tecnológica.* 2017; 28(1): 199-208. Available from: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000100020>.
- [5] Lohri, C. R., L. Rodić, & C. Zurbrügg, Feasibility assessment tool for urban anaerobic digestion in developing countries, *J. Environ. Manage.* 2013; 126, 122–131. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.04.028>.
- [6] Ruiz, J., Acero, M., & Ortuño, N. Potenciales abonos para uso en la producción orgánica: Manejo de residuos orgánicos municipales con activadores. *Journal of the Selva Andina*



Artículo de divulgación

López-Ramírez et al., 2022

Biosphere. 2015; 3(1):39-55. Available from: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592015000100005.

[7] Oviedo-Ocaña, R., Marmolejo-Rebellon, L., & Torres-Lozada, P. Perspectivas de aplicación del compostaje de biorresiduos provenientes de residuos sólidos municipales. Un enfoque desde lo global a lo local. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. 2012; 11(20):67-76. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242012000100006.

[8] Rodríguez-Salinas, M. A. & Córdova, A. Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. 1ª edición. México: Instituto Nacional de Ecología; 2006.

[9] Lemus, A. "¿Qué se puede hacer con la basura? Compost y compostaje". Desde la Ciencia. 2001; 4:5-13.

[10] Guzmán Chávez, M., & Macías Manzanares, C. H. El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. Estud. Soc./Sonora. 2012, 20(39):235-262. Available from: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100009.

[11] Salazar Arce, T. Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. Revista de Investigación Universitaria. 2014; 3(2):74-84. Available from: <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/articloe/view/680>.

[12] Jiménez, N. La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. Letras. verdes. 2015; (17): 29-56. Available from: 10.17141/letrasverdes.17.2015.1419.

[13] Marcos Romero, J. C. El compostaje de residuos orgánicos en formación profesional agraria. Publicaciones didácticas. 2018; 91:428-430. Available from: <https://publicacionesdidacticas.com/hemeroteca/articulo/091073>.

[14] Sánchez, C. Abonos Orgánicos y Lombricultura. Lima: Ediciones Ripalme. 2003.

[15] Acevedo, I. C. & Pire, R. Caracterización de sustratos hortícolas enmendados con lombricompost. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología. 2007; 25, 1-9. Available from: <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/ruct/articloe/view/104>.

[16] Gutiérrez Arce, F., Díaz Plasencia, S., Rojas Vásquez, Z., Gutiérrez Arce, W. & Vallejos Fernández, L. A. Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* v. *vicus*) en Cajamarca. Rev. Perspectiva. 2019; 20(4):441-447. Available from: <https://doi.org/10.33198/rp.v20i2.00057>.



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

Recibido: 11-08-2022

Revisado: 15-09-2022

Aceptado: 04-10-2022

Publicado: 11-10-2022

GLYCYRRHIZIN AND GLYCYRRHETINIC ACID: PHARMACOLOGICAL POTENTIAL FOR THE TREATMENT OF VIRAL RESPIRATORY INFECTIONS GLICIRRIZINA Y ÁCIDO GLICIRRETÍNICO: POTENCIAL FARMACOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO DE INFECCIONES RESPIRATORIAS VIRALES

N. Alcántara-Martínez^{1,2*} and U. Zendejas-Hernandez²

^{1*} Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Investigación Científica C.U. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

² SPV TIMSER, S.A.P.I. de C.V., Research Department. 01900, México.

Correspondencia: ilhuite@ciencias.unam.mx

Abstract

Glycyrrhizinic acid (also known as glycyrrhizin) (GA) and its derivative 18- β -Glycyrrhetic acid (18b-GA), which are isolated from the plant *Glycyrrhiza glabra*, show several therapeutic properties, including antioxidant, anti-inflammatory, and antiviral activity. These are therefore being evaluated for several medical proposes, among them the treatment of respiratory infections induced by viruses. The current review aimed to highlight the potential of GA and 18b-GA as efficient drugs. Both molecules have demonstrated antiviral activity against SARS-CoV-2, due to different mechanisms; for instance, blocking key enzymes for virus entry to the cell or by limiting virus replication. Those properties are well known from in vitro and animal assay research, however, reports of their effects on humans are scarce. One of the main challenges of using GA and 18b-GA as a drug is improving their solubility and permeability, as well as using therapeutic doses without toxic effects. Due to the biological properties of GA and 18b-GA, the dose and administration type are crucial to achieving a high local concentration and therefore a therapeutic effect.

Keywords: Glycyrrhizin, 18- β -Glycyrrhetic acid, respiratory infections, antiviral activity, antioxidant activity, anti-inflammatory activity.

Resumen

El ácido glicirricínico (también conocido como glicirricina) (GA) y su derivado, el ácido 18- β -glicirretínico (18b-GA), aislados de la planta *Glycyrrhiza glabra*, muestran diversas propiedades terapéuticas, que incluyen actividad antioxidante, antiinflamatoria y antiviral. Por lo tanto, estos



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

fármacos están siendo evaluados con diferentes propósitos médicos, entre ellos el tratamiento de infecciones respiratorias inducidas por virus. El objetivo de la presente revisión fue resaltar el potencial de GA y 18b-GA como fármacos eficaces. Ambas moléculas han demostrado actividad antiviral frente a SARS-CoV-2, a través de diferentes mecanismos; por ejemplo, bloqueando enzimas clave para la entrada del virus a la célula o limitando la replicación del virus. Estas propiedades se conocen a partir de la investigación en ensayos *in vitro* y en animales, sin embargo, los reportes de sus efectos en humanos son escasos. Uno de los principales retos del uso de GA y 18b-GA como fármaco es mejorar su solubilidad y permeabilidad, así como utilizar dosis terapéuticas sin efectos tóxicos. Debido a las propiedades biológicas de GA y 18b-Ga, las dosis y el tipo de administración son cruciales para lograr una alta concentración local y, por lo tanto, un efecto terapéutico.

Palabras clave: Glicirricina, ácido 18- β -glicirretínico, infecciones respiratorias, actividad antiviral, actividad antioxidante, actividad antiinflamatoria.

1. Introduction

Glycyrrhizinic acid or glycyrrhizin (GA) is a triterpene saponin mainly found in the root of the Leguminosae *Glycyrrhiza glabra* Linn. This molecule has also been found in other *Glycyrrhiza* species such as *G. triphylla*, *G. uralensis* Fisch, *G. inflata* Bat, and even in an edible marine alga *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura, a brown seaweed [1]. The GA-producing *G. glabra* is commonly known as “licorice” and has long been used in traditional Chinese, Indian and Tibetan medicines due to its broad range of biological properties, including antibacterial, antiviral, anti-inflammatory, antioxidant, and antidiabetic activities. Owing to these properties, *G. glabra* extracts are currently used in the pharmaceutical, cosmetic, and food industries. It has been used widely in the manufacture of food supplements and natural sweeteners; in fact, licorice is well known as a natural sweetener and flavoring additive, as GA is reported to be 30-50 times sweeter than sucrose and is recognized as generally safe by the U.S. Flavor and Extract Manufacturers Association [2, 3]. In addition, *G. glabra* is used in the production of food additives, with the therapeutic properties of its compounds being a promising field, particularly for the treatment of cancer and respiratory infections. Among the main compounds of *G. glabra*, GA has two residues of glucuronic acid,

whose glycosidic bond can be hydrolyzed. This chemical modification produces the glycoside of GA, 18- β -Glycyrrhetinic acid (18b-GA), also known as “enoxolone”, and thus 18b-GA can be released by the activity of bacterial gastrointestinal enzymes when it is consumed by animals [2]. GA and its derivative 18b-GA have shown antioxidative, anti-inflammatory, anti-asthmatic, anti-allergenic, antiviral, antiparasitic, hepatoprotective, anti-ulcerative, antimicrobial, anticarcinogenic, antimutagenic, anticoagulant and neuroprotective activity. Despite these properties, reports of their effects on humans are scarce and more studies about GA and 18b-GA pharmaceutical effects are needed. Thus, this work aimed to provide an updated and critical overview of the current knowledge of GA and 18b-GA pharmacological properties and their application in potential drugs for the treatment of respiratory infections.

2. Glycyrrhizin and Glycyrrhetinic acid have several therapeutic activities

Anti-inflammatory, antioxidant, and anti-viral properties of both GA and 18b-GA have been broadly studied. The well-known GA and 18b-GA antioxidant activity, by inhibition of free-radical generation and lipid peroxidation, may contribute



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

to neuroprotective, hepatoprotective, and anticarcinogenic effects.

For instance, GA extract inhibits cytotoxicity produced by reactive oxygen species (ROS) generation, as well as glutathione (GSH) down-regulation, the main cause of increased oxidative stress in dementia [4]. In addition, 18b-GA can up-regulate the activities of antioxidant enzymes Superoxide Dismutase and Glutathione Peroxidase in skin under UV-induced stress [4].

Anti-inflammatory properties that inhibit factors responsible for inflammation could mainly confer anticarcinogenic effects and recovery of renal and liver complications effects [1, 2, 5]. In fact, cytokine inhibition and modulation by GA and 18b-GA may be the main benefit in multiple pathologies such as depression, Parkinson's disease, gastritis infection; different cancers such as leukemia, breast and ovarian cancer [3,6]; and prevention of contact dermatitis induced by contact allergens [7]. Moreover, the anti-inflammatory effects of GA were described as similar to those of glucocorticoids and mineralocorticoids, which are widely used while treating cancer to combat chemotherapy's side effects [3].

The antiviral activity of both compounds contributes to alleviating viral infections. GA has been investigated for use against the multiplication of various viruses, including herpes simplex, Epstein-Barr, human cytomegalovirus, hepatitis A, B, and C, influenza, HIV, varicella zoster, and severe acute respiratory syndrome (SARS) coronavirus. GA is also active against flaviviruses and its derivatives were observed as Dengue virus inhibitors [8,9]. Both GA and its metabolite 18b-GA have demonstrated several antiviral mechanisms. They are effective in preventing the early stage of virus infection by affecting viral attachment and penetration; GA also inhibits adsorption and penetration of SARS coronavirus during and after the viral adsorption period [10]. Furthermore, several viral proteins can be inhibited by both compounds, thus avoiding viral entry to cells or viral replication. For instance, GA strongly binds to the S subunit of the

spike protein [11], while molecular docking shows both compounds have a strong binding affinity for the main protease (MPro) of SARS-CoV-2 virus [12].

Besides targeting proteins, inhibition of virus-induced intracellular ROS accumulation by GA can also reduce the activation of nuclear factor kappa beta (NF- κ B), c-Jun N-terminal kinase (JNK), p38, and redox-sensitive signaling events, thereby suppressing the virus replication process, as observed for influenza A virus [10,13].

3. Therapeutic properties for human respiratory infections

GA and 18b-GA have broad-spectrum antiviral activity against respiratory disease viruses, DNA and RNA viruses such as SARS coronavirus, influenza, and respiratory syncytial virus [10, 13]. For instance, GA has demonstrated activity against SARS-associated coronavirus (SARS-CoV), MERS-CoV, and the influenza virus [8, 14]. GA inhibited SARS-CoV replication in Vero and Vero-E6 cell lines but was ineffective in fRHK-4 cells [15]. Inhibition of viral replication by GA was later confirmed by Sharma et al [16] in a comparison study where GA demonstrated more effectiveness in inhibiting replication of the SARS-associated virus than four other antiviral compounds: ribavirin, 6-azauridine, pyrazofurin, and mycophenolic acid. In this same study, GA was the most potent inhibitor of SARS-CoV replication in Vero cells, with a selectivity index of 67 [16]. Another study demonstrated that GA inhibits influenza A/H1N1 infection by preventing virus uptake into the cell [8] and inhibits virus replication and pro-inflammatory gene expression in H5N1 influenza virus-infected cells [13]. Despite 18b-GA being a GA derivative, the two molecules show different effects; for instance, in a study with human respiratory tract cells, 18b-GA, but not GA, showed an effect on the infection rate with the human respiratory syncytial virus [17].

Inhibition of virus replication by GA or 18b-GA may be due to several mechanisms, including by reducing ROS production, which in turn reduces



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

activation of signaling events, or by inhibiting the activity of key enzymes for virus replication [12, 13]. For infection by SARS-CoV-2 virus which causes coronavirus disease (COVID-19), one of those enzymes is the Mpro, a broadly studied coronaviral target since it participates in a critical step during viral replication. Molecular docking studies demonstrated that GA binds strongly with some of the amino acid residues in the active site of Mpro [12] and in vitro assays have demonstrated inhibition of the Mpro activity by GA [18]. Another target enzyme for therapeutic activities that treat respiratory infections could be the type II transmembrane serine protease (TMPRSS2), which is one of the main enzymes involved in virus entry, involved in both corona and influenza virus infection [19]. Recently, Murck et al., [20] proposed that GA and its metabolites have two main mechanisms in combating COVID-19: direct inhibition of TMPRSS2 expression and providing an Angiotensin Converting Enzyme-2 (ACE2) independent anti-inflammatory mechanism.

During SARS-CoV-2 infection, virus binding to ACE2 dysregulates the renin-angiotensin system (RAS) balance, which results in ROS production by ACE activity (Figure 1). This in turn induces the release of pro-inflammatory cytokines, exacerbating inflammation and acute respiratory distress syndrome. GA inhibits cytokine levels by decreasing the inflammatory mediator toll-like receptor (TLR) activity, through reduction of the ROS production (antioxidant activity) and by avoiding virus binding to ACE2 receptor [1, 10, 21]. Inhibition of the high mobility group box 1 (HMGB1) protein is another anti-inflammatory GA-mediated pathway in infections by SARS-CoV-2 virus. While extracellular HMGB1 promotes release of proinflammatory cytokines, nuclear HMGB1 regulates ACE2 expression (Figure 1). GA can physically bind to HMGB1, thus its binding to DNA or other proteins can be reduced and several HMGB1-mediated pathological conditions are affected [22].

Therapeutic activities of licorice to treat bronchial cough, catarrh, and sore throat may be attributed

to the existence of GA and its derivatives within licorice, which also help to relieve congestion in the upper respiratory tract by accelerating the secretion of the bronchial mucosa [4, 16,23]. In fact, GA and enoxolone have demonstrated prophylactic and therapeutic effects in different stages of respiratory infections caused by viruses. In the severe stage of SARS-CoV-2, GA may reduce the severity of infection with COVID-19 by blocking the number of entry points (Spike protein and ACE2 Receptor) and providing an ACE2 independent anti-inflammatory mechanism [10]. Because elevation in serum HMGB1 levels has been reported in severe COVID-19 patients, GA could also ameliorate the inflammatory symptoms through inhibition of the HMGB1 protein [1, 22]. In this regard, alleviating lung inflammation, which is the main cause of life-threatening respiratory disorders at the severe stage of SARS-CoV-2, could result in decreasing the risk of coagulation and multiple organ failure due to a cytokine storm [10]. Because GA can inhibit GSH down-regulation, it could also restore endogenous GSH levels associated with severe symptoms of COVID-19 [4, 21]. Additionally, at the early stage of infection by SARS-CoV-2, the anti-inflammatory and antioxidant properties may prevent the progression of inflammation and thereby avert the induction of a state of hyper inflammation or cytokine storm syndrome [8].

A pharmacological approach for treating respiratory infections would suggest the use of validated drugs for either blocking viral replication or for inhibiting inflammation. Unfortunately, for some diseases like COVID-19, inflammatory inhibitors have several side effects. Considering the biological properties of GA and 18b-GA, they could be used for both purposes, i.e., as antiviral and anti-inflammatory drugs. Besides therapeutic properties, either GA and 18B are safe, non-cytotoxic and non-carcinogenic compounds, thus both molecules can be applied as drugs for treating COVID-19 as they would not lead to cancer if the patient is treated for prolonged periods [11, 12]. GA also has demonstrated good ADMET (Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion, and Toxicity) properties [12]. For



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

example, GA reports a low log P value (0.99) [12], which indicates that it can be absorbed easily by the cell since values higher than 5 predicts poor absorption or permeation [24]. Therefore, some of

the pharmacological features of GA and 18b-GA are described next.

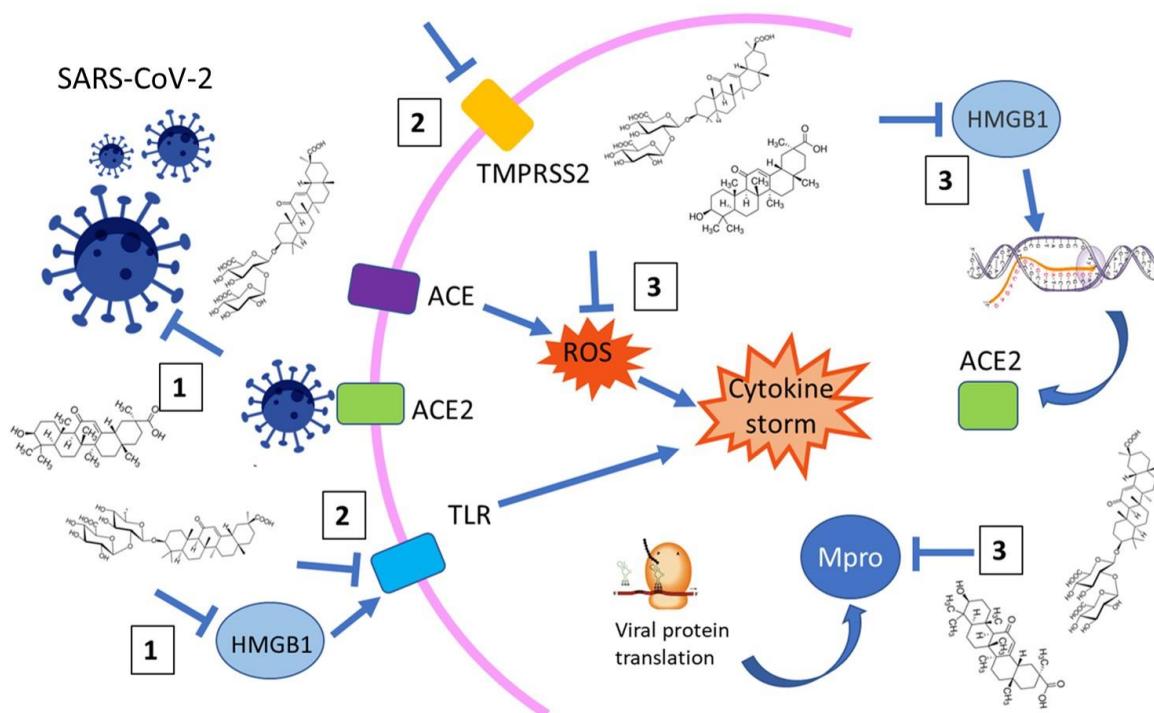


Figure 1. Scheme of the effect of GA against SARS-CoV-2 infection. 1): Effect at extra cellular level; 2): Effect at membrane receptor level; 3): Effect at intracellular level. ACE: *Angiotensin-converting enzyme*; ACE2: *Angiotensin Converting Enzyme-2*; TLR: *toll-like receptor*; TMPS2: *type II transmembrane serine protease*; HMGB1: *high mobility group box 1*; Mpro: *main protease*. Flat lines symbolize inhibition; arrows symbolize activation.

4. Pharmacological features of Glycyrrhizin and Glycyrrhetic acid

Because the pharmacological effects of GA can be attributed to GA itself or its aglycon 18b-GA, which is produced when GA is metabolized, the pharmacological properties of both compounds have been extensively studied. Both compounds show very diverse pharmacological properties and have been employed in the past few decades as

starting materials for the chemical synthesis of new derivatives or new drugs (Table 1). In this sense, GA and 18b-GA have emerged as promising drugs for the treatment of respiratory diseases, including COVID-19. However, to use them as effective and secure drugs, there are some crucial points that should be studied and considered: 1) Administration and optimal dose; 2) Side effects; 3) Biological effects in humans [10].



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

Table 1. Examples of 18b-GA and GA derivatives reported with effective antiviral activities.

| Modified compound | Derivative | Target virus | Reference |
|-------------------|--|-------------------------------|-----------|
| 18b-GA | 3-O-acetyl-30-aminopyridine | Zika virus | [25] |
| | Amino and Thiol derivatives | Influenza virus | [26] |
| | Modified derivatives on rings A, C and E. | Hepatitis B virus | [27] |
| | Soloxolone methyl | H1N1 influenza A virus | [28] |
| | Modification of the A and C rings | | |
| GA | Glycyrrhizic methyl ester conjugates | Influenza virus | [29] |
| | Glycyrrhizic conjugates with free 30-COOH | Influenza virus | [30] |
| | Carboxy-substitued conjugate | Human immunodeficiency virus) | [31] |
| | Dipeptide GA derivative | Human immunodeficiency virus | [32] |
| | Diammonium glycyrrhizinate | Coronavirus | [33] |
| | Glycyrrizic conjugate; 2-acetamido- β -D-glucopyranosylamine | SARS-CoV virus | [34] |
| | Glycyrrhizic acid conjugate with isoleucine and 11-ami-noundecanoic acid | Dengue virus | [9] |
| | Derivatives with amino acid residues intro the GA carbohydrate part | Epstein-Bar virus | [35] |

4.1. Administration and optimal dose

GA or 18b-GA can be consumed as licorice or as a GA or 18b-GA drug. However, their bioavailability is reduced when they are consumed as licorice because it contains at least more than one GA-related saponins, besides other different compounds (vitamins, tannins, pectins flavonoids etc) [1]. Around 10% of licorice (root dry weight) correspond to GA thus a Licorice extract dose administration decreases GA and 18B therapeutic effects [3]. For that reason several trials have focused on establishing effective dose-effect levels in animals and humans, high enough to achieve their therapeutic effects without having toxic effects [11]. Murck et al. [20] mention that, for 18b-GA induced action, the oral administration

of GA is crucial as it is not metabolized to 18b-GA systemically. Conversely, an intravenous or inhaled administration may be required for a localized effect of GA. However, in this case it should also be combined with oral administration. Both oral and intravenous formulations of GA are currently used in humans. GA oral administration shows an impaired bioavailability due to its metabolism. Although GA is metabolized into 18b-GA by intestinal bacteria and absorbed via the intestine, GA is detected in human plasma at very low concentrations after oral administration of a clinical dose of 100–1600 mg/kg [36]. After being hydrolyzed to 18b-GA, it is rapidly absorbed and transferred by carrier molecules to the liver. There it is metabolized by lysosomal enzymes to sulfate



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

conjugates and 3-mono-glucuronyl 18 β -glycyrrhetic acid (3MGA), which subsequently degrade back to 18b-GA and is reabsorbed. Studies on rodents and humans demonstrated that GA is poorly absorbed by the gastrointestinal tract but extensively metabolized by the intestinal microflora to 18b-GA and 3MGA, which are both readily absorbed. Thus, an enterohepatic circulation of 18b-GA can occur, requiring several days for complete body elimination and leading to a significant delay in terminal plasma clearance [3, 4]. The plasma clearance of GA and 18b-GA is only dose-dependent at high doses that exceed the serum protein binding saturation, while at low doses (below 120 mg) it is not dose-dependent in healthy people [4]. For example, a study of GA pharmacological properties demonstrated that after its oral administration in healthy persons, the serum level after 100 mg of GA was not detectable. Even with a 200 mg dose of intravenous administration, the peak serum level was only 80 $\mu\text{g/ml}$ which is still below the half maximal effective concentration (EC_{50}) of GA [37].

For SARS treatment, a dose has been recommended for oral administration of up to 300 mg or a dose of approximately 240 mg for intravenous administration [37]. In fact, for clinical trials carried out in China, a dose of 300 mg GA orally/day was used [23]. Although doses ranging from 10-400 mg/day could produce unwanted effects, a dose of GA up to 100 mg/day used long-term could be safe [20]. Moreover, based on in vivo and clinical evidence, Isbrucker and Burdock [38] propose an acceptable daily intake of 0.015–0.229 mg/kg(bodyweight)/day of GA. Licorice extract containing GA could also have prophylactic and therapeutic effects against COVID-19 depending on the GA concentration; small doses (10-50 mg) are proposed to be a daily prophylactic dose and large doses (50-100 mg) a therapeutic dose to prevent the progression of the disease and eradicate the virus [8]. Optimal doses of GA or 18b-GA for treating respiratory viral infections need to be studied, as well as other administration routes, for example, nebulization or inhalation.

Administration through inhalation is a promising alternative to improve the GA and 18b-GA bioavailability and achieve a high local concentration of those active ingredients in the respiratory tract, nasal passages, pharynx, larynx, trachea, bronchi, or lungs, the last of which are especially vulnerable to infection by viral agents. For the specific case of inhaled drug delivery, it does not necessarily require absorption, since the largest proportion of the drug would be in contact with the site of action. However, increasing the absorption of the drug at the site of action enhances its therapeutic effect [39]. An inhaled administration was recently tested in a clinical study; thirty-three people were treated with a vaporizer solution containing licorice, 18b-GA, Resveratrol, and GA. The treatment consisted of three vaporizer inhalations administered three times a day over a minimum of 5 days, with a dose per inhalation containing 0.83 μg of 18b-GA and 4.166 μg of GA. This had a preventive effect on COVID-19 positive subjects who were otherwise healthy, as well as a curative effect on symptomatic COVID-19 subjects [40].

Recently, the company SPV TIMSER, S.A.P.I. de C.V. (TIMSER) observed that inhaled administration of a GA and 18b-GA-based drug in mice provided an initial surface effect in the upper airways, exerting their antimicrobial and antiviral effect to subsequently produce a lengthened systemic effect, greater than 24 hours, with reduced biotransformation into 18b-GA. Additionally, in this same study, a synergistic effect was obtained when GA and 18b-GA were administered as a mixture; changes in their proportions modulated their systemic effect, independently of the concentration used in the formulation [39]. Another interesting drug delivery route has been reported by Tong et al., [41], whereby the study revealed that a polymeric form of GA in monodisperse carbon dots (spherical carbon particles) leads to remarkable antiviral effects, with stimulation of antiviral innate immune responses, inhibition of Porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) replication and PRRSV virus-induced ROS accumulation. Moreover, this GA-based product



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

was also effective against the related porcine epidemic diarrhea virus (PEDV).

4.2. Side effects

As GA has a rapid metabolism in humans when it is administered orally or through injection, the method of dose administration could be crucial to achieving the local concentrations required for therapeutic effect. However, the necessary concentrations to generate antiviral effects are extremely high in comparison to what could be considered completely safe. High doses could produce irritability and toxicity because of the similarity in structure of 18b-GA to the structure of hormones secreted by the adrenal cortex, which can produce mineralocorticoid and glucocorticoid activity. Thus, exposure to high levels of GA can produce hypermineralocorticoid-like effects [42]. GA and licorice saponins can inhibit 11- β -hydroxysteroid dehydrogenase enzymes, leading to a cortisol-induced mineralocorticoid effect and a consequent tendency for the elevation of sodium and reduction of potassium levels [3, 38]. Furthermore, the toxic effects of GA consist of depressing the renin-angiotensin-aldosterone system, which would lead to headaches and increased arterial blood pressure, meaning that administration of GA in elderly patients with heart disease and hypertension should be performed with caution [20]. As GA-induced pseudohyperaldosteronism syndrome has been reported when doses ranging from 100 to 400 mg/day are administered, side effects could be doses dependent. For example, Chen et al. [37] indicate that a long-term dose of up to 100 mg/day of GA is safe and does not lead to side effects that have been observed with long-term use in higher doses. On the other hand, people with kidney impairment, hypertension, and heart failure are more sensitive to the side effects of licorice and GA; hence administration of oral contraceptives, hydrocortisone, and prednisolone are contraindicated in patients who uses large doses of GA [8]. Therefore, more studies about dose-dependent side effects are needed.

4.3. Biological effects in humans

The biological effect of GA has been widely demonstrated by in vitro and animal experiments but this may not correspond with clinical efficacy in humans. In case of antiviral activity against SARS-CoV-2, it could be due to in vivo experiments are performed in genetically modified animals expressing ACE2 receptor, hence, triggered physiologic response may not include proteins and ACE2-associated pathways which naturally play a role in humans. As a result, dose toxic effects dependence is different between animals and humans. For instance, GA doses ranging 30-229 mg/day in male mice and up to 407 mg/day in female mice have not shown chronic toxicity or tumorigenicity [38], however, in humans GA doses of 10-100mg/day are considered as safe doses, while above 200 mg/day several side effects have been reported [20, 43]. Since safe doses range is different between animals and humans, dose-dependent therapeutic activity and pharmacokinetic needs to be defined in humans as well.

To date, few GA-based compounds have been used in humans for treating different diseases. In Japan, GA has been used for more than 60 years as a coadjutant for the treatment of chronic hepatitis C. In two clinical trials, a GA preparation, Stronger Neo-Minophagen C, caused a remarkable decrease in alanine transaminase (ALT), gamma-glutamyl transferase (GGT), and aspartate transaminase (AST) levels, with increasing histological evidence of reduced necrosis and inflammatory lesions in the liver [4]. In addition, injection to treat hepatitis produced few adverse reactions, while significant inhibition in the progression of cirrhosis and hepatocarcinoma was observed [3,44]. Treatment for acquired immunodeficiency syndrome patients based on a GA drug proved a marked inhibition of HIV-1 replication, while doses of 400–1600 mg/day induced no detection of viral antigen at the end of the treatment [1]. In fact, this drug inhibits both virus-cell binding and replication of HIV-1 virus in human cells and is also active against some animal viruses such as duck hepatitis virus (DHV) and avian infectious bronchitis virus [1].



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

Although thrombin inhibition by GA or 18b-GA has not been demonstrated in humans, an *in vivo* assay performed in rats demonstrated that the intravenous administration of GA causes a dose-dependent reduction in thrombus size on a venous thrombosis model, combining stasis and hypercoagulability [45]. This property could make GA a potential candidate for counteracting the effect of snake venom; in a rat model, Assafim et al. [46] demonstrated that GA prevents venom-induced changes in hemostasis, inhibiting thrombus formation, thus suggesting potential antiphidic activity.

Another GA and 18b-GA effect is the inhibition of damage by drugs. For example, according to Rizzato et al. [47], both prevent drug-induced liver injury and ensure the disruption of bile acid metabolism in humans [3].

Effects on humans during treatment for respiratory illness have been scarcely explored. In China, a suspected COVID-19 patient took an alternative medicine based on oral administration of 150 mg of Diammonium Glycyrrhizinate (the diammonium salt of GA) three times per day, combined with a corticosteroid. After 12 hours of treatment, severe symptoms including fever, shortness of breath, and coughing were relieved. This improvement could be attributed to the GA antiviral and anti-inflammatory effects on respiratory and neurological systems [33]. In addition, a clinical trial reports a preventive and curative effect of a treatment consisting of a vaporizer solution containing 18b-GA and GA. In the trial, all 8 COVID-19 positive subjects, who had severe symptoms, were symptom-free after 48 hours of treatment [40].

5. Glycyrrhizinic acid and Glycyrrhetic acid-based drugs

Due to the diverse biological properties of GA and 18b-GA, drugs based on GA and 18b-GA have been used for different purposes; for example, for treating chronic hepatitis, different forms of cutaneous inflammation, and respiratory tract infections.

Combined with methotrexate, GA has been used successfully to treat erythrodermic psoriasis [1]. Grippaudo and Di Russo [48] described the effects of the topical application of GA, combined with a fractional carbon dioxide laser, for 4 weeks, for the benign treatment of hand hyperpigmentation.

In Japan and other countries, a preparation of GA combined with L-cysteine and glycine, called Stronger Neo-Minophagen C (SNMC), is administered intravenously and has been used with apparent success for the treatment of chronic viral hepatitis [49] and upper respiratory tract infections [15]. In the treatment of chronic hepatitis C, SNMC was effective in preventing liver carcinogenesis [49].

Although numerous clinical trials are underway worldwide to find effective drugs for COVID-19 treatment, no drug has been announced to be effective so far. Drugs similar to corticosteroids have been used to suppress lung inflammation in patients; however, multiple side effects have been observed. Since both GA and 18b-GA have antiviral, antioxidant, and anti-inflammatory properties, they could provide an effective and suitable drug for treating COVID-19 or other severe respiratory diseases. In fact, GA has proved to attenuate COVID-19 symptoms in non-hospitalized patients. In China, Diammonium Glycyrrhizinate enteric-coated capsules were combined with corticosteroids in the treatment for a non-hospitalized COVID-19 patient. Upon implementation of this alternative medicine, the symptoms of the patient were significantly relieved, and it eventually recovered [33].

To date, information is scarce related to administration of GA, 18b-GA, or drugs based on both compounds, in humans. One of the main challenges in using them as a drug is improving their solubility and permeability. Due to the amphiphilic and anisotropic structure of GA, it is soluble in water and can form microstructures like micelles and fibrils, which have been used in different drug delivery systems [1, 50]. However, in contrast to other saponins like digitonin, GA exhibits reduced permeability and hence its



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

absorption is a function of the excipients and manufacturing processes.

GA has a similar issue in terms of solubility. It shows low polarity, high hydrophobicity, and moderate permeability. Hence, the limiting step for absorption into the human bloodstream is the dissolution of the drug, which is then absorbed and distributed to different organs or to the target site [1]. The selection of excipients and pharmaceutical forms therefore define the absorption of the drug and thus the potentiation of the desired therapeutic effect. Due to this, new and improved pharmaceutical compositions are developing. Unlike for oral administration, when GA is absorbed without passing through the gastrointestinal tract its metabolism into 18b-GA is reduced and only the fraction that passes through this tract is then metabolized [39]. In order to keep 18b-GA properties after administration through inhalation, both compounds should be included in the drug formula for administration to the lungs or the epithelial airways. As a result, the company TIMSER developed pharmaceutical compositions that include GA and 18b-GA, with synergistic compositions whose GA and 18b-GA proportions are designed to reduce toxicological effects, irritability, and provide effective pharmacokinetics, compared to the application of the same components individually [39]. In addition, it should be noted that GA could also induce immune stimulation when combined with a COVID-19 vaccine, as has been demonstrated previously with duck hepatitis virus (DHV) vaccine. Soufy et al. [51] found that GA has excellent immunostimulant properties and induces a synergistic effect with the DHV vaccine by activating T lymphocyte proliferation.

6. Conclusion

GA and 18b-GA show diverse therapeutic properties, including antiviral, anti-inflammatory, and antioxidant activity which have mostly been demonstrated through in vitro tissue culture. However, their effects on humans are

insufficiently investigated and more studies about the biological effects, optimal doses, and methods of administration are needed for different medical applications. In the case of viral respiratory infections like COVID-19, both compounds show antiviral activity against SARS-CoV-2, through different mechanisms, that prevent virus entry to the cell or replication. On the other hand, their low solubility and permeability make their application as an efficient drug difficult. Recent studies have demonstrated a range of dose-dependent response and toxicity effects, signifying that doses high enough to show therapeutic effect could cause toxicity. Administration type is a promising research field to improve GA and 18b-GA bioavailability, potentially enabling a high local concentration and therefore a therapeutic effect for treating viral respiratory infections.

7. References

- [1] Bailly C, Vergoten G. Glycyrrhizin: An alternative drug for the treatment of COVID-19 infection and the associated respiratory syndrome?. *Pharmacology & therapeutics*, 2020; 214: 107618.
- [2] Graebin CS, Verli H, Guimarães JA. Glycyrrhizin and glycyrrhetic acid: scaffolds to promising new pharmacologically active compounds. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2010; 21: 1595-1615.
- [3] Pastorino G, Cornara L, Soares S, Rodrigues F, Oliveira MBP. Liquorice (*Glycyrrhiza glabra*): A phytochemical and pharmacological review. *Phytotherapy research*, 2018; 32(12): 2323-2339.
- [4] El-Saber Batiha G, Magdy Beshbishy A, El-Mleeh A, Abdel-Daim M, Prasad Devkota H. Traditional uses, bioactive chemical constituents, and pharmacological and toxicological activities of *Glycyrrhiza glabra* L. (Fabaceae). *Biomolecules*, 2020; 10(3): 352.



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

- [5] Huo HZ, Wang B, Liang YK, Bao YY, Gu Y. Hepatoprotective and antioxidant effects of licorice extract against CCl₄-induced oxidative damage in rats. *International Journal of Molecular Sciences*, 2011; 12(10): 6529–6543.
- [6] Cao D, Jiang J, You L, Jia Z, Tsukamoto T, Cai H, Cao X. The protective effects of 18 β -glycyrrhetic acid on *Helicobacter pylori*-infected gastric mucosa in Mongolian Gerbils. *BioMed Res. Int*, 2016.
- [7] Galbiati V, Papale A, Galli CL, Marinovich M, Corsini E. Role of ROS and HMGB1 in contact allergen-induced IL-18 production in human keratinocytes. *J. Invest. Dermatol*, 2014; 134(11): 2719-2727.
- [8] Gomaa AA, Abdel-Wadood YA. The potential of glycyrrhizin and licorice extract in combating COVID-19 and associated conditions. *Phytomedicine plus*, 2021; 1(3): 100043.
- [9] Baltina, LA, Tasi YT, Huang SH, Lai HC, Baltina LA, et al. (2019). Glycyrrhizic acid derivatives as Dengue virus inhibitors. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 29(20), 126645.
- [10] Luo P, Liu D, Li J. Pharmacological perspective: glycyrrhizin may be an efficacious therapeutic agent for COVID-19. *Int. J. Antimicrob. Agents*, 2020; 55(6): 105995.
- [11] Rehman MFU, Akhter S, Batool AI, Selamoglu Z, Sevindik M, Eman R, Aslam M. Effectiveness of Natural Antioxidants against SARS-CoV-2? Insights from the In-Silico World. *Antibiotics*, 2021; 10(8): 1011.
- [12] Srivastava V, Yadav A, Sarkar P. Molecular docking and ADMET study of bioactive compounds of *Glycyrrhiza glabra* against main protease of SARS-CoV2. *Materials Today*, 2020; 49: 2999–3007.
- [13] Michaelis M, Geiler J, Naczek P, Sithisarn P, Leutz A, Doerr HW, Cinatl Jr J. Glycyrrhizin exerts antioxidative effects in H5N1 influenza A virus-infected cells and inhibits virus replication and pro-inflammatory gene expression. *PloS one*, 2011; 6(5): e19705.
- [14] Yu S, Zhu Y, Xu J, Yao G, Zhang P, Wang M, Zhang J. Glycyrrhizic acid exerts inhibitory activity against the spike protein of SARS-CoV-2. *Phytomedicine*, 2021; 85: 153364.
- [15] Cinatl Jr J, Michaelis M, Hoeber G, Preiser W, Doerr HW. Development of antiviral therapy for severe acute respiratory syndrome. *Antiviral research*, 2005; 66(2-3): 81-97.
- [16] Sharma V, Katiyar A, Agrawal RC. *Glycyrrhiza glabra*: Chemistry and pharmacological activity. In J.-M. Merillon, K. G. Ramawat (Eds.). *Sweeteners: Pharmacology, biotechnology, and applications*. Switzerland: Cham: Springer International Publishing; 2018; pp. 1–14.
- [17] Yeh CF, Wang KC, Chiang LC, Shieh DE, Yen MH, San Chang J. Water extract of licorice had anti-viral activity against human respiratory syncytial virus in human respiratory tract cell lines. *J Ethnopharmacol*, 2013; 148(2): 466-473.
- [18] Van de Sand L, Bormann M, Alt M, Schipper L, Heilingloh CS, Steinmann E, et al. Glycyrrhizin Effectively Inhibits SARS-CoV-2 Replication by Inhibiting the Viral Main Protease. *Viruses*, 2021; 13: 609.
- [19] Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, Kruger N, Herrler T, Erichsen S, et al. SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor. *Cell*, 2020; 181:271–80 e278.
- [20] Murck H. Symptomatic protective action of glycyrrhizin (licorice) in COVID-19 infection?. *Frontiers in Immunology*, 2020; 11: 1239.
- [21] Silvagno F, Vernone A, Pescarmona GP. The role of glutathione in protecting against the severe inflammatory response triggered by COVID-19. *Antioxidants*, 2020; 9(7): 624.



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

- [22] Gowda P, Patrick S, Joshi SD, Kumawat, RK, Sen E. Glycyrrhizin prevents SARS-CoV-2 S1 and Orf3a induced high mobility group box 1 (HMGB1) release and inhibits viral replication. *Cytokine*, 2021; 142: 155496.
- [23] Cinatl J, Morgenstern B, Bauer G, Chandra P, Rabenau H, Doerr H. Glycyrrhizin, an active component of liquorice roots, and replication of SARS-associated coronavirus. *The Lancet*, 2003; 361(9374): 2045-2046.
- [24] Lipinski CA, Lombardo F, Dominy BW, Feeney PJ. Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings. *Advanced drug delivery reviews*, 2012; 64: 4-17.
- [25] Baltina LA, Lai HC, Liu YC, Huang SH, Hour MJ, Baltina LA, ... & Lin C W. Glycyrrhetic acid derivatives as Zika virus inhibitors: Synthesis and antiviral activity in vitro. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 2021; 41:116204.
- [26] Stanetty C, Wolkerstorfer A, Amer H, Hofinger A, Jordis U, Claßen-Houben D, & Kosma P.. Synthesis and antiviral activities of spacer-linked 1-thiogluconide analogues of glycyrrhizin. *Beilstein journal of organic chemistry*, 2012; 8(1): 705-711.
- [27] Wang LJ, Geng CA, Ma YB, Huang XY, Luo J, Chen H, ... & Chen JJ. Synthesis, biological evaluation and structure–activity relationships of glycyrrhetic acid derivatives as novel anti-hepatitis B virus agents. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 2012; 22(10): 3473-3479.
- [28] Markov AV, Sen'kova AV, Warszycki D, Salomatina OV, Salakhutdinov NF, Zenkova MA, & Logashenko EB. Soloxolone methyl inhibits influenza virus replication and reduces virus-induced lung inflammation. *Scientific reports*, 2017; 7(1): 1-15.
- [29] Mohammed EAH, Peng Y, Wang Z, Qiang X, & Zhao Q. Synthesis, Antiviral, and Antibacterial Activity of the Glycyrrhizic Acid and Glycyrrhetic Acid Derivatives. *Russian journal of bioorganic chemistry*, 2022; 1-13.
- [30] Baltina LA, Zarubaev VV, Baltina LA, Orshanskaya IA, Fairushina AI, Kiselev OI, & Yunusov MS. Glycyrrhizic acid derivatives as influenza A/H1N1 virus inhibitors. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2015; 25(8): 1742-1746.
- [31] Baltina LA, Chistoedova ES, Kondratenko RM, & Plyasunova OA. Synthesis and anti-HIV-1 activity of new conjugates of 18 β - and 18 α -glycyrrhizic acids with aspartic acid esters. *Chemistry of natural compounds*, 2012; 48(2): 262-266.
- [32] Baltina LA, Kondratenko RM, Baschenko N, & Plyasunova OA. Synthesis and biological activity of new glycyrrhizic acid conjugates with amino acids and dipeptides. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 2009; 35(4): 510-517.
- [33] Ding H, Deng W, Ding L, Ye X, Yin S, Huang W. Glycyrrhetic acid and its derivatives as potential alternative medicine to relieve symptoms in nonhospitalized COVID-19 patients. *J Med Virol*, 2020; 92(10): 2200-2204.
- [34] Hoefer G, Baltina L, Michaelis M, Kondratenko R, Baltina L, Tolstikov GA., ... & Cinatl J. Antiviral activity of glycyrrhizic acid derivatives against SARS– coronavirus. *Journal of medicinal chemistry*, 2005; 48(4), 1256-1259.
- [35] Lin JC, Cherng JM., Hung MS, Baltina LA, Baltina L, & Kondratenko R. Inhibitory effects of some derivatives of glycyrrhizic acid against Epstein-Barr virus infection: Structure–activity relationships. *Antiviral research*, 2008; 79(1): 6-11.
- [36] Suzuki T, Tsukahara M, Akasaka Y, Inoue H. A highly sensitive LC–MS/MS method for simultaneous determination of glycyrrhizin and its active metabolite glycyrrhetic acid: Application to a human pharmacokinetic study after oral administration. *Biomedical Chromatography*, 2017; 31(12): e4032.



Artículo de revisión

Alcántara-Martínez y Zendejas-Hernandez, 2022

[37] Chen F, Chan KH, Jiang Y, Kao RYT, Lu HT, Fan KW, Yuen KY. In vitro susceptibility of 10 clinical isolates of SARS coronavirus to selected antiviral compounds. *J Clin Virol*, 2004; 31(1): 69-75.

[38] Isbruckner RA, Burdock GA. Risk and safety assessment on the consumption of Licorice root (*Glycyrrhiza* sp.), its extract and powder as a food ingredient, with emphasis on the pharmacology and toxicology of glycyrrhizin. *Regul Toxicol Pharmacol*, 2006; 46(3): 167-192.

[39] Zendejas-Hernandez U. Composición farmacéutica que contiene triterpenoides pentacíclicos. Mexico; MX/a/2021/005280, 2021.

[40] Steijn PHJ. Compounds, compositions and devices for use in the prevention or treatment of corona-virus infections. WIPO PCT; WO2021/198316A1, 2021.

[41] Tong T, Hu H, Zhou J, Deng S, Zhang X, Tang W, Liang J. Glycyrrhizic-acid-based carbon dots with high antiviral activity by multisite inhibition mechanisms. *Small*, 2020; 16(13): 1906206.

[42] Zadeh JB, Kor ZM, Goftar MK. Licorice (*Glycyrrhiza glabra* Linn) as a valuable medicinal plant. *Int.j.adv.biol.biomed.res*, 2013; 1(10): 1281-1288.

[43] Rossi T, Fano RA, Castelli M, Malagoli M, Ruberto AI, Baggio G, ... & Barbolini G. Correlation between high intake of glycyrrhizin and myolysis of the papillary muscles: an experimental in vivo study. *Pharmacology & toxicology*, 1999; 85: 221-229.

[44] Matsumoto Y, Matsuura T, Aoyagi H, Matsuda M, Hmwe SS, Date T, et al. Antiviral activity of glycyrrhizin against hepatitis C virus in vitro. *PLoS one*, 2013; 8(7): e68992.

[45] Mendes-Silva W, Assafim M, Ruta B, Monteiro RQ, Guimarães JA, Zingali RB. Antithrombotic effect of Glycyrrhizin, a plant-derived thrombin inhibitor. *Thromb. Res.*, 2003; 112(1-2): 93-98.

[46] Assafim M, Ferreira MS, Frattani FS, Guimarães JA, Monteiro RQ, Zingali RB.

Counteracting effect of glycyrrhizin on the hemostatic abnormalities induced by Bothrops jararaca snake venom. *Br J Pharmacol*, 2006; 148(6): 807.

[47] Rizzato G, Scalabrin E, Radaelli M, Capodaglio G, Piccolo O. A new exploration of licorice metabolome. *Food Chemistry*, 2017; 221: 959-968.

[48] Grippaudo FR, Di Russo PP. Effects of topical application of β -resorcinol and glycyrrhetic acid monotherapy and in combination with fractional CO₂ laser treatment for benign hand hyperpigmentation treatment. *J. Cosmet. Dermatol*, 2016; 15(4): 413-419.

[49] Miyake K, Tango T, Ota Y, Mitamura K, Yoshida M, Kako M, et al. Efficacy of stronger neominophagen C compared between two doses administered three times a week on patients with chronic viral hepatitis. *J. Gastroenterol. Hepatol*, 2002; 17: 1198-1204.

[50] Saha A, Adamcik J, Bolisetty S, Handschin S, Mezzenga R. Fibrillar networks of glycyrrhizic acid for hybrid nanomaterials with catalytic features. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 2015; 54: 5408-5412.

[51] Soufy H, Yassein S, Ahmed AR, Khodier MH, Kutkat MA, Nasr SM, Okda FA. Antiviral and immune stimulant activities of glycyrrhizin against duck hepatitis virus. *Afr J Tradit Complement Altern Med*, 2012; 9(3): 389-395.



Artículo de investigación

Castillo-Castillo et al., 2022

Recibido: 09-09-2022

Revisado: 01-10-2022

Aceptado: 06-10-2022

Publicado: 11-10-2022

LOS TEXTURIZANTES INCREMENTAN LA PRODUCCIÓN DE CONIDIOS DE *Metarhizium anisopliae*

TEXTURIZERS INCREASE THE CONIDIA PRODUCTION OF *Metarhizium anisopliae*

H. Castillo-Castillo¹, L. Rojas-Gutierrez¹, J. Espitia-López², P. Garza-López², G. Martínez-de Jesús¹, I. Neria-González¹ y A. Angel-Cuapio^{1,3*}

¹Tecnológico Nacional de México/TES de Ecatepec, División de Ingeniería Química y Bioquímica, Av. Tecnológico s/n, Valle de Anáhuac, sección Fuentes, C.P. 55210, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

²Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales, Rancho Universitario. Av. Universidad Km 1, Ex-Hda. de Aquetzalpa, C.P. 43600, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México.

³AAC BIOLAB, Laboratorio de Investigación, Norte 8 #214, Santa Cruz, C.P. 56617, Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, México

*Correspondencia: rafaelangel@tese.edu.mx

Resumen

La producción de hongos entomopatógenos para el control de plagas agrícolas se ha vuelto una alternativa para evitar la aplicación de insecticidas químicos, los cuales han generado contaminación al medio ambiente. El hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* produce unidades infectivas denominadas conidios que son utilizados como ingrediente activo en formulaciones biológicas para regular poblaciones de insectos plaga, lo anterior representa una valiosa alternativa en la protección del ambiente y en el equilibrio de la flora y la fauna. El objetivo de esta investigación consistió en evaluar la porosidad del lecho de empaque modificada por la incorporación de agrolita (AG) y polietileno de baja densidad (PL) como agentes texturizantes mezclados con arroz precocido (AP) como sustrato, sobre la producción de conidios de la cepa *Metarhizium anisopliae* CP-OAX. La mayor producción de conidios sobre granos de arroz se alcanzó a los 12 días de cultivo. La adición de agrolita y el polietileno al lecho de cultivo es efectiva para aumentar la porosidad del lecho. Entre ambas estrategias, la adición de polietileno de baja densidad resultó más efectiva para la producción de conidios la cual resultó de 1.38×10^9 conidios por gramo de arroz seco inicial (conidios/gasi), con una porosidad de $\varepsilon=0.34$ (mezcla AP-PL: 50-50). El rendimiento alcanzado representó un incremento de 2 veces más la producción de conidios en comparación con el tratamiento sin texturizante (AP-PL = 6.3×10^8 conidios/gasi). El polietileno es un texturizante adecuado para ser utilizado en cultivo sólido, ya que incrementa la producción de conidios del hongo *Metarhizium anisopliae* CP-OAX



Artículo de investigación

Castillo-Castillo et al., 2022

al modificar la porosidad de empaque, lo cual es un factor importante para considerar en la producción de unidades infectivas a gran escala.

Palabras clave: Porosidad, texturizante, *Metarhizium anisopliae*, cultivo sólido.

Abstract

The production of entomopathogenic fungi for the control of agricultural pests has become an alternative to avoid the application of chemical insecticides, which have generated environmental contamination. The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* produces infective units called conidia that are used as an active ingredient in biological formulations to regulate populations of pest insects, which represents a valuable alternative in protecting the environment and in the balance of flora and fauna. The objective of this research was to evaluate the porosity of the packing bed modified by the incorporation of agrolite (AG) and low-density polyethylene (PL) as texturizing agents mixed with parboiled rice (AP) as a substrate, on the conidia production of *Metarhizium anisopliae* CP-OAX strain. The greatest conidia production on rice grains was reached at 12 days of cultivation. The addition of agrolite and the polyethylene to the culture bed is effective in increasing the porosity of the bed. Between both strategies, the addition of low-density polyethylene was more effective for the conidia production which resulted from 1.38×10^9 conidia per gram of initial dry rice (conidia/gidr), with a porosity of $\varepsilon = 0.34$ (AP-PL mixture: 50-50). The performance achieved represented an increase of 2 times more the conidia production compared to the treatment without texturizer (AP-PL = 6.3×10^8 conidia/gidr). Polyethylene is a suitable texturizer to be used in solid culture since it increases the conidia production of the *Metarhizium anisopliae* CP-OAX fungus by modifying the packing porosity, which is an important factor to consider in the production of large scale.

Keywords: Porosity, texturizer, *Metarhizium anisopliae*, solid culture

1. Introducción

La presencia de insectos considerados plaga en el sector agrícola genera grandes pérdidas económicas en la producción, además desmejoran la calidad de los cultivos [1], una estrategia viable para protegerlos es mediante la aplicación de agentes microbianos como los hongos entomopatógenos ya que protegen los cultivos del ataque de varias plagas y resultan más seguros para el ser humano, el medio ambiente y no tienen problemas residuales [2]. Cabe resaltar que las unidades infectivas e ingrediente activo en la formulación de los micoinsecticidas son los conidios aéreos los cuales son producidos en cultivo sobre soporte

sólido [3], sin embargo, durante el cultivo se produce una elevación de la temperatura en los fermentadores como consecuencia de la actividad metabólica [4], aunado a este inconveniente es la contracción y compactación del sustrato lo cual limita la difusión de gases, en especial la transferencia de oxígeno que depende de la proporción de espacios vacíos en el lecho de empaque, para contrarrestar estos inconvenientes se ha estudiado la aireación forzada para disipar el calor [5], así como la incorporación de agentes texturizantes que mezclados con el sustrato evitan la compactación del mismo y modifican la porosidad del lecho, lo cual favorece el intercambio gaseoso y por consecuencia se obtienen mejores niveles de



Artículo de investigación

Castillo-Castillo et al., 2022

producción de conidios [6], en ese sentido, se justifica el interés por los estudios que buscan encontrar medios de cultivo, sustratos y texturizantes eficientes para la multiplicación de los propágulos, dichos materiales sólidos deben de ser de bajo costo, de fácil preparación y eficientes en cuanto al desarrollo y esporulación de los hongos entomopatógenos [7]. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar residuos de agrolita y polietileno de baja densidad como agentes texturizantes en cultivo sólido, para la producción de conidios de *Metarhizium anisopliae*, esto con el propósito de evaluar alternativas para la producción de hongos entomopatógenos a escala industrial, ya que han demostrado buenos resultados como insecticida biológico para el control de varias plagas agrícolas.

2. Materiales y métodos

2.1 Microorganismo

El estudio se realizó con el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* CP-OAX, perteneciente a la colección de hongos entomopatógenos del Colegio de Posgraduados (COLPOS, México). Esta cepa fue identificada como *Metarhizium anisopliae* var. *lepidiotum* mediante la amplificación de la región ribosomal usando los primers ITS5 y ITS4b, con número de acceso en el GenBank FJ876298. [8]. Como medio de cultivo para propagación se utilizó el medio avena cuya composición fue la siguiente (g/L): harina de avena 33.33 (Quaker®), peptona de carne 10 (Bioxón) y agar bacteriológico 15 (Marca Bioxón).

2.2 Producción de conidios en arroz precocido

Se realizó una cinética de producción de conidios en arroz (Verde Valle®) durante 15 días de cultivo, se utilizaron frascos de vidrio con un volumen de 80 mL, un diámetro interno de 5 cm y una altura de 4.7 cm, en los cuales se pesó la materia sólida (10 g de arroz). El sustrato previamente esterilizado (15 psi, 121°C, 20 min), se inoculó con 1 mL de una suspensión de conidios a una concentración de 1×10^7 conidios/mL, se ajustó la humedad inicial al 40 %,

las unidades experimentales se incubaron 28 °C durante 15 días, cada 24 h a partir del tercer día de cultivo se realizó la extracción de los conidios utilizando los 10 g de sustrato a los cuales se les adicionó 20 mL de Tween 80 al 0.05%, con un agitador magnético se agitó durante 10 minutos a 300 rpm, posteriormente se filtró con un gasa para eliminar sólidos, en seguida se homogenizó la suspensión de conidios en tubos de centrifuga de 50 mL utilizando un vortex (VelaQuin), después se realizó el conteo de conidios en cámara de Neubauer (CIVEQ) y con un microscopio (BODECO) ocupando el objetivo 40x. La producción de conidios se reportó como conidios por gramo de arroz seco inicial; Ca (conidios/gasi) [8].

2.3 Producción de conidios con texturizantes

Se utilizó arroz precocido (Verde Valle®) como sustrato (AP) y se evaluaron residuos de polietileno de baja densidad (PL) y agrolita (AG) como agentes texturizantes. Los texturizantes fueron lavados, secados y tamizados, para homogenizar el tamaño de partícula se recolectaron partículas retenidas en un tamiz No. 10 (abertura 2 mm), se prepararon mezclas de sustrato-texturizante para realizar cultivos sólidos y evaluar la producción de conidios de *Metarhizium anisopliae* CP-OAX, las mezclas fueron las siguientes (%) p/p: 100-0, 90-10, 80-20, 70-30, 50-50 y 0-100 [9].

Se utilizaron frascos de vidrio para la producción de conidios como se describió previamente, en los cuales se pesaron 10 g de cada mezcla sustrato-texturizante, los cultivos previamente esterilizados (15 psi, 121°C, 20 min), se inocularon con 1 mL de una suspensión de conidios a una concentración de 1×10^7 conidios/mL, se adicionó agua destilada estéril para ajustar la humedad inicial al 40%, los frascos se incubaron a 28 °C durante 12 días. Se realizó la extracción de conidios cada 24 h a partir del tercer día de incubación, se utilizaron los 10 g de materia sólida de cada frasco para realizar la extracción mediante la adición de 30 mL de una solución de Tween 80 (0.05 %), se agitó durante 10 min con un agitador magnético a 350 rpm, se



Artículo de investigación

Castillo-Castillo et al., 2022

filtró con una gasa para descartar los sólidos, se contaron los conidios por medio de una cámara de Neubauer (Marienfield, Germany), en un microscopio (BOECO) con un objetivo 40x. El conteo de conidios se realizó por triplicado para cada día y para cada tratamiento.

2.4 Determinación de la porosidad

Para determinar la porosidad de las mezclas antes mencionadas se pesaron 10 gramos totales de materia sólida de cada tratamiento, a cada unidad experimental se le añadió la cantidad necesaria de aceite mineral (REASOL), hasta cubrir la altura de lecho, las pruebas fueron realizadas por triplicado. Para determinar la fracción de espacio vacío (ϵ) se calculó con la expresión descrita por [10].

$$\epsilon = \frac{(V_t - V_m)}{V_t}$$

Donde, ϵ es la porosidad o fracción vacía (adimensional), V_t es el volumen total (mL), es decir, es el volumen que ocupa la muestra e incluye el volumen de espacio vacío; V_m es el volumen ocupado solo por la muestra (mL); la diferencia entre V_t y V_m es el volumen vacío (mL). El volumen de espacio vacío fue estimado por el volumen de aceite mineral necesario para cubrir la altura del lecho de empaque.

2.5 Análisis estadístico

Se utilizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) con la prueba de Tukey (95% nivel de confianza), se compararon los valores promedio de los datos experimentales mediante el software SPSS (SPSS, Chicago, IL).

3. Resultados y discusión

3.1 Producción de conidios sobre arroz

El perfil de producción de conidios de la cepa *Metarhizium anisopliae* CP-OAX sobre arroz se muestra en la Figura 1, se encontró la mayor producción de conidios ($C_a \approx 8.11 \times 10^7$ conidios/gasi), a los 12 d de cultivo la cual fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en comparación con los valores obtenidos en los

demás días. La producción de conidios de *M. anisopliae* usualmente se realiza en cultivo sobre soporte sólido, así como Méndez-González et al. [11], realizaron un estudio para la producción de conidios de *M. anisopliae* en reactores de charolas con convección natural, se alcanzó una producción de 9×10^8 conidios por gramo de arroz a los 12.79 d de cultivo. De manera análoga, da Cunha et al. [12] estudiaron la producción de conidios de *M. anisopliae* en reactores de charolas, se observó la mayor producción (8.52×10^{12} conidios) al utilizar 3 kg de arroz durante 10 d de cultivo. Por otro lado, Prakash et al. [13], realizaron una investigación para optimizar la producción de conidios de *M. anisopliae* en bolsas de polipropileno, se encontró un rendimiento de 6.2×10^{10} conidios por gramo de arroz el resultado fue superior al obtenido en cebada (4.9×10^{10} conidios/g sustrato) y en sorgo (4.5×10^{10} conidios/g sustrato). Por su parte, Angel-Cuapio y Loera [9], reportaron una producción de conidios de 5.5×10^8 conidios por gramo de arroz para *M. anisopliae* a 6 días de cultivo realizado en frascos de vidrio. Lo anterior indica que el tiempo de producción de este hongo es variable y los rendimientos alcanzados son dependientes de las variables del cultivo (pH, humedad, temperatura, aireación, sustrato, tipo de reactor, etc).

3.2 Porosidad

La incorporación de materiales inertes (texturizantes) en mezclas con arroz incrementó significativamente ($p < 0.05$) la porosidad (ϵ); en ambos materiales se encontró una correlación polinómica de 4to grado cuyas ecuaciones y coeficientes de correlación fueron, $Y = -0.0027x^4 + 0.0416x^3 - 0.2297x^2 + 0.5434x - 0.1113$; $R^2 = 0.99$ y $Y = -0.002x^4 + 0.0286x^3 - 0.1421x^2 + 0.2962x + 0.0608$; $R^2 = 0.99$, para agrolita y polietileno de baja densidad, respectivamente (Figura 2). Muchas investigaciones se han enfocado en buscar las condiciones que conlleven a una alta producción de conidios, siendo estas las unidades infectivas y los ingredientes activos en la mayoría de las formulaciones de micoinsecticidas comercialmente disponibles en el mercado [14], en ese sentido surge el interés



Artículo de investigación

Castillo-Castillo et al., 2022

de producirlos en grandes cantidades y la técnica más utilizada es el cultivo sobre soporte sólido.

Los resultados en esta investigación demuestran que el polietileno le confiere una porosidad de empaque que resulta con una alta producción de propágulos, lo cual es de gran importancia en el sector industrial. Esto concuerda con otros trabajos que han demostrado que la incorporación de agentes texturizantes en cultivo sólido promueve la producción de conidios de algunos hongos entomopatógenos [5,6,9]. Es importante mencionar que tanto la agrolita como el polietileno visualmente proporcionaron buena estructura al medio poroso tal como lo menciona Casciotori et al [15] ya que no se notó aglomeración ni compactación del arroz y el micelio fúngico se distribuyó uniformemente dentro del lecho de empaque, demostrando que los texturizantes estudiados permitieron una buena aireación del lecho. Se debe agregar que los texturizantes en cultivo sólido mejoran la transferencia de calor y oxígeno en cuanto mayor sea la porosidad del lecho, de esta manera se mejora la eliminación del calor convectivo y el espacio disponible para el crecimiento de hongos [5,15,16,17].

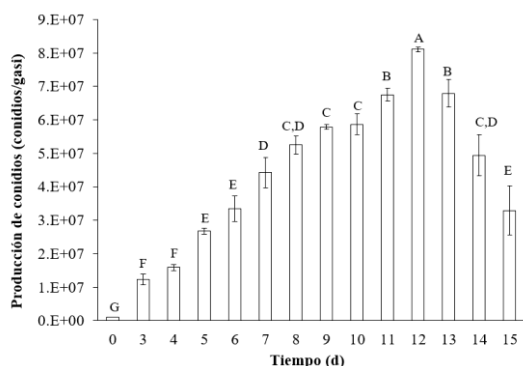


Figura 1. Cinética de producción de conidios de *Metarhizium anisopliae* CP-OAX sobre arroz. Valores promedio seguidos de diferentes letras difieren significativamente según la prueba de Tukey al nivel de confianza del 95%.

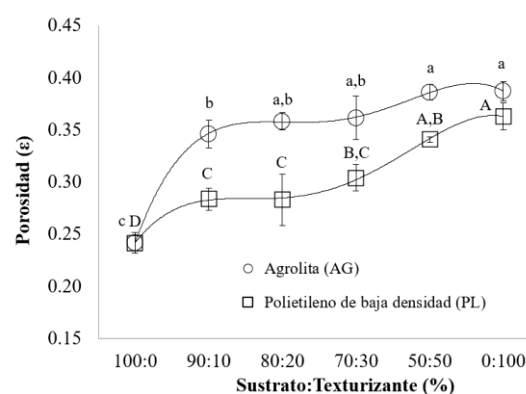


Figura 2. Porosidad en mezclas de arroz precocido con agrolita, AP-AG (círculos) y en mezclas de arroz precocido con polietileno, AP-PL (cuadros). la correlación lineal es indicada como línea punteada. Valores promedio seguidos de diferentes letras difieren significativamente según la prueba de Tukey al nivel de confianza del 95%.

3.3 Producción de conidios en mezclas de sustrato-texturizante

El perfil de producción de conidios en mezclas de arroz-agrolita se presenta en la Figura 3, se observó que la mayor producción de conidios fue obtenida en la mezcla AP-AG (70:30), el resultado fue significativo ($p < 0.05$) con una producción promedio de $C_a \approx 3.4 \times 10^8$ conidios/gasi, lo que representa un incremento de 4 veces la producción de conidios en comparación con el tratamiento sin texturizante ($C_a \approx 8.6 \times 10^7$ conidios/gasi). El perfil de producción de conidios en mezclas de arroz-polietileno se presenta en la Figura 4, se observó la mayor producción de conidios con la mezcla AP-PL (50:50) con una producción promedio de $C_a \approx 1.38 \times 10^9$ conidios/gasi, el resultado fue significativo ($p < 0.05$) el cual representa un incremento de 2 veces la producción de conidios en comparación con el tratamiento sin texturizante ($C_a \approx 6.3 \times 10^8$ conidios/gasi).

En esta investigación se encontró que la incorporación de materiales inertes en mezclas con arroz, evitan la compactación del sustrato y con ello se incrementa significativamente la porosidad de empaque (ϵ); además, se permite mejorar la eficiencia del proceso y la aireación,



Artículo de investigación

Castillo-Castillo et al., 2022

esto hace que dichos texturizantes sean una alternativa recomendable para la producción de conidios. En los últimos años, Angel-Cuapio et al. [6] reportaron que la incorporación del lirio acuático es efectiva para incrementar el valor de la porosidad (ϵ), hasta alcanzar un nivel crítico entre 0.34 y 0.36 en donde se incrementó el área superficial y se mejoró el intercambio gaseoso, de

acuerdo con esto fue relacionado con la alta producción de conidios. Como consecuencia práctica, los presentes resultados indican la necesidad de medir la porosidad como un parámetro de fermentación que podría cambiar el rendimiento de conidios por gramo de sustrato inicial.

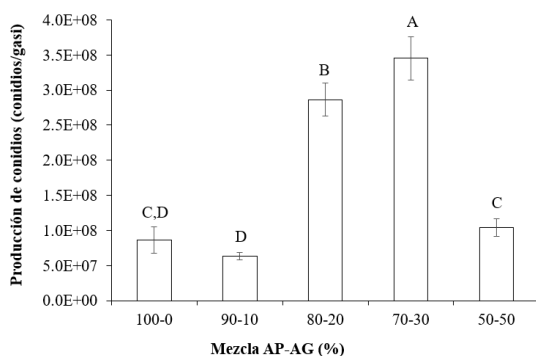


Figura 1. Producción de conidios de *Metarhizium anisopliae* CP-OAX en mezclas de arroz-agrolita (AP-AG). Valores promedio seguidos de diferentes letras difieren significativamente según la prueba de Tukey al nivel de confianza del 95%.

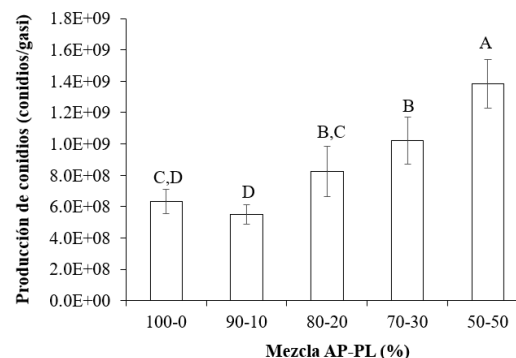


Figura 2. Producción de conidios de *Metarhizium anisopliae* CP-OAX en mezclas de arroz-polietileno (AP-PL). Valores promedio seguidos de diferentes letras difieren significativamente según la prueba de Tukey al nivel de confianza del 95%.

4. Conclusión

La agrolita y el polietileno pueden ser utilizados para modificar la porosidad de empaque en cultivo sólido, sin embargo, el polietileno es un texturizante adecuado para ser utilizado en cultivo sólido, ya que incrementa la producción de conidios del hongo *Metarhizium anisopliae* CP-OAX al modificar la porosidad de empaque, lo cual es un factor importante para considerar en la producción de unidades infectivas a gran escala.

5. Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para estudios de maestría de la segunda autora (1033804), al

PRODEP por el Apoyo para Fortalecimiento de Cuerpos Académicos 2021 (ITSECA-CA-18) y a la empresa AAC BIOLAB por el financiamiento parcial de esta investigación.

6. Referencias

- [1] Lak F, Zandi-Sohani N, Ghodoum P MH, Ebadollahi A. Synergic effects of some plant-derived essential oils and Iranian isolates of entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* Sorokin to control *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Front. Plant Sci.* 2022;13:1075761. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1075761>



Artículo de investigación

Castillo-Castillo et al., 2022

- [2] Deka B, Babu A, Pandey AK, Kumhar KCh, Rajbongshi H, Dey P, Arulmariathan JP, Amalraj ELD, Talluri VR. Potential of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* for control of red spider mite, *Oligonychus coffeae* Nietner on tea crop. *Int. J. Acarology*. 2022; 48(2): 121-129. <https://doi.org/10.1080/01647954.2022.2041089>
- [3] Zhe-Yu P, Shu-Ting H, Jia-Ting Ch, Ni L, Yong W, Asad N, Sheng-Qun D. An update of a green pesticide: *Metarhizium anisopliae*. *All Life*. 2022; 15:1141-1159. <https://doi.org/10.1080/26895293.2022.2147224>
- [4] Figueroa-Montero A, Esparza-Isunza T, Saucedo-Castañeda G, Huerta-Ochoa S, Gutiérrez-Rojas M, Favela-Torres E. Improvement of heat removal in solid-state fermentation tray bioreactors by forced air convection. *J. Chem. Technol. Biotechnol*. 2011; 86(10):1321-1331. <https://doi.org/10.1002/jctb.2637>
- [5] Méndez-González F, Figueroa-Montero A, Loera-Corral O, Saucedo-Castañeda G, Favela-Torres E. Addition of spherical-style packing improves the production of conidia by *Metarhizium robertsii* in packed column bioreactors. *J. Chem. Technol. Biotechnol*. 2021; 97(6): 1517-1525. <https://doi.org/10.1002/jctb.6993>
- [6] Angel-Cuapio A, Figueroa-Montero A, Favela-Torres E, Viniegra-González G, Perraud-Gaime I, Loera O. Critical values of porosity in rice cultures of *Isaria fumosorosea* by adding water hyacinth: effect on conidial yields and quality. *Appl. Biochem. Biotechnol*. 2015; 177(2): 446-457. <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1754-4>
- [7] Jackson MA, Dunlap CA, Jaronski S. T. Ecological considerations in producing and formulating fungal entomopathogens for use in insect biocontrol. *Biocontrol*. 2010; 55, 129-145. <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9240-y>
- [8] Tlecuitl-Beristain S, Viniegra-Gonzalez G, Díaz-Godínez G, Loera O. Medium selection and effect of higher oxygen concentration pulses on *Metarhizium anisopliae* var. *lepidiotum* conidial production and quality. *Mycopathologia*. 2010; 169(5): 387-394. <https://doi.org/10.1007/s11046-009-9268-7>
- [9] Angel-Cuapio A, Loera O. Use of agroindustrial waste as texturizers to entomopathogenic fungi production on solid-state culture. *Mex. J. Biotechnol*. 2016; 1(1): 21-33.
- [10] Mitchell DA, Meien OF, Luz LFL Jr, Berovič M. Substrate, air, and thermodynamic parameters for SSF bioreactor models. In: Mitchell DA, Berovič M, Krieger N. Solid-state fermentation bioreactors: fundamental of design and operation. Berlin: Springer; 2006.p. 265-278.
- [11] Méndez-González F, Loera O, Saucedo-Castañeda G, Favela-Torres E, Forced aeration promotes high production and productivity of infective conidia from *Metarhizium robertsii* in solid-state fermentation. *Biochem. Eng. J*. 2020; 156: 107492. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2020.107492>
- [12] da Cunha LP, Casciadori FP, de Cenço Lopes I, Thoméo JC. Production of conidia of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* ICB 425 in a tray bioreactor. *Bioprocess. Biosyst. Eng*. 2019; 42(11): 1757-1768. <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02172-z>
- [13] Prakash GVS, Padmaja V, Kiran RRS. Statistical, optimization of process variables for the large-scale production of *Metarhizium anisopliae* conidiospores in solid-state fermentation. *Bioresour. Technol*. 2008; 99(6): 1530-1537. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.031>
- [14] de Faria MR, Wraight SP. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biol. Control*. 2007; 43(3): 237-256. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.001>



Artículo de investigación

Castillo-Castillo et al., 2022

[15] Casciatori FP, Laurentino CL, Taboga SR, Casciatori PA, Thoméo JC. Structural properties of beds packed with agro-industrial solid by-products applicable for solid-state fermentation: experimental data and effects on process performance. Chem. Eng. J. 2014; 255: 214–224. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.06.040>

[16] Méndez-González F, Loera O, Favela-Torres E. Conidia production of *Metarhizium anisopliae* in bags and packed column bioreactors. Curr. Biotechnol. 2018; 7(1): 65-69. <https://doi.org/10.2174/2211550105666160926123350>

[17] Casciatori FP, Bück A, Thoméo JC, Tsotsas E. Two-phase and two-dimensional model describing heat and water transfer during solid-state fermentation within a packed-bed bioreactor. Chem. Eng. J. 2016; 287: 103–116. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.10.108>



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

Recibido: 08-07-2022

Revisado: 21-07-2022

Aceptado: 06-08-2022

Publicado: 11-10-2022

ANÁLISIS DEL DESARROLLO ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL DE BRASIL

C. Chiatchoua^{1*} y M. T. Matadamas-García¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Economía, Ciudad de México. México.

*Correspondencia: cchiatchoua@ipn.mx

Resumen

El objetivo del documento es analizar la evolución socioeconómica de Brasil, desde 1960 hasta 2017, a través de indicadores económicos, sociales y ambientales en conjunto con los de los países denominados BRICS, para tenerlos como referentes. Así, mediante una metodología descriptiva y analítica que utiliza datos del Banco Mundial, los resultados muestran que, según los indicadores económicos, entre 1960 a 2017, el PIB creció en un 3.9% anual; se tuvo una reducción de la deuda externa en los años 2006 a 2010, y la IED aumentó 5.7% en 2017. Con respecto a los indicadores sociales, el porcentaje de personas con acceso a internet creció un 69% anual entre 1960 a 2017; a partir de los años noventa y hasta 2017, la tasa de incorporación de la población a las actividades económicas aumentó en promedio un 2% anual; a partir del año dos mil, el acceso a la educación pasó de 17% al 50% para quienes continúan estudios superiores; y el índice de percepción de corrupción disminuyó de 43 a 35 puntos. Además, los indicadores ambientales muestran que el incremento promedio de la energía renovable desde mediados de los años ochenta hasta el 2014 fue nulo, y la emisión de gases se ha incrementado en un 47% a inicios del dos mil. Si bien, Brasil ha tenido un crecimiento a nivel Latinoamérica, cabe señalar que, en comparación con los Estados del BRICS, se observan muchas deficiencias. En consecuencia, el gobierno deberá aplicar estrategias de mediano y largo plazo, al utilizar sus recursos naturales para lograr el desarrollo de ventajas competitivas.

Palabras clave: Indicadores socio-económicos, Brasil, Desarrollo, Gobernabilidad.

Abstract

The objective of the document is to analyze the socio-economic evolution of Brazil, from 1960 to 2017, through economic, social, and environmental indicators together with those of the countries called BRICS, to have them as benchmarks. Thus, through a descriptive and analytical methodology that uses data from the World Bank, the results show that, according to economic indicators, between 1960 and 2017, GDP grew by 3.9% annually; there was a reduction in external debt in the years 2006 to 2010, and FDI increased 5.7% in 2017. Regarding social indicators, the percentage of people with internet access grew 69% annually between 1960 to



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

2017; from the 90's until 2017, the rate of incorporation of the population into economic activities increased by an average of 2% per year; as of year two thousand, access to education went from 17% to 50% for those who continue higher education; and the corruption perception rate decreased from 43 to 35 points. In addition, environmental indicators show that the average increase in renewable energy from the mid-1980s to 2014 was zero, and the emission of gases has increased by 47% at the beginning of two thousand. Although Brazil has had growth at the Latin American level, it should be noted that, in comparison with the BRICS States, many deficiencies are observed. Consequently, the government must apply medium and long-term strategies, using its natural resources to achieve the development of competitive advantages.

Keywords: Socio-economic indicators, Brazil, Development, Governance.

1. Introducción

Los países de América Latina (AL) han pasado por etapas comunes de crecimiento y desarrollo desde la época colonial hasta la implementación de proyectos proteccionistas y de apertura comercial; todos ellos vivieron experiencias más o menos semejantes y se ajustaron a esas situaciones según sus posibilidades internas. El crecimiento económico en AL ha sido lento y decepcionante si se considera las grandes expectativas creadas por la estrategia de desarrollo basada en la apertura comercial de las últimas tres décadas; aun dejando de lado la década perdida de los ochenta. De 1990 a 2008, el crecimiento promedio del Producto Interno Bruto (PIB) per cápita de Latinoamérica fue de 1.8% anual, muy por debajo del 2.7% del periodo 1950-1980 y menos que la tasa de crecimiento promedio de la economía mundial. El crecimiento del PIB por trabajador fue aún peor: 0.7% para 1990-2008, comprado con el 2.7% de 1950-1980 [1].

La composición de fuerzas que crearon en su interior y su posición en el sistema internacional, del cual formaba parte [2] Brasil a diferencia de los demás, es lo único considerado como futuro motor de la economía mundial para los próximos años, parte integrante del grupo de los BRICS (por sus siglas Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica) entre los cuales se desenvuelve y compite en un mundo globalizado con buenas perspectivas [3].

De lo anterior surge la pregunta ¿Cuál ha sido el desarrollo económico, social y ambiental de Brasil? De esto nace el objetivo del presente documento, describir la situación socio-económica y ambiental de Brasil. Para la consecución del objetivo, el presente artículo analiza la evolución socioeconómica de Brasil desde 1960 hasta 2017, según la disponibilidad de los datos, a través de indicadores económicos, sociales y ambientales en conjunto con los de los países denominados BRICS, a efecto de tenerlos como referentes. Por lo tanto, el trabajo se estructura como sigue: el segundo apartado, después de la introducción, denominado "Desarrollo", contiene dos apartados: uno relativo al económico y otro al sostenible; el tercer apartado se conforma por la descripción y análisis de los indicadores siguientes: económicos, sociales y ambientales. Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación y las referencias citadas. Cabe señalar que los indicadores utilizados fueron seleccionados de manera aleatoria y en función de la disponibilidad de los datos.

2. Desarrollo

2.1 Desarrollo Económico

El desarrollo económico se asimila al proceso en el cual la renta real per cápita de un país aumenta durante un largo período de tiempo, al menos diez años. El desarrollo es un proceso integral, que implica la expansión continua del potencial



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

económico, el auto sostenimiento de esa expansión en el mejoramiento total de la sociedad. También se conoce como proceso de transformación de la sociedad o proceso de incrementos sucesivos en las condiciones de vida de todas las personas o familias de un país o comunidad [4]. En otras palabras, el desarrollo económico se mide por el nivel de bienestar económico de los habitantes o población de cierta región en un tiempo dado.

Además, el desarrollo económico conjuga la capacidad de crecimiento con la capacidad de transformación de la base económica y la capacidad de absorción social de los frutos del crecimiento. Implica la elevación sostenida del ingreso real por habitante, un mejoramiento de sus condiciones de trabajo, una difusión generalizada de los beneficios del progreso entre toda la población, una elevada capacidad de transformación de las condiciones económicas, sociales y culturales del país, una aptitud de la sociedad para el disfrute pleno de los recursos económicos y culturales, que constituyen la calidad de vida [4]. Finalmente, queda claro que el concepto de desarrollo económico mide el nivel de bienestar de la población en su conjunto, y no el incremento de las variables macroeconómicas.

La discusión en torno al desarrollo económico ha evolucionado con el paso del tiempo, al abarca varias disciplinas hasta los temas ambientales y de sostenibilidad. A continuación, se presenta la sección dedicada al análisis del desarrollo sostenible.

2.2 Desarrollo Sostenible

El concepto de desarrollo procura integrar y asociar las dimensiones económica y social con la dimensión ecológica; la cual surge al final de los años sesenta, como resultado de la conciencia de los crecientes problemas ambientales y los límites impuestos por la naturaleza a la explotación y

crecimiento económico descontrolado. Esta preocupación por el medio ambiente se agrega a un debate mucho más antiguo y siempre actual referente a la forma excluyente y concentrada, social y espacialmente, de la acumulación del capital a nivel mundial [5]. El interés para estudiar las consecuencias de los problemas ambientales derivados de la explotación de la naturaleza surge en el mismo periodo que el crecimiento de la globalización de las economías.

El proceso de globalización de las empresas en busca de nuevos mercados y competitividad y de la sociedad en general ha traído como consecuencia el deterioro del medio ambiente. Para [6] el desarrollo sostenible se define como el manejo y la conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional; de tal manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Lo más interesante de esta definición es que analiza la variable tecnológica como clave para el manejo y conservación de los recursos naturales.

Si no existe una nueva orientación hacia el cambio tecnológico, en el sentido del empleo de tecnologías apropiadas, no se podrá aspirar al logro de un desarrollo sostenible [7].

Finalmente, la sostenibilidad debe ser entendida como “la relación entre los sistemas ecológicos más abarcadores y dinámicos, en la cual: (a) la vida humana pueda continuar indefinidamente; (b) las individualidades humanas puedan florecer; (c) la cultura humana pueda desarrollarse; (d) los efectos de las actividades humanas permanezcan dentro de ciertos límites, con el propósito de que no destruyan la diversidad, complejidad y funciones del sistema ecológico de soporte de la vida” [8]. De manera más concreta, y desde la perspectiva de los países pobres, el desarrollo sostenible es un: “proceso cualitativo y cuantitativo de cambio social que compatibiliza,



Artículo de investigación

Chiatichoua y Matadamas-García, 2022

en el tiempo y en el espacio, el crecimiento económico, la conservación ambiental y la equidad social” [9].

3. Análisis de indicadores

Este apartado describe tres tipos de indicadores de desarrollo de Brasil. En el primero se presentan los indicadores económicos como: PIB, IED, deuda externa, balanza comercial, tipo de cambio, e índice de precio al consumidor; los segundos corresponden a los sociales como: acceso a la tecnología; población económicamente activa; acceso a la educación; percepción de corrupción, y gobernabilidad, para finalmente describe los indicadores de energía renovable y contaminación del aire.

3.1 Económicos

Desde la década de los 50's hasta 1962 durante el gobierno militar, Brasil adopta un modelo económico de sustitución de importaciones que permitió el incremento del PIB con una tasa promedio anual del 3.6%. Entre 1968 y 1974 el incremento fue del 11.2% anual, periodo al que se conoce como el “milagro brasileño”. En consecuencia, para los años 70's, Brasil ya era un país industrializado, cuyo PIB creció con tasa anuales promedio del 8.59%; al sumar veinte años de crecimiento acelerado financiando básicamente con la venta de petróleo y la contratación de deuda externa, que para este mismo periodo crece en promedio un 8.6% del PIB [2].

3.2 PIB

A partir de la información económica de Brasil, se observa en la figura 1 que el PIB crece, de 1960 a 2017, casi en un 3.9% promedio anual. En 1986, con el advenimiento de un gobierno democrático, la producción brasileña retoma su crecimiento en 4.7% anual; empero, para los primeros tres años de los años 90's sufre un decremento de -0.7%, como efecto de la inestabilidad mundial de la que se recupera rápidamente, para retomar su crecimiento de 1994 hasta el 2014, promediando 3.2% anual. Esto consolidado gracias a los efectos de la implementación de la moneda “El Real”, como parte de la estrategia del llamado Plan Real; así como, la integración de la mayoría de la población en la economía nacional [10].

Para el período 2014 a 2017 la tasa de crecimiento del PIB se convierte en negativa, -2.0% promedio anual, resultado de la incertidumbre generada por la falta de gobernabilidad –particularmente la corrupción en el gobierno y las empresas privadas–; así como, las movilizaciones sociales que se impulsan en oposición a las inversiones públicas realizadas para la Copa Confederaciones, el Mundial de Fútbol, y las Olimpiadas desarrolladas en esos años. Es menester observarse que el PIB Brasileño, en términos absolutos fue superior al de los BRICS, con excepción de China, a partir de los años 90's.



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

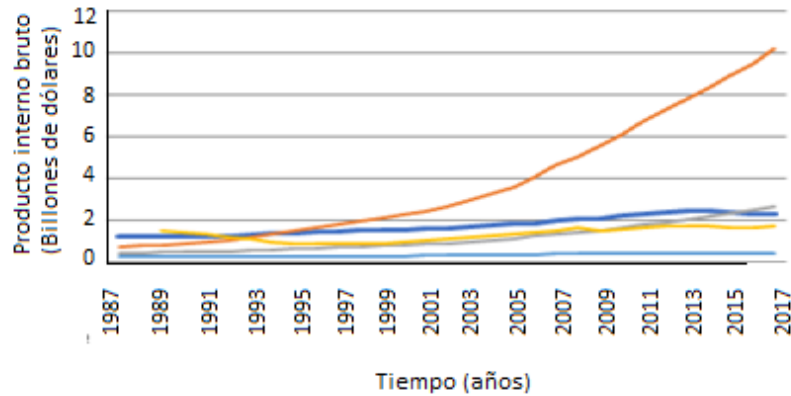


Figura 1. Producto interno bruto de Brasil (azul oscuro), China (naranja), India (gris), Rusia (amarillo) y Sudáfrica (azul claro) entre 1987 y 2017 (Banco Mundial, 2019).

3.1.2 Inversión Extranjera Directa (IED)

En la figura 2, para el periodo 1975-2017, Brasil presenta un crecimiento en la IED del 25.5% promedio anual; pero, de 1982 a 1986, la tasa fue de -32.8% anual, con respecto al año anterior, resultado de la incertidumbre derivada del cambio de régimen militar a democrático, situación que revierte su comportamiento. Con la implementación del Plan Cruzeiro y el Plan Real, en 1995 y hasta el 2000, la IED observa un abrupto crecimiento del 49%, esto, expresada

como proporción del PIB, no obstante, también a partir de este período se identifica una alta volatilidad tanto en la entrada, como en la salida de capitales, especialmente acentuado durante los primeros años del siglo XXI, reflejo de la crisis económica mundial protagonizada por los Bonos Suprime de los Estados Unidos de Norteamérica, la destitución del presidente Collor por actos de corrupción, y la incertidumbre generada por la llegada al gobierno de un partido de izquierda.

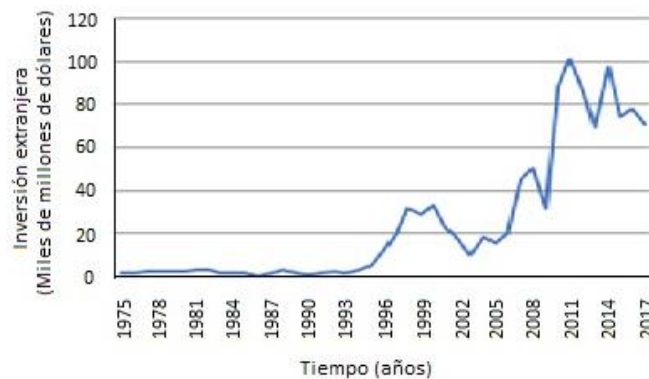


Figura 2. Inversión extranjera directa en Brasil de 1975 a 2017, entrada neta de capital a precios actuales (Banco Mundial, 2019).



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

La IED se puede definir como la entrada de capital extranjero para la creación de empresas. En AL, las entradas de IED disminuyeron un 7.8% en 2016, a 167.180 millones de dólares, cifra que representa una caída acumulada del 16.9% con respecto al nivel máximo de 2011. La caída de los precios de las materias primas continuó afectando las inversiones que buscan recursos naturales, el lento crecimiento de la actividad económica en varios Estados ha frenado la llegada de capitales en búsqueda de mercados, y el escenario global de sofisticación tecnológica y expansión de la economía digital tiende a una concentración de las inversiones transnacionales en las economías desarrolladas [11].

La misma [11] menciona que, pese a la recesión, Brasil se mantuvo como el principal receptor (47% del total) y las inversiones aumentaron un 5.7%, aunque no por ingresos de nuevo capital; sino, por aumento de los préstamos entre transnacionales.

1.3 Deuda Externa

La figura 3 muestra la evolución de la deuda externa total entre 1970 y 2015. Se observa una situación de estancamiento de 1970 a 1997; luego una caída de 1998 hasta 2005; posteriormente, un incremento espectacular entre 2006 hasta 2014, y finalmente una drástica caída a partir de 2015. Cabe señalar que 2006 corresponde al periodo de Lula Da Silva, dirigente de la izquierda que trajo reformas para impulsar el crecimiento del país, y el año 2015 representa el fin de la izquierda con Dilma Rousseff y el inicio de la derecha con Jair Bolsonaro.

De lo anterior, se infiere que la inversión extranjera no financió los requerimientos de crecimiento del PIB y de ahí, la recurrente necesidad de créditos externos para solventar las necesidades para la industrialización del país y el pago de las deudas contraídas con antelación (los pagos de deuda externa crecen en un 1573% en 1983 respecto a 1982; en 1984 Brasil se declaró en mora). La IED en Brasil, no ha sido un factor que participa en el eslabonamiento productivo del país [12].

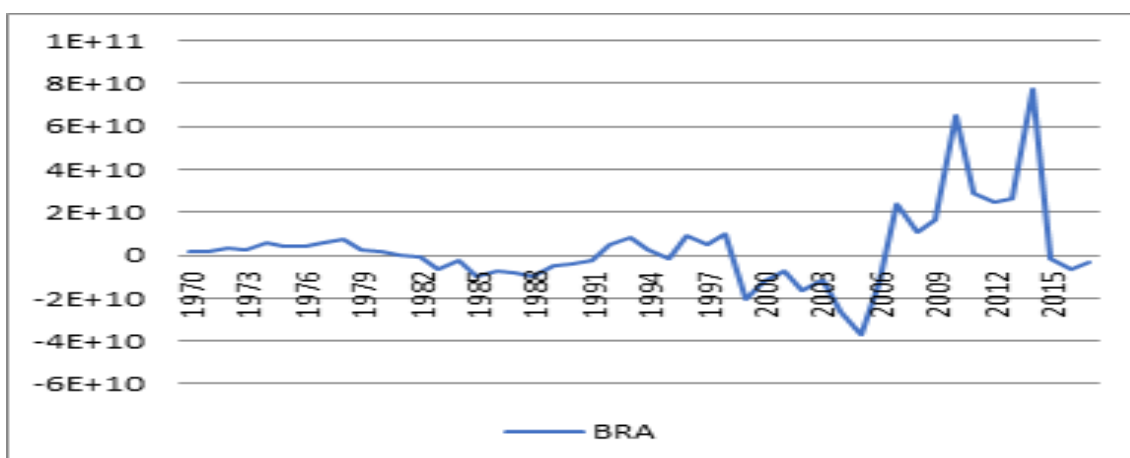


Figura 3. Brasil: Transferencias netas de la deuda externa total (TRN, US\$ a precios actuales) de 1970 a 2015 Banco Mundial, 2019.



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

3.1.4 Balanza Comercial

La balanza comercial (véase figura 4) en el período 1960 a 2017, presenta un comportamiento irregular en términos generales: deficitaria durante las primeras dos décadas, para pasar a superávits a partir de los años 80's hasta mediados de los años 90's, y de ahí a comportarse cíclicamente y de manera alterna; esto es, deficitaria de 1995 a 1999 –en este lapso se implementó el Plan Real apreciando el tipo de cambio del real contra el dólar, encareciendo las exportaciones– superavitaria del 2002 al 2010, deficitaria del 2010 al 2015, y por último superavitaria a partir de 2016.

Según [13], los gobiernos brasileños convencidos de que los precios crecientes de las materias primas continuarían, y que sin hacer reformas estructurales podrían seguir las políticas orientadas a reducir la desigualdad salarial y

disminuir la pobreza, sin tener que preocuparse por la pérdida de competitividad, al dejar de lado al 1% más rico, que se hace más rico, prefirieron no solicitar préstamos.

Es interesante comparar este indicador en relación del crecimiento del PIB en el período, pues no refleja un comportamiento que siga la tendencia de este, explicado porque el crecimiento de la producción ha estado principalmente orientado hacia el crecimiento del mercado interno y no a la apertura e intercambios comerciales globales; esto es, Brasil sigue un modelo económico propio, diferente al recomendado en esa época por la CEPAL, el Banco Mundial, y el Fondo Monetario Internacional para los países en desarrollo.

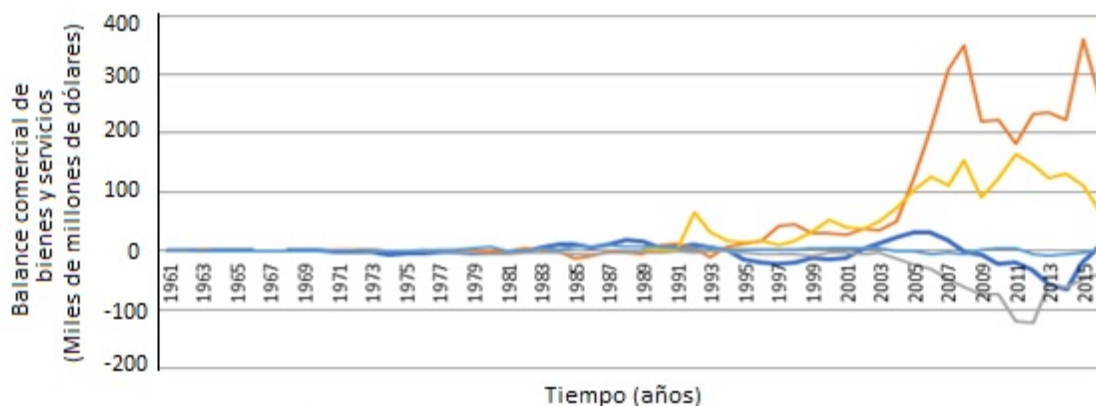


Figura 4. Balanza comercial de bienes y servicios de los países del BRICS (Precios actuales) de 1961 al 2017- (Banco Mundial, 2019). Brasil (azul oscuro), China (naranja), India (gris), Rusia (amarillo) y Sudáfrica (azul claro).

3. 1.5 Tipo de Cambio

En el período 1962 a 1984 se experimentó una devaluación de la moneda del 55% anual en comparación con el año anterior. Empero de 1980 a 1985 la devaluación de la moneda promedió un 157% anual, lo que contribuyó a la inestabilidad económica, la generación de

inflación, y la declaración de mora en 1982 respecto al pago de la deuda externa. Así, durante la transición de las instituciones militares a las democráticas, el país enfrentó uno de sus principales retos, pues el indicador entre 1985 y 1994 representaba una pérdida en el valor de la moneda de un 940% promedio anual, hasta la



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

implementación de los planes Cruzeiro y Real. De 1996 hasta el 2013, se vio una devaluación del 6%

anual promedio en comparación al año anterior (Véase figura 5).

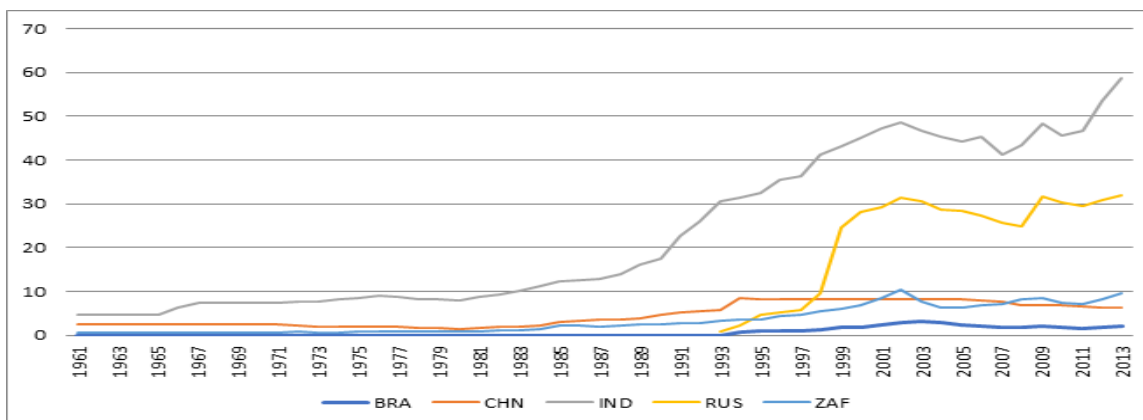


Figura 5. BRICS: Tasa de cambio oficial (UMN por US\$, promedio para un periodo) 1961 a 2013 (Banco Mundial, 2019).

3.1.6 Índice de Precios al Consumidor

Antes de la década de los años 80's el índice de precios al consumidor (IPC) creció en promedio 52% anual. Sin embargo, la implementación, en 1986, del Plan Cruzado, cuyo objetivo fue neutralizar la inflación mediante el control de precios, no tuvo el efecto esperado, contrario sensu, encareció el tipo de cambio. Durante los años 90's el IPC creció más del 150%. [14] mencionan que la inflación en Brasil tan solo entre 1989 y 1990 alcanzó el 2,700%.

A partir del 1994, con la implementación del Plan Real para detener la inercia hiperinflacionaria por medio de la aparición de una nueva moneda, El Real, se establecieron metas antiinflacionarias, de manera que de 1995 a 2000 se observó un quinquenio deflacionario resultado principalmente del nuevo valor que se le dio a la moneda. Durante la primera década del 2000, el IPC crece en promedio el 3.7% anual, y del 2010 a 2017 en un 1.3% anual promedio [15] (Véase figura 6).

Acorde con la tendencia de crecimiento del PIB, la población total y la población económicamente activa (Véase figura 7), el ingreso per cápita se incrementó, al pasar de \$8,167 en 1970 a \$18,800 en 2017, constituyendo un factor que alimentó la inflación. Además, el incremento del ingreso per cápita representa un mayor consumo-producción-consumo favorecedor del crecimiento del PIB, la estructura de una industria nacional, y el desarrollo social [16].

[17] menciona que en Brasil la situación favorable de aumento de empleos formales y salarios reales fue complementada por múltiples políticas articuladas principalmente de inversiones, mercado de trabajo, asistencia social, y educacional. Esta estrategia disminuyó los índices de pobreza, desconcentró la renta de trabajo, y amplió el mercado interno a través del aumento del consumo popular. Todavía existen indicios que la distribución funcional de renta aumentó por la manutención de elevadas tasas de interés.



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

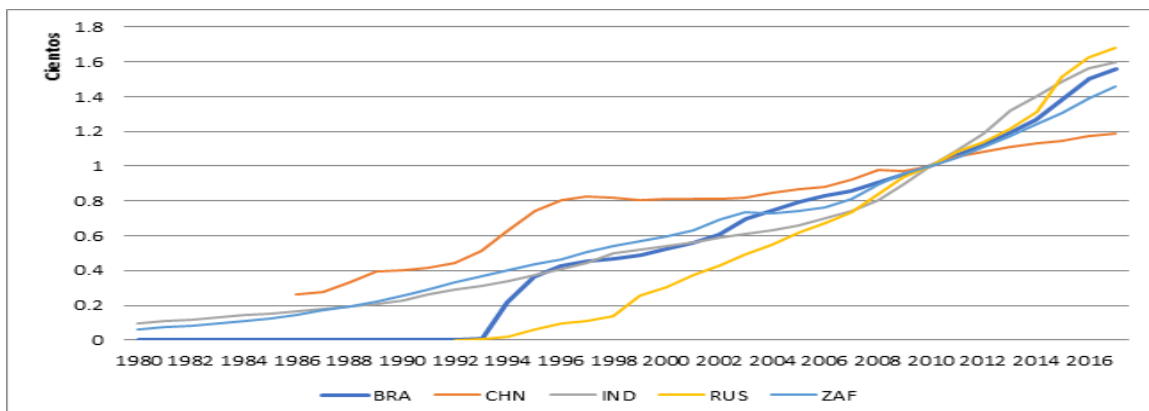


Figura 6. BRICS: índice de precios al consumidor (2010 = 100) 1980 a 2016

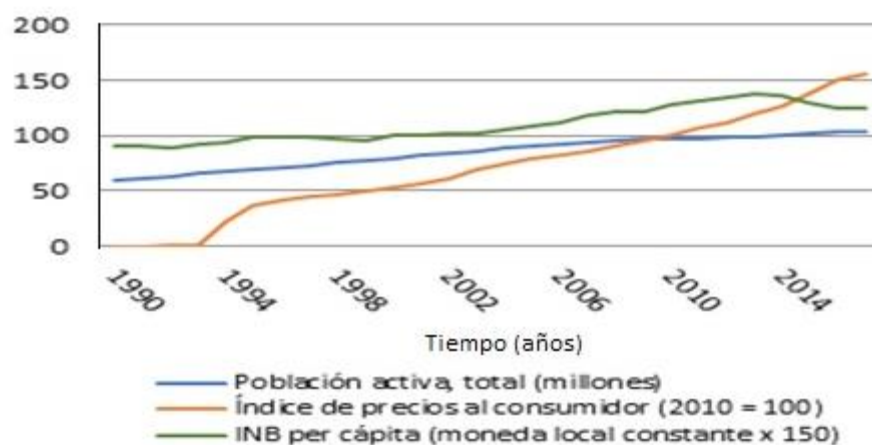


Figura 7. Tendencias de empleo, inflación e ingreso per cápita en Brasil de 1990 al 2014 (Banco Mundial, 2019).

3.2 Sociales

Entre 1960 a 2017, en promedio, la población de Brasil crece 1.89% anual, al pasar de 72 a 209 millones de habitantes; sin embargo, en el periodo de gobierno militar, que va de 1962–1984, el promedio de crecimiento anual fue de 2.57%, y de 1985 al 2017, del 1.39%, con un comportamiento con tendencia a la baja, hasta llegar a 0.79% en 2017, lo cual representa, entre otras cosas, un inmenso bono demográfico que representó la incorporación de un gran número de habitantes demandantes de productos y servicios que son, en gran medida, los que

explican el crecimiento de la producción y economía nacional brasileña; pero, también representará en el futuro próximo uno de los principales retos que las arcas públicas deberán afrontar cuando ese fenómeno poblacional demande su jubilación y atención médica, y la ola de gente, hoy productiva, no sea debidamente reemplazada [18].

3.2.1 Acceso a la Tecnología

La tecnología es un instrumento de vital importancia en un mundo completamente automatizado, en el que la máquina está



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

sustituyendo al ser humano, tanto en el mundo laboral como en la vida familiar. La figura 8 presenta la evolución del número de personas que utilizaban internet entre 1991-2017 en el BRICS.

El porcentaje de personas con acceso a internet creció en una tasa del 69% anual respecto del 2016, esto fue, entre otras cosas, por la incorporación de gran parte de la población a la

actividad económicamente activa, el acceso a créditos de fácil pago, y el fácil acceso al internet, por su novedad y beneficios en la comunicación e intercambio de información. Debe hacerse mención que el internet llegó a Brasil en el año de 1990; a partir de ahí, la dinámica social lo incorporó en sus quehaceres cotidianos y las políticas de educación de la población que acrecentaron su rápido crecimiento en su uso.

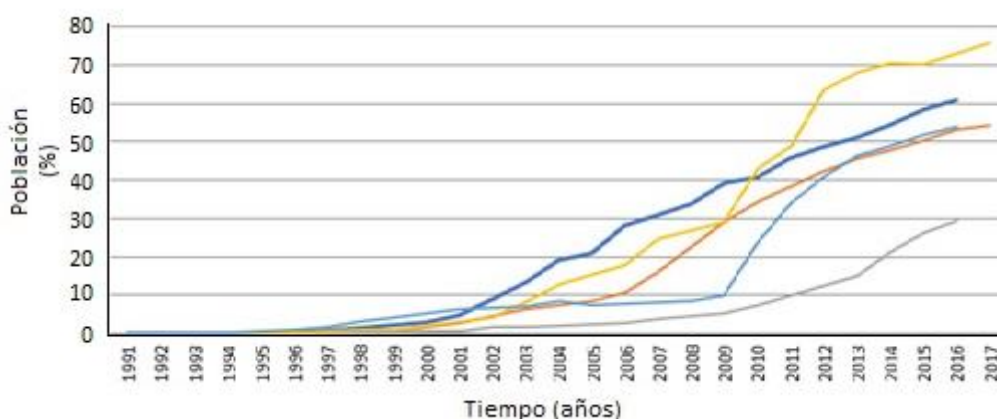


Figura 8. Población con acceso a internet en los países del BRICS (Banco Mundial, 2019). Brasil (azul oscuro), China (naranja), India (gris), Rusia (amarillo) y Sudáfrica (azul claro).

3.2.2 Población Económicamente Activa (PEA)

A partir de los 90's y hasta 2017, la tasa de incorporación de la población a las actividades económicas crece en promedio un 2% anual respecto al año anterior, mientras el crecimiento de la población fue del 1.2%, al lograrse una mayor participación de la población en la relación producción/consumo en la actividad económica del país. Es decir, que entre 1990 y 2017 [19] la PEA pasa del 40% al 49.8%, lo cual significa un aumento de 149 millones de personas a poco más de 209 millones de participantes en la economía nacional [20]. Es de señalar, la relación en la tendencia de crecimiento cercana entre la población activa y el total, que a su vez se desarrolla conforme al crecimiento del PIB,

además del ingreso per cápita, como se vio anteriormente (Véase figura 9).

3.2.3 Acceso a la Educación

Es a partir de la segunda década del siglo XXI que Brasil registra importantes aumentos en la incorporación de la población en el servicio educativo terciario [21], al pasar de 17% a 50% de la población que continua estudios superiores cinco o más años después de culminar la secundaria; aunque ello este por debajo de la media latinoamericana. Los resultados brasileños en las evaluaciones internacionales comenzaron a mejorar de forma modesta; pero el país no logró superar los últimos lugares. Si se relaciona el crecimiento de la educación terciaria con el



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

desarrollado en otros países de BRICS, Brasil presenta un índice superior, excluyendo a Rusia (Véase figura 10).

3.2.4 Percepción de la Corrupción

A partir de 2012, el índice de percepción de la corrupción disminuye al pasar de 43 a 35 puntos, de acuerdo con los indicadores de Transparency World. Es conocido los grandes fenómenos de corrupción en Brasil; por ejemplo, los casos presidenciales de Collor, Lula Da Silva, Dilma Rousseff, y Terner, junto con sus cinco secretarios de estado, quienes han sido destituidos, incluso encarcelados por actos de corrupción y desvío de fondos [22]. Ello ha derivado en movimientos sociales, toda vez que la población exige que los recursos públicos sean canalizados a educación y salud, y no a la construcción de estadios de futbol, ni preparación de eventos cuyos presupuestos rebasan por mucho, los destinados por otros países (Véase figura 11).

3.2.5 Gobernabilidad

Brasil migró de un estado militar autoritario a uno democrático; y por tanto, a la participación civil en el gobierno, esto es, el alza de la “voz y participación” tabulada con base en los índices de denominación del Banco Mundial; pero, sin

instituciones preparadas para la conducción de la nación en la implementación de políticas y regulaciones en un ambiente de convivencia entre desiguales, en un sistema de alta dependencia estatal, y oligopolios económicos generados para mantener un control de la dirección del país.

Con un gobierno y sociedad que inicia su aprendizaje para administrar el ingreso, inversión, empleo, consumo, servicios, leyes, justicia, legitimidad y legalidad; es decir, su calificación de gobernabilidad, que como se muestra en la figura 12, tabulada con base en los criterios de gobernanza del Banco Mundial, da una impresión de desorden, inestabilidad, ineficiencia, y crisis en la rectoría del gobierno.

La gobernabilidad en Brasil, empujada por su escandalosa corrupción, puede ser el Talón de Aquiles para que se genere la ilegitimidad del gobierno ante la sociedad, lo que a su vez cree inestabilidad necesaria para responder a otros intereses que menoscaban la soberanía que tanto ha defendido y procurado Brasil, particularmente ante las actuales potencias mundiales, que observan en este país como un importante bastión de explotación de recursos naturales.

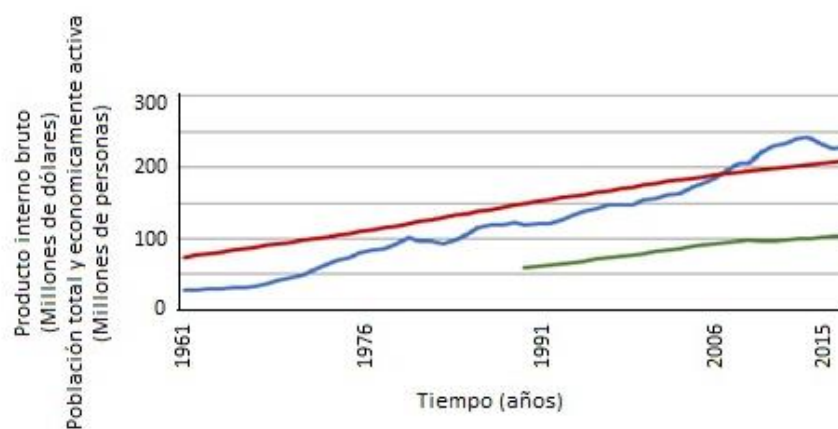


Figura 9. Relación entre el Producto Interno Bruto (Azul), la Población total (Rojo) y la Económicamente activa (Verde) en Brasil de 1961 al 2015 (Banco Mundial, 2019).



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

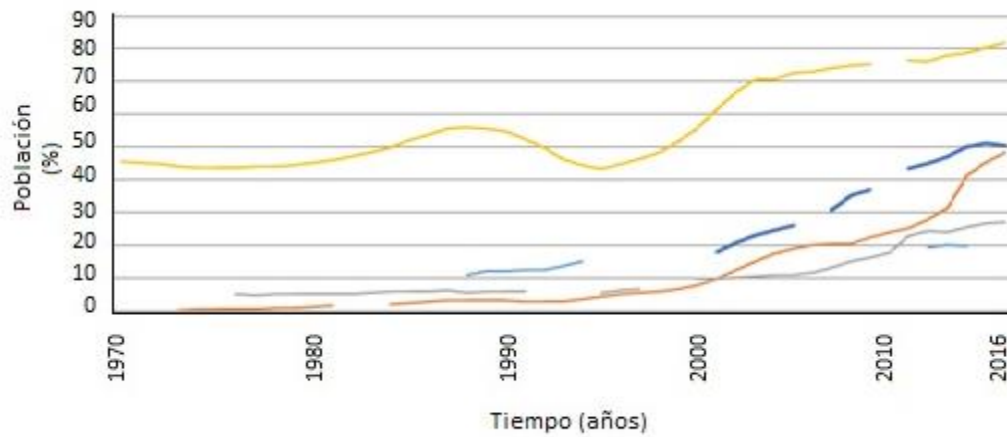


Figura 10. Porcentaje de la población con inscripción escolar a nivel terciario. Brasil (azul oscuro), China (naranja), India (gris), Rusia (amarillo) y Sudáfrica (azul claro).

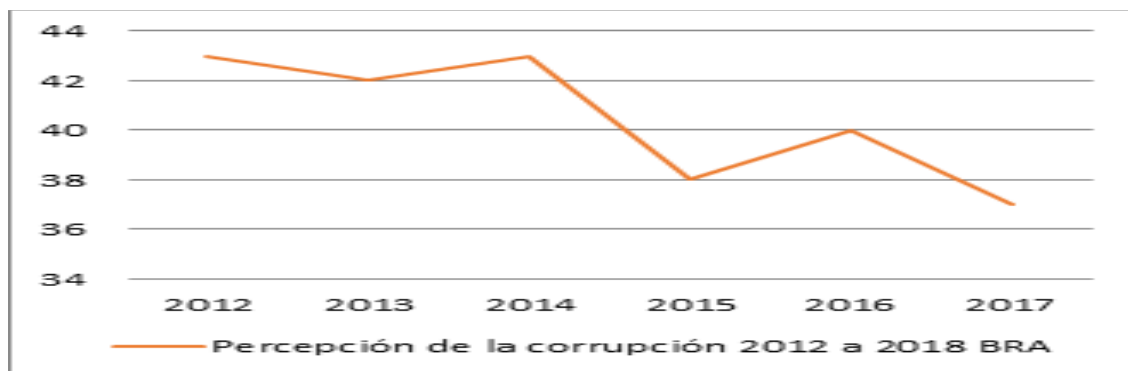


Figura 11. Percepción de la Corrupción en Brasil (2012-2017)



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

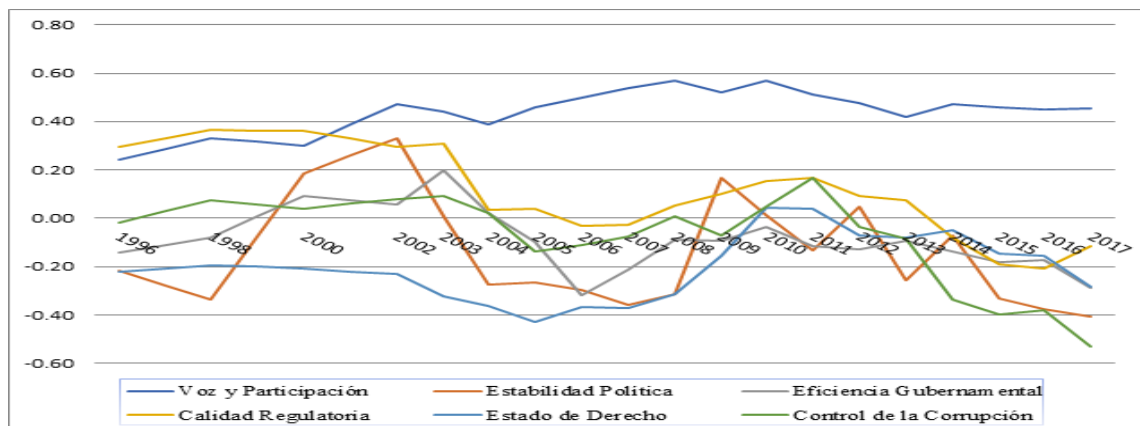


Figura 12. Gobernabilidad en Brasil (1996-2017)

3.3 Ambientales

3.3.1 Energía Renovable

El uso de energía nuclear y alternativa creció en promedio en un 6.0% anual del total consumido entre 1970 y 1980 (Véase figura 13); pero a mediados de los años 80's hasta 2014, el crecimiento promedio neto fue nulo, al contrastarlo con el crecimiento en el consumo de energía demandado por el incremento del PIB y de la población, que trató de ser atendido por medio de las centrales nucleares Angra 1, Angra 2 y Angra 3. La primera empezó su construcción en 1972 con el objetivo de iniciar la comercialización de energía en 1984; pero, es conectada a la red eléctrica hasta 1985. La segunda central empezó su construcción en 1976; sin embargo, la operación de abastecimiento se produjo en 2000, después de varias suspensiones por falta de presupuesto. La última central comenzó su obra en 1984 para surtir de energía hasta 2018.

Actualmente en Brasil se debate ante la tendencia mundial al abandono de energías nucleares por renovables, y las polémicas inversiones y resultados ofrecidos por los proyectos nucleares que ahí se han implementado, circunscritos en un ambiente de corrupción e ineficiencia empresa-gobierno-intereses particulares [24].

3.3.2 Contaminación del aire

Brasil es de los países con mayor liberación de gases efecto invernadero (GEI). En la década de los años 70's se incrementó la emisión de GEI en un 2.3%, mientras que en los años 80's fue de 0.7%, y en los años 90's de 2.1%; empero, durante la primera década del siglo XXI la emisión de GEI aumentó en 47.0%, debido, en gran medida, a la explotación de las selvas, los cultivos agrícolas, la quema de combustibles fósiles, y la producción ganadera, que son importantes generadoras de la economía del país. En 2002 Brasil se incorpora al Convenio de Kioto, al desarrollar un plan de disminución de esos gases [25]. No obstante, hoy en día es uno de los países que más emiten GEI en el mundo, al tener unas de las ciudades más pobladas, por lo que el control en la emisión de estos gases representa uno de los grandes objetivos (Véase figura 15).

Tomando como referente la década de 90's y la primera mitad del año dos mil, Brasil ha disminuido notablemente la contaminación del aire, para mantenerse constante del 2010 al 2014; sin embargo, las concentraciones de ozono troposférico en las áreas metropolitanas son superiores a los estándares nacionales de calidad de aire, aunado a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, lo cual tiene



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

relevancia porque más del 80% de la población vive en ciudades [26].

Para 2016 Brasil no era miembro de la Comisión del Clima y Aire Limpio, ni contaba con una estructura normativa que regulara el clima y aire, al tornarse indispensable su establecimiento a efecto de disminuir el PM25, a efecto de cumplir el compromiso adquirido de reducir la emisión de estos gases para el 2025 [25].

Debe puntualizarse que Brasil es un actor fundamental con un peso preponderante en la sustentabilidad del mundo, ello gracias al Amazonas y su efecto en el equilibrio del clima,

así como, a su diversidad mineral y vegetal, que hoy es materia de investigaciones biológicas/medicinales entre otras, de universal relevancia. En Brasil se esgrime entre la formulación de políticas y acciones concretas de sustentabilidad, insertadas en un marco de producción y desarrollo económico capitalista en el cual pretende participar de manera dominante [27] presentar ambigüedad por la creación de las condiciones de calidad de vida en un escenario de consumo presente y simultáneamente preservar dichas condiciones para las generaciones futuras.

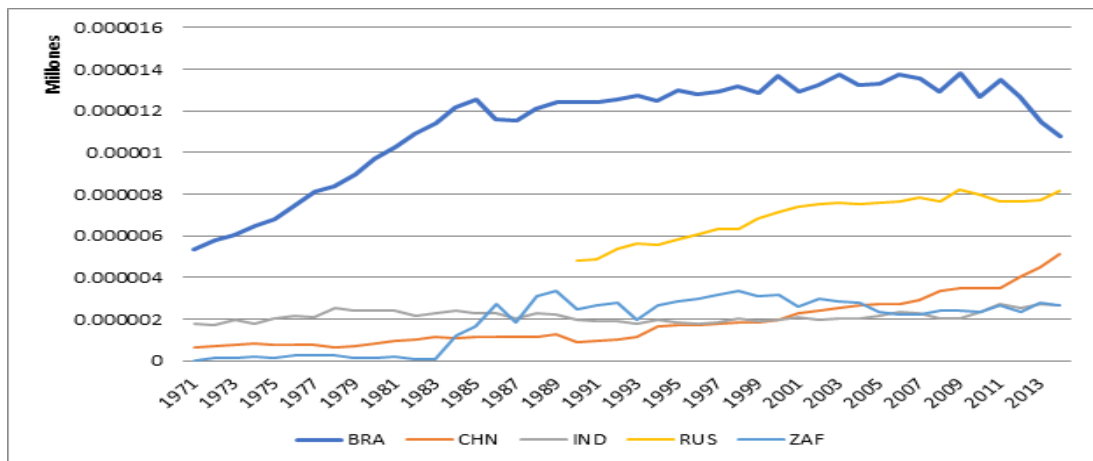


Figura13: Consumo de Energía Renovable, Energía Nuclear y Alternativa (% del total de uso de energía) entre 1971- 2013 en millones de dólares



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

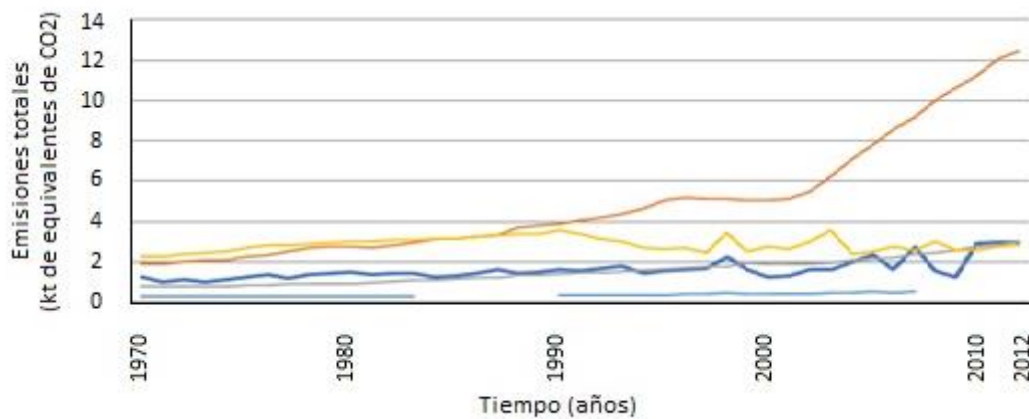


Figura 14. Emisiones totales de gases de efecto invernadero en los países del BRICS (Banco Mundial, 2019). Brasil (azul oscuro), China (naranja), India (gris), Rusia (amarillo) y Sudáfrica (azul claro).

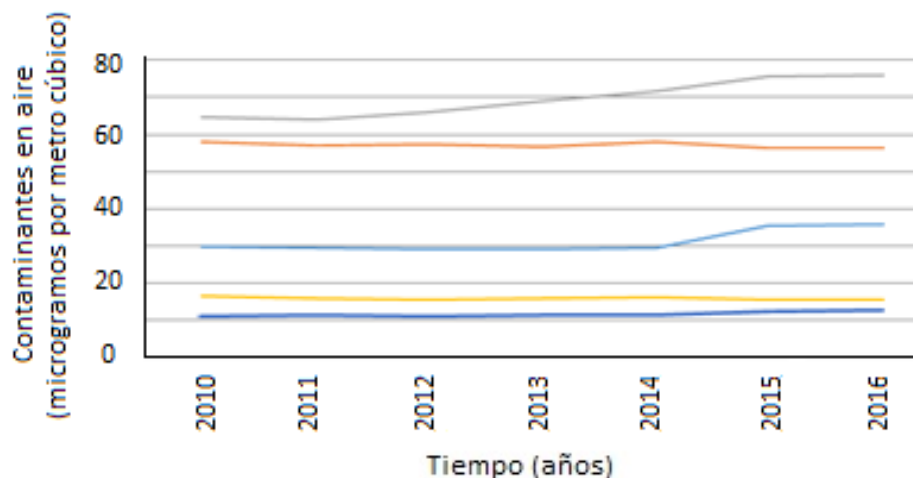


Figura 15. Relación de contaminantes en aire en los países del BRICS (Banco Mundial, 2019). Brasil (azul oscuro), China (naranja), India (gris), Rusia (amarillo) y Sudáfrica (azul claro).

4. Conclusiones

Brasil en los últimos 50 años, particularmente desde mediados de la década de los años 80's, se presenta ante el mundo como una sociedad con un enorme potencial de crecimiento económico, al implementar políticas económicas, bajo un modelo propio, con una moderada exposición a

los sucesos económicos internacionales, cuya base es el fomento de la producción, financiada con deuda externa. Ello generó una infraestructura, incorporando en su actividad a una importante cantidad de la población, quienes participan del consumo vía el ingreso, creando un mercado interno que se alimenta en un ciclo virtuoso de producción/consumo, cuyo efecto se



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

verá potenciado en los próximos años, por el bono demográfico del país; al tiempo de constituir una amenaza, toda vez que representará una enorme carga económica por las pensiones que demandará.

Se trata de una sociedad que experimenta un rápido ascenso en el desarrollo educativo, desde la base primaria, pero sobre todo de profesionistas, que acrecentará, lo que podría denominarse, la estructura de conocimiento/innovación/tecnología/productividad del país, que permitirá la evolución para las próximas décadas. No obstante, Brasil se encuentra ante dos umbrales para su sostenibilidad: el primero relacionado con la administración ecológica, es decir, el aprovechamiento responsable de sus recursos naturales y la emisión de contaminantes, y el segundo, relacionado con la gobernabilidad.

Para la sostenibilidad de Brasil es imperativo definir el rumbo, ya no como nación aislada, sino como potencia de orden mundial, al diseñar estrategias propias en materia de apertura económica, que logren su consolidación como líder regional al potencializar su presencia y participación en las decisiones del orbe.

Brasil es una potencia económica, sin discusión a duda, por su capacidad material: territorio, PIB, tamaño de la población, corrientes fluviales, producción y abastecimiento de materias primas, tecnología, petróleo, gas, entre otros. Pero habría otro escenario para explicar su sostenibilidad, que está más allá de la revisión de indicadores económicos, sociales, y ambientales como se ha visto, se trata de entender a Brasil como una potencia económica mundial, es decir, como una nación, con una historia y un presente en el que se identifican fortalezas y debilidades; en consecuencia, faltaría circunscribirla en el contexto universal, en el que participa como motor estratégico del mundo hacia los próximos

años; luego entonces, su sostenibilidad dependerá de cómo se inserte y accione con respecto a esta visión.

Con base en lo anterior, se identifican las siguientes tres posiciones contrastantes: una primera que identifica a Brasil con la autopercepción de ser una nación cuya grandeza es de orden mundial. También, se trata de país cuya participación es activa en foros internacionales en los que promueve la necesidad de cambiar el sistema económico mediante el impulso de la cooperación, al mostrar solidaridad con países de insipiente desarrollo, lo que le ha traído reconocimiento, al formar parte de BRICS, y por la Unión Europea.

Ante el descalabro económico por la recesión de 2015-2016; Brasil, en 2018, incrementó su deuda externa en 20 puntos, al pasar de 55% al 75% del PIB en tres años.

5. Referencias

- [1] Ros, J. (2004). La Teoría del Desarrollo y la Economía del Crecimiento, México: FCE-CIDE.
- [2] Dos Santos, E. (2012). Estabilidad y crecimiento en Brasil. *Revista CIDOB D'afers Internacionals*, 97-98, 55-66 https://www.cidob.org/es/articulos/revista_cidob_d_afers_internacionals/97_98/estabilidad_y_crecimiento_en_brasil. Consultado el 01 de enero de 2020.
- [3] Información Comercial Española. (2006). Brasil y su Evolución Económica Reciente. *Revista de Economía*, 2900, 7-14.
- [4] Castillo, M. (2011). Política económica: crecimiento económico, desarrollo económico, desarrollo sostenible. *Revista Internacional del Mundo Económico y del Derecho*, 3(2011), 1-12.
- Cardoso, F y Faletto, E. (1979). Dependencia y desarrollo en América Latina. México: Siglo XXI.



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

[5] Ruiz, R y Vargas, I. (2010). Tratamiento metodológico del concepto desarrollo sostenible en el curriculum del Ingeniero Metalúrgico. *Desarrollo Local Sostenible Red Académica Iberoamericana Local Global*, 4(10), 1-15. www.eumed.net/rev/delos/10/

[6] Contreras, R. y Aguilar, O. (2012). Desarrollo Sostenible (Semblanza Histórica). *Revista del Centro de Investigación*, 10(37), 101-121.

[7] Costanza, R. (1991). *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. Nueva York: Columbia University Press, 525.

[8] Buarque, S. (1994). *Desenvolvimento Sustentável Da Zona da Mata de Pernambuco*. Recife IICA/SEPLAN.

[9] Sáinz, P. y Calcagno, A. (1999). La Economía Brasileña ante el Plan Real y su Crisis División de Estadística y Proyecciones Económicas, ONU. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7482/1/S9970485_es.pdf. Consultado el 01 de enero de 2020.

[10] CEPAL. (2017). *La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe*. Disponible en: file:///D:/Usuarios/ad016301/Downloads/S1700816_es.pdf. Consultado el 01 de enero de 2020.

[11] Roncal, X. (2018). Apuntes sobre la Inversión Extranjera Directa en América Latina. *Revista Digital Economía y Negocios*, 11(17), 13-22. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2521-27372018000100003&lng=es&nrm=iso. Consultado el 01 de enero de 2020.

[12] Salama, P. (2017). Brasil y China: Caminos de Fortalezas y Desconciertos. *Problemas del Desarrollo*, 48(188), 2-9. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2017.01.002>

[13] Baumann, R. y Mussi, C. (1999). Algunas Características de la Economía Brasileña desde la Adopción del Plan Real, Temas de coyuntura, CEPAL, 5. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/7492-algunas-caracteristicas-la-economia-brasilena-la-adopcion-plan-real>. Consultado el 01 de enero de 2020.

[14] Goto, B. y Lagos M. (2012). "Estudio de Factores que Influyen en los Flujos de Inversión Extranjera Directa hacia América Latina". Seminario de titulación, Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139725/Estudio.PDF?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado el 01 de enero de 2020.

[15] Cacciamali, M. C. (2011). Brasil un Caso Reciente de Crecimiento Económico con Distribución de la Renta. *Revista de Estudios Empresariales*, Segunda época (1), 46-64. <https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/REE/article/view/572/518>. Consultado el 01 de enero de 2020.

[16] Banco Mundial. (2019). Banco de Datos sobre las Cuentas Nacionales. <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GD.P.MKTP.C>. Consultado el 01 de enero de 2020.

[17] Gaudichaud, F. (2010). Balance de Ocho años de Gobierno Lula: 'Un social liberalismo a la brasileña. *LatinoAméricaAhora*. <http://www.dariovive.org/balance-de-ocho-anos-de-gobierno-lula-un-social-liberalismo-a-la-brasilena/>. Consultado el 01 de enero de 2020.

[18] Sader, E. (2013). *Lula y Dilma*. Diez Años de Gobiernos Posneoliberales en Brasil. [Traficantes de sueños: Brasil. https://www.traficantes.net/sites/default/files/pdfs/tds_practicas3_lula_y_dilma_web.pdf](http://www.traficantes.net/sites/default/files/pdfs/tds_practicas3_lula_y_dilma_web.pdf). Consultado el 01 de enero de 2020.



Artículo de investigación

Chiatchoua y Matadamas-García, 2022

[19] Iglesias, E., Conde, R., y Suárez, G. (2011). "El Momento Político de América Latina". Fundación Carolina-Siglo XXI, España. <https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2019/02/El-momento-politico.pdf>. Consultado el: 01 de enero de 2020.

[20] BBC Mundo. (2018). "4 motivos por los que Lula da Silva Sigue Siendo el Político Más Popular de Brasil Pese a su Condena por Corrupción". <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-42812596>. Consultado el 01 de enero de 2020.

[21] IPS (Índice de Progreso Social). (2017). "Corrupción Acumulada en la Historia Estalla en Brasil". <https://www.contralinea.com.mx/archivo-revista/2017/03/24/corruccion-acumulada-en-la-historia-estalla-en-brasil/>. Consultado el 01 de enero de 2020.

[22] Osava, M. (2019). "Angra 2 Redobla Polémica sobre Energía Nuclear". *Inter Press Service*. <http://www.ipsnoticias.net/2000/08/brasil-angra-2-redobla-la-polemica-sobre-energia-nuclear/>. Consultado el 01 de enero de 2020.

[23] Spring, J. y Marcello, M. (2018). "Brasil Reduce las Emisiones Gases de Efecto Invernadero por Debajo del Objetivo de 2020". *Reuters Noticias*. <https://es.reuters.com/article/topNews/idESKBN1KV0KH-OESTP>. Consultado el: 01 de enero de 2020.

[24] Ortúzar, F. y Tornel, C. (2016). Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA) en Colaboración con el Instituto de Energía e Medio Ambiente (IEMA), Controlando los Contaminantes Climáticos de Vida Corta: El caso de Brasil, Chile y México. http://www.aida-americas.org/sites/default/files/featured_pubs/r

eporte_ccvc_1.pdf. Consultado el 01 de enero de 2020.

[25] Parode, F. y Bentz, I. (2014). "El Desarrollo Sustentable en Brasil: Cultura, Medio Ambiente y Diseño, Cuaderno 49". Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5232277>. Consultado el 01 de enero de 2020.



Contribución corta

Castillo-Minjarez et al., 2022

Recibido: 09-07-2022

Revisado: 01-08-2022

Aceptado: 06-09-2022

Publicado: 11-09-2022

IMPLEMENTACIÓN DE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS EN LA DISMINUCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

IMPLEMENTATION OF BIOLOGICAL TREATMENTS IN THE REDUCTION OF URBAN SOLID WASTE

J.M. Castillo-Minjarez¹, E. A. Vargas-León², P. López-Ordaz², A. Angel-Cuapio³ y F. J. Martínez-Valdez^{2*}

Universidad Tecnológica de Tecámac, División de Electromecánica Industrial. C.P. 55740, Estado de México, México.

Universidad Tecnológica de Tecámac, División Químico Biológicas. C.P. 55740, Estado de México, México.

AAC BIOLAB, Laboratorio de Investigación, Norte 8 #214, Santa Cruz, C.P. 56617, Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, México.

*Correspondencia: fco.jav.mv@gmail.com

Resumen

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son una colección heterogénea de residuos producidos en las zonas urbanas los cuales varían según la región. Se pueden subdividir en dos componentes principales: orgánicos e inorgánicos. En México, se estima una producción de 120 128 Ton/día con una generación per cápita aproximada de 0.944 kg/hab*día. Considerando que la acumulación de RSU es una problemática actual, se han implementado como alternativas de degradación de estos desechos, tratamientos biológicos, entre los que figuran la degradación aerobia y la digestión anaerobia de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU). Ambos métodos de degradación han presentado alta viabilidad en términos del proceso de degradación de la FORSU. La degradación aerobia presenta ventajas en términos de tiempo de tratamiento y con ello, se obtienen productos estables y libres de patógenos que pueden ser utilizados como fertilizantes. Por su parte, en digestión anaerobia existe el beneficio de la producción de biogás (una mezcla de dióxido de carbono y metano), producto que tiene un alto valor agregado. Para hacer una selección del método de degradación a utilizar, es necesario tomar en cuenta la composición de la FORSU y la infraestructura con la que se cuenta.

Palabras clave: Residuos urbanos, fase orgánica, digestión aerobia, digestión anaerobia.



Contribución corta

Castillo-Minjarez et al., 2022

Abstract

Municipal solid wastes (MSW) are a heterogeneous waste collection produced in urban areas which vary by region. It can subdivide into two main components: organic and inorganic. In Mexico, waste production is approximate estimated by 120 128 tons / day, which represent a per capita generation of 0.944 kg / hab * day. The accumulation of MSW is considered a current problem, as alternative degradation these material, biological treatments, that include aerobic degradation and anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW), has been implemented. Both degradation methods show high feasibility in terms of the mineralization process of OFMSW. Aerobic degradation has advantages in terms of processing time and final product is stable, free of pathogens and capable of be used as a mineralizing agent. On the other hand, anaerobic digestion has the benefit of the biogas production (carbon dioxide and methane mixture) having a high added value. Choosing any degradation method should be considered the OFMSW composition and the infrastructure.

Keywords: Municipal waste, organic fraction, aerobic digestion, anaerobic digestion.

1. Introducción

La presencia de insectos considerados plaga en el En México, la fracción XXXIII del artículo 5° de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (LGPGI) [1], define a los residuos sólidos urbanos (RSU) como: “Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole”.

La clasificación de los RSU está contenida en el Artículo 18° de la LGPGIR, la cual establece que los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables. Estableciendo en el artículo 99° que los municipios, de

conformidad con las leyes estatales, llevarán a cabo las acciones necesarias para la prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

2. Generación y composición de los residuos sólidos urbanos

La generación de residuos varía en función de la riqueza, sin embargo, las variaciones regionales y nacionales pueden ser importantes, ya que las tasas de generación pueden variar a nivel macro y micro regional [2]. Ejemplificando, la generación anual de residuos en Asia Oriental y el Pacífico son de aproximadamente 270 millones de toneladas por año. Esta cantidad está influenciada principalmente por la generación de residuos en China, que representa el 70% del total de la región [3].

En América Latina y el Caribe, la cantidad total de residuos generados por año es de 160 millones de toneladas, presentando una generación diaria de RSU per cápita de 0.1 a 1.4 kg con un promedio de 1.1 kg/hab*día [4].

En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, estima que se generan diariamente 120.128 toneladas de RSU, de los



Contribución corta

Castillo-Minjarez et al., 2022

cuales. En lo que respecta a la fracción orgánica, se ha estimado que a nivel nacional se producen alrededor de 56,427 t/día de este tipo de residuos los cuales tienen el potencial para ser tratados mediante procesos de compostaje o biodigestión; sin embargo, sólo el 6.2% son recolectados de forma separada [5].

Por otra parte, los diagnósticos contenidos en los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (PEyMPGIR), permitieron estimar un valor promedio ponderado de 0.852 kg/hab*día. Para la determinación de este valor se tuvieron disponibles 1, 144 datos que representan 46.56 % del total de los municipios. El peso volumétrico (pv) promedio ponderado en el 2012 fue de 153.12 kg/m³, valor ajustado al número de habitantes por tamaño de municipio [6].

La composición de la generación mundial de RSU es variable según el nivel de desarrollo del país (Figura 1), dentro de los diferentes niveles de desarrollo, se producen residuos con una fracción orgánica de 30 a 65 %. La composición depende, entre otros factores, de los patrones de consumo de la población: países con menores ingresos producen menos residuos, dentro de los cuales dominan los de naturaleza orgánica, mientras que, en los países con mayores ingresos, los residuos son mayormente inorgánicos a procedentes de productos manufacturados. En México, la composición de los RSU ha cambiado de manera importante en las últimas décadas. En la década de los 50, el porcentaje de residuos orgánicos en la basura oscilaba entre 65 y 70 %, mientras que para 2017, esta cifra se redujo al 52.4 % y a 51.6 % (Figura 2) [7].

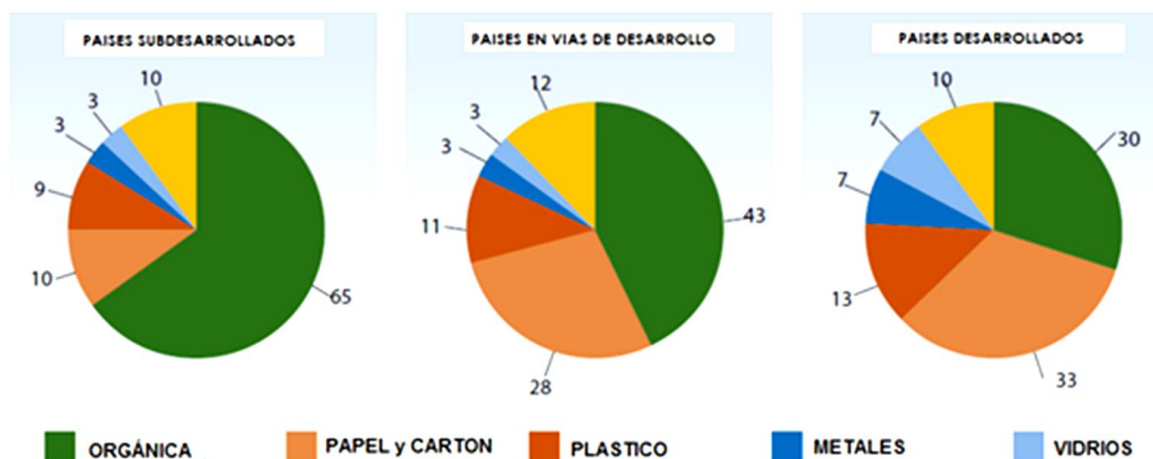


Figura 1. Composición mundial de los residuos sólidos urbanos según nivel de desarrollo (UNEP, Green economy report, 2015).



Contribución corta

Castillo-Minjarez et al., 2022

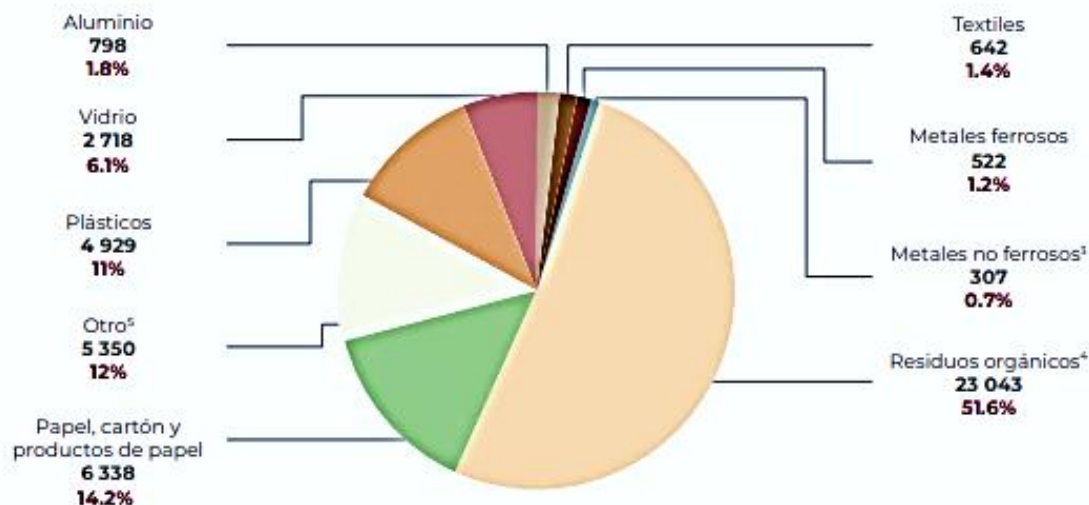


Figura 2. Composición de los residuos sólidos urbanos (SEMARNAT, 2018).

Como se ha expuesto, la generación de RSU es alta y tiende a incrementarse al paso del tiempo, esto ha generado una acumulación masiva de residuos, la preocupación generada por la acumulación ha inspirado estrategias para el tratamiento de residuos, en su mayoría orientadas a la recuperación de materiales útiles desechados en los RSU. Para esto, existen una gran variedad de opciones que pueden ser integradas a una estrategia global de gestión de residuos, entre ellas, existen técnicas para la recuperación de residuos (reutilización de muebles, reciclado de vidrio, papel, metal, etc.), mineralización de compuestos (compostaje) y generación de energía (incineración y digestión anaerobia) [8]. Dentro de esas estrategias se han generado procesos que involucran la acción de microorganismos capaces de transformar la materia contenida en los RSU. A continuación, se describen algunos tratamientos que han sido empleados para el tratamiento de RSU.

3. Los tratamientos biológicos de los residuos sólidos urbanos

Los tratamientos biológicos de los RSU han sido diseñados para explotar la capacidad de

diferentes microorganismos para mineralizar total o parcialmente la materia orgánica, transformándola en compuestos de utilidad. Estos procesos de degradación pueden dividirse, por la concentración de oxígeno, en aerobios y anaerobios. Los cuales se diferencian por sus consorcios microbianos presentes y los productos que se generan en la degradación [9].

3.1 Degradación aerobia (Compostaje)

La degradación aerobia es un proceso de mineralización donde los microorganismos degradan la materia orgánica generando CO_2 , H_2O y el producto denominado compost (Figura 3). La aireación es uno de los factores más importantes en los sistemas de compostaje, como se puede observar en la reacción química de la Figura 4 [10]. El oxígeno es esencial para la actividad microbiana en este tratamiento, ya que se requiere una concentración mínima del 5 % en los espacios porosos de la pila de compostaje para mantener condiciones aeróbicas [11, 12]. Los principales métodos de aireación que proporcionan O_2 durante el compostaje son el mezclado, la convección natural y la aireación forzada [13].



Contribución corta

Castillo-Minjarez et al., 2022



Figura 3. Esquema (compostaje) de la degradación aerobia de la FORSU.

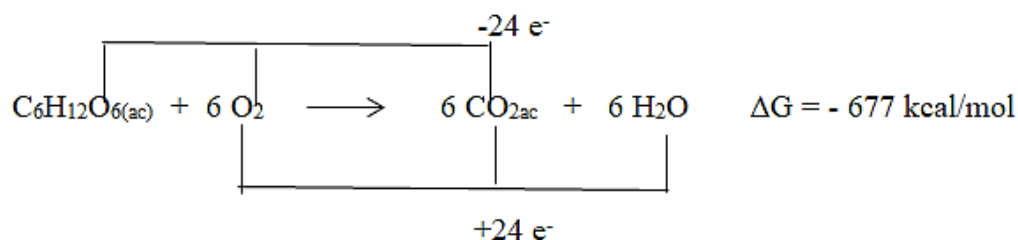


Figura 4. Reacción representativa de la degradación aerobia de la FORSU [10]. * ac: en solución acuosa

3.1.1 Otros factores que afectan la degradación aerobia

El pH es uno de los factores ambientales más importantes en el proceso de compostaje. Se ha observado que la disminución inicial de pH está asociada con la formación de ácidos, el pH bajo puede inhibir severamente el progreso de las reacciones químicas asociadas al compostaje [14]. La actividad microbiana tiene un papel muy importante en las transformaciones que se producen durante el proceso. Existen reportes que han demostrado que la inoculación con microorganismos adecuados puede activar la biodegradación de la materia orgánica y mejorar la calidad del compost. Por ejemplo, cuando los sustratos composteados son de origen agrícola, las sustancias lignocelulósicas constituyen una

fracción importante de la materia orgánica total. Este hecho favorece la actividad de microorganismos lignocelulolíticos, debido a que son los más adecuados para llevar a cabo el proceso de degradación [15]. La degradación y la transformación de residuos lignocelulósicos se atribuye al metabolismo endógeno de los microorganismos durante el compostaje. Diferentes poblaciones microbianas dominan en diversas etapas de compostaje, y tienen papeles distintos en la degradación de la materia orgánica [16]. Por otra parte, durante la actividad de los microorganismos implicados en el compostaje se genera la síntesis de biomasa microbiana que contiene aproximadamente 50 % de carbono (C), 5 % de nitrógeno (N) y 0.25 % fósforo (P) con base en peso seco [17]. Por lo cual, la relación



Contribución corta

Castillo-Minjarez et al., 2022

inicial Carbono/Nitrógeno (C/N) es otro de los factores más importantes que afectan el proceso de compostaje y la calidad del compost. Esta relación se ha utilizado como una directriz de la calidad del producto final; se propone una relación inicial C/N de 25 a 30 para un proceso en óptimas condiciones [18]. La temperatura es otro factor importante, ya que influye sobre la dinámica de población y en la eficiencia de la degradación aerobia. Se ha observado que a temperaturas por debajo de 20°C disminuye la actividad microbiana y la degradación aerobia prácticamente se detiene. Por otra parte, temperaturas superiores a 60°C, pueden reducir la actividad microbiana [19, 20].

3.2 Digestión Anaerobia

La digestión anaerobia es la degradación y la estabilización de materiales orgánicos bajo

condiciones anaeróbicas debido a la actividad microbiana, la cual conduce a la formación de biogás (una mezcla de dióxido de carbono y metano que es una fuente de energía renovable) y biomasa microbiana [21]. La digestión anaerobia, es un proceso por el cual casi cualquier residuo orgánico puede ser biológicamente transformado, resultando en la producción de biogás y otros compuestos orgánicos ricos en energía como productos finales. Esta degradación se lleva a cabo por medio de una serie de reacciones metabólicas conocidas como hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis que se muestran en la Figura. 5 [22].

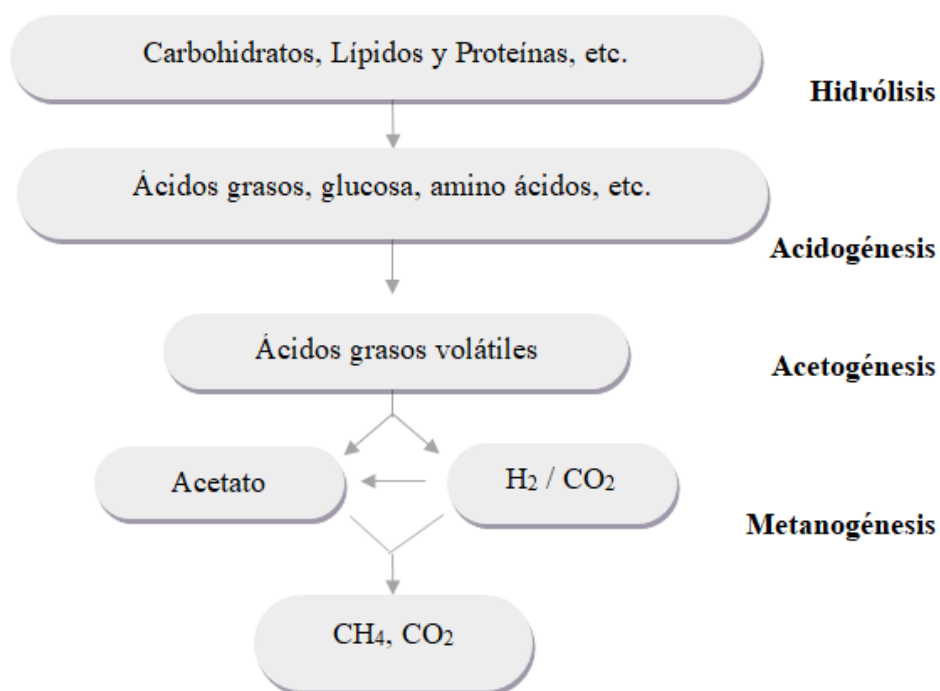


Figura 5. Proceso de digestión anaerobia de sustratos orgánicos [23].

La digestión anaeróbica puede ser una opción atractiva, tanto como una vía de eliminación de residuos y una fuente de generación de energía

alternativa. El biogás producido durante la digestión anaerobia se compone de 48-65 % de metano y 36-41 % de dióxido de carbono, hasta



Contribución corta

Castillo-Minjarez et al., 2022

un 17 % de nitrógeno, < 1 % de oxígeno, sulfuro de hidrógeno 32-169 ppm, y trazas de otros gases [24]. En los últimos años, se ha hecho mucho esfuerzo en la introducción de la digestión anaerobia para el tratamiento industrial de la FORSU.

3.2.1. Factores que afectan la generación de metano en la digestión anaerobia

La digestión anaerobia de compuestos orgánicos es un proceso complejo en cuyas etapas, pueden intervenir una serie de microorganismos los cuales pueden estar presentes en una o varias etapas del proceso, con posibles requerimientos específicos en cada etapa como son: temperatura, pH, humedad, relación sustrato/carbono y C/N [22]. El pH es uno de los factores más importantes en la digestión anaerobia, se ha aceptado un pH de 7 como óptimo para la metanogénesis, reportando incluso un rango muy estrecho (7 – 8) de pH adecuado [25]. Lee y Cols. [26], reportaron que la metanogénesis en un digestor anaeróbico se lleva a cabo a pH 6.5- 8.2, mientras que la hidrólisis y la acidogénesis se produce a pH 5.5 y 6.5, respectivamente. Asimismo, Pantini y Cols. [27], analizaron la influencia de diferentes condiciones de operación en la producción de biogás, variando el contenido de agua (26-43 % p/p hasta 75 % p/p) y la temperatura (de 20 a 25 °C hasta 55°C). Para cada condición, se determinó el rendimiento de generación de biogás, es decir, el volumen de biogás producido por sólido volátil presente, y las velocidades de generación de biogás, observando que el contenido de agua es uno de los factores clave que limita el proceso. Los resultados experimentales mostraron que cuando la humedad fue inferior al 32 % p/p, la actividad microbiana metanogénica se inhibió completamente. Para el mayor contenido de agua (75 % p/p), se obtuvieron altos valores de volumen acumulado de gas. El efecto de la temperatura también se hizo evidente, ya que se observaron tasas de generación de gas de 0.007 d⁻¹ a temperatura ambiente, mientras que la tasa aumentó a 0.03 y 0.05 d⁻¹ a 37 °C, y a 0.04 y 0.11 d⁻¹ a 55°C.

4. Conclusiones

La generación de residuos sólidos urbanos es una problemática que se ha incrementado durante los últimos años, la cual, se encuentra asociada a la población. Los tratamientos biológicos para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos como la degradación aerobia (compostaje) y la digestión anaerobia son alternativas viables para abonar a la solución de la problemática. Ambas estrategias ofrecen ventajas, en el caso de la degradación aerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, los tiempos de tratamiento son cortos, mientras que en la digestión anaerobia se presenta la producción de biogás, el cual es un producto de valor agregado.

5. Referencias

- [1] DOF (Diario Oficial de la Federación). Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos. Gobierno de México [Internet]. 2018 [citado 28 dic 2022]. Disponible en: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf
- [2] Sánchez-Muñoz MP, Cruz-Cerón JG, Maldonado-Espinel PC. Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva de la generación. Finanzas y Política Económica. 2019 11.2: 321-336.
- [3] Kaza S, Yao LC, Bhada-Tata P, Van Woerden F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development. Washington, DC: World Bank. 2018
- [4] Hoornweg D y Bhada-Tata P. What a waste: a global review of solid waste management. The World Bank. 2012
- [5] DOF (Diario Oficial de la Federación). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2022-2024. Gobierno de México [Internet]. 2022 [citado 28 dic 2022]. Disponible en: https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/porta/publicaciones/2022/PNPGIR_2022.pdf



Contribución corta

Castillo-Minjarez et al., 2022

- [6] Ruiz Vicente MA. Estado actual de la contaminación ambiental presente en la Mixteca Oaxaqueña. *Journal of Negative and No Positive Results*. 2020 5(5), 535-553.
- [7] SEMARNAT. Informe Medio Ambiental 2018, SEMARNAT. 2018 [citado 28 dic 2022]. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Cap7_Residuos.pdf
- [8] Tejaswini MSSR, Pathak P, Gupta DK. Sustainable approach for valorization of solid wastes as a secondary resource through urban mining. *Journal of Environmental Management*. 2022. 319, 115727.
- [9] Pineda JST, Reyes CY, Ramírez JES. Subproductos generados en el tratamiento y valorización de residuos sólidos urbanos dentro del concepto de biorrefinería: una revisión sistemática. *Ingeniería y Región*. 2021 25, 60-74.
- [10] Ryckeboer J, Mergaert J, Vaes K, Klammer S, De Clercq D, Coosemans J, Insam H, Swings J. A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes. *Ann Microbiol*. 2003 53(4), 349-410.
- [11] Kulcu R, Yaldiz O. Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes, *Bioresour Technol*. 2004 93(1), 49-57.
- [12] Rasapoor M, Nasrabadi T, Kamali M, Hoveidi H. The effects of aeration rate on generated compost quality, using aerated static pile method. *Waste Manag*. 2009 29(2), 570-573.
- [13] Diaz M, Madejón E, Lopez F, Lopez R, Cabrera F. Optimization of the rate vinasse/grape marc for co-composting process. *Process Biochem*. 2002 37(10), 1143-1150.
- [14] Nakasaki K, Yaguchi H, Sasaki Y, Kubota H. Effects of ph control on composting of garbage. *Waste Manag Res*. 1993 11(2), 117-125.
- [15] Zeng GM, Huang HL, Huang DL, Yuan XZ, Jiang RQ, Yu M, Yu HY, Zhang JC, Wang RY, Liu XL. Effect of inoculating white-rot fungus during different phases on the compost maturity of agricultural wastes. *Process Biochem*. 2009 44(4), 396-400.
- [16] Huang DL, Zeng GM, Feng CL, Hu S, Lai C, Zhao MH, Su FF, Tang L, Liu HL. Changes of microbial population structure related to lignin degradation during lignocellulosic waste composting. *Bioresour Technol*, 2010 101(11), 4062-4067.
- [17] Sadaka S, El-Taweel A. Effects of aeration and C: N ratio on household waste composting in Egypt. *Compost Sci Util*. 2003 11(1), 36-40.
- [18] Li D, Yuan J, Ding J, Wang H, Shen Y, Li G. Effects of carbon/nitrogen ratio and aeration rate on the sheep manure composting process and associated gaseous emissions. *Journal of Environmental Management*. 2022 323, 116093.
- [19] Liang C, Das KC, McClendon RW. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend, *Bioresour Technol*. 2003 86(2), 131-137.
- [20] Miller F, Metting Jr F. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. In: *Soil microbial ecology: applications in agricultural and environmental management*. 1992 515-544.
- [21] Chen, Y, Cheng JJ, Creamer KS. Inhibition of anaerobic digestion process: A review, *Bioresour Technol*. 2008 99(10), 4044-4064.
- [22] Khalid A, Arshad M, Anjum M, Mahmood T, Dawson L. The anaerobic digestion of solid organic waste, *Waste Manag*. 2011 31(8), 1737-1744.
- [23] Zhang C, Su H, Baeyens J, Tan T. Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Rev*. 2014 38(0), 383-392.
- [24] Ward AJ, Hobbs PJ, Holliman PJ, Jones DL. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresour Technol*. 2008 99(17), 7928-7940.



Contribución corta

Castillo-Minjarez et al., 2022

[25] Raposo F, De la Rubia MA, Fernández-Cegri V, Borja R. Anaerobic digestion of solid organic substrates in batch mode: An overview relating to methane yields and experimental procedures. *Renewable and Sustainable Energy Rev.* 2012 16(1), 861-877.

[26] Lee DH, Behera SK, Kim JW, Park H-S. Methane production potential of leachate generated from Korean food waste recycling facilities: a lab-scale study, *Waste Manag.* 2009 29(2), 876-882.

[27] Pantini S, Verginelli I, Lombardi F, Scheutz C, Kjeldsen P. Assessment of biogas production from MBT waste under different operating conditions. *Waste Manag.* 2015 43, 37-49.



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. 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.