

**AISLAMIENTO, SELECCIÓN  
Y CARACTERIZACIÓN  
DE LA CINÉTICA  
FERMENTATIVA DE  
*SACCHAROMYCES*  
(ITOYISV001)  
OBTENIDA DE MOSTOS  
DE FERMENTACIÓN  
DEL PROCESO DE  
PRODUCCIÓN DE MEZCAL  
ARTESANAL DE OAXACA.**

**PUEBLA EN EL  
CERTAMEN DE CAFÉS DE  
ESPECIALIDAD  
“CUP OF  
EXCELLENCE”**

**ADICIÓN DE ZEOLITA A LA  
FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS  
AGRÍCOLAS DE TEMPORAL.  
POLÍTICA PÚBLICA PARA EL  
MUNICIPIO SAN DAMIÁN  
TEXOLOC, TLAXCALA**

**COMPUESTOS  
BIOACTIVOS Y  
PROBIÓTICOS  
¿COADYUVANTES  
EN EL TRATAMIENTO  
Y PREVENCIÓN DEL  
COVID-19?**

**PLANTAS MEDICINALES  
UNA ALTERNATIVA  
TERAPÉUTICA FRENTE  
A LA PANDEMIA DEL  
COVID-19**

## IPN

**ARTURO REYES SANDOVAL**  
DIRECTOR GENERAL

**JUAN MANUEL CANTÚ VÁZQUEZ**  
SECRETARIO GENERAL

**DAVID JARAMILLO VIGUERAS**  
SECRETARIO ACADÉMICO

**HEBERTO ANTONIO MARCELINO BALMORI RAMÍREZ**  
SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

**RICARDO MONTEERRUBIO LÓPEZ**  
SECRETARIO DE INNOVACIÓN E INTEGRACIÓN SOCIAL

**ANA LILIA CORIA PÁEZ**  
SECRETARIO DE SERVICIOS EDUCATIVOS

**JAVIER TAPIA SANTOYO**  
SECRETARIO DE ADMINISTRACIÓN

**ELEAZAR LARA PADILLA**  
SECRETARIO EJECUTIVO DE LA COMISIÓN DE OPERACIÓN  
Y FOMENTO DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS

**MARÍA DEL ROCÍO GARCÍA SÁNCHEZ**  
SECRETARIA EJECUTIVA DEL PATRONATO DE OBRAS E  
INSTALACIONES

**FEDERICO ANAYA GALLARDO**  
ABOGADO GENERAL

**MODESTO CÁRDENAS GARCÍA**  
PRESIDENTE DEL DECANATO

## CIBA IPN

**DIANA VERÓNICA CORTÉS ESPINOSA**  
DIRECTORA DEL CIBA-IPN, TLAXCALA

**MARÍA DEL CARMEN CRUZ LÓPEZ**  
SUBDIRECTORA ACADÉMICA DEL CIBA-IPN, TLAXCALA

**ERIK OCARANZA SÁNCHEZ**  
SUBDIRECTOR DE VINCULACIÓN DEL CIBA-IPN, TLAXCALA

**MIGUEL ÁNGEL PLASCENCIA ESPINOSA**  
SUBDIRECTOR DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DEL CIBA-IPN, TLAXCALA

**VÍCTOR ERIC LÓPEZ Y LÓPEZ**  
EDITOR EN JEFE

**GONZALO PÉREZ ARAIZA**  
SOPORTE TÉCNICO

**PEDRO RAMÍREZ CALVA**  
DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN FRONTERA BIOTECNOLÓGICA

**ISMAEL SÁNCHEZ GONZÁLEZ**  
DESARROLLO WEB

**LILIA ESPINDOLA RIVERA**  
COORDINADORA ADMINISTRATIVA

# CONTENIDO

MENSAJE EDITORIAL	3
AISLAMIENTO, SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA CINÉTICA FERMENTATIVA DE <i>SACCHAROMYCES</i> (IYOISV001) OBTENIDA DE MOSTOS DE FERMENTACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL DE OAXACA.	4
PUEBLA EN EL CERTAMEN DE CAFÉS DE ESPECIALIDAD “CUP OF EXCELLENCE”	9
ADICIÓN DE ZEOLITA A LA FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS AGRÍCOLAS DE TEMPORAL. POLÍTICA PÚBLICA PARA EL MUNICIPIO SAN DAMIÁN TEXOLOC, TLAXCALA	13
COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROBIÓTICOS ¿COADYUVANTES EN EL TRATAMIENTO Y PREVENCIÓN DEL COVID-19?	20
PLANTAS MEDICINALES UNA ALTERNATIVA TERAPÉUTICA FRENTE A LA PANDEMIA DEL COVID-19	27

## CINTILLO LEGAL

FRONTERA BIOTECNOLÓGICA, año 9, número 19, mayo - agosto 2021, es una publicación cuatrimestral editada por el Instituto Politécnico Nacional a través del Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac - Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala C.P. 90700, México. Tels.: 01-248-48707-65 y 66 Conmutador IPN: 57296000, Ext. 87816. <http://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/>, Editor responsable: Dr. Víctor Eric López y López. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-120313501700-203, ISSN: 2448-8461, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Responsable de la última actualización de este número, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Dr. Víctor Eric López y López., Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac - Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala C.P. 90700, fecha de última modificación, 18 de agosto de 2021.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

Agosto 2020

Estimados lectores, conforme la vacunación en México y en el mundo contra el virus SARS-CoV-2 se ve una luz al final del túnel. Aunque todavía hay un largo trecho por cubrir, debemos tener una conciencia nueva de cómo ver a nuestro ambiente, a nuestro semejante y a nosotros mismos, lo cual nos ayudará a conservar por mayor tiempo nuestra casa llamada Tierra.

Por otro lado... ¿Les gusta el mezcal? Una bebida otrora menospreciada ahora toma un lugar importantísimo e indiscutible en las bebidas tradicionales mexicanas. En este número, conoceremos que seleccionar levaduras del proceso de fermentación espontánea y utilizarlas en procesos industriales puede mejorar la calidad del mezcal. También, con gran algarabía nos dan a conocer que unos pequeños productores del lugar conocido como “Tierra de Colibríes” o Huitzilán en la sierra nor-oriental en Puebla, ha colocado a tres de sus representantes entre los primeros 10 cafés de México y a cinco entre los primeros 30 que participarán en una subasta internacional para cafés de calidad extraordinaria, todo esto en el Certamen Taza de Excelencia (Cup of Excellence) aplaudamos tan prestigioso logro.

En otro sentido, conoceremos de cómo las zeolitas naturales pueden ser utilizadas en la agricultura como fertilizante, y que su uso puede incluso tomarse como una política pública en el estado de Tlaxcala, lo cual ayudaría a mejorar cosechas sin el uso excesivo de fertilizantes químicos. En otro orden de ideas y relacionado con la pandemia, conoceremos el papel de compuestos bioactivos que se encuentran en diversos alimentos y de los probióticos que consumimos en la mitigación y/o prevención de la enfermedad COVID-19. Por último conoceremos la importancia de plantas medicinales con efectos antivirales respiratorios y pueden tener un efecto positivo en esta crisis sanitaria que padecemos.

Sigamos con las medidas de distanciamiento social, aunque algunos estemos vacunados, debemos seguir con todas las medidas posibles como si esta pandemia hubiera comenzado recientemente.

“La Técnica al Servicio de la Patria”  
Dr. Víctor Eric López y López  
Editor en Jefe

# AISLAMIENTO, SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA CINÉTICA FERMENTATIVA DE *SACCHAROMYCES* (ITOYISV001) OBTENIDA DE MOSTOS DE FERMENTACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL DE OAXACA.

Emilene Reyes Rodríguez<sup>a</sup>, Melissa Martínez Arias<sup>b</sup>, Claudia López Sánchez<sup>b</sup>, Felipe de Jesús Palma Cruz

<sup>a</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Oaxaca, Av. Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030.

<sup>b</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030.

<sup>c</sup>corresponding autor. E-mail: claudia.ls@oaxaca.tecnm.mx

## RESUMEN

Una estrategia para mejorar la calidad del mezcal consiste en seleccionar cepas de levadura presentes en la fermentación espontánea de esta bebida tradicional. El género *Saccharomyces* es la levadura utilizada por excelencia para la fermentación alcohólica, debido a su alto rendimiento y tolerancia a altas concentraciones de etanol. En este trabajo de investigación, a partir del aislamiento y selección de cepas de levaduras nativas de mostos de fermentación del proceso de Mezcal artesanal, se encontró en medio selectivo rosa de bengala con cloranfenicol, una cepa del género *Saccharomyces* (ITOYSV001) prometedora a nivel industrial. El objetivo del estudio fue la caracterización de la cepa bajo condiciones controladas a nivel laboratorio, estudiándola en dos niveles de pH, concentración de fuente de carbono (g/L) y etanol (% v/v). La caracterización cinética de esta cepa mostró su máxima velocidad de crecimiento a pH 5, 70 g/L de dextrosa como fuente de carbono y etanol al 14% v/v. Generalmente los mostos de fermentación se encuentran en pH 4 a 5, la concentración de azúcares iniciales es variable dependiendo de la madurez o la especie de agave empleado, sin embargo en este estudio se determinó que a mayor concentración (g/L) menor velocidad de crecimiento al igual que al aumentar la concentración (v/v) de etanol se observa inhibición del crecimiento, esto debido a la cantidad de cel/mL inoculadas (preinóculo), se observa un tiempo de latencia superior a las 24 h, el cual podría disminuirse aumentando la concentración inicial de cel/mL.

Palabras claves: *Saccharomyces*, Aislamiento, Caracterización, Tolerancia, Modelo de Gompertz.

## Abstract

One strategy to improve the quality of mezcal consists of selecting yeast strains present in the spontaneous fermentation of this traditional drink. The genus *Saccharomyces* is the yeast used par excellence for alcoholic fermentation, due to its high yield and tolerance to high concentrations of ethanol. In this research work, from the isolation and selection of native yeast strains from fermentation musts of the artisanal Mezcal process, rose bengal with chloramphenicol was found in selective medium, a strain of the genus *Saccharomyces* (ITOYSV001) that was promising at an industrial level. The objective of the study was the characterization of the strain under controlled conditions at the laboratory level, studying it at two pH levels, carbon source concentration (g/L) and ethanol (% v/v). The kinetic characterization of this strain showed its maximum growth rate at pH 5, 70 g/L of dextrose as a carbon source and ethanol at 14% v/v. Fermentation musts are generally found at pH 4 to 5, the initial sugar concentration is variable depending on the maturity or the species of agave used, however in this study it was determined that the higher

the concentration (g/L) the lower the speed of growth as well as increasing the concentration (v/v) of ethanol growth inhibition is observed, this due to the amount of cells/mL inoculated (preinoculum), a latency time greater than 24h is observed, which could be decreased by increasing the initial concentration of cells/mL.

Keywords: *Saccharomyces*, Isolation, Characterization, Tolerance, Gompertz model.

## 1. INTRODUCCIÓN

El mezcal es una bebida alcohólica tradicional de México, en el Estado de Oaxaca se produce en su mayoría de forma artesanal. Entre las especies más utilizadas como materia prima destacan *A. angustifolia* por su alto volumen de producción, y *A. potatorum* (especie silvestre) por generar un mezcal de alta demanda en el mercado internacional (Molina-Guerrero et al. 2007; Vera et al. 2009; Escalante-Minakata et al. 2008). El proceso comienza con la recolección del agave; en esta etapa las plantas se cortan a partir de la base y la mayoría de sus hojas se eliminan, obteniendo el tallo de la planta llamada piña de agave, que se cuece en hornos cónicos bajo tierra. En esta etapa, los polisacáridos (fructanos), son hidrolizados térmicamente a jarabe de fructosa (González-Hernández et al. 2012) que luego se somete a fermentación alcohólica con levaduras autóctonas habitualmente mediante levaduras del género *Saccharomyces*, especialmente *Saccharomyces cerevisiae* (Martell et al. 2012; Pérez et al. 2013); etapa del proceso que es crítica, ya que en este paso los microorganismos transforman los azúcares en etanol y otros metabolitos secundarios que contribuyen a la composición química del mezcal (Arrizon et al. 2005; Martell et al. 2011).

Debido al uso de levaduras autóctonas para la fermentación de mezcal artesanal, el proceso tiene bajos rendimientos y un mayor tiempo de fermentación. Los parámetros de interés tecnológico para uso y empleo de cepas de levaduras a nivel industrial y/o artesanal son el alto rendimiento en la producción de etanol relacionado con la unidad de sustrato, gran capacidad de fermentación, tolerancia a altas concentraciones de etanol, tolerancia a bajos valores de pH, requerimientos mínimos de oxígeno, alta estabilidad bajo diferentes condiciones de fermentación, la utilización de una amplia gama de sustratos fermentables, entre otros (Concetta et al. 2005).

En este estudio se seleccionó e identificó una cepa de levadura del género *Saccharomyces* probando su capacidad de crecimiento en medio modificado en pH, concentración de fuente de carbono y porcentaje de etanol, con el fin de determinar la potencialidad del uso de esta cepa a nivel artesanal disminuyendo los tiempos de fermentación, logrando menores tiempos de latencia.

## 2. METODOLOGÍA.

### 2.1 Muestreo en palenque artesanal

La toma de muestra se realizó en un palenque artesanal ubicado en San Pedro Teozacoalco, Nochixtlán, Oaxaca en la tina de fermentación de mostos de maguey de horno (*Agave americana* L.). La muestra presentó un pH 4.5, 20 °Brix y una temperatura de 25°C. El transporte de la muestra se realizó en condiciones ideales para su mantenimiento.

### 2.2 Aislamiento de cepas de levaduras

A partir de la muestra tomada se realizaron diluciones seriadas en caldo peptonado al 1%, sembrando una alícuota de 50 µL de las diluciones 1x10<sup>3</sup>, 1x10<sup>4</sup> y 1x10<sup>5</sup> por extensión en placa con asa de Digrafsky, en agar rosa de bengala adicionado con cloranfenicol 100 mg/100 mL; se incubaron a 30°C en incubadora (marca ECOSHEL, modelo 9052L) por 72 horas, subsecuentemente se caracterizaron por su morfología macroscópica, de las cepas que presentaran diferencias se hizo la caracterización microscópica mediante la tinción con azul de metileno y observación en microscopio óptico marca VELAN™, modelo VE-B10.

### 2.3 Pruebas bioquímicas

Para las pruebas bioquímicas las cepas de levaduras se sometieron a las siguientes pruebas: Asimilación/Fermentación de fuente de carbono (12 azúcares) en solución al 4% (v/v): sacarosa (Sac), maltosa (Mal), lactosa (Lac), sorbitol (Sor), inulina (Inu), D-xylosa (D-Xyl), manitol (Mnt), galactosa (Gal), manosa (Man), fructosa (Fru), dextrosa (Dex), agarosa (Aga); empleando como medio base caldo rojo de fenol. La cepa que cumplió con las pruebas bioquímicas para el género *Saccharomyces* fue codificada como ITOYSIV001.

### 2.4 Formulación del inóculo

Se tomó una colonia de la cepa ITOYSIV001, y se colocó en 150 mL de medio YPD (extracto de levadura 10 g/L, peptona de caseína 20 g/L, dextrosa 20 g/L) y se incubó a 30 °C por 48 h. Pasado ese tiempo se llevó a cabo el conteo de células en cámara de Neubauer y se calculó la concentración (células/mL) utilizando la ecuación 1 donde FD es el factor de dilución.

$$\frac{Cel}{mL} = \frac{No. \text{ células contadas} \cdot 10\,000}{No. \text{ de cuadrantes}} \cdot FD \quad (1)$$

Posteriormente para establecer los experimentos se inoculó utilizando una concentración de 1x10<sup>6</sup> células/mL en los matraces de fermentación.

### 2.5 Formulación de los medios de cultivo con respecto a los diferentes tratamientos

Se utilizó el medio YPD, la primer cinética se realizó a dos niveles de pH (3 y 5) ajustándolo con H<sup>2</sup>SO<sup>4</sup> y NaOH; la segunda cinética se desarrolló modificando la concentración

dextrosa normal del medio de crecimiento a 30 g/L y 70 g/L; por último la tercer cinética se adicionó un porcentaje de etanol del 4% y 6% en el medio con alcohol etílico después de la esterilización. Se esterilizó a 12 lb por 20 minutos para evitar la caramelización de la glucosa.

### 2.6 Modelo de crecimiento microbiológico

Se analizaron los resultados obtenidos con respecto al Modelo de Gompertz (Ecuación 2) en el Software MatLab.

$$x(t) = x_0 + (x_{max} - x_0)e^{-e^{-\left[1 + \mu_{max} e^{\left(\frac{\lambda - t}{x_{max} - x_0}\right)}\right]}} \quad (2)$$

x(t) = ln N(t), siendo N(t) la densidad microbiana (Cel.mL<sup>-1</sup>) en el tiempo t.

x<sub>0</sub> = ln N<sub>0</sub>, siendo N<sub>0</sub> el valor asintótico inferior y aproximadamente igual a la densidad microbiana (Cel.mL<sup>-1</sup>)

x<sub>max</sub> = ln N<sub>max</sub>, siendo N<sub>max</sub> el valor asintótico superior y aproximadamente igual a la densidad microbiana (Cel.mL<sup>-1</sup>)

μ<sub>max</sub> = máxima velocidad específica de crecimiento (tiempo<sup>-1</sup>)

λ = fase lag o de adaptación.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Cepas aisladas

Se aislaron un total de 5 cepas con diferencia morfológica a nivel microscópico que fueron codificadas como MOS2M1 a MOS2M5.

### 3.2 Pruebas bioquímicas

Las pruebas de 12 azúcares fueron comparados con respecto a lo reportado por Kurtzman y Lodder (2011) y Fundadora et al. (2005). En base a los criterios reportados por los autores la cepa codificada como MOS2M7 cumple con las pruebas bioquímicas para el género *Saccharomyces*, posteriormente fue modificado su código para continuar con la colección de cepas de la institución como ITOYSIV001.

### 3.3 Cinética de crecimiento con variación de pH, concentración de fuente de carbono y %etanol.

Los mostos de fermentación a nivel artesanal se encuentran en rangos de pH de 3 a 5 por tal motivo se probó su crecimiento celular en estos dos niveles; los resultados mostraron un decrecimiento progresivo a pH 3. A pesar de la inoculación a pH 3 tiene una fase de adaptación en las primeras 24 horas, no se observa presencia de fase exponencial (Figura 1a). Al igual que en la gráfica que muestra el crecimiento a pH 5 en la cinética con variación de concentración de fuente de carbono se observó que en las primeras 24 h se presenta la fase exponencial; teniendo que a mayor disponibilidad de fuente de carbono mayor biomasa (Cel.mL<sup>-1</sup>) o crecimiento celular, sin embargo, la velocidad de crecimiento sufre una inhibición por sustrato (Figura 1b).

Una vez que es adicionado al medio etanol (% v/v) no se ve afectada su velocidad de crecimiento comenzando la fase exponencial, si comparamos el comportamiento cinético se obtuvo mayor crecimiento celular a 14% v/v de etanol, y se observó crecimiento con una tasa menor a una concentración de 9% v/v de etanol (Figura 1c), sin embargo en 14% v/v no se tiene una fase estacionaria por lo que a partir de las 48h comienza la fase de muerte, debido a este comportamiento no fue posible ajustarlo al modelo de Gompertz debido a que no presenta fase estacionaria aparente; debido a su crecimiento acelerado la cepa consume en su totalidad el sustrato por lo tanto no hay una fuente de carbono para mantener la fase estacionaria de crecimiento, otra circunstancia de la falta de fase estacionaria podría ser la inhibición por etanol viéndose afectada su velocidad de crecimiento y por lo tanto llegar a la fase de muerte; concordando con los estudios reportados por Ghareib et al. 1998 quienes estudiaron cepas de *Saccharomyces cerevisiae* determinando su alta tolerancia a etanol de 14% v/v, ellos registraron una disminución gradual del contenido de lípidos a medida que aumentaba la concentración de etanol suplementado al medio afectando la velocidad de crecimiento progresivamente. De la misma forma Chi y Arneborg (1999) encontraron que al trabajar con dos cepas de levaduras *Saccharomyces*, existe diferencia significativa en la tolerancia a etanol con pruebas a 18 % v/v con respecto a células viables. Por su parte Riles y Fay (2019) realizaron estudios con cepas de *Saccharomyces* para análisis de cepas termotolerantes a 30 y 37°C con variaciones de etanol del 2 al 10%, la velocidad de crecimiento de las levaduras se ve afectada por la temperatura y la concentración de etanol en el medio.

La comparación de las velocidades de crecimiento ( $\mu_{max}$ ) se presenta en la Tabla I donde podemos comparar y determinar que la cepa *Saccharomyces* (ITOYSIV001) presenta mayor velocidad de crecimiento celular a pH 5, 30 g/L de dextrosa y 14% v/v de etanol.

Parámetros	Factores de análisis					
	pH		Dextrosa (g.L <sup>-1</sup> )		Etanol (%v/v)	
	3	5	30	70	9	14
$X_{max}$	5.26E+06	1.16E+08	5.20E+07	9.12E+07	9.66E+06	-
$\mu_{max}$	0.315125	0.89615	0.923374	0.7652003	0.1764	-
R <sup>2</sup>	0.9743	0.988	0.992	0.9928	0.9998	-

Tabla I. Parámetros cinéticos calculados por el modelo de Gompertz.

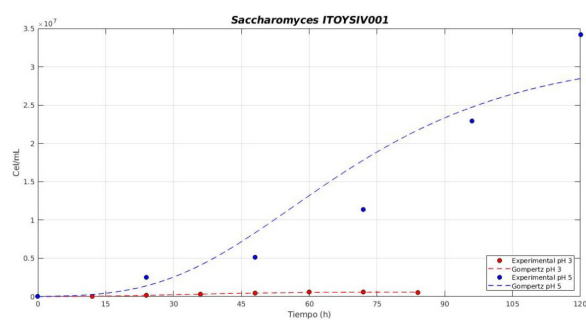


Fig. 1a.

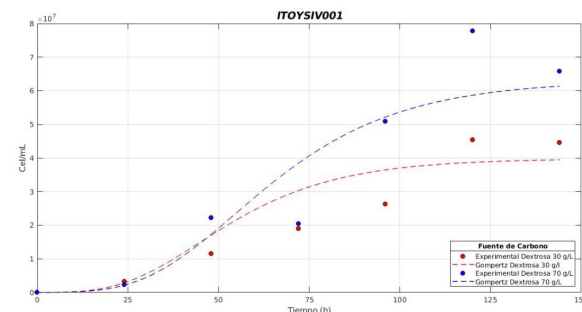


Fig. 1b.

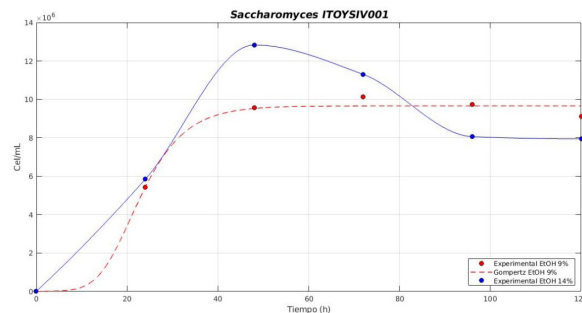


Fig. 1c.

Figura 1. Cinética de crecimiento de la cepa ITOYSIV001 con variación de: (a) pH, (b) concentración de fuente de carbono (dextrosa) y (c) %etanol.

## Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en esta investigación fue posible determinar las condiciones de cultivo y crecimiento de la cepa *Saccharomyces* (ITOYSIV001), los valores de R<sup>2</sup> obtenidos en base al modelo de Gompertz nos indican un alto grado de aproximación al crecimiento experimental, lográndose el modelamiento de esta cepa a las diferentes condiciones de estudio. La eficiencia de este tipo de cepa de levadura determina su robustez y, en gran medida, su capacidad para un buen desempeño en procesos industriales.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Álvarez-Ainza ML, Zamora-Quñonez KA, Acedo-Félix E (2009) Perspectivas para el uso de levaduras nativas durante la elaboración de bacanora. *Revista Latinoamericana de microbiología*. 52: 58-63.
- Arrizon J, Fiore C, Acosta G, Romano P, Gschaedler A (2005) Fermentation behaviour and volatile compound production by agave and grape must yeasts in high sugar *Agave tequilana* and grape must fermentations. *Antonie van Leeuwenhoek*. 89: 181-189.
- Casas AA, Aguilar GCN, De la Garza TH, Morlett CJA, Montet D, Rodríguez HR (2015) Importancia de las levaduras no-*Saccharomyces* durante la fermentación de bebidas alcohólicas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 65: 73-79.
- Chi Z, Arneborg N (1999) Relationship between lipid composition, frequency of ethanol-induced respiratory deficient mutants, and ethanol tolerance in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Applied Microbiology*. 86: 1047-1052.
- Concetta FJA, Anne GJF, Patrizia R (2005) Comparison between yeasts from grape and agave musts for traits of technological interest. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*. 21: 1141-1147.
- Escalante-Minakata P, Blaschek HP, Barba de la Rosa AP, Santos L, De León-Rodríguez A (2008) Identification of yeast and bacteria involved in the mezcal fermentation of *Agave salmiana*. *Letters in Applied Microbiology*. 46: 626-630.
- Fundadora N, García R, Álvarez I, Hernández L, Torres E (2005) Identificación y caracterización fermentativa de cepas de levaduras aisladas en la destilaría "A. Guiteras".
- Ghareib M, Youssef KA, Khalil AA (1989) Tolerance to ethanol of *Saccharomyces cerevisiae* and its relationship with the content and composition of lipids. *Folia Microbiol (Praha)*. 33: 447-52.
- González-Hernández JC, Pérez E, Damián RM, Chávez-Parga MC (2012) Isolation, molecular and fermentative characterization of a yeast used in ethanol production during mezcal elaboration. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 11: 389-400.
- Kurtzman C, Lodder J (2011) *The Yeast. A Taxonomic Study*. North Holland Publishing, Co. Amsterdam. 1385 pp.
- Martell NMA, Cordov, GEE, López MJ, Soto CNO, López PMG, Rutiaga QOM (2011) Effect of fermentation temperature on chemical composition of mescals made from *Agave duranguensis* juice with different native yeast genera. *African Journal of Microbiology Research*. 4: 3669-3676.
- Martell NMA, Córdova GEE, López MJ, Soto CNO, López PMG, Rutiaga Q, Olga M (2012) Effect of fermentation temperature on chemical composition of mescals made from *Agave duranguensis* juice with different native yeast genera. *African Journal of Microbiology Research*. 4: 3669-3676.
- Molina-Guerrero JA, Botello-Álvarez JE, Estrada-Baltazar A, Navarrete-Bolaños JL, Jiménez-Islas H, Cárdenas-Manríquez M, Rico-Martínez R (2007) Compuestos volátiles en el mezcal. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 6: 41-50.
- Pérez E, González-Hernández JC, Chávez-Parga MC, Cortés-Penagos C (2013) Caracterización fermentativa de levaduras productoras de etanol a partir de jugo de *Agave cupreata* en la elaboración de mezcal. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 12: 451-461.
- Riles L, Fay JC (2019) Genetic Basis of Variation in Heat and Ethanol Tolerance in *Saccharomyces cerevisiae*. *Genes, Genomes, Genetics*. 9: 179-188.
- Vera GAM, Santiago GPA, López MG (2009) Compuestos volátiles aromáticos generados durante la elaboración de Mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. *Rev. Fitotec. Mex*. 32 4: 273 - 279.

## RESUMEN.

El Certamen Taza de Excelencia (Cup of Excellence) es hoy el evento más importante en materia de cafés de especialidad de la especie *Coffea arabica*. Busca reconocer a los productores de café con los más altos puntajes evaluados por un jurado internacional conformado por expertos catadores Q grader, en 12 países productores del aromático. En la versión 2021 de esta competencia de entre los cafés mexicanos, ha emergido un pequeño municipio de la sierra nororiental del estado de Puebla que por sí solo ha colocado a tres de sus representantes entre los primeros diez cafés de México y a cinco entre los primeros treinta que participaran en la subasta internacional de cafés de especialidad. Es este, un hecho muy relevante que demuestra la idoneidad de esta microrregión, para el cultivar cafés de calidad extraordinaria

Palabras clave: cafés de especialidad, Taza de excelencia productores

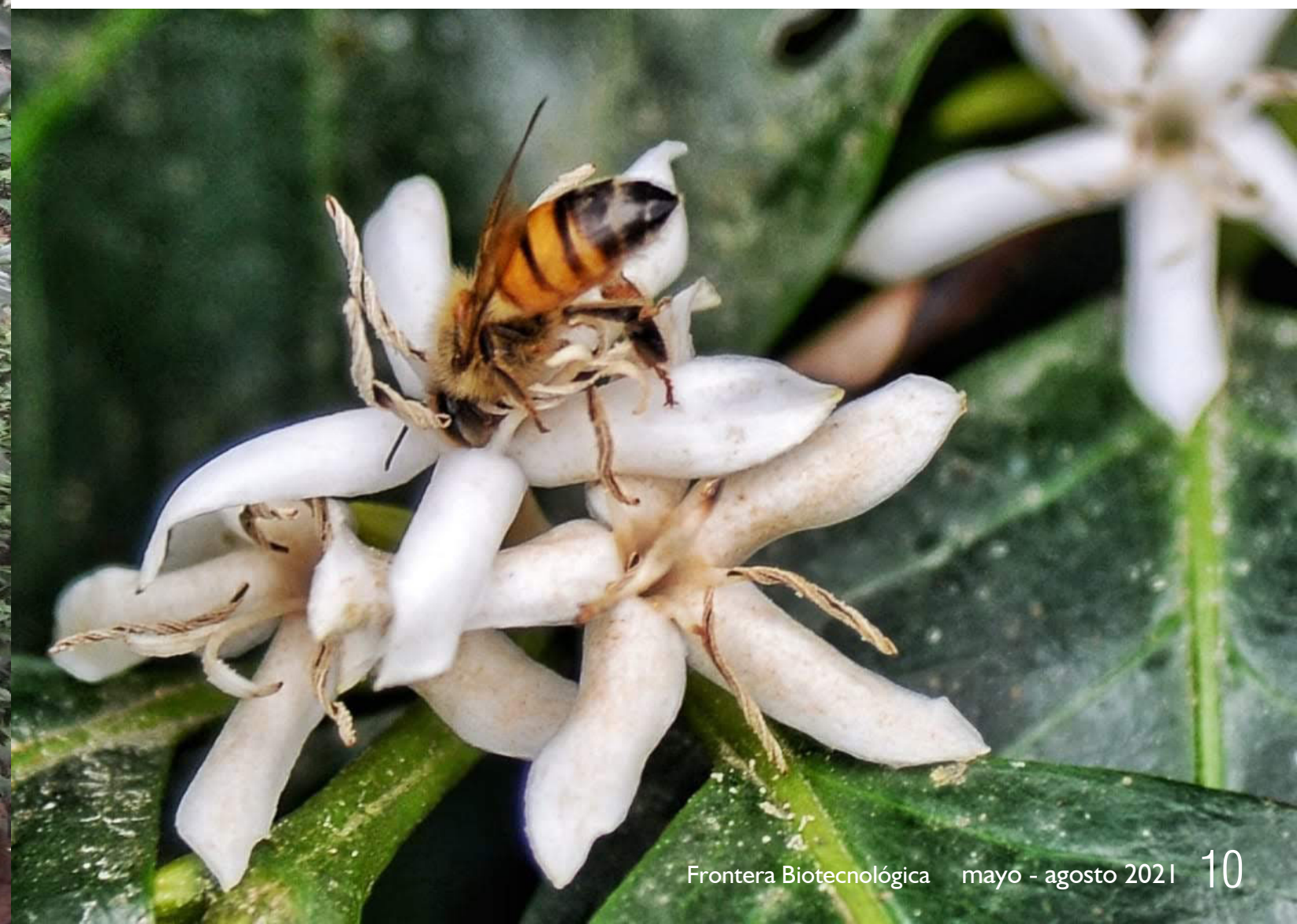
## Abstract

The cup of excellence is today the most important event in terms of specialty coffees of the species *C arabica*. It seeks to recognize coffee producers with the highest scores evaluated by an international jury made up of expert Q grader tasters, in 12 countries that producers the aromatic. In the 2021 version of this competition between Mexican coffees,, a small municipality has emerged from the northeastern highlands of the state of Puebla Mexico, which alone has placed three of its representatives among the top ten coffees in Mexico and five among the first thirty that will participate in the international auction of specialty coffees.

# PUEBLA EN EL CERTAMEN DE CAFÉS DE ESPECIALIDAD “CUP OF EXCELLENCE”

Minerva Rosas Morales, Ada María Ríos Cortés

Instituto Politécnico Nacional Centro de investigación en Biotecnología Aplicada; Km. 1.5 carretera estatal Santa Inés Tecuexcomac Tepetitla de Lardizabal Tlaxcala. mrosasmo@ipn.mx



## INTRODUCCIÓN

El café es hoy una de las bebidas más populares del mundo, es estimulante y agradable para los sentidos. Se obtiene de una planta arbustiva que se cultiva en climas tropicales y representa un importante generador de divisas para los países que lo producen y exportan.

La producción de café destaca en México, por su importancia social, económica y ambiental, figura en promedio como el primer producto individual de exportación y en las regiones productoras, es un elemento fundamental en las economías locales. (Figuroa et al. 2015).

El café se produce en 15 estados mexicanos; Chiapas lidera con el 40% de la producción, seguida de Veracruz con el 25% y Puebla con el 16%. cuya producción se concentra en municipios del norte, y nor-oriental del estado. (figura 1)

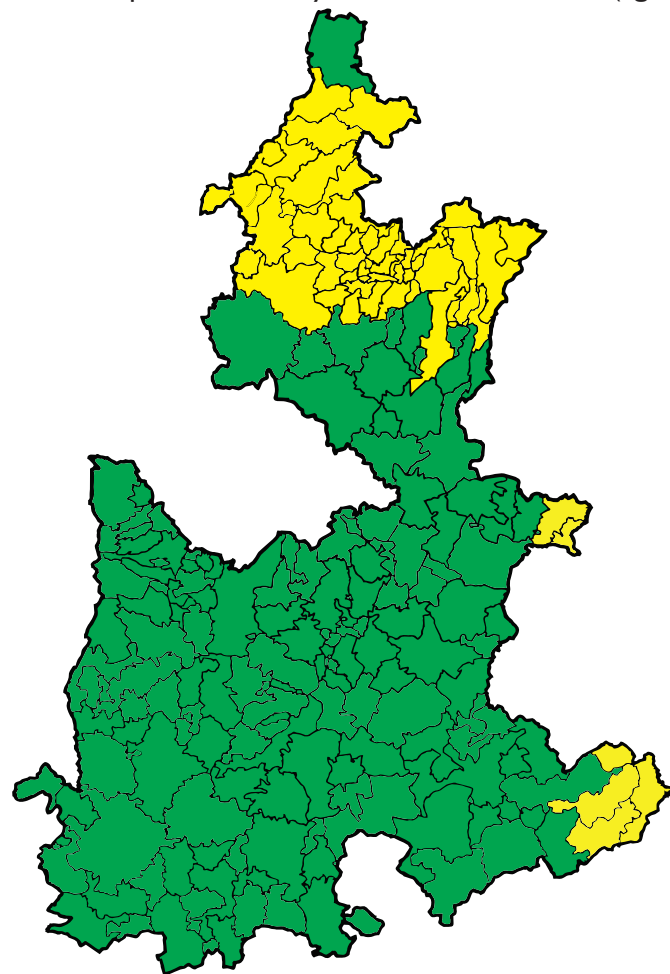


Figura 1. Municipios productores de café en el estado de Puebla, México.

En la sierra nor-oriental del estado de Puebla, existe una zona productora de café que reúne condiciones especiales para cultivar este aromático. Se conoce como Región del Cozoltetpetl, sus suelos son de origen volcánico cuya porosidad permite una gran penetración de agua y aireación que favorece el aprovechamiento de nutrientes, cafetales asociados a árboles de sombra que contribuyen a su preservación, en temperaturas promedio de 20 °C con una precipitación pluvial anual aproximada de 1200 mm en

una altitud superior a los 950 metros sobre el nivel del mar (msnm).

El centro de esta microrregión es el municipio de Huitzilán (tierra de colibríes) (figura 2) con una población cercana a los 20,000 habitantes, (INEGI 2020) predominantemente indígenas nahuas con altos niveles de marginación. Aquí el café se ha cultivado por más de tres generaciones. y constituye la principal fuente de ingresos de la mayoría de la población de la zona. Hoy cuenta con más de 2000 ha cultivadas por 2800 productores. A pesar de esto, los beneficios económicos para los productores son mínimos ya que en su mayoría comercializan su grano a través de intermediarios. Su producción oscila en 45,000 quintales de café pergamino. (INEGI 2015). El 80% de esta producción se obtiene de predios que se ubican por arriba de los 900 msnm, por lo que se clasifica como café de altura, el más cotizado del mercado por sus características organolépticas.

Como puede observarse la propiedad en este municipio, se encuentra atomizada, ya que hablamos de microproductores sin acceso a paquetes tecnológicos aplicados a sus parcelas, por lo que se tornan aún más relevante los logros obtenidos por los productores de la microrregión en certámenes de talla internacional como lo es la denominada "Taza de Excelencia" ("Cup of Excellence").



Figura 2. Municipio de Huitzilán

Aunque distintos expertos han mencionado la idoneidad de esta zona para el cultivo de café y aunque esta actividad se realiza desde finales del siglo XIX no fue hasta este siglo que el aromático de la región comenzó a cobrar relevancia. Esto ha permitido posicionar algunas marcas que sobrepasaron las fronteras del estado de Puebla, incluso se han implementado formatos de franquicia que con propuestas innovadoras y con la excelente calidad de su café han logrado un reconocimiento importante en los mercados nacionales y compiten con marcas transnacionales.

El 2021, debe considerarse como el año del despunte para el café de Huitzilán, que ha colocado en la palestra nacional y mundial al café de Puebla como el estado con más reconocimientos en el certamen denominado "Cup of Excellence" (Taza de Excelencia), el cual distingue a los productores de los cafés con puntajes que les permiten ser considerados cafés de especialidad. calificados por arriba de 80 puntos.



Figura 3. Las buenas prácticas de cultivo para lograr la excelencia en el grano

El café de especialidad de acuerdo con la SCA (Specialty Coffee Association) es aquel que alcanza una calificación de 80 o más puntos, evaluado por catadores **Q grader**. Estos catadores observan los granos en su fase previa al tueste para contabilizar defectos, sólo aquellos granos que tienen como máximo 5 defectos en una muestra de 350 g se clasifican en categoría dos, mientras que aquellos que tienen cero defectos se clasifican en categoría uno. Se consideran defectos de la muestra, aquellos granos de café partidos, inmaduros, arrugados, que floten, con conchas, con cáscara, cristalizados, decolorados, aplastados o esponjosos. Los catadores califican en una primera fase, las buenas prácticas de procesamiento y protocolos de almacenamiento, (figura 3) pero sobre todo y en una segunda fase, evalúan sus características organolépticas que se relacionan con los procesos posteriores. El tostador tuesta las muestras buscando realzar las notas y características únicas de cada grano de café, y un catador grado Q evalúa la bebida y otorga



Figura 4. Proceso de evaluación de café en taza.

la puntuación a cada muestra, basado en fragancia/aroma, sabor, retrogusto, acidez, cuerpo, uniformidad, limpieza en taza, balance, dulzura y defectos (figura 4). Specialty Coffee Association (sca.coffee)

La competencia Cup of Excellence ha sido pionera en integridad y transparencia en la industria del café, asegurando el valor de los cafés ganadores. A cada muestra que ingresa al proceso de competencia se le asigna un número que solo el auditor conoce para cada competencia, mientras que cada miembro del jurado toma el café a ciegas. Además, cada lote se documenta durante todo el proceso para que los cafés ganadores sean rastreables hasta la finca y el micro lote exacto. <https://cupofexcellence.org/cup-of-excellence-history/>

La competición es muy rigurosa con evaluaciones de cata realizadas en varias etapas por diversos expertos (figura 5) entre los cuales se mencionan los siguientes:

**Jurado Nacional** de aproximadamente de 12 personas calificadas en el país de origen.

**Jurado Internacional** de 20-25 personas con mucha experiencia.

Para poder entender el exigente nivel al que están sometidos los cafés solo hay que pensar que para 300 cafés analizados se catarían 9000 tazas y que cada café de entre los 10 primeros seleccionados se habrá catado al menos 120 veces. Cup of Excellence es la competencia y subasta más prestigiosa de cafés de alta calidad. El nivel de escrutinio al que se someten los cafés en este certamen es incomparable en la industria del café de especialidad. Cada año, se envían miles de cafés para su consideración, y los cafés ganadores se venden en subastas mundiales en línea a precios superiores, y la gran mayoría de los ingresos de la subasta se destinan a los agricultores Hoy existen 11 países además de México, que confían en el certamen COE, Colombia, Nicaragua, Etiopía, Brasil, Guatemala, El Salvador, Honduras, Indonesia, Costa Rica, Ecuador y Perú [Cup of Excellence 2021 | Mare Terra - Importador/ Exportador de Café verde (mareterracoffee.com)].



Figura 5. Las muestras son evaluadas por jurados nacionales e internacionales.

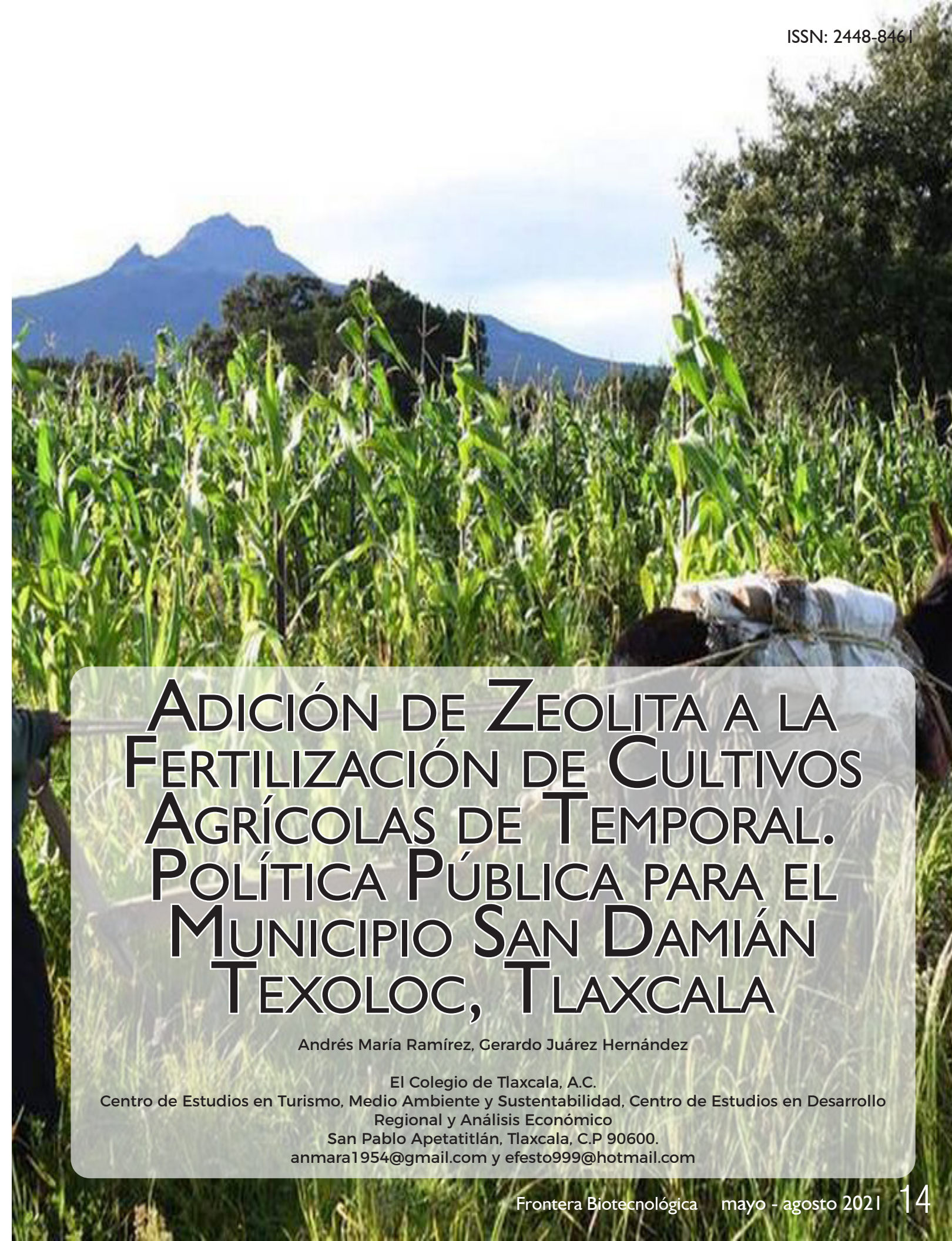
De ahí la importancia del hecho de que Huitzilán, un pequeño municipio de micro productores haya colocado a tres de sus representantes en el TOP TEN de los cafés de México, ubicando a Puebla como el estado con más posiciones en este selectísimo grupo. Debemos agregar que hay dos productores más de este municipio, que se ubicaron dentro de las primeras treinta posiciones por lo que participaron en la subasta internacional como resultado de dicho certamen. Es importante resaltar que el país cuenta con un padrón superior a los 330,000 productores de café [<https://www.tazadeexcelenciamexico.org/ganadores-2021/>].

## CONCLUSIÓN

Es momento de que las autoridades del estado y del país miren hacia estas comunidades que con tan escasos recursos y por sus propios méritos han obtenido tal nivel de reconocimiento. Si se implementan apoyos reales que incluyan investigación y aplicación de tecnología se hará altamente factible potenciar el desarrollo de este municipio que cuenta con un suelo privilegiado y con gente trabajadora que históricamente ha enfrentado circunstancias adversas de marginación y pobreza.

### REFERENCIAS

- <http://censo2015.mx>
- <http://censo2020.mx>
- Figueroa E, Pérez F, Godínez L (2015). La producción y el consumo de café. México: ECORFAN.
- Specialty Coffee Association ([sca.coffee](http://sca.coffee))
- <https://cupofexcellence.org/cup-of-excellence-history/>
- Cup of Excellence 2021 | Mare Terra - Importador/Exportador de Café verde ([mareterracoffee.com](http://mareterracoffee.com))
- <https://www.tazadeexcelenciamexico.org/ganadores-2021/>



# ADICIÓN DE ZEOLITA A LA FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS AGRÍCOLAS DE TEMPORAL. POLÍTICA PÚBLICA PARA EL MUNICIPIO SAN DAMIÁN TEXOLOC, TLAXCALA

Andrés María Ramírez, Gerardo Juárez Hernández

El Colegio de Tlaxcala, A.C.  
Centro de Estudios en Turismo, Medio Ambiente y Sustentabilidad, Centro de Estudios en Desarrollo Regional y Análisis Económico  
San Pablo Apetatitlán, Tlaxcala, C.P 90600.  
[anmara1954@gmail.com](mailto:anmara1954@gmail.com) y [efesto999@hotmail.com](mailto:efesto999@hotmail.com)



## RESUMEN

Las zeolitas naturales son minerales aluminosilicatos hidratados con cationes alcalinos o alcalino térreos con alta capacidad de intercambio catiónico y de hidratación y deshidratación sin modificar su estructura porosa, tridimensional, con canales internos. Entre sus campos más amplios de aplicación está la agricultura. En México, su aplicación en maíz se remonta a la década de 1980 en Veracruz. En 2009-2010, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales (INIFAP) condujo parcelas de validación de la fertilización nitrogenada adicionada con zeolita y micorriza en 15 estados de la República en cultivos básicos. La zeolita sola o junto con la micorriza mostraron mejorar los rendimientos de grano y reducción de costos. Los resultados fueron retomados en 2016 por la Comisión Permanente del H. Congreso de la Unión que exhorta a las Secretarías de Economía y la de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación a promover, en el ámbito de sus respectivas facultades, el uso de zeolitas naturales como fertilizante.

Palabras clave: Clinoptilolita, política pública, eficiencia de fertilizantes, cultivos básicos.

## Abstract

Natural zeolites are aluminosilicate minerals hydrated with alkaline or alkaline earth cations with high cation exchange capacity and high capacity for hydration and dehydration without modifying their porous, three-dimensional structure with internal channels. Among its broadest fields of application is agriculture. In Mexico, its application in corn dates back to the 1980s in Veracruz. In 2009-2010, INIFAP conducted validation plots of nitrogen fertilization added with zeolite and arbuscular mycorrhizal in 15 states of the Republic in basic crops. Zeolite alone or together with arbuscular mycorrhizal showed improved grain yields and reduced costs. The results were taken up in 2016 by the Permanent Commission of the H. Congress of the Union that urges the Secretaría de Economía; and Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; to promote, within the scope of their respective powers, the use of natural zeolites as a fertilizer.

Keywords: Clinoptilolite, public policy, fertilizer efficiency, basic crops.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las Zeolitas son una familia de minerales aluminosilicatos con cavidades de dimensiones moleculares de 3 a 10<sup>Å</sup> (angstroms) que contienen iones (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup>, entre otros) y moléculas de agua con libertad de movimiento, lo que favorece su capacidad de intercambio iónico (principalmente cationes) de forma reversible, sin alterar su estructura

(Flores *et al.*, 2007). Estos minerales se caracterizan por tener: a) baja densidad de los cristales (1.91 a 2.30 mg/m<sup>3</sup>), b) alta capacidad de intercambio catiónico (200 a 300 cmol/kg), c) gran facilidad para hidratarse y deshidratarse, ya que el volumen poroso representa de 18 a 50% del volumen total y, d) baja resistencia a la abrasión y pulverización (De Gracia *et al.*, 1996; Ming y Allen, 2001). Entre los diferentes tipos de Zeolitas, la clinoptilolita y la modernita se distinguen por su utilidad en la agricultura (Nus & Brauen 1991; Huang & Petrovic, 1994[citado por Álvarez,2018]; Ming & Allen, 2001). Debido a que al reaccionar con el amonio del medio acuoso en el que se encuentran lo retienen en su estructura interna y externa, la que presenta una gran carga aniónica (hasta de 97.5%, según Mazloomi & Jalali, 2016), funcionando entonces como un fertilizante nitrogenado de lenta liberación. Por otro lado, la zeolita reduce la actividad del calcio y ayuda a mantener una mayor concentración de fósforo en la solución del suelo (Barbarick *et al.*, 1990; De Gracia *et al.*, 1996).

Uno de sus usos principales en la agricultura es eficientar los fertilizantes nitrogenados, por la propiedad química que tienen de retener el amonio en su estructura. Según Wulandari *et al.* (2019) las zeolitas tienen la ventaja de una estructura estable en el suelo y cuyo efecto se manifiesta durante un largo período. Las zeolitas actúan fijando los nutrientes, proporcionados a través de fertilizantes para evitar la lixiviación; los nutrientes fijados se volverán a liberar lentamente y serán absorbidos inmediatamente por las raíces. Las zeolitas pueden mezclarse directamente con el fertilizante, especialmente la urea antes de ser esparcido o aplicada a la tierra agrícola. Aunque también puede actuar con otros macro fertilizantes, como el fósforo. De acuerdo con Zheng *et al.* (2019) en una investigación en que se estudió la zeolita y su efecto en el fósforo, en arroz bajo riego, la zeolita posibilitó la aplicación de menores cantidades de fertilizantes de P en los arrozales, con beneficios para el suministro de P restante y la mitigación de la contaminación debida al exceso de P, además que redujo el uso de agua, mejoró la captación de P y el rendimiento del grano en el arroz, y alivió el riesgo medioambiental (p.1).

Más aún, Li *et al.* (2013) afirman que:

las zeolitas naturales en el suelo ayudan a retener los nutrientes y a mejorar la calidad del suelo a largo plazo, ya que aumentan su capacidad de absorción; influyen en la retención en el suelo de los más importantes nutrientes de las plantas, como el N y el K, el Ca, el Mg y muchos tipos de microelementos. La zeolita puede retener estos nutrientes en la zona de las raíces para que las plantas los utilicen cuando los necesiten (p.1976).

Li *et al.* (2013), usaron zeolita cargada con nitrógeno y potasio en el cultivo de col, en condiciones de invernadero; encontraron que los contenidos de N y K en los suelos se mantuvieron en un nivel alto

(más de 15% de N en el suelo y más de 250 ppm de K en el suelo<sup>1</sup>); en los resultados indican que el NK-Z tiene un gran potencial como fertilizante de liberación lenta que reduce la contaminación al evitar la lixiviación a las aguas subterráneas, es decir, puede mantener los niveles requeridos de N y K más tiempo que el fertilizante común, proporcionando además una reserva de nutrientes de larga duración (pp.1977-1981).

Soca y Daza (2015) refieren que los tamaños de clinoptilolita de 3 y 5 mm aplicada en arroz y maíz, redujeron la volatilización de nitrógeno amoniacal en 50% favoreciendo la retención de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y otros cationes que vienen en los fertilizantes. En una investigación en maíz, Ahmed *et al.* (2010) encontraron que el uso de fertilizantes inorgánicos mezclados con zeolita aumentó notablemente la absorción de N, P y K, y su eficiencia de uso en hojas, tallo y raíces; concluyen que el uso de zeolita podría ser beneficioso con respecto a la retención de nutrientes en el suelo y su eficiencia de uso. Más aún, Tarkalson e Ippolito (2011) afirman que se ha demostrado que las zeolitas influyen en la dinámica del N del suelo y de las plantas, en las características de los nutrientes del estiércol y en la nutrición animal; dicen que las investigaciones han demostrado un mayor crecimiento y/o rendimiento de una variedad de cultivos debido a un efecto de las zeolitas en la mejora de la eficiencia del uso del N o en la reducción de la toxicidad del NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

También se puede usar la zeolita para remover metales pesados. Shaheen *et al.* (2012) estudiaron el comportamiento de sorción de las zeolitas naturales (clinoptilolita) respecto al cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn) para considerar su aplicación a las aguas residuales industriales; la zeolita absorbió alrededor del 32, 75, 28, 99 y 59% de las concentraciones metálicas de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn, respectivamente (es decir: Pb > Cu > Zn > Cd > Ni) (p.362).

Recientemente, María y Volke (2020) reportaron los resultados de rendimientos promedios de trigo con fertilizante nitrogenado (FN), zeolita y micorriza, en nueve localidades de Guanajuato y nueve de Tlaxcala en el ciclo otoño invierno 2010; evaluaron 25% zeolita+75%FN con y sin micorriza (Tr2<sup>2</sup>, Tr1, respectivamente) respecto a 0% zeolita+100%FN con y sin micorriza (Tr4, Tr3). En cuanto a rendimiento de grano, en ambos estados Tr3 y Tr4 superaron a Tr1 y Tr2, pero sin diferencia estadística; los valores más altos de eficiencia de uso del nitrógeno (Todeschini *et al.*,2015) refieren que la Eficiencia de Uso del Nitrógeno (EUN), (relación entre rendimiento de grano y la cantidad de nutriente proporcionada por el fertilizante) fue más alta para Tr1 y Tr2 en ambos estados; la relación beneficio-coste (RBC) también en ambos estados fue mejor para Tr3 y Tr1, aunque sin diferencia estadística.

<sup>1</sup> <https://www.agroecologiatornos.com/como-realizar-un-buen-analisis-del-suelo-para-el-cultivo/>

<sup>2</sup> Tr= Tratamiento

## 2. POLÍTICAS PÚBLICAS

Es usual que los términos “política pública” y “política de gobierno” se usen indistintamente, atribuyéndoles el mismo significado. Por ello es importante establecer un concepto en esta investigación, que no deje margen a una interpretación diferente cuando se menciona a la política pública.

Aguilar (2012) indica:

Por política pública se entiende: 1] un conjunto (secuencia, sistema, ciclo, espiral) de acciones intencionales y causales. Son acciones intencionales porque se orientan a realizar objetivos considerados de valor para la sociedad o a resolver problemas cuya solución se considera de interés o beneficio público, y son acciones causales porque son consideradas idóneas y eficaces para realizar el objetivo a resolver el problema; 2] un conjunto de acciones cuya intencionalidad y causalidad han sido definidas por el tipo de interlocución que tiene lugar entre el gobierno y sectores de la ciudadanía; 3] un conjunto de acciones a emprender que han sido decididas por las autoridades públicas legítimas y cuya decisión las convierte formalmente en públicas y legítimas; 4] un conjunto de acciones que son llevadas a cabo por actores gubernamentales o por estos en asociación con actores sociales (económicos, civiles); 5] un conjunto de acciones que configuran un patrón de comportamiento del gobierno y de la sociedad. (p.29)

Según Roth (2002) citado por Patiño (2020), la primera definición de política, o *polity* en inglés, se refiere al ámbito del gobierno de las sociedades humanas; la segunda política, *politics*, se define como el proceso de organización y confrontación por controlar el poder y, la última noción, o *policy*, es la elección de propósitos establecidos en programas de los actores públicos o gubernamentales.

Lange *et al.* (2013) refieren que:

La dimensión **politics** abarca el aspecto procesal de la gobernanza y se refiere a los actores y procesos de interacción inherentes a un modo de gobernanza. La dimensión **polity** denota la vertiente estructural de la gobernanza, entendida como las “reglas del juego” institucionales que configuran las interacciones de los actores. La dimensión **policy** abarca el contenido de la gobernanza; se refiere a la formulación y aplicación de políticas y, por tanto, a los objetivos e instrumentos de dirección política hacia los resultados (p.409).

Esta última definición es la que concierne a la presente investigación; es decir, la política como las acciones con propósitos y objetivos claros, que forman parte de las estrategias del gobierno plasmadas en programas (Patiño, 2020). Un ejemplo de este tipo de política pública (policy), es el sistema Milpa intercalada con árboles frutales, (MIAF), de INIFAP-Colegio de Postgraduados, que mediante el Programa Sembrando Vida, el Gobierno Federal ha implementado en México (Anónimo, 2020).

# POLÍTICAS PÚBLICAS PARA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN TLAXCALA

Existen algunas políticas públicas (policy) de apoyo del gobierno de Tlaxcala para el campo, como es el PROGRAMA DE APOYO E IMPULSO AL SECTOR AGRÍCOLA 2018 (PAISA), PARA LA ADQUISICIÓN DE INSUMOS AGRÍCOLAS BÁSICOS<sup>3</sup>, que se firmó en 2019 para “EL SUMINISTRO DE SEMILLA DE MAÍZ HÍBRIDO DE DIFERENTES VARIEDADES, PARA “EL PROGRAMA”, operado a través de la Secretaría de Fomento Agropecuario, no obstante que del total sembrado con este cereal, 86.7% es bajo condiciones de temporal (María et al. 2017). La filosofía productivista de este programa puede apreciarse en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Insumos y Apoyos

INSUMO FERTILIZANTE	% SUBSIDIO/PRECIO CONVENIDO	APOYO MÁXIMO PRODUCTOR/PREDIO	
QUÍMICO (UREA, DAP, KCL)	25%	300 KG/HA	HASTA 8 HECTÁREAS
MINERAL			
ORGÁNICO	50%	2 TONELADAS POR HECTÁREA	HASTA 10 HECTÁREAS
SEMILLA			
MAÍZ HÍBRIDO	400 PESOS POR SACO DE SEMILLA	UN SACO POR HECTÁREA	HASTA 10 HECTÁREAS
AVENA	50%	120 KILOS POR HECTÁREA	HASTA 8 HECTÁREAS
TRITICALE			
ALFALFA		30 KILOS POR HECTÁREA	HASTA 4 HECTÁREAS
HERBICIDA			
MAÍZ HÍBRIDO	25%	UN PAQUETE POR HECTÁREA	HASTA 10 HECTÁREAS
AVENA Y TRITICALE			HASTA 8 HECTÁREAS

Fuente: [http://sefoatlaxcala.gob.mx/transparencia/PNT/2018/47\\_FRACC\\_XLVII/SEFOA\\_FOLLETO\\_PROGRAMAS.pdf](http://sefoatlaxcala.gob.mx/transparencia/PNT/2018/47_FRACC_XLVII/SEFOA_FOLLETO_PROGRAMAS.pdf) (p.6)

Así, por ejemplo, según Ayala-Garay et al. (2016), en el Centro de México la superficie media sembrada con maíz es de 3.10 ha, por lo que la cobertura de hasta 10 hectáreas con maíz híbrido, es para beneficiar a los que poseen más superficie.

Otra política pública de esta naturaleza, es el Fondo de Acciones para el Fortalecimiento del Campo, para ser operado por los municipios de la entidad tlaxcalteca<sup>4</sup>, cuyos recursos se distribuyen en proyectos de acciones y son ministrados por la Secretaría de Planeación y Finanzas y ejecutados por los Municipios. Con esta política se pretende “la reactivación del sector agropecuario a través del diseño y aplicación de programas que permitan promover la productividad, competitividad e innovación, a fin de

garantizar un aumento en la producción en beneficio de los productores agropecuarios y sus familias” (p.3)

Las políticas públicas (policy) de apoyo del gobierno de Tlaxcala para el campo usualmente se refieren al uso de insumos de la llamada Revolución Verde (fertilizantes inorgánicos, semillas mejoradas, herbicidas, insecticidas), sin reparar demasiado en las características socioeconómicas de los campesinos y productores.

No se encontró ninguna política pública (policy) que considere el uso de la zeolita en combinación con el fertilizante inorgánico destinada a reducir la contaminación del suelo y agua por el lixiviado de esos fertilizantes y que además ayude a reducir el costo de cultivo por el componente de fertilización, el cual representa 20% del costo de producción total del cultivo de maíz en Tlaxcala<sup>5</sup>.

El trabajo tiene como objetivo retomar una política pública en que la Tercera Comisión de Hacienda y Crédito Público, Agricultura y Fomento, Comunicaciones y Obras Públicas en el Congreso de la Unión, en mayo de 2016 (Congreso de la Unión, 2016), hace un exhorto a la Secretaría De Agricultura, Ganadería, Pesca, Desarrollo Rural y Alimentación (hoy Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Economía y Secretaría de Salud, a promover el uso de fertilizantes que se compongan de zeolita y sugerirla para el municipio de San Damián Texoloc, Tlaxcala.

Uso Potencial de la Zeolita en la Agricultura de Tlaxcala

Se ha documentado la conveniencia de usar la zeolita en cultivos agrícolas, mezclándola directamente con los fertilizantes orgánicos o inorgánicos en distintas partes del mundo e incluido nuestro país o bien, incorporándola al suelo para mejorar sus características físico-químicas como es la retención de humedad. Sobre otros usos de la zeolita, Bacakova et al. (2018) señalan que:

Las zeolitas son tectosilicatos microporosos de origen natural o sintético, que se han utilizado ampliamente en diversas aplicaciones tecnológicas, por ejemplo, como catalizadores y tamices moleculares, para separar y clasificar diversas moléculas, para la purificación del agua y el aire, incluida la eliminación de contaminantes radiactivos, para la recolección de calor residual y energía térmica solar, para la refrigeración por adsorción, como detergentes, etc. Estas aplicaciones de las zeolitas suelen estar relacionadas con su carácter poroso, su alta capacidad de adsorción y sus propiedades de intercambio iónico (p. 974).

Incluso, la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) reporta el uso de las zeolitas porque pueden adsorber eficazmente una serie de contaminantes de interés, como el CO<sub>2</sub>, el etanol y el amoníaco (Junaedi et al., 2012). Por otro lado, María y Volke (2021) reportan los resultados de la aplicación de zeolita con y sin micorriza en dos localidades del Altiplano Mexicano (Tlaxcala y Puebla) y en sus conclusiones, respecto a Tlaxcala, donde se presentó una condición de sequía durante todo el ciclo del maíz, anotan que:

En el sitio Colonia Francisco Villa, la sustitución de 12.5, 25.0 y 37.5% del N por zeolita clinoptilolita en todos los fertilizantes dio los mayores rendimientos, pero los mayores ingresos netos se obtuvieron con un reemplazo de 25.0%, seguidos de los reemplazos de 37.5 y 12.5%, con una tasa de retorno del capital total de 0.57-0.62 para el reemplazo de 25.0%. La micorriza disminuyó el rendimiento con todos los fertilizantes (p. 13).

En Tlaxcala, en los últimos tres años (2018, 2019, 2020), los cultivos de maíz, cebada y trigo ocuparon en promedio 85.6% de la superficie total sembrada, 56.0% correspondiendo al maíz grano. En ese periodo, la superficie promedio sembrada con maíz bajo condiciones de temporal fue de 112,142 hectáreas, que representa 86.5% y bajo riego, el 13.5% restante.

La fertilización tradicional del maíz es, comúnmente, con la dosis 92-46-00 (N-P-K), que equivale a 92 kg de N y 46 de P por hectárea, los que se logran con 200 kg de urea y 100 de superfosfato de calcio triple; ello implica que para fertilizar las 112,142 hectáreas bajo temporal se usen al menos 22,428 toneladas de urea. La zeolita podría sustituir, entonces, en Tlaxcala, 5,607 toneladas de urea que deberán reponerse en el mismo monto con zeolita clinoptilolita, como puede ser, la procedente de Tehuacán Puebla, para abaratar los costos.

Finalmente, debe considerarse que además de reducir los costos de la fertilización y la contaminación de las aguas subterráneas, la sustitución de urea por zeolita clinoptilolita permite reducir la alta dependencia de México de este fertilizante nitrogenado, que de acuerdo con CEDRSSA (2019) la urea es el fertilizante de mayor volumen y valor de las importaciones totales de fertilizantes (48.7 y 45.9 por ciento, respetivamente).

## 4. CONCLUSIONES

Está documentado el beneficio del uso de la zeolita en combinación con fertilizantes en la producción de cultivos, mejorando la eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados y con ello la reducción de nitratos lixiviados que contaminan los mantos freáticos. En Tlaxcala hay evidencias de ese efecto con 25% de la sustitución de fertilizante nitrogenado por la zeolita clinoptilolita en el cultivo de maíz de temporal. Aunque se identificaron políticas públicas

(policy) destinadas a apoyar a los productores del campo, ellas tienen aún una visión productivista tipo Revolución Verde (ver *Reglas de Operación del Fondo de Acciones para el Fortalecimiento del Campo*, p.3) y para el maíz se centran en fertilizantes químicos, semillas híbridas y plaguicidas. La zeolita es un mineral aluminosilicatado que abunda en México y que puede ayudar a reducir los volúmenes de importación, principalmente de urea, el fertilizante más usado en la producción de cultivos. Con base en la política pública que la Tercera Comisión de Hacienda y Crédito Público, Agricultura y Fomento, Comunicaciones y Obras Públicas somete a punto de acuerdo en el Congreso de la Unión, en mayo de 2016 (Congreso de la Unión, 2016), en la que exhorta a la Secretaría De Agricultura, Ganadería, Pesca, Desarrollo Rural y Alimentación (hoy Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Economía y Secretaría de Salud, a promover el uso de fertilizantes que se compongan de zeolita, se sugiere retomarla como una política pública local en el municipio de San Damián Texoloc, Tlaxcala, que permita el uso de la zeolita clinoptilolita en la fertilización del maíz de temporal, con miras a extenderla a otros municipios de la entidad.

## AGRADECIMIENTOS.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas y Pecuarias; a La Tercera Comisión de Hacienda y Crédito Público, Agricultura y Fomento, Comunicaciones y Obras Públicas, del Congreso de la Unión.



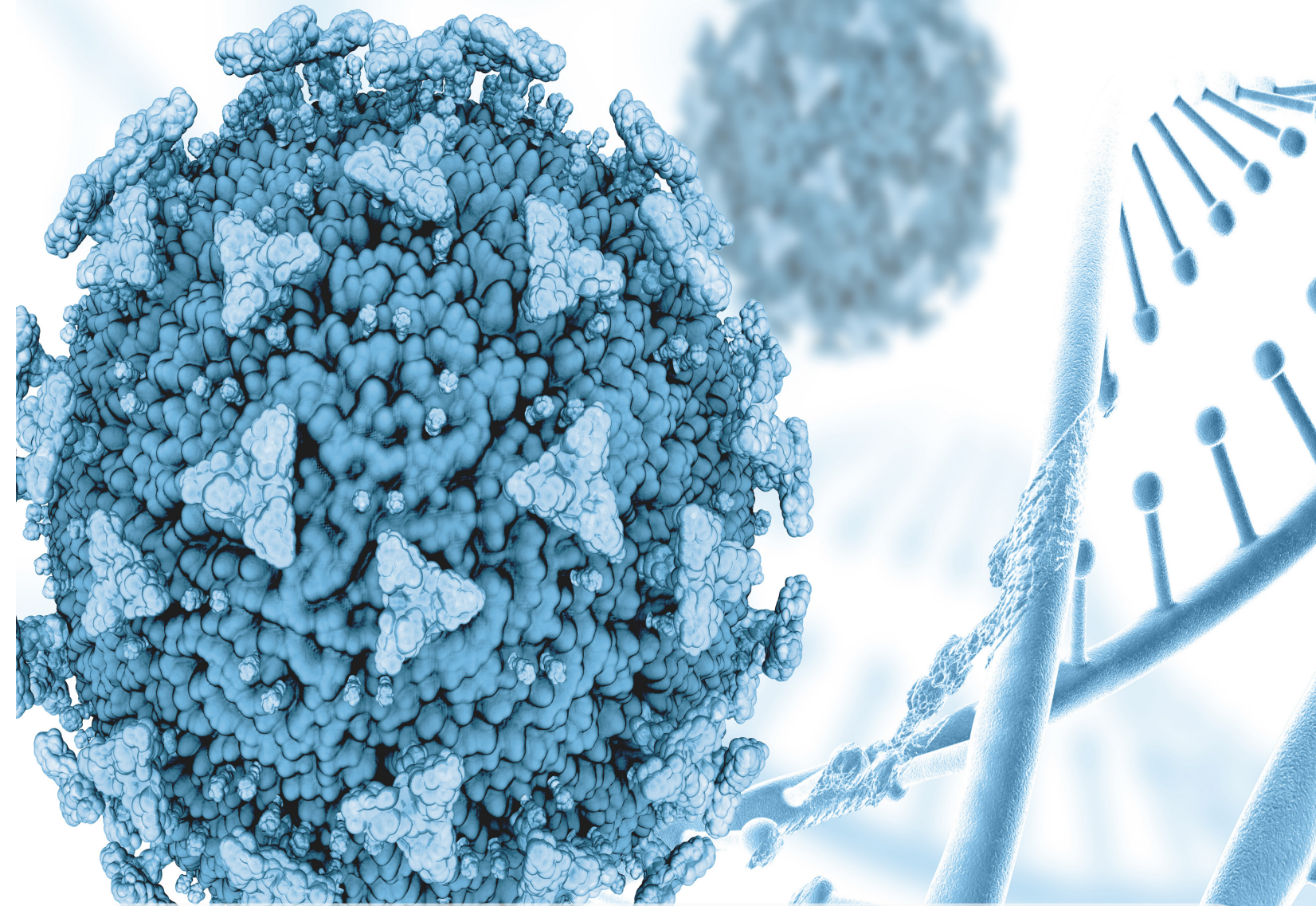
<sup>3</sup> [http://sefoatlaxcala.gob.mx/transparencia/PNT/2018/28\\_FRACC\\_XXVIII\\_B/04\\_CONTRATO\\_SEMILLA\\_DE\\_MAIZ\\_SISTEMAS\\_DE\\_RIEGO\\_3\\_92-2.PDF](http://sefoatlaxcala.gob.mx/transparencia/PNT/2018/28_FRACC_XXVIII_B/04_CONTRATO_SEMILLA_DE_MAIZ_SISTEMAS_DE_RIEGO_3_92-2.PDF)

<sup>4</sup> [http://finanzastlax.gob.mx/documentosSPF/portada/reglas\\_de\\_operacion\\_2019/REGLAS%20DE%20OPERACION%CC%81N%20DEL%20FONDO%20DE%20ACCIONES%20PARA%20EL%20FORTALECIMIENTO%20AL%20CAMPO.pdf](http://finanzastlax.gob.mx/documentosSPF/portada/reglas_de_operacion_2019/REGLAS%20DE%20OPERACION%CC%81N%20DEL%20FONDO%20DE%20ACCIONES%20PARA%20EL%20FORTALECIMIENTO%20AL%20CAMPO.pdf)

<sup>5</sup> <https://docplayer.es/storage/26/7851366/1626892476/uuBTIdflr6Ktktl1cHQw2Q/7851366.pdf>

## 4. LITERATURA CITADA

- Ahmed OH, Sumalatha G, Muhamad AMN (2010) Nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency, *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 5(15), 2393-2401.
- Aguilar LF (2012) Introducción, *In Aguilar LF. (Comp.). Política pública. siglo veintiuno editores México, 17-60 pp.*
- Álvarez PIA (2018) Efecto del uso de zeolita sobre la germinación de semillas de dos especies de forestales (*Eucalyptus sp.* y *Cupressus lucitanica*). Tesis. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador.
- Anónimo (2020) Sader recomienda Sistema Milpa Intercalado con Árboles Frutales (MIAF) para incrementar ingresos a productores y mitiga cambio climático. [en línea]. Disponible en <https://www.voragine.com.mx/2020/08/25/recomienda-sader-sistema-milpa-intercalado-con-arboles-frutales-miaf-para-incrementar-ingresos-a-productores-y-mitiga-cambio-climatico/> [fecha de revisión 25 de agosto de 2020].
- Ayala-Garay AV, González-González M, Limón-Ortega A (2016) Mecanización del proceso de producción de maíz y amaranto en la región centro de México, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25 (4), 74-80.
- Bacakova L, Vandrovцова M, Kopova I. & Jirka I (2018) Applications of zeolites in biotechnology and medicine – a review, *Biomaterials Science*, 6 (5), 974-989.
- Barbarick KA, Lai TM, Eberl DD. (1990) Exchange Fertilizer (Phosphate Rock plus Ammonium-Zeolite) Effects on Sorghum-Sudangrass, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54 (3), 911-916.
- CEDRSSA, Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Sociedad Alimentaria. (2019). Fertilizantes. Notas sobre fertilizantes. Cámara de Diputados CDMX.
- Congreso de la Unión. (2016). Dictamen a la proposición con punto de acuerdo por el que se exhorta a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca, Desarrollo Rural y Alimentación, Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Economía y Secretaría de Salud, a promover el uso de fertilizantes orgánicos que se compongan de zeolita. LXIII Legislatura. CDMX.
- De Gracia de LRG, Núñez E R, Etchevers B JD, Bell M (1996) Respuesta de *Lolium perenne* a dos rocas fosfóricas con tres tamaños de partícula adicionadas de azufre o zeolita en un andosol, *Agrociencia*, 30 (4), 459-468.
- Flores MA, Galvis SA, Hernández MTM, De León G F, Payán ZF (2007) Efecto de la adición de zeolita (clinoptilolita y Mordenita) en un andosol sobre el ambiente químico edáfico y el crecimiento de avena, *INTERCIENCIA INCI*, 32(10), 692-696.
- Junaedi Ch, Hawley K, Walsh D, Roychoudhury SI, Busby SA, Abney MB, Perry JL, Knox JC (2012) Compact, Lightweight Adsorber and Sabatier Reactor for CO2 Capture and Reduction for Consumable and Propellant Production, *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, Reston, VA.
- Lange P, Driessen PPJ, Sauer A, Bornemann B, Burger P (2013) Governing Towards Sustainability – Conceptualizing modes of governance, *Journal of Environmental Policy & Planning*, 15:3, 403-425.
- Li J, Wee Ch, Sohn B (2013) Effect of Ammonium- and Potassium-Loaded Zeolite on Kale (*Brassica alboglabra*) Growth and Soil Property, *American Journal of Plant Sciences*, 4(10), 1976-1982.
- María-Ramírez A, Volke-Haller VH, Guevara-Romero ML (2017) Estimación de rendimiento de variedades nativas de maíz en el estado de Tlaxcala, *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 13 (1), 8-14
- María R A, Volke HV (2020) Fertilizante nitrogenado adicionado con zeolita para mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno. In: Saynes-Santillán V., Fernández-Luqueño F., Ortiz-Monasterio-Rosas J. I. (Eds.). *Uso Eficiente de Nitrógeno en la Agricultura*. México. pp. 93-97
- María RA, Volke HV (2021) Respuesta de maíz de temporal a zeolita, fuentes de fertilizantes nitrogenados y micorriza. Enviado a la *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*
- Mazloomi F, Jalali M (2016) Ammonium removal from aqueous solutions by natural Iranian zeolite in the presence of organic acids, cations and anions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(2), 1664–1673.
- Ming DW, Allen ER (2001) Use of natural zeolites in agronomy, horticulture and environmental soil remediation, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 45(1), 619–654.
- Nus JL, Brauen E (1991) Clinoptilolitic Zeolite as an Amendment for Establishment of Creeping Bentgrass on Sandy Media. *HortScience* 26(2), 117-119
- Patiño CJ (2020) Diagnóstico de las prácticas organizativas para la implementación del Programa Cholula Pueblo Mágico, integrado por dos unidades municipales. Tesis Maestría. El Colegio de Tlaxcala, A.C. México.
- Shaheen SM, Derbalah A S, Moghanm FS (2012) Removal of Heavy Metals from Aqueous Solution by Zeolite in Competitive Sorption System. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(4), 362-367.
- Soca M, Daza TMC (2015) La zeolita y su efecto en la eficiencia del nitrógeno en arroz y maíz. *Ciencia Agropecuaria* (23), 60-64.
- Tarkalson DD, Ippolito JA (2011) Clinoptilolite Zeolite Influence on Nitrogen in a Manure-Amended Sandy Agricultural Soil, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42 (19), 2370-2378.
- Todeschini ME, Simionato M A, Maciel TD, Bornhofen E, Finatto T, Storck L, Benin G (2016) Nitrogen use efficiency in modern wheat cultivars. *Bragantia*, 75 (3), 1-11.
- Wulandari R, Hanum H, Hasanah Y (2019) The effect of nitrogen fertilizer, zeolite and fresh straw to increase total-N, cation exchange capacity (CEC) of rice crop, *Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* (260), 3-6.
- Zheng J, Chen T, Chi D, Xia G, Wu Q, Liu G, Chen W, Meng W, Chen Y, Siddique KHM (2019) Influence of Zeolite and Phosphorus Applications on Water Use, P Uptake and Yield in Rice under Different Irrigation Managements, *Agronomy*, 9 (537), 1-16.



# COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROBIÓTICOS ¿COADYUVANTES EN EL TRATAMIENTO Y PREVENCIÓN DEL COVID-19?

Andrea Michelle Sosa Lemus, Norberto Chavarría Hernández, Adriana Inés Rodríguez Hernández

Cuerpo Académico de Biotecnología Agroalimentaria. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad km 1, Rancho Universitario, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, CP 43600, México.

inesr@uaeh.edu.mx; norberto@uaeh.edu.mx

## RESUMEN

COVID-19 es el nombre de la enfermedad causada por el coronavirus SARS-CoV-2 que ha dado lugar a la pandemia que actualmente nos afecta. La diversidad de síntomas que se manifiestan en los pacientes infectados, los cuales varían desde asintomáticos hasta potencialmente mortales, ha despertado el interés por conocer más sobre el papel que tiene la inmunidad innata, el estado actual de salud, la genética y estilo de vida del paciente, en el desarrollo y evolución de la enfermedad. Por lo tanto, es apremiante identificar estrategias preventivas o terapéuticas para coadyuvar a contener la infección viral. Una alternativa es la exploración de moléculas con actividad biológica que frecuentemente se encuentran en alimentos o plantas medicinales (compuestos bioactivos), así como el papel que tienen los microorganismos con actividad benéfica, conocidos como probióticos, en el reforzamiento de la respuesta inmune. El propósito de este trabajo es analizar la literatura publicada principalmente en el último año, concerniente al papel de compuestos bioactivos y probióticos en la mitigación o prevención de la enfermedad COVID-19 causada por el virus SARS-CoV-2.

Palabras clave: *micronutrientes, antioxidantes, compuestos bioactivos, probióticos*

## Abstract

COVID-19 is the name of the new disease caused by the SARS-CoV-2 coronavirus, giving rise to the pandemic that currently affects us. The diversity of symptoms has increased the scientific interest to know more about the role of innate immunity, the current state of health, genetics, and lifestyle of the patient in developing and evolving the COVID-19 disease. Therefore, it is imperative to recognize preventive and therapeutic strategies to help contain the viral infection. An alternative is the exploration of molecules with biological activity that are frequently found in food or medicinal plants (bioactive compounds) and the role of microorganisms, known as probiotics, to improve the immune response on the host. We present an overview of the literature published mainly in the last year concerning food bioactive compounds and probiotics to mitigate or prevent the COVID-19 disease caused by the SARS-CoV-2 virus.

Keywords: *micronutrientes, antioxidantes, bioactive compounds, probiotics*

## INTRODUCCIÓN

COVID-19 es el nombre que se le ha dado a la enfermedad provocada por una cepa nueva de un virus que apareció por primera vez en diciembre de 2019 en la ciudad de Hubei, Wuhan, China. Este nuevo virus, identificado como el coronavirus SARS-CoV-2 por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se extendió por el mundo, dando lugar a una emergencia de salud pública de preocupación internacional, el colapso del sistema de salud y la declinación de la economía de muchos países. El 11 de marzo de 2020, por el registro de número de casos en muchos países del mundo, la OMS reconoció a la nueva enfermedad COVID-19 como pandemia (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2021; Ferrer, 2020).

Los coronavirus son una familia amplia de virus que pueden causar infecciones, las cuales suelen manifestarse con fiebre, síntomas respiratorios (tos, dificultad para respirar), neumonía, síndrome respiratorio agudo severo e incluso la muerte (OPS, 2021). Los primeros pacientes en estado grave afectados por el SARS-CoV-2 en Wuhan, China, presentaron insuficiencia respiratoria y neumonía. Actualmente no se ha encontrado la causa por la cual este nuevo coronavirus se desarrolló en seres humanos, diversos estudios han concluido que el virus SARS-CoV-2 es de origen natural, sin embargo, el cómo se transmitió a los humanos aún es debatible (Frutos et al., 2021). Como resultado, se han registrado hasta el 28 de julio de 2021, 195,266,156 casos acumulados a nivel mundial y 4,180,161 muertes por COVID-19, y los 10 países más afectados son Estados Unidos, India, Brasil, Rusia, Francia, Reino Unido, Turquía, Argentina, Colombia e Italia (<https://covid19.who.int/table>). Debido a la elevada tasa de morbilidad y mortalidad a nivel mundial que ha generado la enfermedad COVID-19, se desarrollan e implementan continuamente nuevas terapias, fármacos, vacunas y métodos de prevención de contagios, basados en investigaciones rigurosas y en el conocimiento adquirido acerca de la biología del SARS-CoV y del MERS-CoV (coronavirus que genera el síndrome respiratorio del Medio Oriente, enfermedad detectada en 2012 en Arabia Saudita) (Marian, 2021). Sin embargo, la diversidad de síntomas que se manifiestan en los pacientes infectados, los cuales varían desde asintomáticos hasta potencialmente mortales, ha despertado el interés por conocer más sobre el papel que tiene la inmunidad innata, el estado actual de salud, la genética y estilo de vida del paciente, en el desarrollo y evolución de la enfermedad COVID-19. Por lo tanto, es apremiante identificar estrategias preventivas para coadyuvar a contener la infección viral, especialmente ante la posibilidad de que el virus SARS-CoV-2 se convierta en virus endémico y estacional. Una alternativa es la exploración de compuestos nutricionales, micronutrientes y alimentos funcionales que ayuden a la salud y la nutrición de las personas con o sin enfermedades crónicas, para mejorar

su respuesta inmune durante la pandemia de COVID-19 (Han y Hoang, 2020). El propósito de este trabajo es analizar la literatura publicada, principalmente en el último año, concerniente al papel de compuestos bioactivos en la mitigación o prevención de la enfermedad COVID-19 causada por el virus SARS-CoV-2 en el ser humano.

## 1. COVID-19 EN EL SER HUMANO

El SARS-CoV-2 es un coronavirus beta con forma redonda o elíptica que mide entre 60 y 140 nm, con cuatro proteínas estructurales que hacen posible su resistencia y propagación (Fig. 1) (Das et al., 2021; Singh et al., 2020). La transmisión del SARS-CoV-2 en humanos ocurre a través de gotas de las vías respiratorias, se sabe ahora que el virus utiliza su proteína espiga (proteína S, ver Fig. 1) para unirse a receptores de las células epiteliales del huésped, conocidas como ACE2 por sus siglas en inglés (angiotensin-converting enzyme 2 receptors). Las células epiteliales de los alveolos pulmonares actúan como los principales reservorios para la proliferación y replicación del virus. Una vez que el SARS-CoV-2 penetra en el tejido pulmonar se generan las manifestaciones de la enfermedad, tales como fiebre, dolor de garganta, dolor de cabeza, fatiga y dolores corporales, vómito, diarrea, dificultad para respirar, pérdida del sabor y olor; los cuales pueden ser similares a la gripe o resfriado común y pueden ser persistentes a lo largo de la recuperación microbiológica y clínica del paciente. En análisis de sueros de pacientes con COVID-19, se han identificado cantidades elevadas de citoquinas proinflamatorias (proteínas liberadas por las células que actúan como mensajeros de nuestro sistema inmune). Se conoce ahora que la inducción de una “tormenta de citoquinas proinflamatorias” causa el síndrome de dificultad respiratoria, una respuesta inflamatoria descontrolada que causa daño a múltiples órganos, incluidos los pulmones, corazón, riñones e hígado (Singh y Rao, 2021).

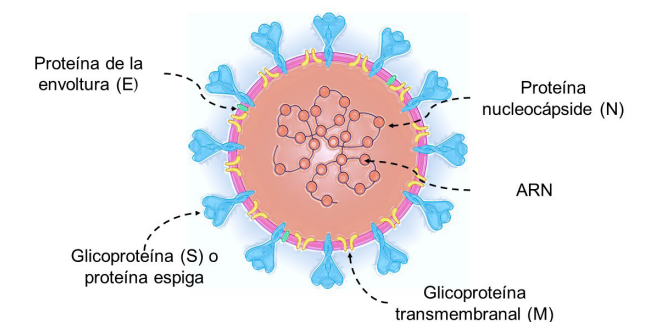


Figura 1. Estructura del SARS-CoV-2. La superficie de la membrana externa contiene glicoproteínas denominadas “proteína espiga” (S) que se ensamblan generando una forma tipo “corona”; esta proteína facilita la invasión del SARS-CoV-2 a las células del huésped. La nucleocápside (N) participa en el proceso de replicación del virus. La membrana proteica (M) da flexibilidad y facilita el ensamblaje de las partículas virales. La proteína de envoltura (E) tiene un papel fundamental en el ensamblaje de partículas virales maduras (Modificado de Singh et al., 2020).

Actualmente, a pesar de los esfuerzos encomiables de médicos y científicos para controlar la enfermedad de COVID-19, no existe una terapia específica aprobada, se han propuesto diferentes inmunoterapias y medicamentos, así como el desarrollo acelerado de diversas vacunas que actualmente son la esperanza para combatir el SARS-CoV-2.

## 2. COMPUESTOS BIOACTIVOS FRENTE A COVID-19

La pandemia ocasionada por SARS-CoV-2 ha reactivado el interés por explorar compuestos naturales de plantas y hongos que a lo largo de los años se han reconocido como antivirales por la medicina tradicional o por estudios en búsqueda de compuestos bioactivos. En esta revisión, se presentan los principales hallazgos que se reportaron en el último año sobre nutrientes, microelementos, fitoquímicos, y en general compuestos bioactivos de alimentos o plantas medicinales, que pueden ser candidatos para combatir el coronavirus SARS-CoV-2, algunos de ellos con mecanismos de acción conocidos y otros aún por explorar. Ciertamente, el uso de compuestos bioactivos no tóxicos, como parte de terapias para rehabilitar las respuestas inmunes, es prometedor y requiere una exploración cuidadosa para contribuir a prevenir o aliviar los daños causados por el COVID-19.

### 2.1. Micronutrientes

Los micronutrientes u oligoelementos son compuestos como vitaminas y minerales que participan en los procesos celulares; si éstos no están presentes en las cantidades adecuadas, la respuesta inmune del cuerpo humano se afecta. Al ser incluidos en la dieta o estar presentes en cantidades adecuadas en situaciones de mayor necesidad (infecciones, estrés y contaminación), se modula la función inmunitaria y se reduce el riesgo de gravedad provocada por infecciones (Gombart *et al.*, 2020). En la Tabla 1, se muestran los micronutrientes y su mecanismo de acción para el tratamiento del COVID-19.

### 2.2. Ácidos grasos poliinsaturados

Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPLs) como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), derivados de familia omega-3, y el ácido araquidónico (AA), de la familia omega-6, son compuestos orgánicos con varios dobles enlaces en su cadena carbonatada que son esenciales para la nutrición del ser humano y son mediadores importantes de la inflamación y las respuestas inmunes adaptativas. Se ha demostrado que algunos derivados de AGPLs-omega-3 pueden atenuar notablemente la replicación del virus de influenza y el de inmunodeficiencia humana. Algunos estudios han reportado que diversos AGPLs causan la desintegración de la capa lipídica que envuelve a los virus del tipo SARS e incluso

Tabla 1. Micronutrientes con potencial actividad en la prevención y tratamiento del COVID-19

Micronutriente	Actividad funcional	Alimentos donde se encuentran	Referencia
Cobre	Defensa contra especies reactivas al oxígeno (ROS). Se asocia a la producción de linfocitos (células T) y fortalece la función de células NK ("natural killer") que ayudan a la protección de infecciones.	Oleaginosas, cereales, hígado, vísceras, frutos secos.	Arruda de Souza Monnerat et al., 2021; Gombart et al., 2020
Hierro	Forma radicales muy tóxicos que pueden destruir bacterias. Es componente de varias enzimas y por lo tanto fundamental para el funcionamiento del sistema inmune. Se asocia a la producción de linfocitos (células T) y citocinas antiinflamatorias.	Legumbres, hígado, carne roja, semillas, cereales, huevo, mariscos, espinacas, quinoa.	Gombart et al., 2020; Thakur et al., 2021
Magnesio	Protección de DNA contra daño oxidativo, estabiliza estructura de ácidos nucleicos, reducción de aniones superóxidos, regula actividad de leucocitos y apoptosis.	Chocolate negro, frijoles, plátano, mariscos, aguacates, oleaginosas.	Arruda de Souza Monnerat et al., 2021; Gombart et al., 2020
Selenio	Esencial en la función de selenoproteínas antioxidantes. Participa en la diferenciación y proliferación de células T. Su deficiencia puede dañar a las células y afectar la inmunidad humoral.	Carnes rojas, mariscos, pollo, ajo, cereales.	Arruda de Souza Monnerat et al., 2021; Gombart et al., 2020
Zinc	Antioxidante y antiinflamatorio; inhibe la expresión de citocinas proinflamatorias, impulsa la producción de anticuerpos, potencia la actividad de células NK; modifica la replicación de virus de ARN. El zinc se considera el segundo mensajero de las células inmunitarias debido a su importancia en el desarrollo y mantenimiento de los sistemas inmunitarios innato y adaptativo. Varios ensayos revelaron que tiene un efecto benéfico en el tratamiento del resfriado común.	Carne roja, mariscos, huevo, hígado, calabaza, germen de trigo.	Arruda de Souza Monnerat et al., 2021; Gombart et al., 2020; Kefflie y Biesalski, 2021
Vitamina A	Mantenimiento de células epiteliales de la mucosa pulmonar, diferenciación de linfocitos T, mejora funciones de neutrófilos, macrófagos y células NK.	Zanahorias, espinacas, col, melón, calabaza, hígado, carnes rojas, aceite de pescado y palma roja.	Gombart et al., 2020; Kefflie y Biesalski, 2021
Vitamina B6	Regula el proceso inflamatorio, participa en síntesis de aminoácidos y producción de linfocitos y anticuerpos, ayuda a potenciar la actividad de células NK; su deficiencia obstaculiza la síntesis de hemoglobina, lo cual conduce a la disminución del nivel de oxígeno en el cuerpo humano.	Atún, salmón, plátano, legumbres, carne de res y cerdo, aves, granos y semillas, y cereales.	Alam et al., 2021; Arruda de Souza Monnerat et al., 2021 Gombart et al., 2020
Vitamina B9 y B12	Inmunomoduladores; participan en el mantenimiento de la citotoxicidad de células NK, producción de anticuerpos y células T.	Legumbres, cereales, plátano, aguacate, espinacas, espárragos, huevo, lácteos, carne roja, aves, hígado, pescado, verduras fermentadas.	Arruda de Souza Monnerat et al., 2021; Gombart et al., 2020; Kefflie y Biesalski, 2021
Vitamina C	Reducción de estrés oxidativo, prevención de daño celular, inhibición de citocinas proinflamatorias, apoya en la barrera epitelial de alveolos pulmonares, reduce daño tisular, regenera otros antioxidantes.	Cítricos, perejil, brócoli, papaya, berenjena, papas, fresas, tomates.	Alam et al., 2021; Arruda de Souza Monnerat et al., 2021; Thakur et al., 2021
Vitamina D	Reduce la expresión de citocinas proinflamatorias y aumento de citocinas antiinflamatorias. El calcitrol (forma activa de vitamina D) promueve la fagocitosis. Estimula la maduración de células inmunes. Su deficiencia aumenta la susceptibilidad y severidad a infecciones, especialmente infecciones agudas del tracto respiratorio.	Salmon, atún, sardinas, lácteos, pollo, huevo, aguacate, champiñones.	Arruda de Souza Monnerat et al., 2021; Gombart et al., 2020; Kefflie y Biesalski, 2021; Thakur et al., 2021
Vitamina E	Antioxidante y antiinflamatoria. Reduce el estrés oxidativo, prevención de daño celular; protege la función de células T; mejora la actividad de células NK y la proliferación de linfocitos.	Aceites vegetales, frutos secos, semillas, aguacate, hojas verdes y germen de trigo.	Arruda de Souza Monnerat et al., 2021; Gombart et al., 2020

pueden intervenir en el mecanismo celular promoviendo fagocitosis y generando inmunocitos (Alam *et al.*, 2021; Aryan *et al.*, 2021). Sin embargo, aunque los potenciales efectos benéficos de ácidos grasos omega-3 para reducir la severidad de la enfermedad COVID-19 están bien documentados, no se han investigado los riesgos de la suplementación con altas dosis de estos bioactivos, antes o durante la infección por SARS-CoV-2 (Rogerero *et al.*, 2020).

### 2.3. Polifenoles

Los polifenoles son moléculas pequeñas, omnipresentes en el reino vegetal. Son micronutrientes esenciales en la dieta humana, muy estudiados en las últimas décadas debido a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas. La actividad antiviral de los polifenoles ha sido estudiada para el virus del Zika, influenza, hepatitis B y C, herpes y VIH y se han propuesto como posibles agentes de amplio espectro para neutralizar infecciones virales, por la capacidad de los anillos fenólicos para unirse a las proteínas virales y lípidos de la superficie del virus (Khalil y Tazeddinova, 2020; Kotwal, 2008; Paraiso *et al.*, 2020). Los efectos benéficos en la salud humana de los polifenoles justifican su exploración como bioactivos antivirales y su potencial función en el reforzamiento de la inmunidad para hacer frente a enfermedades infecciosas como el COVID-19. Paraíso *et al.*, (2020) recientemente propusieron un mecanismo de acción de los polifenoles contra SARS-CoV-2, basado en estudios *in silico e in vitro*, insistiendo en la importancia de estudios clínicos para evaluar el potencial de nutracéuticos a base de polifenoles en terapias para COVID-19. Las moléculas identificadas como promisorias para estas terapias son galato de epigallocatequina (abundante en el té verde), resveratrol (presente en el vino tinto y piel de uva roja) y curcumina (especia de la cúrcuma); sin embargo, la lista de polifenoles es extensa, solamente en la medicina tradicional China más de 180 ingredientes de esta naturaleza se han considerado como anti-SARS-CoV-2. En la Tabla 2 se muestran algunos de los polifenoles que se han evaluado para combatir infecciones y actualmente se consideran como opción para tratamientos contra COVID-19.

## 3. PROBIÓTICOS Y COVID-19

El término microbiota se refiere a todo el conjunto de microbios que residen en un huésped. En el cuerpo humano, la microbiota intestinal es la más abundante y se ha estudiado ampliamente por el papel que tiene en la formación de inmunidad. De hecho, se ha observado alteración de la microbiota del intestino y los pulmones en distintas enfermedades metabólicas y respiratorias (inflamación del intestino, obesidad, diabetes tipo 2, enfermedad cardiovascular, enfermedad de Alzheimer y depresión) (Kurian *et al.*, 2021). Una forma de mantener el tracto digestivo y el sistema inmunológico saludables es a través de los probióticos. La OMS y la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura) definen “probióticos” como microorganismos vivos que cuando son administrados en cantidades adecuadas, confieren un beneficio a la salud del huésped (Hill *et al.*, 2014). Los microorganismos probióticos más comunes pertenecen a los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*.

El consumo de probióticos a través de alimentos fermentados es una práctica ancestral en diversas culturas. Sin embargo,

Tabla 2. Polifenoles con actividad antiviral y con potencial uso en la prevención y tratamiento del COVID-19

Polifenol	Clase	Actividad funcional	Fuente	Referencias
Ácido cafeico	Ácido fenólico	Antibacteriano, antiinflamatorio, inmunostimulador. En estudios <i>in vitro</i> demostró actividad antiviral contra el coronavirus humano NL63 (HCoV-NL63) que causa enfermedades del tracto respiratorio superior virus del síndrome de trombocitopenia y virus herpes simple.	Café, tomate, granos, fruto y plantas medicinales.	Khalil y Tazeddinova, 2020
Ácido ferúlico	Ácido fenólico	Antioxidante, se absorbe rápidamente en el cuerpo y permanece en el torrente sanguíneo más tiempo que cualquier otro antioxidante. Antimicrobiano, antiviral, antiinflamatorio. Inhibe la replicación del virus de influenza.	Granos y semillas, espinacas, perejil, uvas, café, cereales, brócoli, maíz, tomate.	Khalil y Tazeddinova, 2020
Ácido gálico	Ácido fenólico	Antioxidante, antiinflamatorio, antimicrobiano, antiviral. Se reportó actividad antiviral contra el enterovirus 71, herpes simple, inmunodeficiencia humana y hepatitis C.	Uvas, té, lúpulo, frambuesa, avellana, frutos rojos, cebolla, nueces.	Khalil y Tazeddinova, 2020
Ácido siringico	Ácido fenólico	Antioxidante, antibacteriano, anticancerígeno, antiviral. Se ha estudiado en el tratamiento del asma, controla la acumulación de células inflamatorias, suprime las sustancias reactivas al oxígeno y es un inhibidor del virus de influenza H1N1.	Dátiles, nueces, acelunas, calabaza, uvas, miel, vino tinto, cereales.	Khalil y Tazeddinova, 2020
Apigenina	Flavonoide	Antiinflamatorio, antioxidante, antibacteriano, antiviral. Estudios <i>in vitro e in vivo</i> , sugieren que es un potente agente terapéutico para artritis reumatoide, desórdenes anti-inmunes, enfermedad de Parkinson, Alzheimer y algunos tipos de cáncer. Inhibe tormenta de citocinas proinflamatorias y reduce lesiones pulmonares.	Perejil, uva, manzana, apio, orégano, tomillo, albahaca, té de manzanilla, cerveza.	Khalil y Tazeddinova, 2020; Paraiso et al., 2020
Catequinas	Flavonoide	Ejercen una fuerte propiedad antiinflamatoria debido a su capacidad para activar/desactivar las vías de señalización celular relacionadas con el estrés oxidativo de la inflamación. Estudios <i>in silico</i> han mostrado que las catequinas pueden bloquear la entrada del virus SARS-CoV-2 al unirse al receptor ACE2 de las células huésped. Inhibe citocinas proinflamatorias y algunos complejos proteicos y mediadores que causan inflamación en vías respiratorias, inhibe expresión y replicación de virus como VIH, y enterovirus A71. Se ha mostrado que puede inhibir la unión entre la proteína espiga del SARS-CoV-2 y el receptor ACE2.	Té verde, cacao, vino, cerveza, uva, kiwi, chocolate.	Khalil y Tazeddinova, 2020; Paraiso et al., 2020
Crisina	Flavonoide	Inhibe citocinas proinflamatorias y algunos complejos proteicos y mediadores que causan inflamación en vías respiratorias, inhibe expresión y replicación de virus como VIH, y enterovirus A71. Se ha mostrado que puede inhibir la unión entre la proteína espiga del SARS-CoV-2 y el receptor ACE2.	Propóleo, maracuyá, melón, setas, zanahoria, manzanilla, plantas medicinales.	Khalil y Tazeddinova, 2020; Prasansuklab et al., 2021
Curcumina	Polifenol	Antimicrobiana, antiinflamatoria, antioxidante, antiviral. Bloquea entrada de células virales a la célula huésped, debido a su unión con el receptor ACE2. Inhibe la tormenta de citocinas proinflamatorias.	Cúrcuma	Celik et al., 2021; Paraiso et al., 2020
Hesperetina	Flavonoide	Antioxidante, antiinflamatoria, inmunoregulatoria. Estudios recientes reportan que la hesperetina tiene el potencial de inhibir el receptor ACE2 y así bloquear la infección por el SARS-CoV-2. En combinación con naringenina muestra capacidad protectora contra fibrosis pulmonar, al reducir la inflamación de las vías respiratorias.	Cítricos, tomate, cereza, miel de cítricos.	Khalil y Tazeddinova, 2020
Naringenina	Flavonoide	Inhibición de tormenta de citocinas proinflamatorias, interfiere en la unión de la proteína S del SARS-CoV-2 con la ACE2; reduce inflamación en vías aéreas; muestra protección contra lesiones pulmonares.	Cítricos, tomates, pomelo, cerezas, cacao, orégano, menta.	Khalil y Tazeddinova, 2020
Queroetina	Flavonoide	Antioxidante, antiviral, antiinflamatorio. Favorece la producción de citocinas antiinflamatorias; reduce las sustancias reactivas al oxígeno (actividad antioxidante). Ha mostrado inhibición del virus de la influenza A en la etapa temprana de infección y actividad inhibitoria significativa contra el virus del Dengue tipo 2.	Manzanas, bayas, alcaparra, uva, cebolla roja, té verde, arándano, brócoli, tomate, miel.	Khalil y Tazeddinova, 2020
Resveratrol	Estilbenoide	Regula la expresión y función de ACE2 en la infección del SARS-CoV-2, inhibe MERS-CoV; frena la formación de la tormenta de citocinas proinflamatorias; regula inflamación y respuesta celular; interfiere en replicación de ARN de algunos virus de gripe; agente antiviral contra MERS-CoV y SARS-CoV.	Vino tinto, arándanos, frambuesas, moras, chocolate negro.	Kefflie y Biesalski, 2021; Paraiso et al., 2020

los estudios sobre los efectos benéficos a la salud de los consumidores son relativamente recientes. Además de su función de mantener la microbiota intestinal adecuada para la exclusión competitiva de microbios patógenos, a través de la producción de ácidos orgánicos y ácidos grasos de cadena corta, estudios recientes sugieren que la inclusión de probióticos y fibra en la dieta, promueven respuestas estables del sistema inmune, lo cual previene efectos adversos de infecciones virales. Entre las bacterias probióticas que se han ensayado para evaluar su efecto en infecciones virales, usando modelos animales, están: *Lactobacillus plantarum* (virus de influenza H1N1 y H3N2),

*Lactobacillus pentosus* y *Bifidobacterium bifidum* (virus de influenza H1N1), *Lactobacillus rhamnosus* (virus de influenza H1N1, virus respiratorio sincitial), *Enterococcus faecalis* (virus de influenza y enterovirus 71). Las principales conclusiones de esos estudios indican que las bacterias probióticas disminuyeron la carga viral en pulmones, previnieron pérdida de peso, suprimieron la proliferación del virus debido a una mejor respuesta del sistema inmune del huésped (mayor expresión de citoquinas antivirales e inmunoglobulinas A).

Por otra parte, también se han llevado a cabo ensayos clínicos en humanos para evaluar el efecto de bacterias probióticas en infecciones del tracto respiratorio superior. Entre las bacterias evaluadas están: *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus fermentum*, *Bifidobacterium infantis* y *Bifidobacterium lactis*. En general, el consumo de probióticos redujo la prevalencia y severidad de las infecciones del tracto respiratorio (Singh y Rao, 2021). Por lo tanto, el uso de probióticos en el manejo de infecciones virales como el COVID-19 es plausible. Algunas cepas probióticas, de acuerdo con estudios en animales, pueden lograr un equilibrio en la respuesta inmune y mitigar la “tormenta de citoquinas” además de la actividad antioxidante que puede ser crucial en la neutralización de radicales libres generados durante la enfermedad de COVID-19. Por otra parte, estudios recientes respaldan el papel potencial de la microbiota intestinal humana en la susceptibilidad, progresión y gravedad del COVID-19. La microbiota intestinal de pacientes con COVID-19 fue significativamente diferente a la microbiota de individuos sanos. En pacientes con COVID-19 se identificaron patógenos oportunistas, menor diversidad en la composición microbiana y disminución de microbios con propiedades inmuno-moduladoras (Kurian et al., 2021). Por lo tanto, aunque se continúan los estudios clínicos con probióticos, las evidencias con las que contamos hasta ahora han permitido sugerir que la suplementación de la dieta con probióticos es una alternativa para reducir la severidad de la enfermedad de COVID-19.

#### 4. CONCLUSIONES

A lo largo de los años se han explorado distintas moléculas con actividad biológica, conocidas como compuestos bioactivos, presentes en alimentos o plantas, capaces de mejorar la respuesta inmune de los seres humanos ante distintas amenazas como enfermedades o estrés. Como resultado de la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2, el número de publicaciones y análisis de información relativa a este nuevo virus, su biología y los posibles mecanismos para frenar su propagación en el ser humano, se incrementaron de forma importante. Muchas publicaciones enfatizan en la importancia de la nutrición y el papel de los componentes bioactivos en la prevención y tratamiento de enfermedades

infecciosas virales en humanos. Sin embargo, aún hay un déficit de ensayos, principalmente clínicos, para determinar la función de esas moléculas en la función inmune o en el mecanismo de infección viral. Hasta ahora, lo aceptado ampliamente para prevenir o resistir infecciones virales, es nutrir de forma balanceada nuestro organismo, proporcionar micronutrientes (vitaminas, minerales), sustancias bioactivas (polifenoles, grasas omega-3) y mantener un buen balance en la microbiota intestinal, lo cual contribuye a reforzar la respuesta inmune y a prevenir o aminorar los efectos de las infecciones virales.



#### 5. REFERENCIAS

- Alam, S., Bhuiyan, F. R., Emon, T. H., Hasan, M. (2021). Prospects of nutritional interventions in the care of COVID-19 patients. *Heliyon*, 7(2): e06285.
- Arruda de Souza Monnerat, J., Ribeiro de Souza, P., Monteiro da Fonseca Cardoso, L., Dario Mattos, J., de Souza Rocha, G., Frauches Medeiros, R. (2021). Micronutrients and bioactive compounds in the immunological pathways related to SARS-CoV-2 (adults and elderly). *Eur J Nutr*, 60(2): 559-579.
- Aryan, H., Saxena, A., Tiwari, A. (2021). Correlation between bioactive lipids and novel coronavirus: constructive role of biolipids in curbing infectivity by enveloped viruses, centralizing on EPA and DHA. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 1(2): 186-192.
- Celik, C., Gencay, A., Ocsoy, I. (2021). Can food and food supplements be deployed in the fight against the COVID 19 pandemic? *Biochim Biophys Acta Gen Subj*, 1865(2): 129801.
- Das, A., Ahmed, R., Akhtar, S., Begum, K., Banu, S. (2021). An overview of basic molecular biology of SARS-CoV-2 and current COVID-19 prevention strategies. *Gene Rep*, 23, 101122.
- Ferrer, R. (2020). [COVID-19 Pandemic: the greatest challenge in the history of critical care]. *Med Intensiva (Engl Ed)*, 44(6): 323-324.
- Frutos, R., Gavotte, L., Devaux, C. A. (2021). Understanding the origin of COVID-19 requires to change the paradigm on zoonotic emergence from the spillover to the circulation model. *Infect Genet Evol*, 104812. doi:10.1016/j.meegid.2021.104812
- Gombart, A. F., Pierre, A., Maggini, S. (2020). A Review of Micronutrients and the Immune System-Working in Harmony to Reduce the Risk of Infection. *Nutrients*, 12(1). doi:10.3390/nu12010236
- Han, B., & Hoang, B. X. (2020). Opinions on the current pandemic of COVID-19: Use functional food to boost our immune functions. *J Infect Public Health*, 13(12): 1811-1817.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Berni Canani, R., Flint, H.J., Salminen, S., Calder, P.C., Sanders, M. E. (2014). Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 11(8): 506-514.
- Keflie, T. S., Biesalski, H. K. (2021). Micronutrients and bioactive substances: Their potential roles in combating COVID-19. *Nutrition*, 84, 111103. doi:10.1016/j.nut.2020.111103
- Khalil, A., Tazeddinova, D. (2020). The upshot of Polyphenolic compounds on immunity amid COVID-19 pandemic and other emerging communicable diseases: An appraisal. *Nat Prod Bioprospect*, 10(6): 411-429.
- Kotwal, G. J. (2008). Genetic diversity-independent neutralization of pandemic viruses (e.g. HIV), potentially pandemic (e.g. H5N1 strain of influenza) and carcinogenic (e.g. HBV and HCV) viruses and possible agents of bioterrorism (variola) by enveloped virus neutralizing compounds (EVNCs). *Vaccine*, 26(24): 3055-3058.
- Kurian, S. J., Unnikrishnan, M. K., Miraj, S. S., Bagchi, D., Banerjee, M., Reddy, B. S., Rodrigues, G.S., Manu, M.K., Saravu, K., Mukhopadhyay, C., Rao, M. (2021). Probiotics in Prevention and Treatment of COVID-19: Current Perspective and Future Prospects. *Arch Med Res*. doi:10.1016/j.arcmed.2021.03.002
- Marian, A. J. (2021). Current state of vaccine development and targeted therapies for COVID-19: impact of basic science discoveries. *Cardiovasc Pathol*, 50, 107278. doi:10.1016/j.carpath.2020.107278
- Organización Panamericana de la Salud (15 de Julio de 2021). *Coronavirus*. <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>
- Paraiso, I. L., Revel, J. S., Stevens, J. F. (2020). Potential use of polyphenols in the battle against COVID-19. *Curr Opin Food Sci*, 32: 149-155.
- Rogero, M. M., Leão, M. C., Santana, T. M., Pimentel, M., Carlini, G. C. G., da Silveira, T. F. F., Goncalves, R.C., Castro, I. A. (2020). Potential benefits and risks of omega-3 fatty acids supplementation to patients with COVID-19. *Free Radic Biol Med*, 156: 190-199.
- Singh, K., Rao, A. (2021). Probiotics: A potential immunomodulator in COVID-19 infection management. *Nutr Res*, 87: 1-12.
- Singh, P., Tripathi, M. K., Yasir, M., Khare, R., Tripathi, M. K., Shrivastava, R. (2020). Potential Inhibitors for SARS-CoV-2 and Functional Food Components as Nutritional Supplement for COVID-19: A Review. *Plant Foods Hum Nutr*, 75(4): 458-466.
- Thakur, S., Mayank, Sarkar, B., Ansari, A. J., Khandelwal, A., Arya, A., Poduri, R., Joshi, G. (2021). Exploring the magic bullets to identify Achilles' heel in SARS-CoV-2: Delving deeper into the sea of possible therapeutic options in Covid-19 disease: An update. *Food Chem Toxicol*, 147: 111887. doi:10.1016/j.fct.2020.111887



# PLANTAS MEDICINALES UNA ALTERNATIVA TERAPÉUTICA FRENTE A LA PANDEMIA DEL COVID-19

Sandra Jazmín Pérez Hernández,

Estudiante de Ingeniería Química, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán,  
ethelmiranamali@gmail.com

## RESUMEN.

En este artículo se expondrá la importancia de algunas plantas medicinales con efectos antivirales respiratorios, y su relación ante esta crisis sanitaria que se ha desarrollado por el virus SARS-CoV-2 creando un gran enigma complejo que ha tenido que enfrentar la salud a nivel global debido a su rápida expansión. Ante esta problemática la fitoterapia ha demostrado desde el inicio de las primeras civilizaciones su gran importancia ante el aporte de nuevas innovaciones terapéuticas eficientes. Si bien es conocido que las plantas medicinales han constituido desde épocas muy remotas un recurso terapéutico útil y accesible para resolver problemas de salud. A pesar de que el COVID-19 ha sido el reto de salud más difícil que el hombre ha enfrentado en el siglo XXI, debido a la falta de una cura eficiente, una forma de prevenir o combatir este virus es por medio de las opciones terapéuticas posibles incluidas las plantas medicinales. Por lo que en este trabajo se expondrán diferentes perspectivas de plantas medicinales con potencial antiviral y relacionadas con infecciones de las vías respiratorias que posiblemente pueden presentar un efecto contra las infecciones COVID-19.

Palabras Clave: *Virus, COVID-19, Medicinales, Coronavirus, Pandemia*

## Abstract

This article will expose the importance of some medicinal plants with respiratory antiviral effects, and their relation to this health crisis that has developed by the SARS-CoV-2 virus creating a great complex enigma that has had to face health at the level global due to its rapid expansion. Faced with this problem, phytotherapy has shown since the beginning of the first civilizations its great importance in the contribution of new efficient therapeutic innovations. Although it is known that medicinal plants have been a useful and accessible therapeutic resource for solving health problems since very remote times. Even though COVID-19 has been the most difficult health challenge that man has faced in the 21st century, due to the lack of an efficient cure, one way to prevent or combat this virus is through therapeutic options possible including medicinal plants. Thus, in this work are presented different perspectives of medicinal plants with potential antiviral activity and related to respiratory tract infections that may possibly have an effect against infections. COVID-19.

Key Words: *Virus, COVID-19, Medicinal, Coronavirus, Pandemic*



## I. INTRODUCCIÓN

En este artículo se dará a conocer las principales plantas medicinales con efectividad antiviral empleadas para prevenir el virus del SARS-CoV-2 o mejor conocido como COVID-19, se presenta este texto como una alternativa para la población de como poder mantener el sistema inmunológico más reforzado ante esta infección respiratoria.

En el año 2019, en la ciudad de Wuhan, China, se originó la enfermedad COVID-19, que es provocada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2. A partir de entonces este virus se extendió con rapidez por todo el mundo oficialmente en el año 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) la declaró oficialmente pandemia mundial. Algunas de las características más comunes en el COVID-19 son fiebre alta, tos, cansancio, presión en el pecho, dolor de cabeza, diarrea y disnea, aunque en su mayoría el 80 % de los casos son leves, sin embargo, para casos más graves se presentan un rápido deterioro, linfopenia o un bajo nivel de células Natural killer<sup>1</sup> (NK) (Juan Huaccho-Rojas A. B.-T., 2020). Actualmente el virus del SARS-CoV-2, es un virus, con un diámetro de 60 a 140 nm, de forma esférica, picos de aproximadamente 9 a 12 nm en la membrana y este contiene cuatro proteínas estructurales importantes que son: Las proteínas espiga (S): es una glucoproteína que media la unión al receptor del huésped, la membrana (M): Es la proteína estructural más abundante, esta tiene tres dominios transmembranales la cual se cree que le da forma al virión, La envoltura (E) y la nucleocápside (N), (Patricia Saltigeral Simental, 2020).

Debido a su composición y resistencia se ha buscado alternativas y formas de curar las enfermedades que consigo trae este virus letal. El COVID-19 ha sido el reto de salud más difícil que se ha enfrentado en el siglo XXI, y para combatirla han acudido a todas las opciones terapéuticas posibles incluidas las plantas medicinales, las cuales poseen amplia actividad biológica que incluye actividad antiviral por lo que pueden tener utilidad como agentes terapéuticos contra las infecciones por coronavirus. Actualmente la medicina convencional no ha proporcionado a la fecha un tratamiento efectivo para combatir este virus. Se siguen buscando nuevas alternativas naturales lo cual se vuelve un estudio complejo ya que es una enfermedad relativamente nueva y carece de tratamiento comprobado hace más difícil encontrar un tratamiento rápido y eficiente.

## 2. LA VULNERABILIDAD DEL HOMBRE ANTE LOS VIRUS

Los virus son partículas submicroscópicas que se encuentran entre lo vivo y lo inerte. Sus componentes son similares a las células vivas, pero requieren la ayuda de estas para replicarse

<sup>1</sup> También llamadas "asesinas naturales", representan junto con los linfocitos B y T un tercer tipo de población de linfocitos que pertenecen al sistema inmune innato y forman parte de la primera línea de defensa frente a un amplio rango de patógenos.

o reproducirse, y propagarse. Cuando ingresan a nuestro cuerpo, el sistema inmunológico se encarga de combatirlos, aunque no siempre lo logra. Como consecuencia de la gran variedad genética, mecanismos de transmisión, persistencia y eficiencia de replicación, los virus se han adaptado a todas las formas de vida y ocupan numerosos nichos ecológicos que derivan en enfermedades infecciosas diseminadas en humanos, plantas y animales. Las infecciones virales pueden ser benignas (las verrugas son un caso), moderadas (por ejemplo, la gripe) o de mayor riesgo, como ocurre con la enfermedad COVID-19, un síndrome respiratorio agudo provocado por el SARS-CoV-2 (Figura 1). Si bien los avances científicos han sido extraordinarios, todavía somos

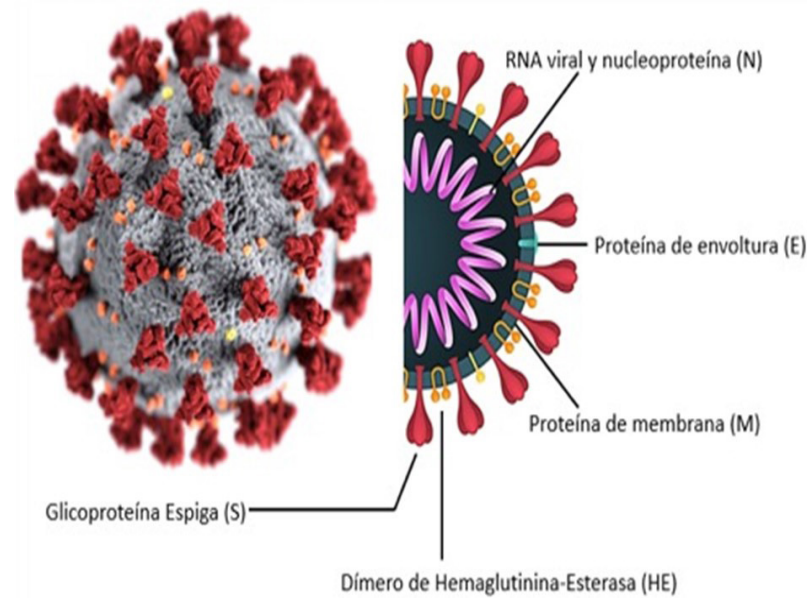


Figura 1. Estructura del Coronavirus (SARS-CoV-2): En el centro se localiza el genoma ARN del virus ligado a la nucleoproteína (N); en la zona periférica se localizan los trímeros de la glicoproteína (S); nos encontraremos con la proteína de membrana (M) y la proteína de envoltura (E).

vulnerables a los padecimientos por virus ya conocidos o recién identificados; cuando pueden prevenirse con vacunas, el desarrollo de estas no es tan rápido como lo necesitamos. Una alternativa siempre ha sido la fitoterapia o herbolaria, es decir, el uso de plantas o de sustancias vegetales como un método de cura o prevención. Ellas refuerzan nuestro sistema inmunológico o pueden fungir como una fuente de biomoléculas antivirales dado que contienen compuestos que actúan contra el virus.

## 3. LA IMPORTANCIA DE LA PLANTAS MEDICINALES

Las plantas son generosas con nosotros desde cada ecosistema donde están presentes; podemos obtener de ahí un ingrediente para cocinar, y hasta en las macetas que conservamos en casa solo por gusto. Pero tienen un rol aún más importante en nuestra calidad de vida por sus componentes bioactivos, con lo que muchas son agentes antivirales y fortalecen nuestro sistema inmunológico. (Zeny Evelyn Olivo Vidal)

Las plantas medicinales han constituido desde épocas muy remotas un recurso terapéutico útil y accesible para resolver problemas de salud (Figura 2). Las investigaciones realizadas en diferentes latitudes del planeta han justificado los planteamientos acerca del uso de las plantas con fines curativos se remontan a las primeras civilizaciones, actualmente guardan una estrecha relación con la flora existente en los territorios.



Figura 2. Plantas medicinales antiguas Ilustración educativa vintage de importantes plantas medicinales de principios del siglo XX. (Lydia Jacobs).

## 4. Algunos compuestos bioactivos con efecto antiviral

Los compuestos bioactivos son uno de los componentes de las plantas y resultan fundamentales desde el punto de vista medicinal. Son tan efectivos que en ocasiones se usan en fórmulas farmacéuticas comerciales, aislándolos de las plantas, algunos de ellos son:

- **Anís estrellado de la China (*Illicium verum*)- Ácido Shikímico- Influenza:** Precursor del oseltamivir, inhibidor específico del virus. Reduce las complicaciones y la transmisión de la influenza.
- **Plantas de la especie *Calophyllum*- Calanólidos-VIH-1 (virus de la inmunodeficiencia humana):** Células linfoblásticas.
- ***Stephania tetrandra*- Saponinas y alcaloides-H-CoV y VIH-1:** Inhiben la muerte celular en etapas tempranas de la infección (probado a nivel laboratorio) y la replicación de VIH-1.

Es importante mencionar que en la fitoterapia se utilizan las plantas completas: flores, semillas, hojas, tallos y raíces; se preparan en té, infusiones, vaporizaciones, ungüentos o extractos, para tratar desde leves malestares hasta enfermedades virales. Con frecuencia se les mezcla entre sí, o se les usa en combinación con fármacos (Figura 3).

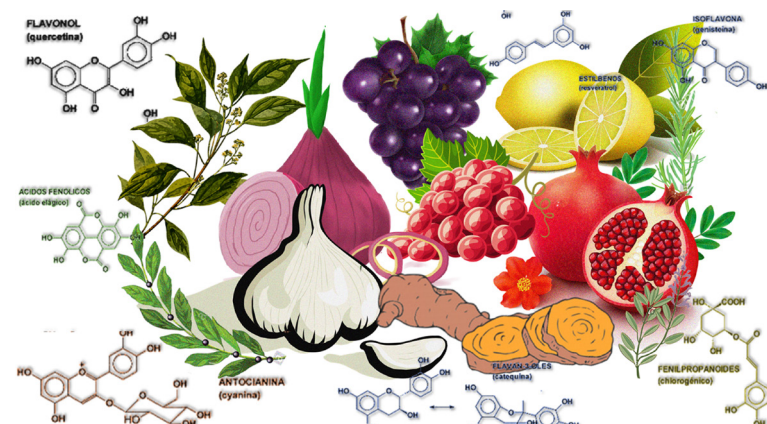


Figura 3. Ejemplo de grupos de sustancias fitoquímicas en frutas y hortalizas.

### 4.1. *Glycyrrhiza glabra*, "Regaliz"

Desde la medicina tradicional china esta planta ha sido de suma importancia. El regaliz es una de las plantas medicinales que más se ha investigado científicamente en nuestros días, esta planta puede ser empleada para enfermedades de las vías respiratorias debido a sus efectos calmantes y expectorantes, es muy útil para aliviar la tos, bronquitis, faringitis, afecciones respiratorias de los pulmones.



Su compuesto bioactivo más importante es la glicirricina, y es una alternativa importante ante esta pandemia. Estudios que se tienen ante enfermedades virales son con el virus H5N1, el cual fue inhibido mediante la glicirricina, evitando la replicación del virus y su expresión genética proinflamatoria (Liqiang Wang, 2015). Se tiene una investigación con relación al virus del SARS-CoV, donde la glicirricina inhibe in vitro la replicación del Coronavirus y su actividad anticovid se obtuvo a partir de derivados 15 GL, al introducir la 2-acetamido-beta-d-glucopiranosilamina en la cadena de glucósidos de GL (Gerold Hoever, 2005).

#### 4.2. Ajenjo dulce (*Artemisia annua*)

Es una planta nativa de los climas cálidos de Europa y Asia, se conoce que es originaria de China donde su principal aplicación medicinal destaca en el tratamiento de la malaria. Es muy común emplearla para infusiones digestivas, aunque también ejerce efectos sedantes y analgésicos. Los compuestos principales de esta planta, artemisinina y sus derivados, se encuentran principalmente en las hojas de la planta y tienen un gran potencial terapéutico. Un estudio en 2005 demostró que la planta tiene efecto antiviral contra SARS-CoV-1 el agente responsable del brote SARS en 2002-2003. Investigadores de Estados Unidos demostraron que extractos de *A. annua* inhiben la replicación del SARS-CoV-2 (Sally Robertson, 2021).

#### 4.3. Los polifenoles

Dentro de las frutas como la manzana y otros compuestos como el chocolate, el vino rojo y el aceite de oliva contienen altas cantidades de polifenoles. Un estudio actual indica que los polifenoles reducen la inflamación que podría ayudar a combatir el COVID-19, los investigadores observaron aquellos pacientes con inflamación crónica tienden a ser vulnerables a los resultados clínicos adversos cuando están enfermos de COVID-19 (Laguipo, 2021). Investigadores estadounidenses recientemente han demostrado en estudios in vitro que los polifenoles que se encuentran en las uvas pueden alterar la forma del virus SARS-CoV-2. También en la universidad de Taiwán identificaron que los taninos del vino inhiben eficazmente la actividad de dos enzimas clave del virus, e impiden entrar al tejido celular (VITIVINÍCOLA, 2021).

#### 4.4. Eucalipto *Eucalyptus globulus* (Labill)

Es un árbol originario de Tasmania y Australia, el aceite esencial de las hojas funciona como un potente antibacterial y antiviral por lo que combate infecciones respiratorias, especialmente descongiona en caso de catarros. Por medio del compuesto principal, el eucaliptol (1,8-cineol) ha demostrado un efecto antiviral en la influenza A (H1N1) a través de la inhibición del ARNm 42 y su acción ante el virus de la bronquitis infecciosa aviar, un tipo de coronavirus, mediante la inhibición del ingreso en fase de penetración y de replicación viral (Juan Huaccho-Rojas, 2020).

#### 4.5. La cúrcuma

La cúrcuma pertenece a la familia del jengibre, se le ha dado uso medicinal desde hace mucho tiempo, sobre todo en la medicina ayurvédica. Uno de los compuestos más importantes en la raíz, la curcumina, tiene un potencial para tratar múltiples enfermedades. En un estudio realizado se logró observar que la curcumina tiene una actividad contra los virus de la influenza PR8, H1N1 y H6N1. Donde los resultados muestran una reducción del 90% ante el rendimiento del virus en cultivo celular empleando 30  $\mu$ M de curcumina. (Mag. Richard García-Ishimine, 2021).

#### 4.6. Las equináceas (*Echinaforce*)

La Equinácea se ha empleado de forma tradicional en América del Norte es una planta muy hermosa, también una de las más importantes hierbas medicinales, ampliamente usada como estimulante del sistema inmunitario, con propiedades antivirales, fungicidas, bactericidas y desintoxicantes. La reputación de la equinácea como tratamiento eficaz contra el resfriado común, la gripe y enfermedades respiratorias agudas han sido objetivo de extensas investigaciones científicas. Recientemente se tiene un estudio actual, donde se analizó con el virus HCoV-229E el cual fue inactivado de forma reversible y con el coronavirus SARS-CoV-1 como el MERS-CoV el cual fue inactivado, el agente causante de COVID-19, el SARS-CoV-2 también se inactivó tras el tratamiento con 50  $\mu$ g/mL de *Echinaforce* (Johanna Signer, 2020).

#### 4.7. La granada

La granada se emplea en el tratamiento de una gran variedad de enfermedades en distintos tipos de la medicina ayurveda lo cual la considera como un fármaco adecuado para el tratamiento de parásitos, diarrea, úlceras, también se le

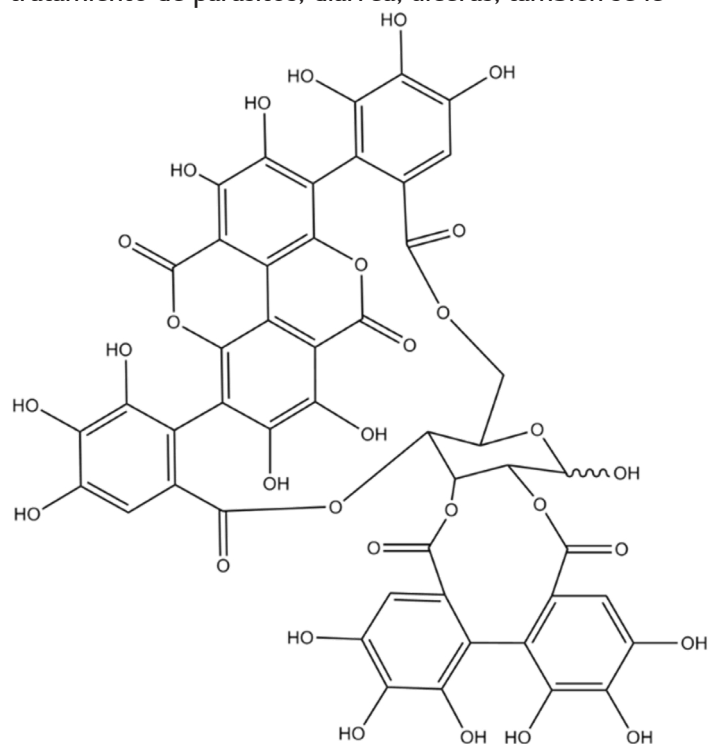


Figura 4 La Punicalagina que ayuda a proteger las células del daño causado por el estrés oxidativo y el envejecimiento.

considera tener un carácter depurativo, existe un enorme interés desde el año 2000 gracias a sus bondades medicinales y nutricionales. Actualmente, un estudio reportó que el extracto alcohólico de la cascara de granada, fue capaz de inhibir la polimerasa viral, la replicación del ARN viral (Figura. 4), así como la expresión de la proteína viral del virus de la influenza, no se pudo afectar la inhibición de la hemaglutinación y la actividad viricida, pero sí logró inhibir la adsorción del virus y los primeros mecanismos de replicación de la influenza (Mohammad Taghi Moradi, 2020)

#### 4.8. Guayaba

Empleada como un astringente, antidiarreica y antibacteriana, también se emplea contra dolores abdominales, se usa para disentería, cólicos, inflamación de boca, faringitis e infecciones respiratorias; las partes más utilizadas son las hojas, retoños, frutos, la corteza y el pericarpio del fruto. Un estudio reportó que la infusión de hojas de guayaba fue capaz de inhibir eficientemente el crecimiento del virus aislado de la influenza A (H1N1). Se puede considerar como un controlador de virus de la influenza pandémica y epidémica, incluyendo las cepas resistentes al oseltamivir (Sriwilajaroen N, 2012)

#### 4.9. Uva (*Vitis vinifera*)

Este fruto tiene su uso común en la producción de vino, gracia a su alto contenido fenólico, el cual presenta ser un agente antibacteriano, antifúngico, antioxidante y antiviral. Esta última actividad está reportada a una concentración máxima no tóxica de 16  $\mu$ g/mL, que puede inhibir los virus de influenza. (Sofía Espinosa-Hernández, 2020).

#### 4.10. Lectinas

Las lectinas son proteínas capaces de unirse específica y reversiblemente a grupos de carbohidratos y han mostrado ser prometedoras como agentes antivirales frente a los coronavirus (Figura. 5). Se han reportado dos estudios de actividad de las lectinas frente al SARS-CoV, donde la lecitina Aglutinina de Urtica Dioica (UDA) inhibió la replicación del virus SARS-CoV y redujo su rendimiento en un 90% en las células a una dosis de 1.1  $\mu$ g/mL debido a la unión de la glicoproteína (S) (Marco Fiel Herrera, 2020).

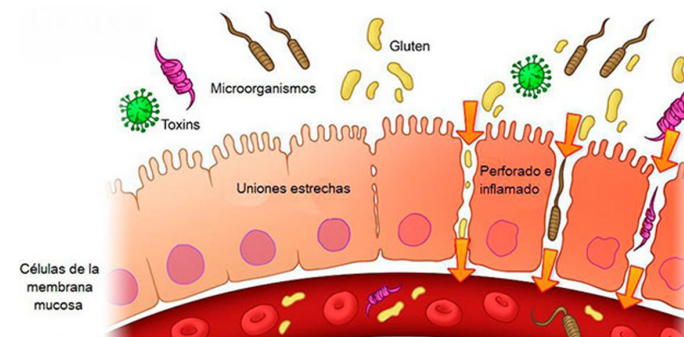


Figura 5 Parte de estos procesos patológicos incluye que las lectinas y sus coviajeros, los lipopolisacáridos (LPS), también conocidos como endotoxinas, penetren en la pared intestinal, y puedan provocar respuestas inmunológicas muy fuertes.

#### 4.11. Flavonoides

Los flavonoides son omnipresentes en las células fotosintéticas y se encuentran comúnmente en frutas, verduras, frutos secos, semillas, tallos, flores, té, vino, propóleos y miel. Cada vez más, esta clase de productos naturales se está convirtiendo en objeto de investigación antiinfecciosa, y muchos grupos han aislado e identificado las estructuras de flavonoides que poseen actividad antifúngica, antiviral y antibacteriana (Zakaryan et al., 2017)

#### 4.12. El Sulforafano

La acción potente que brinda el Sulforafano sobre el sistema inmune es un tema complejo. Múltiples estudios indican que se ha logrado determinar que este componente es capaz de hacer frente a las infecciones virales, se puede presentar un aumento de niveles del factor de transcripción Nrf2 (Figura. 6), también se apoya del Keap 1 al ser catalizada por el Sulforafano. Esto se ve especialmente en células con mayores cantidades de transcripción viral, e indica que Nrf2 se activa como parte de la defensa celular contra la infección progresiva. La acción de activación del Nrf2 mediante el Sulforafano puede inhibir en etapas tardías la transcripción viral, replicación y producción de viriones (Aguilar-Sánchez, 2020). Recientemente James Chalmers, profesor de investigación respiratoria de la Fundación Británica del Pulmón en la Universidad de Dundee, indicó que “El cuerpo se defiende contra el estrés inflamatorio y oxidativo aumentando los niveles de una sustancia química llamada Nrf2. Al activar el sistema Nrf2 este ayuda a mejorar las defensas contra el daño inflamatorio (BROCOSULF, 2020). “Existe evidencia de que la activación de Nrf2 puede reducir la gravedad de la lesión pulmonar aguda. Como tal, planteamos la hipótesis de que el tratamiento temprano con un activador de Nrf2 en pacientes hospitalizados con COVID-19 puede prevenir su deterioro y ayudar a preservar al organismo. Este es un mecanismo completamente nuevo, ya que actualmente no hay ningún fármaco que se dirija o active el Nrf2 “.

#### 4.13. Quercetina

La quercetina se encuentra principalmente en la cebolla. El investigador Chrétien del Instituto de Investigación Clínica de Montreal de la Universidad de Montreal en Canadá, ha propuesto que es útil frente a infecciones virales. Sus acciones biológicas principales son antioxidante, anticancerígeno, antiinflamatorio, antiviral, y psicoestimulante (Aguilar-Sánchez, 2020). Además, la quercetina inhibe la peroxidación lipídica y agregación plaquetaria. En un estudio realizado se encontró que la quercetina podría evitar la entrada del virus en las células, bloqueando el receptor ACE2. En el 2004, por ejemplo, se demostró que la quercetina podía bloquear la entrada del SARS en las células. El SARS, utiliza el mismo receptor que el SARS-CoV-2, el receptor ARCE2 (Aguilar-Sánchez, 2020).

<sup>2</sup> es parte de la defensa natural humana contra el estrés inflamatorio y oxidativo, como la inflamación que se produce durante una infección viral grave.

## 5. OTRAS PLANTAS EN EL TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

- **Malvavisco:** Originario de Europa y china; se emplea su raíz y hojas con un alto contenido de mucilago que contiene un efecto sedante para tratar la irritación e inflamación de las vías respiratorias, incluyendo la bronquitis y dolor de garganta.
- **Asclepias:** Crece en América del Norte, el té de esta planta actúa ante dolores reumáticos, fiebres, catarros, ventosidades, pleuresía y neumonía.
- **Andrografis:** Empleada en Asia para enfermedades infecciosas, se ha sometido a varias pruebas clínicas, entre sus propiedades para las enfermedades destacan resfriado, gripe, faringoamigdalitis, fatiga, dolor de garganta, dolor muscular, secreción nasal, excesiva, sinusitis y dolor de cabeza.
- **Grindelia:** Contiene fenoles y flavonoides que le otorgan acción antiespasmódica, se emplea en el asma bronquial, bronquitis aguda, catarros, tosferina, tos bronquial y suaviza la mucosa respiratoria.
- **Trébol común:** Es útil para las afecciones respiratoria, tos, ronquera y digestivas como la diarrea, gastritis e inapetencia.
- **Pulmonaria:** Resulta indicada en afecciones respiratorias, catarro bronquial, irritación de garganta, tos seca, ronquera y afonía, la planta contiene en su mayoría mucilago y alantoína, taninos, saponinas, ácido salicílico y sales potásicas.
- **Primavera:** Su principal aplicación enfermedades respiratorias derivan de la raíz y sirven para fluidizar las secreciones bronquiales, bronquitis aguda o crónica y bronconeumonía.
- **Marrubio:** Usada desde tiempos antiguos, posee un principio amargo denominado marrubiina, se emplea como calmante de tos, irritación de garganta, febrífugas, aperitivas y digestivas, así como a las afecciones respiratorias, ya que fluidifica y desinfecta las secreciones mucosas bronquiales, laringitis, traqueítis, bronquitis y asma (tomar de 30-40 g de sumidades floridas).
- **Ajenjo y genciana:** Son hierbas amargas que refrescan el cuerpo y combaten la fiebre alta.

## 6. INHIBIDORES DE UNIÓN DEL VIRUS AL RECEPTOR ACE2

Debido a que los coronavirus SARS-CoV y SARS-CoV-2 interactúan con nuestras células mediante el receptor ACE2, enzima convertidora de angiotensina, moléculas aisladas a partir de plantas han sido estudiadas con la capacidad

de inhibir esta interacción, por lo que son candidatas a prevenir la infección por SARS-CoV-2 se tienen: la baicalina (*Scutellaria baicalensis*), emodina (*Polygonum multiflorum* y *Rheum officinale*), luteolina (*Veronica linariifolia*), escutelarina y polifenoles de *Gallachinensis spp.* (Herbert Jair Barrales Cureño, 2020). Ejemplos de plantas en tratamiento de enfermedades respiratorias (Tabla 1).

Tabla 1. Lista de algunas Plantas medicinales como terapia de enfermedades respiratorias.

Hierba	Tos	Falta de Aliento	Pulmonía
Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	☼	☼	☼
Rábano ( <i>Armoracia rusticana</i> )	☼	☼	
Gordolobo ( <i>Verbascum desiniflorum</i> )	☼	☼	☼
Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )	☼		☼
Salvia ( <i>Salvia officinalis</i> )	☼	☼	☼
Equinácea ( <i>Echinacea angustifolia</i> )	☼		
Bayas de Sauco ( <i>Sambucus nigra</i> )	☼		
Ajo ( <i>Allium sativum</i> )	☼	☼	☼
Oruzuz ( <i>Glycyrrhiza glabrar</i> )	☼	☼	☼
Raíz de Altea ( <i>Althaea officinalis</i> )	☼	☼	
Tomillo ( <i>Thymus vulgaris</i> )	☼	☼	☼

## 7. FITOTERAPIA EN LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS

Varios virus, como el SARS-CoV-2-19, H-CoV y VIH-1, y bacterias, como *Mycobacterium tuberculosis* causante de la tuberculosis, atacan mayormente a los pulmones como principal objetivo. Estas infecciones respiratorias afectan desde oídos, nariz, garganta y pulmones constituyendo un importante problema de salud pública, pues resultan con la mortalidad más alta en el mundo; de ahí la importancia del estudio de alternativas para su tratamiento (Tabla 2).

Tabla 2 Algunas plantas y fitoquímicos empleados contra virus que afectan el sistema respiratorio.

Plantas	Principales Compuestos Activos	Aplicación	Usos Tradicional
Sauco ( <i>Sambucus nigra</i> )	-Aceites esenciales -Flavonoides -Alcaloides -Vitamina A -Glucósidos	-Tratamiento de la gripe -Resfriados -Alergias -Sinusitis - Reduce la intensidad de los síntomas de nariz tapada - Cura la inflamación de membranas mucosas	-Suplemento -Jarabe -Infusiones
Jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> )	-Terpenos -Aceite esencial (gingerol)	-Infecciones Virales y fiebres -Antiséptico -Antiinflamatorio -Antioxidante -Antigripal -Desintoxicante	-Fresco y seco -Te -Infusiones
Caléndula ( <i>Calendula officinalis</i> )	-Flavonoides -Aceites esenciales -Polisacáridos de alto peso molecular	-Virus de gripe y herpes -Atrapadora de radicales libres	-Tintura preparada con flores
Buganvilla ( <i>Bougainvillea Glaba Choisy</i> )	-Flavonoides -Saponinicos -Taninos -Terpenos -Ácido genticico -Proteína (Raíz)	-Tos -Asma -Bronquitis -Tosferina -Reduce la fiebre -Una proteína identificada en la raíz impide la replicación del virus	-Infusión de flores y raíces
Ajo ( <i>Allium Sativum</i> )	-Allicinas -Sulfaridos -Polifenoles	-Gripe -Resfriado común -Bronquitis -Asma -Fortalece la capacidad del sistema inmune para combatir los gérmenes y aumentar los glóbulos blancos	-Triturado -Mezclado con miel

## 8. EL GENOMA DE LA NICOTIANA BENTHAMIANA COMO POSIBLE VACUNA

Un equipo internacional, con participación de investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), ha publicado el genoma de una planta empleada como factoría de biofármacos, o cultivo molecular (molecular farming) que puede ser utilizada en la producción de vacunas. Se trata de la *Nicotiana benthamiana*, una planta a la que se le puede transferir los genes de la futura vacuna y producirla en grandes cantidades mediante tecnologías agrícolas (Pulido, *Gaceta Medica*, 2020). Esto podría favorecer la producción de vacunas y enfrentar la pandemia causada por el coronavirus SARS-CoV-2 (Figura. 7).

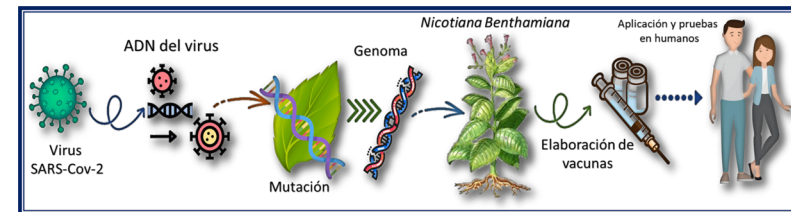


Figura 7 Proceso de la elaboración de la vacuna con el genoma de la *Nicotiana benthamiana*.

## 9. CONCLUSIONES

Tras el análisis de la información documental recolectada de libros, artículos y sitios web, se puede afirmar que dichas investigaciones que se han implementado en algunas plantas así como sus componentes medicinales, se realizan con la finalidad de desarrollar nuevos fármacos eficientes con la capacidad de actuar durante el proceso de inflamación causado por el SARS-CoV-2, y reforzar nuestro sistema inmune e inhibir eficazmente la replicación de este virus, actualmente no se cuenta con un fármaco donde su producción sea derivado de las plantas, se requiere una amplia investigación científica y clínica en diversos pacientes que muestren resultados pragmáticos, así como los efectos secundarios que puedan presentar. De acuerdo a este gran panorama que hoy se vive en todo el mundo se debe tomar con mayor consideración que las infecciones virales se han convertido en un gran problema de salud, así como de una crisis sanitaria para la humanidad esto se debe a la falta de tratamientos específicos que pueden actuar ante este tipo de enfermedades, y que si no son tratadas a tiempo pueden provocar que algunos virus permanezcan en latencia en el cuerpo por un tiempo prolongado. Asimismo, el riesgo que se tiene ante los virus emergentes de convertirse en epidemias realza la importancia de ampliar los conocimientos hacia un panorama distinto sobre el potencial de los agentes virales naturales, al retomar en la actualidad los conocimientos atávicos de las antiguas civilizaciones que empleaba la herbología o medicina natural como una alternativa eficiente de curación, puede construir

hoy en día una cultura preventiva ante la población más vulnerable. A pesar de que actualmente existe una variedad de líneas de investigación donde se consigue fundamentar el uso de las plantas y los compuestos fitoquímicos para combatir las infecciones virales incluyendo el COVID-19. Aún falta mucho por indagar será imprescindible el esfuerzo de especialistas en diversas áreas de investigación científica, clínica y autoridades correspondientes para desarrollar nuevas estrategias preventivas, así como tratamientos terapéuticos con un enfoque más integrador y amplio.

## 10. AGRADECIMIENTOS.

Mi agradecimiento especial es al IPN, por brindarme la oportunidad de participar en esta revista, aunque es un artículo sencillo se buscó la manera de recopilar la información más importante, es de suma importancia darla a conocer tanto a los alumnos como al público general.

## REFERENCIAS

- Aguilar-Sánchez, B. F. (2020). Micronutrientes: reguladores del sistema inmunológico y su utilidad en COVID-19. *INNOVARE Revista de Ciencia y Tecnología*, 39-45.
- Antonio Cuadrado, M. P.-G. (2020). Can Activation of NRF2 Be a Strategy against COVID-19? *CellPress Reviews*, 598-610.
- Armando Caceres, S. C. (2020). Principales Plantas Medicinales disponibles en Guatemala con actividad contra virus respiratorios que infectan al ser humano. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 412-441.
- Barrachina, I. A. (2011). *La fruta granada cultivada en España*. España : Natural antioxidant granatum plus+.
- BROCOSULF. (7 de Diciembre de 2020). BrocoSulf. Obtenido de WEBINAR : DRA CONSUELO SAN GABRIEL, SULFORAFANO¿ QUÉ ES, PORQUE, COMO?: <https://brocosulf.com/sulforafano-que-es-porque-como/> [fecha de revisión 15 Julio 2021]
- Cardoso, B. (2020). PROPIEDADES ANTIVIRALES DE LAS PLANTAS Y COVID-19; LOS CANDIDATOS: AJO Y CEBOLLA. *DESDE LA PATAGONIA DIFUNDIENDO SABERES*, 72-75.
- Carla Maldonado, N. P.-Z. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología en Bolivia*, 1-5.
- Cheriyeath, S. (5 de Junio de 2021). *News Medical Life Sciences*. Obtenido de Glycyrrhizin en raíz de regaliz neutraliza SARS-CoV-2 in vitro inhibiendo la proteasa principal Mpro: <https://www.news-medical.net/news/20210105/24618/Spanish.aspx> [fecha de revisión 26 Julio 2021].

- Chevallier, A. (1996). *Enciclopedia de las plantas medicinales*. Madrid : Acento Editorial.
- Franklin Ore-Areche, R. A.-F.-R.-Y.-S. (2021). Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) como tratamiento preventivo para el Covid-19: ¿Mito o verdad? *Polo del Conocimiento*, 956-972.
- GARCÍA, M. (26 de Noviembre de 2020). Readaccion Medica . Obtenido de Luchar contra el Covid reposicionando viejos fármacos y plantas medicinales: <https://www.redaccionmedica.com/la-revista/noticias/luchar-contra-el-covid-reposicionando-viej-os-farmacos-y-plantas-medicinales-9455> [fecha de revisión 16 Julio 2021]
- Gerold Hoefer, L. B. (2005). Actividad antiviral de los derivados del ácido glicirrónico contra el coronavirus del SARS. *J Med Chem*, 9-20.
- Herbert Jair Barrales Cureño, R. S.-G. (2020). Plantas con actividad antiviral ¿contra COVID-19? *Saber mas*, 53-57.
- Johanna Signer, H. R.-G. (2020). Actividad virucida in vitro de Echinaforce, una preparación de *Echinacea purpurea*, contra coronavirus, incluido el coronavirus 229E del resfriado común y el SARS-CoV-2. *Revista de virología*, 136.
- Juan Huaccho-Rojas, A. B.-T. (2020). Revisión del efecto antiviral e inmunomodulador de plantas Medicinales a propósito de la pandemia COVID-19. *Sociedad Venezolana de Farmacología Clínica y Terapéutica*, 795-810.
- Kozel, C. (1966). *Salud y Curacion por yerbas*. Mexico-Cuernavaca : Latino Americana de Publicaciones.
- Laguipo, A. B. (22 de Febrero de 2021). *News Medical Life Sciences*. Obtenido de Los polifenoles pueden ofrecer efecto protector contra la enfermedad COVID-19: <https://www.news-medical.net/news/20210222/5/Spanish.aspx> [fecha de revisión 26 Julio 2021]
- Lanny A. Passaro, J. E. (1999). *Claves para la vida-la salud*. Estados Unidos de America : Barsa International Publishers .
- Liqiang Wang, R. Y. (2015). Las actividades antivirales y antimicrobianas del regaliz, una hierba china ampliamente utilizada. *Acta Pharm Sin B.*, 310-315.
- Lorena Judith Becerra Goicochea, A. E. (2021). Importancia del uso de plantas medicinales en tiempos COVID – 19. *Revista Ocronos*, Inicial.
- Lynn Lewis, A. F. (2009). *Herbolaria en la casa y la salud*. Mexico : Reader's Digest.
- Mag. Richard García-Ishimine, D. J.-V.-L. (2021). Plantas medicinales antivirales: una revisión enfocada en el COVID-19. *Medicina Naturista*, 38-45.
- Marco Fuel Herrera, S. C. (2020). Potencial uso Terapeutico de las plantas medicinales y sus derivados frente al Coronavirus . *Revista Base de la Ciencia*, 1-20.
- María de los Ángeles, R. E.-U.-C.-P.-C. (2020). La Medicina Herbaria como prevención y tratamiento frente al COVID-19. *AVFT Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 20-25.
- Mayasil Morales Pérez, M. T. (2020). Una alternativa natural para el tratamiento de la COVID-19. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 1-12.
- Mendía, R. (23 de Mayo de 2020). *La Tercera*. Obtenido de Hierbas medicinales: ¿Ayudan para el Covid-19?: <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/hierbas-medicinales-ayudan-para-el-covid-19/6U2N5UTYY5CXRPJQCT2FI5TTRQ/>

- Migdalia Rodríguez Rivas, P. S. (2021). LAS PLANTAS MEDICINALES EN EL ENFRENTAMIENTO A LA COVID 19. *Jornada Científica de Farmacología y Salud*, 1-11.
- Mohammad Taghi Moradi, A. K.-F. (2020). El extracto de cáscara de granada inhibe la internalización y la replicación del virus de la influenza: un estudio in vitro. *Avicenna J Phytomed.*, 143-151.
- Monteagudo, J. L. (2020). *Vegetales Antivirales*. Barcelona : Facultat de Farmàcia.
- Morales, Y. (25 de Junio de 2020). *Chiapas Paralelo*. Obtenido de Manual de prevención y tratamiento para Covid-19 con plantas medicinales de los Altos de Chiapas: <https://www.chiapasparalelo.com/trazos/cultura/2020/06/manual-de-prevencion-y-tratamiento-para-covid-19-con-plantas-medicinales-de-los-altos-de-chiapas/> [fecha de revisión 15 Julio 2021]
- Patricia Saltigeral Simental, X. L. (2020). Virus SARS-CoV-2 ¿Qué se sabe al momento? *Acta Pediatr Mex.*, 53-57.
- Poletii, A. (1979). Plantas y Flores medicinales. En A. Poletii, *Plantas y Flores medicinales* (pág. 22). Barcelona: Parramón.
- Pulido, S. (13 de Abril de 2020). *Gaceta Médica*. Obtenido de El genoma de la planta que puede ser utilizado en la producción de vacunas contra el Covid-19: <https://gacetamedica.com/investigacion/el-genoma-de-la-planta-que-puede-ser-utilizado-en-la-produccion-de-vacunas-contra-el-covid-19/> [fecha de revisión 15 Julio 2021]
- Ramirez-Aza, M. (2005). El milagro de las plantas - Manual . En M. Ramirez-Aza, *La guayaba* (pág. 106). Colombia : Taller San Pablo.
- Roger, D. J. (2006). *Salud por los alimentos*. En D. J. Roger, *Alimentos para el intestino* (págs. 222-224). Madrid: Safeliz.
- Sally Robertson, B. (11 de Enero de 2021). *News Medical Life Sciences*. Obtenido de El extracto de annua de la artemisia de la planta medicinal interfiere con la réplica de SARS-CoV-2 in vitro: <https://www.news-medical.net/news/20210111/110/Spanish.aspx> [fecha de revisión 15 Julio 2021]
- Sofía Espinosa-Hernández, A. A.-M.-R. (2020). MEDICINA ALTERNATIVA PARA INFECCIONES RESPIRATORIAS DE ETIOLOGÍA VIRAL. *Revista RD-BUAP*, 26-46.
- Sriwilaijaroen N, F. S. (2012). Efectos antivirales de *Psidium guajava* Linn. (guayaba) té sobre el crecimiento de virus H1N1 aislados clínicos: su papel en la hemaglutinación viral y la inhibición de la neuraminidasa. *Antiviral Research*, 139-146.
- Vanaclocha, B. (16 de Revisado Julio de 2020). *Fitoterapia net*. Obtenido de Plantas medicinales potencialmente útiles para tratar el COVID-19: <https://www.fitoterapia.net/publicaciones/hemeroteca/plantas-medicinales-potencialmente-utiles-para-2229.html> [fecha de revisión 16 Julio 2021]
- VITIVINÍCOLA. (10 de Febrero de 2021). *Canales Sectoriales Interempresas*. Obtenido de Los taninos del vino, ¿útiles contra el COVID-19?: <https://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/325446-Los-taninos-del-vino-utiles-contra-el-COVID-19.html> [fecha de revisión 26 Julio 2021]
- Walter Wifredo Ochoa Yupanqui, M. R. (2020). Fitoterapia altoandina como potencial ante la COVID-19. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 1-6.

# INVESTIGACIÓN +

## POSGRADOS

- Maestría en Biotecnología Aplicada
- Maestría en Biotecnología Productiva
- Doctorado en Ciencias en Biotecnología
- Doctorado en Biotecnología Productiva



Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada

Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal  
Tecuexcomac - Tepetitla K. 1.5, Tlaxcala, C.P. 90700, México  
[www.cibatlaxcala.ipn.mx](http://www.cibatlaxcala.ipn.mx)