

ISSN: EN TRÁMITE



# MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)

Año 5, No. 5,  
septiembre 2022 - agosto 2023



MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC), Año 5, No. 5, septiembre 2022 - agosto 2023, es una publicación anual editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía de Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Km. 2.5 carretera Cuautitlán - Teoloyucan, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, C.P. 54714, Tel. 5556231992, <https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA>, [colegiotecnicosacademicos@cuautitlan.unam.mx](mailto:colegiotecnicosacademicos@cuautitlan.unam.mx). Editor responsable: Mtro. Alan Olazábal Fenocho. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2023-070411455700-102, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Mtro. Alan Olazábal Fenocho. Km. 2.5 carretera Cuautitlán - Teoloyucan, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, C.P. 54714, fecha de la última modificación, 15 de marzo de 2022.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista de los árbitros, del Editor o de la UNAM.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.



D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

#### ENTIDAD EDITORA

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.  
Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U.,  
Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

#### FORMA SUGERIDA DE CITAR:

Olazábal-Fenocho, A. (Ed.). (2022). *MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)*, Año 5, No. 5, septiembre 2022 - agosto 2023. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

[https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2022/verpdf/MemoriasCONATEC2022\\_ArchivoCompleto.pdf](https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2022/verpdf/MemoriasCONATEC2022_ArchivoCompleto.pdf)

## EDITOR

Colegio de Técnicos Académicos de la FES Cuautitlán-UNAM

### **MESA DIRECTIVA 2021-2023**

M. en C. Alan Olazábal Fenochio  
Presidente  
alanmvz@yahoo.com

Dr. Gustavo Mercado Mancera  
Secretario  
gmercado@unam.mx

Lic. Jessica Annabel Páez Arancibia  
Primer Vocal  
jessica@unam.mx

Dra. Martha Yolanda Quezada Viay  
Segundo Vocal  
yolaqviay@gmail.com

## **COMITÉ ORGANIZADOR**

M. en C. ALAN OLAZÁBAL FENOCHIO

Dr. ÁNGEL RAYGOZA TREJO

M. en C. ANGÉLICA ESPINOZA GODÍNEZ

DR. CARLOS GÓMEZ GARCÍA

DR. GUSTAVO MERCADO MANCERA

LIC. JESSICA ANNABEL PÁEZ ARANCIBIA

ING. JESÚS MOISÉS HERNÁNDEZ DUARTE

M. en C. JOSÉ IVÁN AMBROCIO SANDOVAL

M. en C. JOSÉ LUIS GARZA RIVERA

M. en M. JOSEFINA MORENO LARA

M.C. y T.E. JUAN ESPINOSA RODRÍGUEZ

Lic. LILIANA GARCÍA RIVERA

Dra. MARÍA CRISTINA PÉREZ REYES

DRA. MARÍA DE LOS ANGELES CORNEJO VILLEGAS

DRA. MARTHA YOLANDA QUEZADA VIAY

Dr. ROBERTO DÍAZ TORRES

## **MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)**

Año 5, No. 5, septiembre 2022 - agosto 2023

EDICIÓN DEL 5° CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC 2022)

EDITOR RESPONSABLE: Mtro. Alan Olazábal Fenochio

COMPILACIÓN: COMITÉ ORGANIZADOR DEL COLEGIO DE TÉCNICOS  
ACADÉMICOS DE LA FESC-UNAM

DISEÑO Y REVISIÓN EDITORIAL: COMITÉ ORGANIZADOR DEL COLEGIO  
DE TÉCNICOS ACADÉMICOS DE LA FESC-UNAM

DISEÑO DE LA PORTADA: Liliana García Rivera

Fecha de edición 2022.

DR. Colegio de Técnicos Académicos de la FESC-UNAM.

Dirección: Km. 2.5 carretera Cuautitlán - Teoloyucan, San Sebastián Xhala,  
Cuautitlán Izcalli, Estado de México, C. P. 54714

Hecho en México.

Las opiniones y contenidos en las ponencias que aparecen en esta obra son  
responsabilidad exclusiva de sus autores.

Se permite la reproducción parcial o total de los documentos incluidos en esta  
memoria siempre y cuando se cite la fuente y sea para fines académicos.

# MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)

Año 5, No. 5, septiembre 2022 - agosto 2023

Edición del 5° Congreso Nacional De Tecnología (CONATEC 2022)



## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al Dr. David Quintanar Guerreo, director de la FES Cuautitlán y a sus colaboradores, por su invaluable apoyo en la realización de este evento, así como a los ponentes y asistentes al congreso, cuya valiosa presencia enriqueció los contenidos y dio grandeza al CONATEC 2022.

## CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	1
ARTÍCULOS .....	2
VARIABILIDAD DE LA SEROPREVALENCIA DE GRUPOS SANGUÍNEOS DEL SISTEMA ABO y Rh .....	3
Gabino Estevez-Delgado*, Martha Patricia Carpio-Navarro.....	3
<i>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.</i> .....	3
ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES EN CÉLULAS DE GLÁNDULA MAMARIA EXPUESTAS A NANOPARTÍCULAS.....	13
Laura Denise López-Barrera, Roberto Díaz-Torres* y Patricia Ramírez-Noguera.....	13
DIFERENCIACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS PARA EVITAR EL DESPERDICIO .....	24
Berenice Hernández-Vázquez*, Michelle Angeles-Segoviano .....	24
UNA PROPUESTA DE LAS MATRICES DE ROTACIÓN PARA EL MANEJO DEL DRIFT .....	39
Gabino Estevez-Delgado*, Joaquín Estevez-Delgado, Victoria Belen Palomares-Rizo.....	39
APLICACIONES DE MÉTODOS HEURÍSTICOS EN LA INGENIERÍA. TAXONOMÍA Y EJEMPLOS PRÁCTICOS .....	51
Fernando Gudiño-Peñaloza* .....	51
EFECTO INMUNOLÓGICO-VASCULAR DE LA COMBINACIÓN CAPTOPRIL-HIDROCLOROTIAZIDA Y LOSARTÁN-HIDROCLOROTIAZIDA EN LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL. ....	62
Víctor Daniel Farías-Sánchez*, Luis Antonio Pimentel-Cuevas, Diego Lezama-Martínez, Diego Armando Ramírez-Moreno. ....	62
UNA EXCESIVA CONFIANZA EN EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON EN LAS INTERPOLACIONES .....	76
Gabino Estevez-Delgado*, Joaquín Estevez-Delgado, Julissa Rodríguez-Coss, Itzia Alejandra Bonilla-Paz.....	76
CONJUNTO DE PÁGINAS WEB ENFOCADAS EN MOTIVAR EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ROBÓTICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ALUMNOS DE INGENIERÍA.....	85
David Tinoco-Varela*, José Luis Garza-Rivera, Angélica Espinoza-Godínez, Raúl Dalí Cruz- Morales y Fernando Gudiño-Peñaloza.....	85
DERECHOS DE AUTOR EN LA PUBLICACIÓN DE VIDEOS COMO RECURSOS EDUCATIVOS DIGITALES EN YOUTUBE Y REPOSITORIOS .....	100
Ariana Chávez-Méndez*, Claudia Lizbeth Moctezuma-González y Ana Laura Méndez-Franco .....	100



PROBABILIDAD DE HELADA EN CUAUTITLÁN IZCALLI, MÉXICO .....	111
Gustavo Mercado-Mancera <sup>1*</sup> , Isaac Ramón Arroyo-León <sup>2</sup> , Ana Karen Granados-Mayorga <sup>1</sup> y Jesús Navejas-Jiménez <sup>3</sup> .....	111
ESTABILIDAD DEL TRACTOR: DETERMINACIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD.....	122
Carlos Gómez-García* .....	122
COMPOSTAJE ACELERADO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DOMÉSTICOS .....	133
María José Amaya-Hernández <sup>1*</sup> , Susana Elisa Mendoza-Elvira <sup>2</sup> y Alejandro Vargas-Sánchez <sup>1</sup> .....	133
MÉTODOS BIOFÍSICOS EMPLEADOS EN LA AGRICULTURA Y SUS PRODUCTOS.....	145
María Cristina Julia Pérez-Reyes <sup>1*</sup> , Gabriela Sánchez-Hernández <sup>1</sup> , Flavio Arturo Domínguez- Pacheco <sup>2</sup> y Claudia Hernández-Aguilar <sup>2**</sup> .....	145
CATEGORIZACIÓN DE INDIVIDUOS EN SESIONES VIRTUALES Y PRESENCIALES CON SISTEMAS DE INFERENCIA DIFUSA Y LINGÜÍSTICA .....	156
Ángel López-Gómez* y Enrique Ramos-López.....	156
ORGANIZACIÓN DE SEMINARIOS SOBRE METODOLOGÍAS Y TÉCNICAS REALIZADAS POR LOS TÉCNICOS ACADÉMICOS DE LA FES-IZTACALA, UNAM .....	169
Patricia Castro-Moreno .....	169
IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DEL APARATO REPRODUCTOR MASCULINO DE AJOLOTE MEXICANO ( <i>Ambystoma mexicanum</i> ) .....	181
Miguel Rafael Olguín-Reyes*, Julián Torres-Gloria, Uriel Ángel Sánchez-Rivera, Alicia Alcántar- Rodríguez, José Alfredo Medrano-Hernández, María del Carmen Espejel-del Moral. ....	181
EL USO DE LAS HOJAS DE CONTROL EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS .....	191
Daniela Narváez-Sánchez <sup>1</sup> , José Iván Ambrocio-Sandoval <sup>1*</sup> , Karla González-Vieyra <sup>1</sup> , María del Rosario Vizúeth-Rodríguez <sup>1</sup> , Rebeca Moreno-Mendiola <sup>1</sup> , Sarahí Román-Álvarez <sup>2</sup> .....	191
GERMINACIÓN IN VITRO DE <i>Mammillaria nivosa</i> Y <i>Mammillaria densispina</i> .....	198
María Elena Quintana-Sierra *, Gloria María Solares-Díaz, Reynoldez Vicente Barragán-Hidalgo .....	198
LA POSICIÓN DE LA SEMILLA EN LA MAZORCA Y EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE MAÍZ .....	207
Tania Pozos-Pérez*, Patricia Sevilla-García, Gloria María Solares-Díaz, María Elena Quintana- Sierra .....	207
ÍNDICE DE AUTORES .....	219



## PRESENTACIÓN

Los Congresos Nacionales de Tecnología (CONATEC), son encuentros anuales de los Técnicos Académicos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México y todas aquellas personas interesadas en los diferentes temas que aquí se presentan, en donde se dan a conocer los adelantos de la ciencia y la tecnología en las diferentes áreas del conocimiento. Motivados por el lema “Divulgación de la tecnología como soporte de la academia”, en un ambiente que deja ver los estragos ocasionados por el COVID-19, los integrantes del Comité Organizador del CONATEC 2022 decidieron llevar a cabo este magno evento de manera virtual, a través de la plataforma ZOOM®. El CONATEC 2022 brindó espacios virtuales, para ofrecer y dar a conocer los resultados de la investigación científica, el desarrollo e innovación tecnológica. El programa incluyó actividades precongreso, conferencias magistrales ofrecidas por connotados y reconocidos investigadores a nivel nacional e internacional, ponencias orales en vivo, ponencias orales en video, presentación de carteles y una mesa redonda de gran interés para nuestro gremio. Orgullosamente en mi paso como presidente de este colegio quiero resaltar mi más sincero agradecimiento, particularmente en este momento en que los Técnicos Académicos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, hemos sacado lo mejor de nosotros. La ciencia y la tecnología no se detienen, como se muestra en la calidad de resúmenes que integran estas Memorias.

Una vez más objetivo cumplido... gracias.

*“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”*

Mtro. Alan Olazábal Fenocho

Presidente del Colegio.



## ARTÍCULOS

## VARIABILIDAD DE LA SEROPREVALENCIA DE GRUPOS SANGUÍNEOS DEL SISTEMA ABO y Rh

Gabino Estevez-Delgado\*, Martha Patricia Carpio-Navarro

*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.*

[\\*gabino.estevez@umich.mx](mailto:gabino.estevez@umich.mx)

### Resumen

Los estudios de la medicina transfusional no es algo nuevo, tiene su origen desde hace más de 100 años, propuesto por Karl Landsteiner, el método utilizado consiste en integrar antígenos A y B a la par que sus respectivos anticuerpos. La codificación de grupos generalmente se hace en base a la herencia genética mendeliana, lo que se ve reflejado en varios estudios y que es aprovechado por los bancos de sangre en los procesos de transfusión sanguínea. Un caso particular lo presentan individuos con fenotipos "O", quienes en sus eritrocitos no contengan adheridos antígenos A y B, lo que en consecuencia crearía antígenos A y B, suceso que llega a ocurrir con este tipo de individuos después del nacimiento. De esta forma este grupo que identifica A, B y O, forman parte de lo que conocemos como grupo ABO, también conocido como sistema de grupo histo-sanguíneo, que agrupa a los grupos sanguíneos A, B, AB y O. Y es a partir de este grupo que se realizan la mayor parte de los estudios que permiten la compatibilidad de sangre. Por otro lado, la organización mundial de la salud ha identificado algunos problemas de transfusión sanguínea en diversos países, particularmente por el costo en la separación de hemo componentes de hasta un 38%, lo que se transforma en un desabasto en componentes sanguíneos. En este estudio se evaluó la prevalencia en las solicitudes de transfusión sanguínea en un hospital de la capital Michoacana, durante los meses de julio a diciembre de 2021, encontrando que la mayor incidencia es la del grupo O Rh positivo, seguido del

grupo A y en menor porcentaje los grupos B y AB, siendo los menos comunes los grupos negativos.

Palabras clave: medicina transfusional, O Rh positivo, transfusión sanguínea, hemo componentes.

## Introducción

La determinación del tipo de sangre y la compatibilidad entre donante y receptor es una necesidad dentro del esquema médico, por lo que se realizan pruebas para la determinación de antígenos del sistema sanguíneo ABO y factor Rh (D), los cuales son muy relevantes en migraciones de la población, paternidad, en estudios inmunológicos como reacciones hemolíticas de origen inmune, incompatibilidad en transfusión sanguínea, enfermedad hemolítica del recién nacido o enfermedad autoinmune. El análisis del sistema ABO, da ventajas a los bancos de sangre y las transfusiones sanguíneas seguras en el ámbito hospitalario, de aquí la importancia de realizar estudios alrededor de estos sistemas. La probabilidad que representa la escasez de sangre o grupos sanguíneos imposibilitan las transfusiones de manera sistemática en la población, lo que conduce a considerar condiciones de emergencia la opción administrar el tipo sanguíneo O negativo (Fernández, 2022).

A lo largo de los años se ha puesto en práctica métodos de tamizaje sobre el donador, esto para llevar un control seguro sobre él y así de esta manera minimizar los riesgos y transmisiones de estas enfermedades. Otras complicaciones que surgen durante el proceso de la transfusión sanguínea son las reacciones hemolíticas agudas, o crónicas que llevan a la generación de otras complicaciones como es el caso del daño de pulmón (Linares, 2014).

Sin embargo, los programas de recolección y transporte en una cadena de donador a la transfusión del paciente, transfusión de sangre entera, o la utilización

de componentes de glóbulos rojos, concentrados de plaquetas, plasma y crioprecipitado permite optimizar los procesos, particularmente este último proceso en el que se puede conocer el tipo de sangre tanto del donador como el receptor y con ello, como lo establece la Organización Mundial de la Salud, un uso adecuado de la transfusión segura en caso de emergencia (OMS, 2022).

Generalmente, las condiciones de transfusión sanguínea se deben de considerar las características de la intencionalidad del proceso y de esta manera verificar la cantidad de los componentes a transfundir, todo esto dependerá si va desde una simple hemorragia aguda causada por trauma, o hasta la pérdida crónica de sangre, por lo tanto se debe confirmar cien por ciento el tipo de sangre para poder llevar a cabo las pruebas de compatibilidad y posteriormente realizar la transfusión sanguínea (Banegas, 2017).

Es fundamental conocer y entender bien los principios básicos de la inmunología. Por una parte, los grupos sanguíneos son antígenos que conducen a la producción de anticuerpos específicos si son inoculados en forma de sangre en una persona distinta (Grispan, 2006).

Los componentes de los antígenos del sistema ABO son moléculas carbohidratadas, por lo cual, el componente más importante es el azúcar de un oligosacárido en la parte externa del eritrocito (azúcar terminal), la mayoría de los antígenos se complementan a glucoproteínas (especificidad antigénica). La formación de la genética de los eritrocitos comienza a partir de enzimas transferasas las cuales son el principal componente del carbohidrato original. Los humanos reaccionan a este estímulo produciendo, la especificidad anti-A con la N-acetilgalactosamina por lo que se presenta en personas del grupo O y B, y la especificidad del anti-B se confiere gracias a la galactosa presentándose en personas de los grupos O y A, mientras que las personas del grupo AB, que

contienen ambos antígenos, no forman tales anticuerpos, conocidos como isohemaglutininas (Cruz, 2012).

El sistema ABO de los grupos sanguíneos, es el principal sistema de los muchos que existen. Para esta práctica los anticuerpos deben estar a 37 °C para que la transfusión sea compatible de lo contrario en los humanos que contengan eritrocitos que carezcan de antígenos Anti-A, anti-B y anti-AB, y no se les da el grupo sanguíneo correspondiente, claramente se dará una incompatibilidad y por consecuencia el paciente tendrá reacciones secundarias graves, incluso la muerte (López, 2013).

Los antígenos sanguíneos (ABO) están presentes en la mayoría de los tejidos y líquidos corporales y otros como el Rh formando parte de las membranas de los eritrocitos (Carmona, 2006).

El factor Rhesus (Rh) se trata de una proteína heredada que se encuentra en la superficie de los eritrocitos. Si hay presencia de dicha proteína el resultado da un Rh positivo, sin embargo, si hay ausencia se trataría de un Rh negativo. El polimorfismo del sistema Rh así como la inmunogenicidad de sus antígenos, le otorga el segundo lugar en interés clínico siendo el primero como ya se mencionó el sistema ABO. Este sistema está conformado por 56 antígenos definidos por métodos serológicos, puntuando los cinco más importantes y por lo tanto, nombrados antígenos mayores del sistema: los antígenos (D, C, c, E y e). Los cuales se ubican sobre dos proteínas que se expresan en la membrana de los eritrocitos: la primera lleva al antígeno D (Rh 1) y sus variantes, la segunda a los antígenos C, E, c y e (Rh2 al Rh5) en distintas combinaciones (CE, cE, Ce y ce) y variantes (Vásquez, 2015).

El Rh positivo es el grupo sanguíneo más frecuente. Sin embargo, poseer un grupo sanguíneo con Rh negativo no debería considerarse una enfermedad, puesto que generalmente, no afecta la salud. Cabe destacar que sí, puede afectar en el

embarazo, debido a la incompatibilidad que puede presentarse entre la madre y feto. Por lo que en se necesitaría de un cuidado especial si la madre fuera Rh negativo y feto Rh positivo, en dicho caso el personal de salud podría recomendar la aplicación de una inyección de inmunoglobulina de Rh después de cualquier estado en donde parte de la sangre de la madre pudiera entrar en contacto con la sangre del feto (Sandoval, 2014).

Según Fahurd y Zarif (2013) , destacan con base en su hipótesis de las razas primarias, que los grupos sanguíneos pueden ser clasificados de la siguiente forma (A en Europa, B en Asia y finalmente O en América del Sur) y que gracias a la migración y mezcla de razas se han diversificado en una combinación de dichos grupos, además mencionan que la aparición de todos los grupos sanguíneos y sus subgrupos, son el resultado de mutaciones sucesivas, a partir de un grupo sanguíneo básico y común, que es el grupo O, y se han ido ramificando a lo largo de millones de años.

La predominancia de los grupos sanguíneos por regiones es importante, pero no determinante dado que la movilidad social de las etnias provoca extenuación tanto patológicas como fisiológicas, derivado de ello se pretende realizar una correcta administración a la hora de la trasfusión sanguínea. En el caso de México es claro que se da una predominancia de grupos, pero surgen interrogantes que consideren si existen por regiones particulares de densidades poblacionales que conlleven a tomar estrategias particulares, buscando así valores que nos ayuden a determinar la incidencia de cada grupo utilizado en los hemocompuestos utilizados al ser transfundidos a los individuos (Bejerano, 2016).

De manera general, a nivel mundial el grupo sanguíneo más común es el O con Rh positivo, posteriormente continua el grupo A y con valores más bajos en porcentaje el grupo B y AB, (Cruz, 2012; Vizcaya, 2019). De manera particular esperamos que esta condición ocurra en este trabajo de estudio en la población



que acudió al hospital “Eva Samano de López Mateos” de Morelia durante el periodo de julio a diciembre de 2021, quienes requirieron un estudio de compatibilidad de transfusión sanguínea.

## Objetivo

El objetivo de esta investigación es estimar el cumplimiento de la frecuencia de administración de hemocomponente por grupo sanguíneo y Rh y la incidencia de los resultados por sexo, edad, por servicio, y unidades transfundidas de la población que acudió al hospital “Eva Samano de López Mateos” de Morelia durante el periodo de julio a diciembre de 2021.

## Materiales y métodos

Para realizar las pruebas cruzadas, se debe verificar que las muestras de sangre del receptor y del donante estén correctamente identificadas, clasificadas y los resultados anotados en el registro de transfusión. Si en el estudio del receptor se detectan discrepancias en la determinación del sistema ABO y Rh directo estos deben resolverse antes de proceder a la prueba cruzada. Si el suero del paciente contiene anticuerpos irregulares es preferible identificarlas previamente cuando por razones clínicas es necesario efectuar la transfusión antes de resolver el problema deberá seleccionarse el grupo ABO y Rh que no ofrezca riesgo.

Según la metodología escrita en la Norma Oficial Mexicana NOM-253-SSA1-2012, para la disposición de sangre humana y sus componentes con fines terapéuticos se deberá seguir con precisión el método para cualquier que sea la prueba cruzada a realizar. Clasificando la prueba en 2 grandes grupos: prueba cruzada mayor, la cual consiste en la mezcla de suero del receptor con los eritrocitos del donante; y

la prueba cruzada menor, la cual consiste en la mezcla el suero del donante con los eritrocitos del receptor. De manera particular, siguiendo la referencia NOM-253-SSA1-2012, se abordó en dos fases: en la primera, se preparó la suspensión de eritrocitos del donante al 5% en solución salina fisiológica lavados previamente pudiendo usar la misma muestra con la cual se realizó la verificación de los antígenos ABO/Rh, seguida la identificación hasta determinar que no existía aglutinación en la muestra: para la segunda fase, se continuó con el proceso, se realizó el proceso de validación de la prueba, la cual permitió verificar un resultado positivo, para demostrar la compatibilidad de la muestra, de lo contrario se consideró la incompatible del resultado final.

Una vez realizadas las mediciones se determina la frecuencia de administración de hemocomponentes por grupo sanguíneo y Rh, sexo, edad, por servicio, y unidades transfundidas.

## Resultados

Una vez obtenidos los resultados se observa que la cantidad de datos son robustos, cuyo análisis hipotético se prueba con una  $p=0.05$  con la prueba de Kolmogorov Smirnov, para todos los parámetros usados en el análisis. Así mismo se observa que dado el análisis de prevalencia el grupo más favorable en cada uno de los meses es el grupo O Rh positivo, independiente del género, observándose mayor concurrencia en el mes de julio, seguido los valores del mes de octubre.

Mediante la prueba de Kruskal-Wallis, para el análisis de pruebas independientes, con una  $p=0.05$  se observa un comportamiento favorable en la toma de hemocomponentes utilizadas en las transfusiones sanguíneas en todos los meses considerados en el estudio.

## **Discusión**

Los resultados obtenidos en el presente estudio, de manera local para el caso de Morelia, concuerdan con los encontrados por Vizcaya en 2019, en el que se observa que el comportamiento de identificación para grupos sanguíneos es el O con Rh positivo. Siendo este grupo el que más incidencia presentó en el estudio, lo que además es congruente con el estudio realizado por Cruz en 2012. La robustez de los resultados apunta la importancia del estudio, es decir, el tamaño de muestra considerado a lo largo de los meses garantiza los resultados estadísticos obtenidos en las pruebas de hipótesis consideradas.

## **Conclusión**

Se concluye que de acuerdo con el análisis de las hemocomponentes consideradas en el estudio realizado en el hospital “Eva Samano de López Mateos” de Morelia durante el periodo de julio a diciembre de 2021, este tiene un comportamiento como el planteado en otros estudios a nivel internacional, pero además queda excluido algún comportamiento particular ligado al sexo, edad y de manera especial a las unidades solicitadas o analizadas a ser transfundidas.

## **Agradecimientos**

Agradecemos el apoyo del personal del laboratorio clínico del hospital “Eva Samano de López Mateos” de Morelia, de manera particular de las químicas: Rosaura Guillen Pérez y Guadalupe Constantino Ixta por sus discusiones en el proceso de la investigación.

## Referencias

- Banegas, F. (2017). *Desarrollo psicomotor en niños y niñas de 6 a 12 meses*. Universidad de la Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28792/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%20N.pdf>
- Bejerano, P.N., García, B.D., & Pimentel, F.C.A. (2016). Discrepancias en el agrupamiento del sistema de grupos sanguíneos ABO. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 20(1).
- Carmona, F.J. (2006). Frecuencia de los grupos sanguíneos ABO y Rh en la población laboral del valle de Aburrá y del cercano oriente de Antioquia (Colombia). *Acta Médica Colombiana*, 31(1): 20-30.
- Cruz, H.F. (2012). Caracterización de donantes voluntarios. *Archivos de Medicina (Col)*, 12(2): 185-189.
- Farhud, D.D., & Zarif, Y.M. (2013). A Brief History of Human Blood Groups. *Iran J Public Health*, 42(1): 1-6.
- Fernández, B.L. (2022). *Técnicas de biología molecular en el manejo transfusional de pacientes con anemia hemolítica autoinmune*. Tesis de Especialidad. Facultad de Medicina, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú. 40 pp.
- Grispan, S. (1983). Grupos sanguíneos ABO y Rh. *REV. MEDICA HONDUR*. 51: 103-114.
- Linares, R.V. (2014). *Hemovigilancia; Reacciones adversas a la transfusión en el Instituto Nacional de Cancerología*. Tesis de Especialidad. Facultad de Medicina, UNAM. México. 36 pp.
- López, A.B. (2013). Sistema ABO. Curso universitario de especialización en patología clínica. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2013/agosto/0699638/0699638.pdf>.
- Norma Oficial, D. (2012). Para la disposición de sangre humana y sus componentes. Obtenido de <http://www.cnts.salud.gob.mx/descargas/NOM-253-SSA1-2012.pdf>. Fecha de consulta el 12 diciembre de 2021.
- OMS. (2022). Disponibilidad y seguridad de la sangre. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blood-safety-and-availability>. Fecha de consulta el 10 de agosto de 2022.

Sandoval, C. (2014). Frecuencia de antígenos eritrocitarios del sistema ABO y RH (d), en la etnia Weenhayek o Matacos, asentada en el Chaco boliviano, Sucre 2010. *Revista de Energía Química y Física*, 1(1): 60-95.

Vásquez, R.M., Castillo, E.D., Pavez, E.Y., Maldonado, R.M., & Mena, L.A. (2015). Frecuencia de antígenos del sistema sanguíneo Rh y del sistema Kell en donantes de sangre. *Revista Cubana de Hematol, Inmunol y Hemoter*, 31(2): 160-171.

Vizcaya, T., Colmenares, M., Pérez, L., Díaz, A., Pineda, A., & Duarte, Y. (2019). Distribución de grupos sanguíneos ABO y Rh en candidatos a donantes del Tocuyo, Venezuela. *REVISTA VENEZOLANA DE SALUD PÚBLICA*, 7(2): 9-16.

## ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES EN CÉLULAS DE GLÁNDULA MAMARIA EXPUESTAS A NANOPARTÍCULAS

Laura Denise López-Barrera, Roberto Díaz-Torres\* y Patricia Ramírez-Noguera

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM,*

\*[diaztorres\\_r@cuautitlan.unam.mx](mailto:diaztorres_r@cuautitlan.unam.mx)

### Resumen

El estrés oxidante se encuentra involucrado en diversas enfermedades, una de ellas el cáncer de mama, se ha visto que en esta patología el estado redox juega un papel importante para el progreso y desarrollo de la enfermedad y en etapas tardías está asociado al desarrollo de resistencia a quimioterapéuticos, por lo que se ha planteado el uso de sistemas de nanopartículas (NPs) para mejorar la respuesta. Por otro lado, el glutatión es el principal agente antioxidante y está relacionado con la respuesta temprana de la célula ha estímulos estresantes, de igual manera es utilizado por enzimas antioxidantes como un mecanismo para contrarrestar el estrés inducido. El objetivo es evaluar el efecto de la exposición de nanopartículas de quitosán con glutatión en la actividad de enzimas antioxidantes en células transformadas de glándula mamaria. Las nanopartículas fueron expuestas a las células MCF7 y MDA 231-MB para evaluar el efecto sobre la actividad de las enzimas glutatión peroxidasa, glutatión reductasa y catalasa. Los resultados mostraron que la exposición de las células a las NPs incrementó la actividad de enzimas como la glutatión peroxidasa y catalasa y reduce la actividad de la GRX enzima que está relacionada directamente con el contenido de glutatión de la célula, por otro lado, tratamientos combinados con el antineoplásico doxorubicina mostraron un incremento potenciado de la actividad de estas enzimas. **CONCLUSIÓN:** De acuerdo con los resultados obtenidos la actividad de enzimas antioxidantes se ve modificada por la presencia de las nanopartículas de

quitosán con glutatión, además de verse potenciada algunas veces por la exposición combinada con doxorrubicina. Esto podría ser de utilidad dado lo eventos celulares que pudieran verse modificados por las alteraciones del estado redox como la apoptosis y la proliferación celular.

**Palabras clave:** Quitosán, glutatión, redox, cáncer.

## Introducción

El glutatión (GSH) es un tripéptido compuesto por los aminoácidos, glutamina, cisteína y glicina ( $\gamma$ -L-glutamil-L-cisteinil-glicina) y es uno de los principales mecanismos antioxidantes endógenos a nivel celular (Kalinina *et al.*, 2014). El ciclo redox GSH/GSSG en el que participan las enzimas como el glutatión peroxidasa (GPx), glutatión reductasa (GRx) y catalasa permite que los niveles de GSH a nivel celular se mantengan en homeostasis. Los conjugados de GSH así como los niveles bajos de GSH o GSSG inducen la síntesis de novo GSH para mantener el estado redox celular (Corso y Acco, 2018). Un desequilibrio en el estado redox celular, se ha asociado a una gran cantidad de enfermedades en humanos y animales. Algunas son la artritis reumatoide, enfermedades neurodegenerativas, cataratas, síndromes metabólicos y diversos tipos de cáncer ( Dasgupta y Klein, 2014; Klaunig y Wang, 2018; Smallwood *et al.*, 2018).

En este trabajo nos enfocamos en específico al cáncer de mama, el cual es uno de los principales problemas de salud a nivel mundial, ya que se estima que su incidencia es de un 11.6%, colocándolo entre los primeros tres tipos de cáncer diagnosticados en hombres y mujeres (Bray *et al.*, 2018). Existen diversos fármacos que se pueden usar para su tratamiento, algunos de ellos como la Doxorrubicina y el Cisplatino, han mostrado tener efectos tóxicos a nivel renal y hepático, al generar acumulación de especies reactivas oxígeno y el subsecuente

daño a nivel de tejido (Moo *et al.*, 2018). El uso de nanotecnología en el tratamiento contra el cáncer representa un nuevo panorama, con la posibilidad de disminuir dichos efectos debido a las propiedades fisicoquímicas que pueden tener las nanopartículas (NPs) (Bose y Wong, 2015; Doello *et al.*, 2015).

## Objetivo

Evaluar el efecto de la exposición de nanopartículas de quitosán con glutatión en la actividad de enzimas antioxidantes en células transformadas de glándula mamaria.

## Materiales y métodos

### *Fabricación de Nanopartículas de Quitosán cargadas con Glutatión*

Las nanopartículas fueron preparadas por medio del método de gelación iónica como previamente se describió (López, 2019), resumiendo, se preparó una solución de quitosán al 0.3% y una solución de tripolifosfato de sodio (STPP) conteniendo 0.2 g de glutatión y se adicionó esta última solución gota a gota en la solución de quitosán.

### *Actividad de Catalasa*

Cada sistema de la curva se prepara con una concentración conocida de catalasa en medio de reacción con tritón x-100 y se agrega una solución de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30%. Los sistemas se mezclan y se incuban a temperatura ambiente. Después de la reacción el O<sub>2</sub> es atrapado por el tritón X-100 permitiendo la medición de la espuma formada en un tubo de 15 mm (Iwase *et al.*, 2013).

### *Actividad de Glutatión Peroxidasa (GPx)*



La actividad de la enzima GPx se realiza de acuerdo a lo descrito por Esworthy et al., 1999. La técnica se basa en la medición de la disminución de la absorción del NADPH, por una reacción acoplada de la GPx que utiliza el GSH para convertir el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O. La producción de GSSG es utilizado por la GRx y se produce la conversión de NADPH a NADP. Para su lectura se utiliza una longitud de onda de 340 nm.

#### *Actividad de Glutación Reductasa (GRx)*

La actividad de la enzima GRx se basa en el monitoreo del NADP en conjunto con la reducción del GSSG. Dado que el NADPH absorbe a 340 nm, su oxidación es reflejada por una disminución de la absorbancia a una temperatura de 30°C (Mannervik, 2004). Las células confluentes y en placas de 6 pozos se rasparon y colocaron en un buffer de lisis (PMSF, Tritón al 0.1 % y EDTA 5 mM), se determinó la cantidad de proteína total de acuerdo al método de Bradford y posteriormente se midió su actividad.

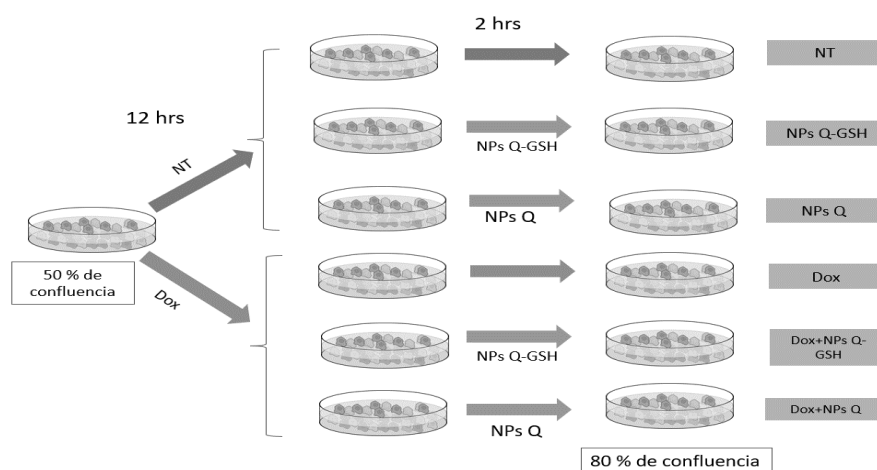
#### *Diseño Experimental*

Una de las líneas celulares utilizadas fue la MCF-7, esta línea celular es la más usada para estudiar el cáncer de mama, a pesar de ser originada de un tumor avanzado metastásico, la línea celular es no invasiva y representa un modelo experimental para estadios tempranos de la enfermedad, además de la presencia de receptor de estrógenos funcional y dependencia de estrógenos para su crecimiento (Welsh, 2013).

La otra línea celular utilizada fue la MDA MB-231, (línea proveniente de un carcinoma ductal invasivo) es usada comúnmente como un modelo para estudiar la etapa tardía del cáncer de mama, al ser similar al subtipo basal. Esta línea tiene el receptor de estrógenos, el receptor de progesterona y es E-cadherina negativo,

además de presentar poca expresión o ausencia del factor de crecimiento HER2 (Welsh, 2013).

Para evaluar el efecto modulador de las NPs, una vez que las células se encontraban en un 50 % de confluencia se dividieron en dos grupos; 1) Células no tratadas (NT) y 2) Células expuestas a doxorubicina (Dox) 5  $\mu$ M (por un tiempo de exposición de 12 hrs). Transcurrido el tiempo las células fueron lavadas con PBS y expuestas a NPs Q-GSH y NPs Q durante 2 hrs en ambos grupos. Al finalizar el tiempo de exposición con las NPs células fueron lavadas con PBS y se realizaron los análisis correspondientes (Figura 1).



**Figura 1. Diseño experimental, para evidenciar el efecto modulador de las Nanopartículas de Quitosán-Glutation (NPs Q-GSH).**

## Resultados y Discusión

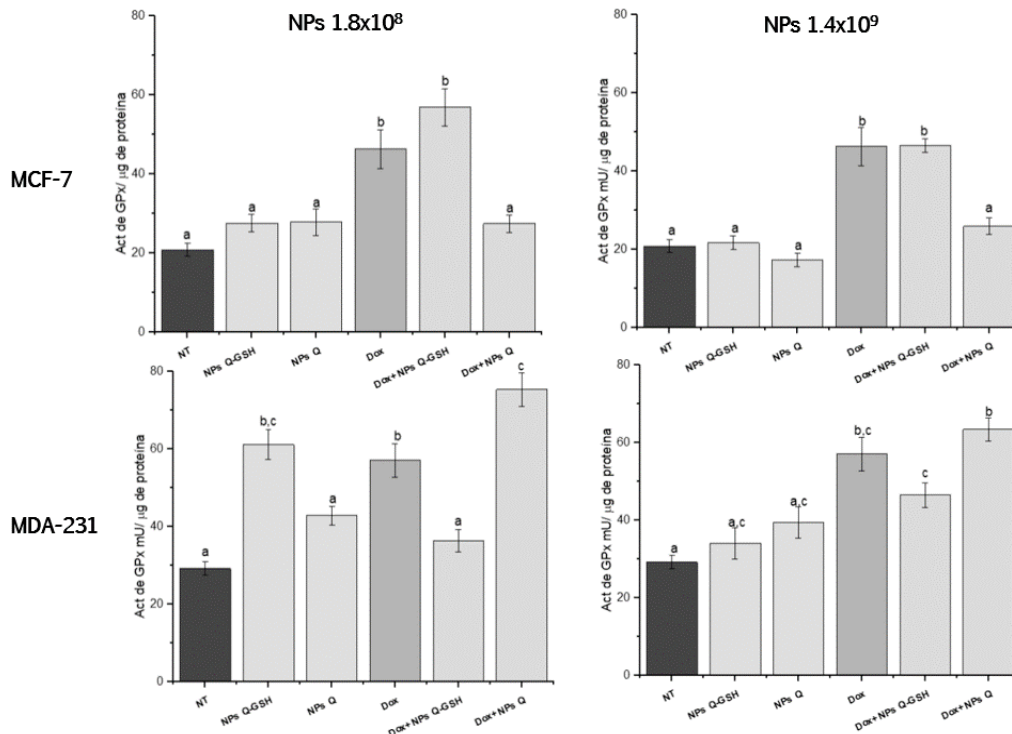
### *Actividad específica de Catalasa*

Como se observa en la Figura 2 la exposición de las NPs Q-GSH solo modificaron la actividad de las células MDA MB-231, mientras que en las células MCF-7 no hay diferencias respecto a las células NT. Sin embargo, cuando las células se exponen tanto a doxorubicina como a NPs de Q-GSH la actividad se ve disminuida, comparada con la inducida por la doxorubicina. Por un lado, el GSH



hidroperóxidos formados de manera endógena. La GPx reduce los peróxidos mediante la utilización del GSH como agente reductor, el cual es oxidado y convertido en glutatión disulfuro (GSSG), para posteriormente ser regenerado por la enzima Glutatión reductasa (GRx) (Benhar, 2018). Para determinar la actividad de la GPx se utilizó el método descrito por R. S. Esworthy (Esworthy *et al.*, 1999).

Como se observa en la Figura 3, la exposición de las NPs en las diferentes líneas celulares no modificó la actividad de esta enzima, salvo la concentración de  $1.8 \times 10^8$  en las células MDA 231. Cuando las células son expuestas a doxorubicina en combinación con NPs Q- GSH en las células MCF-7 la actividad se mantiene en niveles similares a esta y en el caso de las células MDA MB-231 los niveles disminuyen significativamente. Esto puede ser debido a la capacidad intrínseca de cada célula de reaccionar a la inducción de estrés generado por la exposición combinada de las NPs y la doxorubicina como se ha mencionado con anterioridad.



**Figura 3. Actividad específica de Glutación Peroxidasa (GPx). Letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre las medias (Tukey <0.05)**

*Actividad de específica de Glutación Reductasa (GRx)*

La Glutación Reductasa (GRx), es una enzima constitutiva activa e inducible bajo estrés oxidativo (Couto, 2016). Se encarga de la regeneración del GSH a partir del GSSG en una reacción utilizando NADPH. Como se observa en la Figura 4, la exposición de las NPs Q-GSH en las dos concentraciones utilizadas y en las dos líneas celulares, no modifica los niveles de esta enzima, lo cual podría sugerir que no hay un estímulo inducible debido a un desequilibrio óxido-reducción a nivel celular debido a la exposición a las NPs. La exposición combinada tanto de doxorrubicina como de la exposición de NPs Q-GSH, así como las NPs Q disminuye significativamente la actividad de esta enzima. La actividad disminuyó probablemente debido a que las NPs mostraron capacidad para disminuir la cantidad de EROs a nivel celular, y al no haber un requerimiento por parte de la célula de la formación de GSH, disminuir la actividad de esta enzima que se encarga de regenerarlo.



Los autores agradecen el financiamiento de este trabajo a los proyectos PAPIIT IN214321 y a la cátedra de investigación CI2225.

## Referencias

- Benhar, M. (2018). Free Radical Biology and Medicine Roles of mammalian glutathione peroxidase and thioredoxin reductase enzymes in the cellular response to nitrosative stress. *Free Radical Biology and Medicine*, 127: 160–164. <http://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.01.028>
- Bose, A., & Wong, W.T. (2015). *Nanotechnology-Enabled Drug Delivery for Cancer Therapy*. Nanotechnology Applications for Tissue Engineering. Elsevier Inc. <http://doi.org/10.1016/B978-0-323-32889-0.00011-X>
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1–2): 248-254. [http://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](http://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Bray, F., Ferlay, J., & Soerjomataram, I., Siegel, L.R., Torre, A.L., & Jemal, A. (2018). Global Cancer Statistics 2018: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *A Cancer Journal of Clinicians*, 394–424. <http://doi.org/10.3322/caac.21492>
- Corso, C. R., & Acco, A. (2018). Glutathione system in animal model of solid tumors: From regulation to therapeutic target. *Critical Reviews in Oncology / Hematology*, 128: 43–57. <http://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2018.05.014>
- Couto, N., Wood, J., & Barber, J. (2016). Free Radical Biology and Medicine The role of glutathione reductase and related enzymes on cellular redox homeostasis network. *Free Radical Biology and Medicine*, 95: 27–42. <http://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.028>
- Dasgupta, A., & Klein, K. (2014). Oxidative Stress Related to Other Diseases. Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements. 185–207. <http://doi.org/10.1016/b978-0-12-405872-9.00011-2>
- Doello, K., Cabeza, L., Ortiz, R., & Arias, J.L. (2015). Nanopartículas Magnéticas en el Diagnóstico y Tratamiento del Cáncer. *Actual. Med.*, 100(796): 6–10. <http://doi.org/10.15568/am.2015.796.re01>

- Esworthy, R.S., Chu, F.F., & Doroshov, J.H. (1999). Analysis of Glutathione-Related Enzymes. *Current Protocols in Toxicology*, 00(1): 7.1.1-7.1.32. <http://doi.org/10.1002/0471140856.tx0701s00>
- Inanan, T. (2019). Chitosan Co -polymeric nanostructures for catalase immobilization. *Reactive and Functional Polymers*, 135: 94–102. <http://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2018.12.013>
- Iwase, T., Tajima, A., Sugimoto, S., Okuda, K., Hironaka, I., Kamata, Y., & Mizunoe, Y. (2013). A Simple Assay for Measuring Catalase Activity: A Visual Approach. *Scientific Reports*, 3(1): 3081. <http://doi.org/10.1038/srep03081>
- Kalinina, E.V, Chernov, N.N., y Novichkova, M.D. (2014). Role of Glutathione, *Glutathione Transferase, and Glutaredoxin in Regulation of Redox Dependent Processes*, 79(13): 1562–1583.
- Kaushal, J., Seema, Singh, G., & Arya, S.K. (2018). Immobilization of catalase onto chitosan and chitosan–bentonite complex: A comparative study. *Biotechnology Reports*, 18: e00258. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2018.e00258>
- Klaunig, J.E., & Wang, Z. (2018). Oxidative stress in carcinogenesis. *Current Opinion in Toxicology*, 7: 116-121. <http://doi.org/10.1016/j.cotox.2017.11.014>
- López, B.L.D., Díaz, T.R., Ramírez, N.P., López, M.A., López, R.A.G. & Olmos, S. (2019). Oxidative stress modulation induced by chitosan-glutathione nanoparticles in chondrocytes. *Die pharmazie*. 74: 406-411.
- Mannervik, B. (2004). Measurement of Glutathione Reductase Activity. *Current Protocols in Toxicology*, 00(1): 7.2.1-7.2.4. <http://doi.org/10.1002/0471140856.tx0702s00>
- Moo, T.A., Sanford, R., Dang, C., & Morrow, M. (2018). Overview of Breast Cancer Therapy. *PET Clinics*, 13(3): 339-354. <http://doi.org/10.1016/j.cpet.2018.02.006>
- Smallwood, M.J., Nissim, A., Knight, A.R., Whiteman, M., Haigh, R., & Winyard, P.G. (2018). Oxidative stress in autoimmune rheumatic diseases. *Free Radical Biology and Medicine*, 125: 3-14. <http://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.05.086>
- Welsh, J.E. (2013). *Animal Models for Studying Prevention and Treatment of Breast Cancer*. Animal Models for the Study of Human Disease. Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-415894-8.00040-3>



## DIFERENCIACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS PARA EVITAR EL DESPERDICIO

Berenice Hernández-Vázquez\*, Michelle Angeles-Segoviano

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.*

[\\*berenice.hernandez@cuautitlan.unam.mx](mailto:berenice.hernandez@cuautitlan.unam.mx)

### Resumen

El desperdicio de alimentos es un problema que afecta la seguridad alimentaria de los hogares mexicanos, aumenta la erosión de recursos ecológicos, sociales y económicos, al igual que ejerce una mayor presión sobre los sistemas de producción, las cadenas de suministro y los consumidores. Poco visible entre los miembros de la sociedad, el desperdicio o desecho de productos perecederos de origen agrícola, ligados al comportamiento y negligencias humanas con o sin intencionalidad, se encuentra localizado en los últimos eslabones de la cadena alimentaria. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), estima que de la producción total de alimentos a nivel mundial se desperdicia el 17%; de ahí, el 61% corresponde a los hogares; siendo las frutas y hortalizas las más importantes, representando un 45% del desperdicio. El desarrollo de políticas públicas mexicanas asociadas al desperdicio de alimentos, son pieza clave en el desarrollo de estrategias que permitan la reducción paulatina de las pérdidas y contribuyan al cumplimiento del objetivo 12, de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el 2030. La propuesta de diferentes métodos de conservación, a partir de la diferenciación de frutas y hortalizas por órgano de consumo en el hogar, permitirá fomentar opciones asequibles que contribuyan a la reducción del desperdicio en los hogares, mejore la seguridad alimentaria, fortalezca la economía familiar y disminuya el impacto ecológico a causa del consumo irresponsable.

**Palabras clave:** alimentación, seguridad, deshecho.

## Introducción

*“Cuando se pierden o se desperdician alimentos, también se malgastan todos los recursos utilizados para producirlos; como agua, tierra, energía, mano de obra y dinero invertido” (ONU, 2020).*

Actualmente, 690 millones de personas padecen de hambre, lo que representa el 8.9% de la población mundial; de continuar así, para el 2030 podrían ser 840 millones de personas en situación de insuficiencia alimentaria (FAO, 2020). De acuerdo con datos de la FAO, el 17% de los alimentos producidos en el mundo durante el 2019, acabaron en la basura de las familias, comercios minoristas, restaurantes y otros actores (FAO, 2021). Del total de alimentos desperdiciados, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) estima que el 61 % de ellos proceden de hogares, el 26 % del servicio de alimentos y un 13 % de venta al por menor (UNEP, 2021). Las frutas y verduras son el grupo de alimentos con mayores pérdidas, hasta el 45 % de lo producido, y también representan los mayores niveles de desperdicios con un gasto del 30 % de las compras realizadas por los consumidores (González y Carmen, 2018).

Con respecto a esta problemática internacional, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se promulga al respecto, creando el Objetivo No. 12 de un total de 17 ODS para 2030, señalando la necesidad de “garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles” (ONU, 2022). Es prioridad para los países miembros lograr la meta 12.3 para el 2030, la cual busca reducir a la mitad el desperdicio mundial de alimentos per cápita a nivel de minoristas, consumidores y a lo largo de la cadena de producción y suministro. Para su cumplimiento existen tres indicadores de vigilancia: el indicador 12.3.1, que corresponde a las pérdidas

y desperdicio mundiales de alimentos; el subindicador 12.3.1.a, índice de pérdidas de alimentos (productos básicos); y el subindicador 12.3.1.b para el índice de desperdicio de alimentos (minorista y de consumo) (ONU, 2021).

En México, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) estima que durante el 2019 el desperdicio de alimentos fue de 20.4 millones de toneladas, equivalentes al 34 % de la producción nacional del 2018; siendo los hogares donde se realiza la mayor parte del desperdicio de alimentos (CONEVAL, 2018). La escasa información del tema hace evidente la falta de aplicación de los instrumentos internacionales ya existentes para vislumbrar con certeza la cantidad, calidad y origen de alimentos que se pierden o desperdician en las distintas etapas de la cadena de suministro, al igual que en los hogares.

## **Objetivo**

El presente trabajo tiene como propósito, desde una revisión de fuentes documentales, realizar una crítica a las estrategias gubernamentales adoptadas por el gobierno mexicano en materia de desperdicio de alimentos, a partir del año 2017 al tercer trimestre del 2022, y visibilizar los métodos de conservación de alimentos (frutas y hortalizas), como estrategia para reducir el desperdicio en los hogares y contribuir al cumplimiento de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible para el 2030.

## **Desarrollo del tema**

Desperdicio de alimentos.

Cada individuo puede definir el desperdicio de alimentos en función del papel que juega en las diferentes etapas de la cadena de suministro; existiendo una gran variedad de actores que producen, venden, usan, transforman, concientizan y

promocionan los suministros. Partiendo de la definición que la Real Academia Española (RAE) hace del término “desperdicio” (RAE,2022); se refiere al residuo de lo que no se puede o no es fácil aprovechar o se deja de utilizar por descuido. Esta definición extensa plantea dos ideas distintas: el residuo inutilizable y la pérdida por descuido; intencional o sin ella, los alimentos del hogar pueden desperdiciarse sin que la negligencia se vea descalificada o reprobada por los miembros de la sociedad.

De acuerdo con el Panel de Cuantificación del Desperdicio Alimentario en los Hogares (PCDAH), del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Español (MAPA). El desperdicio se desglosa en dos grupos:

- “Desperdicio de alimentos sin utilizar: alimentos desechados tal cual se compraron, sin haber sufrido ninguna elaboración en el hogar.
- Desperdicio de recetas: alimentos desechados después de haber sido cocinados o utilizados en algún tipo de elaboración” (MAPA, 2020).

En México, la definición o postura federal se encuentra a cargo de la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), quien define el “desperdicio de alimentos” con base a FoodPrint ; como “la disminución en la cantidad o calidad de los alimentos, como el resultado de las decisiones y acciones de los minoristas, proveedores de servicios alimentarios y consumidores; incluyendo la comida a medio comer y la que queda en el plato de un restaurante y restos de comida preparada en casa” (PROFECO, 2022). También, identifica cinco grupos de importancia con respecto al desperdicio de alimentos en los hogares mexicanos como son:

- Deterioro de alimentos: Ocurre debido a un almacenamiento inadecuado, el cual se origina por la falta de visibilidad, ingredientes poco utilizados y porciones mal calculadas.

- Preparación excesiva: Cuando se cocinan o se sirven porciones que son superiores a la ingesta recomendada. En ocasiones los alimentos sobrantes son tirados a la basura.
- Confusión en la etiqueta de fecha: El desperdicio ocurre cuando existe confusión en la lectura de las etiquetas con fecha de caducidad o consumo preferente.
- Compra excesiva: Compra de artículos por acaparamiento u ofertas innecesarias ya que no se ajustan a los planes de alimentación regular y caducan antes de que puedan usarse.
- Mala planificación: Estimaciones inexactas de qué y cuántos ingredientes se compran para las porciones necesarias en el hogar. Las comidas no planificadas aumentan el riesgo de deterioro de alimentos antes de que puedan usarse (PROFECO, 2022).

Política Mexicana.

La política social en México tiene diferentes caras y matices; cuando se trata de bienestar social, se repite constantemente la fórmula del asistencialismo; si el bienestar se traduce en la disponibilidad de alimento, se procura el abasto; pero si el objetivo es evitar el desperdicio de alimentos, se convierte en un tema poco visible entre los tomadores de decisiones.

Trabajando el tema y sin éxito desde 2017, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha sido pionera en la concientización del desperdicio de alimentos entre los mexicanos. Preocupada por la creciente situación, su objetivo consistió en diseñar una estrategia nacional con base al informe “Pérdidas y desperdicios de alimentos en México”, elaborado por el Banco Mundial (SEMARNAT, 2017); idea que jamás se materializó pero sentó las bases para que en 2018, la Secretaría se pronunciará y declarará que el diseño de

nuevas estrategias gubernamentales para atender la pérdida y desperdicio de alimentos, debería enfocarse en tres áreas por: la prevención de la pérdida y el desperdicio, la recuperación de alimentos que pueden aprovecharse y la revalorización de los residuos orgánicos a lo largo de la cadena de suministro, enfatizando la necesidad del trabajo conjunto entre los tres órdenes de gobierno (SEMARNAT, 2018 a). A finales de ese mismo año, ya en funciones, “la cuarta transformación” (4T); creó el Grupo de Trabajo Único (GTU) para atender la pérdida y desperdicios de alimentos en nuestro país; quienes después de realizar su segunda reunión en la que el Banco Mundial presentará los lineamientos estratégicos para atender esta problemática (SEMARNAT, 2018 b), no volvió a emitir postura alguna; desapareció sin previo aviso y no existe registro del trabajo realizado.

La Cruzada Nacional sin Hambre, forma parte de las políticas públicas con buena intención; decretada en el Diario Oficial de la Nación en 2013 y desaparecida tras ocho años de ejecución en 2022. Este programa de asistencia social tenía por objetivo la reducción de la carencia alimentaria y contaba con cuatro ejes para abastecer a 7 de cada 10 millones de mexicanos que se encontraban en pobreza alimentaria, la idea contemplaba el aprovechamiento del 37% de alimentos que se desperdiciaban en México (SHCN, 2021). Esta estrategia no tenía claridad sobre el problema por resolver: el hambre, la desnutrición, el desperdicio, el acceso o la disponibilidad de alimentos a las personas más vulnerables. En el diseño inicial, la Cruzada no contaba con una definición precisa del hambre o la estrategia para reducirla. Pese a los trabajos realizados durante cinco años del gobierno anterior y tres años de la 4T, el programa “no cumplió con su objetivo” y la población identificada en condición de carencia alimentaria se incrementó más del 12.5% al 2018; para el periodo 2018-2022 no se comprobó reducción (DOF, 2022).

Actualmente, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) a través de su organismo llamado SEGALMEX, es el encargado de diseñar objetivos y ejecutar acciones para garantizar la seguridad alimentaria en México. Dentro del programa institucional 2020-2024 de Seguridad Alimentaria Mexicana (SEGALMEX, 2022), sus objetivos prioritarios son diversos; sin embargo, no se incluyen los términos de pérdida o desperdicio de alimentos. No obstante, se alinea y deja visto que al igual que el plan de desarrollo nacional "No dejará a nadie atrás y no dejará a nadie afuera" (Cuenta Pública, 2020).

Claramente, el trabajo realizado por México es poco fructífero en la reducción del desperdicio de alimentos. Lograr el objetivo 12 de la ONU para el 2030, es casi imposible después de 8 años de políticas sin resultados. La formulación de nuevas estrategias políticas deberá desarrollar y fortalecer capacidades a corto plazo, partiendo de una visión local que se adapte a las necesidades del entorno inmediato. De ahí la importancia de "no sólo difundir información entre los miembros de la sociedad", sino también, concientizar y dotar de probables soluciones a los actores generadores de cambio.

Métodos de conservación.

El papel que juega cada uno de los integrantes en el hogar es importante para lograr la reducción de desperdicios; no solo por la comida que consume, sino por los recursos que se utilizan para producirlos. A medida que el individuo se vuelve consciente de la sobreexplotación de los ecosistemas, su huella ecológica (SEMARNAT, 2021), al igual que reconoce el impacto en su bolsillo, será capaz de identificar las posibles soluciones para lograr su seguridad alimentaria. Los alimentos conservados y disponibles pueden sustentar la alimentación de manera constante y a lo largo del tiempo. Ya sean raíces, tallos, hojas, flores, frutos o semillas, pueden recibir tratamiento para ser preservados. Los métodos de conservación pueden ser variados y diferenciados de acuerdo con su objetivo en

la alimentación: ya sean congelados, almíbares, mermeladas, confituras, jaleas, salmueras y deshidratados, si el procedimiento se realiza de forma correcta, manteniendo la limpieza e higiene, esterilizando, cerrando bien el envasado y se almacena en un lugar seco, fresco y oscuro; los alimentos preparados pueden durar meses y hasta años para su consumo.

De acuerdo con Velázquez *et al.* (2018), en su libro “El estado del patrimonio en América Latina”, la Secretaría de Desarrollo Social en México (SEDESOL) señala que las hortalizas: ajo, calabacita, calabaza, papa, chile, jitomate, nopal, pepino, tomate verde y zanahoria; y las frutas: aguacate, guayaba, limón, mango, manzana, melón, naranja, papaya, piña, plátano, sandía y uvas, se encuentran entre los perecederos de origen agrícola más desperdiciados en México. Prevenir o retrasar la actividad de microorganismos descomponedores la mayor parte del tiempo es posible si se llevan a cabo métodos de conservación.

Por la diferencia que existe entre el uso biológico y cultural de los alimentos, las frutas y hortalizas pueden clasificarse morfológicamente de acuerdo con el órgano de consumo (raíz, tallo, hoja, flor, fruto, semilla); su identificación permite diferenciar los métodos de conservación adecuados para su funcionalidad en el hogar (Tabla 1).

**Tabla 1. Principales métodos de conservación en frutas y hortalizas consumidas en México, clasificadas por órgano de consumo. Elaboración propia (2022).**



Clasificación morfológica		Nombre común de Frutas y Hortalizas	Método de conservación
RAÍZ	Pivotante	Zanahoria, rábano	Deshidratado
	Tubérculo	Papa, camote, betabel, yuca	Deshidratado Mermelada
	Bulbo	Cebolla, ajo	Salmuera Escabeche
	Rizoma	Jengibre, cúrcuma	Congelado Deshidratado Salmuera
TALLO	Modificado	Espárrago, nopal	Congelado Escabeche
HOJAS	Simples	Espinaca, acelga, cilantro, epazote, hierbabuena, apio	Congelado Deshidratado
	Modificadas	Lechuga, col (repollo), alcachofa	Escabeche
FLOR	Solitaria	Calabaza, jamaica, huauzontles, flores de agave, flores de árboles	Salmuera Escabeche Deshidratado
	Inflorescencia	Brócoli, coliflor	Escabeche Congelado
FRUTO	Simples	Jitomate, tomate verde, chile, berenjena, aguacate, melón, sandía, pepino, calabaza, naranja, limón, toronja, papaya, plátano, mango, uva, manzana, durazno, fresa, pera, tejocote, guayaba, granada	Deshidratado Salmuera Mermelada Confitura Jalea Congelado
	Compuestos	Piña, higo, ejote, mora, zarzamora	Licor Deshidratado Mermelada Confitura Jalea Congelado
Semilla	Consumo en estado inmaduro.	chícharo, elote, habas verdes	Congelado Deshidratado

Los diferentes métodos de conservación propuestos en la Tabla anterior contribuyen a retardar la descomposición de los alimentos, destruyendo o inactivando las enzimas necesarias para el desarrollo de microorganismos (Casp, 2003); por ejemplo, por medio del escabeche se previene o retarda la reacción de pudrición en el chile, nopal, zanahoria, ajo, cebolla, col, coliflor, brócoli, flor de calabaza y espárrago (Tabla 2). Permaneciendo disponibles hasta 2 años con el almacenamiento adecuado (Castelli, 2018).

**Tabla 2. Tiempo de vida útil utilizando diferentes métodos de conservación.  
Elaboración propia (2022).**

Método de conservación	Producto	Tiempo de utilidad	Almacenamiento
Conservas en azúcar	Almíbar	4 meses (DIF, 2007) 6 meses (Rodríguez, 2004)	Sin apilarse, en un lugar seco y fresco, en un sitio oscuro y no someterse a cambios bruscos de temperatura. Una vez abierto el producto debe refrigerarse (DIF, 2007).
	Mermelada	4 meses (DIF, 2007)	
	Jaleas	5 meses (DIF, 2007)	
Conservas en vinagre	Escabeches	2 meses (DIF, 2007) 2 años (Castelli, 2018) 6 meses (Rodríguez, 2004)	Mantenerse en refrigeración (DIF, 2007). La esterilización del producto final alarga el tiempo de vida útil (Castelli, 2018).
Deshidratación		1 año (UCCE, 2019)	Envasar en bolsas de celofán y almacenar en lugar seco, fresco y oscuro (De Michelis y Ohaco, s/f.).
Conservas en sal	Salmueras	6 meses (Rodríguez, 2004)	Guardar en un lugar seco y fresco. Una vez abierto el producto debe refrigerarse (Rodríguez, 2004).
Conservas en alcohol	Licores	1 año (Rodríguez, 2004)	Guardar en un lugar oscuro, seco y fresco. Una vez abierto el producto debe refrigerarse (Rodríguez, 2004).
Otros	Congelación	8 a 12 meses (Johnson y Bradt, 2018)	Almacenar en congelador a menos de menos 5 grados Celsius (Johnson y Bradt, 2018).

## Conclusiones

Generar información de calidad para identificar correctamente el desperdicio de alimentos en México, requiere del diseño y ejecución de políticas públicas enfocadas en los ODS para el 2030. Solucionar esta problemática mundial, requiere del trabajo local para el desarrollo de capacidades y habilidades entre los miembros de la población. Los programas de apoyo y reducción de desperdicios deberán diseñarse desde un concepto multidisciplinario, dinámico y corresponsable que permita el reconocimiento del desperdicio, evidenciar su impacto ecológico, social y económico; al mismo tiempo que se generan opciones

para el manejo poscosecha, la conservación y almacenamiento de los alimentos en el hogar.

Evitar el desperdicio de alimentos durante la producción y a lo largo de la cadena de suministro puede incrementar el acceso a recursos como agua-suelo-energía en los distintos sistemas alimentarios. Una vez que los alimentos son llevados al hogar, los distintos métodos de conservación representan una opción para la reducción del problema, pero también, incrementa la disponibilidad, el acceso y la estabilidad de la alimentación a través del tiempo, representando una forma de acabar con el hambre y la malnutrición de millones de personas en el mundo.

## Referencias

Casp Vanaclocha, A. (2003). *Procesos de conservación de alimentos*. 2a. ed. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. Recuperado el 19 de julio de 2022 de URL <https://elibro.net/es/ereader/utcmx/101973?page=79>

Castelli, J. (2018). *Manual de conservas*. Chaco: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado el 20 de julio de 2021 de URL [https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_de\\_recetas\\_para\\_elaborar\\_conservas\\_2018.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_manual_de_recetas_para_elaborar_conservas_2018.pdf)

CEDRSSA. (2019). *El desperdicio de alimentos en México alcanza el 34.7 por ciento de lo que se produce: CEDRSSA*. [Noticia 30/07/2019] Recuperado 08 de julio de 2022 de URL [http://www.cedrssa.gov.mx/post\\_el\\_-n-desperdicio-n-\\_de\\_-n-alimentos-n-\\_en\\_-n-mn-xico-n-\\_alcanza\\_el\\_34\\_7\\_por\\_ciento\\_de\\_lo\\_que\\_se\\_produce-\\_n-cedrssa-n.htm](http://www.cedrssa.gov.mx/post_el_-n-desperdicio-n-_de_-n-alimentos-n-_en_-n-mn-xico-n-_alcanza_el_34_7_por_ciento_de_lo_que_se_produce-_n-cedrssa-n.htm)

CONEVAL. (2018). *Estudio Diagnóstico del Derecho a la Alimentación Nutritiva y de Calidad 2018*. Primera Edición. Recuperado 18 de septiembre de 2022 de URL [https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Derechos\\_Sociales/Estudio\\_Diag\\_Alím\\_2018.pdf](https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Derechos_Sociales/Estudio_Diag_Alím_2018.pdf)

CONEVAL. (2022). *Evaluación de la política social. Balance de la Cruzada Nacional contra el hambre 2013-2016*. Recuperado 11 de julio de 2022 de URL

[https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/ECNCH/paginas/balance\\_cruzada\\_nacional\\_contra\\_el\\_hambre.aspx](https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/ECNCH/paginas/balance_cruzada_nacional_contra_el_hambre.aspx)

CONEVAL. (2022). *Evaluación de la política social. Cruzada Nacional Contra el Hambre: Recuento 2013-2018*. Recuperado 11 de julio de 2022 de URL [https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/ECNCH/Documents/CNCH\\_Recuento\\_2013\\_2018.pdf](https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/ECNCH/Documents/CNCH_Recuento_2013_2018.pdf)

CONEVAL. (2022). *Análisis exploratorio para la medición de resultados de la Cruzada Nacional Contra el Hambre. Diseño de la evaluación de impacto*. Recuperado 11 de julio de 2022 de URL [https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/ECNCH/Documents/Dise%C3%B1o\\_evaluacion\\_impacto.pdf](https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/ECNCH/Documents/Dise%C3%B1o_evaluacion_impacto.pdf)

Cuenta Pública. (2020). *Seguridad Alimentaria Mexicana, Introducción SEGALMEX. Estrategias y Logros*. Recuperado 27 de marzo de 2021 de URL <https://www.cuentapublica.hacienda.gob.mx/work/models/CP/2020/tomo/VII/Print.JBP.01.INTRO.pdf>

De Michelis, A. & Ohaco, E. (s/f). *Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos. Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala*. Recuperado 12 de julio de 2022 de URL [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_cartilla\\_secado.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cartilla_secado.pdf)

DIF. (2007). *Manual de Conservación de Alimentos. México: Biblioteca Mexiquense del Bicentenario*. Recuperado 22 de julio de 2022 de URL [https://difem.edomex.gob.mx/sites/difem.edomex.gob.mx/files/files/DIFEM/PDFs/difem\\_pdf\\_antologia.pdf](https://difem.edomex.gob.mx/sites/difem.edomex.gob.mx/files/files/DIFEM/PDFs/difem_pdf_antologia.pdf)

DOF. (2022). *Decreto por el que se abroga el diverso por el que se establece el Sistema Nacional para la Cruzada contra el Hambre*. Recuperado 10 de julio de 2022 de URL [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5641130&fecha=21/01/2022#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5641130&fecha=21/01/2022#gsc.tab=0)

FAO. (2020). *Versión resumida; El estado de la seguridad alimentaria y nutrición en al mundo*. Recuperado 18 de septiembre de 2022 de URL <https://www.fao.org/3/ca9699es/CA9699ES.pdf>

FAO. (2021). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. [Noticia]. Recuperado 10 de julio de 2022 de URL <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/>

FAO. (2011). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. ¡Estudio realizado para el congreso internacional SAVE FOOD! en Interpack 2011.* Recuperado 18 de julio de 2022 de URL <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>

FAO. (2022). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe.* [Noticia]. Recuperado 15 de junio de 2022 de URL <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/>

FAO. (2014). *México y los países de América Latina y el Caribe se reúnen para fortalecer acciones de nivel nacional, regional y global para erradicar el hambre y la malnutrición.* [Noticia 30/07/2014]. Recuperado 27 de junio de 2022 de URL <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/240173/>

FAO. (2020). *Frutas y verduras—esenciales en tu dieta. Año Internacional de las Frutas y Verduras, 2021. Documento de antecedentes.* Recuperado 20 de julio de 2022 de URL <https://doi.org/10.4060/cb2395es>

González G., & Carmen Gloria. (2018). Frutas y verduras perdidas y desperdiciadas, una oportunidad para mejorar el consumo. *Revista chilena de nutrición*, 45(3): 198.

HLPE. (2014). *Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición Junio 2014.* Recuperado 01 de junio de 2022 de URL <https://www.fao.org/3/i3901s/i3901s.pdf>

Johnson, T., & Bradt, J. (2018). *Freezing Fruits and Vegetables.* Recuperado 10 de julio de 2022 de URL <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/pnw214.pdf>

MAPA. (2020). *Informe sobre el desperdicio alimentario en los hogares 2020.* Recuperado 10 de julio de 2022 de URL [https://menosdesperdicio.es/sites/default/files/documentos/relacionados/informe\\_desperdicio\\_alimentario\\_hogares\\_2020.pdf](https://menosdesperdicio.es/sites/default/files/documentos/relacionados/informe_desperdicio_alimentario_hogares_2020.pdf)

ONU. (2020). *La COVID-19 incrementa la pérdida de alimentos frescos en los países de bajos ingresos.* [Noticia 28/09/2020]. Recuperado 18 de septiembre de 2022 de URL <https://news.un.org/es/story/2020/09/1481362#:~:text=El%20organismo%20de%20la%20ONU%20recuerda%20que%20%E2%80%9Ccuando%20se%20pierden,obra%20y%20el%20dinero%20invertido%E2%80%9D>

ONU. (2021). *El mundo desperdicia el 17% de los alimentos mientras 811 millones de personas sufren hambre*. [Noticia 28/09/2021]. Recuperado 11 de julio de 2022 de URL <https://news.un.org/es/story/2021/09/1497582>

ONU. (2022). *Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS), Objetivo número 12*. Recuperado 18 de septiembre de 2022 de URL <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>

PNUMA. (2019). *ONU: se desperdicia 17% de todos los alimentos disponibles a nivel del consumidor*. Recuperado 17 de julio de 2022 de URL <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/onu-se-desperdicia-17-de-todos-los-alimentos-disponibles>

RAE. (2022). *Real Academia Española, definición: desperdicio*. Recuperado 18 de septiembre de 2022 de URL <https://dle.rae.es/desperdicio>

PROFECO. (2022). *Evita el desperdicio de alimentos*. Recuperado 12 de julio de 2022 de URL [https://www.gob.mx/profeco/documentos/evita-el-desperdicio-de-alimentos?state=published#:~:text=Informaci%C3%B3n%20del%20%C3%8Dndice%20de%20desperdicios,peque%C3%B1os%20almacenes%20\(Ver%20cuadro\)](https://www.gob.mx/profeco/documentos/evita-el-desperdicio-de-alimentos?state=published#:~:text=Informaci%C3%B3n%20del%20%C3%8Dndice%20de%20desperdicios,peque%C3%B1os%20almacenes%20(Ver%20cuadro))

Rodríguez, O. (2004). *Elaboración de conservas de frutas y hortalizas*. Recuperado 26 de julio de 2022 de URL <https://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2013%20CONSERVAS.pdf>

SEGALMEX. (2022). *Programa Institucional 2020-2024 de Seguridad Alimentaria Mexicana, SEGALMEX*. Recuperado 18 de septiembre de 2022 de URL [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/622670/Programa\\_Institucional\\_2020-2024\\_de\\_Seguridad\\_Alimentaria\\_Mexicana\\_SEGALMEX\\_2.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/622670/Programa_Institucional_2020-2024_de_Seguridad_Alimentaria_Mexicana_SEGALMEX_2.pdf)

SEMARNAT. (2017). *Impulsa SEMARNAT Estrategia Nacional para Evitar Desperdicio de Alimentos*. Recuperado 7 de septiembre de 2022 de URL <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/impulsa-semarnat-estrategia-nacional-para-evitar-desperdicio-de-alimentos?idiom=es>

SEMARNAT. (2018 a). *México prepara lineamientos para atender la pérdida y desperdicios de alimentos*. Recuperado 27 de junio de 2022 de URL <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/mexico-prepara-lineamientos-para-atender-la-perdida-y-desperdicios-de-alimentos>

SEMARNAT. (2018 b). *Segunda Reunión del Grupo de Trabajo Único sobre Pérdida y Desperdicio de Alimentos de México*. Recuperado 27 de junio de 2022 de URL <https://www.gob.mx/semarnat/galerias/segunda-reunion-del-grupo-de-trabajo-unico-sobre-perdida-y-desperdicio-de-alimentos-de-mexico?idiom=es>

SEMARNAT. (2021). *Pérdida y desperdicio de alimentos*. Recuperado 22 de junio de 2022 de URL [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/621391/5.\\_Sesi\\_n\\_1\\_-\\_SEMARNAT\\_-\\_P\\_rdida\\_y\\_Desperdicio\\_de\\_Alimentos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/621391/5._Sesi_n_1_-_SEMARNAT_-_P_rdida_y_Desperdicio_de_Alimentos.pdf)

UCCE. (2019). *Reglas básicas para deshidratar alimentos*. Recuperado 22 de julio de 2022 de URL <https://ucanr.edu/sites/camasterfoodpreservers/files/340001.pdf>

UNEP. (2021). *Food Waste Index Report 2021*. Recuperado 7 de septiembre de 2022 de URL <file:///C:/Users/beren/Downloads/FoodWaste.pdf>

Velázquez, R., Bolívar, N., & Rangel, S. (2018). *Estado del Patrimonio en América Latina, estudios de caso*. Editorial TECCIS A.C. ISBN: 978-607-97419-4-5.

## UNA PROPUESTA DE LAS MATRICES DE ROTACIÓN PARA EL MANEJO DEL DRIFT

Gabino Estevez-Delgado\*, Joaquín Estevez-Delgado, Victoria Belen Palomares-Rizo

<sup>1</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

\*[gabino.estevez@umich.mx](mailto:gabino.estevez@umich.mx)

### Resumen

Cuando se trata de servicios de calidad acreditados bajo la referencia internacional ISO 17025, cuya área de aplicación es dada para los laboratorios de ensayos y calibración, existen dos parámetros, la incertidumbre y error de medición. Caso de atención particular es la incertidumbre la cual deben de identificar las variables de influencia que intervienen en la medición y que generan la variabilidad más importante. Es esta variable la que motiva la presente investigación en la que una de las variaciones que se identifican el DRIFT, que a diferencia de otras variables que influyen en las mediciones, tienen un comportamiento en el que el valor esperado equivalente al valor promedio crece con una pendiente que se incrementa en el tiempo. El análisis de esta variabilidad es motivado no solo por la propia referencia ISO 17025, y la guía internacional para evaluar la incertidumbre, sino que existen otras exigencias de valoración como lo es la calificación metrológica que ha ido en aumento como una necesidad por parte de las organizaciones, tantos laboratorios y la industria o aquellos que utilizan el método CEIMA (Calificación de Equipos de Instrumentos de Medición Analítica). La investigación realizada consiste atender la variabilidad de los cromatógrafos llamada DRIF a través de la generación de las curvas trasladadas rotacionalmente a un eje paralelo al eje de las x, para posteriormente poder atender las coordenadas a valores usados mediante el método de mínimos cuadrados para el caso de la regresión lineal. Esta metodología nos lleva al tratamiento de los datos no solo para el análisis de la variabilidad, sino



el tratamiento de posibles valores que pueden generar riesgos en los procesos a través de análisis de curvas como las observadas en los diagramas Levy Jennings o cartas control.

**Palabras clave:** Incertidumbre, cromatografía de gases, CEIMA, calificación metrológica.

## Introducción

Dentro de los parámetros que comúnmente aparecían en la incertidumbre se encuentran aquellos que generan la variabilidad más representativa. Generalmente estos parámetros se determinan de estudios que generan ponderaciones de las variabilidades, conocido como presupuesto de la incertidumbre (Le Maître y Knio, 2010). Considera importante tener una cantidad robusta de datos que sea funciones de densidad de probabilidad de tipo paramétrico, como lo vemos en la guía de incertidumbre, GUM (JCGM, 2008), que en nuestro país se ha condensado por la normatividad NMX-CH-140-IMNC-2002 (Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C., 2003). Las distribuciones de probabilidad descritas en dicha normatividad son de carácter paramétrico, cuya descripción de las probabilidades obedecen a las densidades clasificadas como normales: la propia distribución normal, la distribución rectangular o uniformes, triangular, densidades tipo  $t$ -student, entre las más usadas. Su amplia gama de áreas de aplicación va desde los procesos que atienden los laboratorios clínicos, de alimentos o de ensayos y calibración, demandando en cada una de estas áreas el cumplimiento de la robustes finalmente son normatividades demandas por referencias internacionales tales como las ISO 15189, ISO 22000, ISO 17025, entre otras que incluyen el cálculo de la incertidumbre, tal como lo demanda la guía del cálculo de la incertidumbre. Por otro lado, los laboratorios de cromatografía acreditados son laboratorios de análisis que cuentan con equipos cromatográficos

necesario mantener la trazabilidad de las mediciones para desarrollar patrones de referencia y asegurar la certeza y exactitud de los resultados. La cadena ininterrumpida de mediciones desde el Sistema Internacional de Unidades a los valores medidos por el laboratorio que utiliza los patrones o instrumento patrón, demandados por las acreditadoras, se logran mediante el análisis de realizado mediante el uso de la ley de propagación de errores (Wei, Valdebenito, & Beer, 2021) o la demanda realizada por la guía para la estimación de la incertidumbre. Una vez que se pondera las posibles variables, que influyen en las mediciones, se determina la contribución que cada una de ellas en suman a la variabilidad total del proceso, también conocido como la determinación del presupuesto de la incertidumbre. De tal suerte que la incertidumbre de las mediciones, en casi todos los procesos científicos y tecnológicos, se han convertido en referentes para analizar otros aspectos que garanticen la calidad de las mediciones, anticipen posibles desviaciones y acompañen la toma de decisiones. Regulaciones de esta naturaleza las encontramos poco a poco como parte de la exigencia en la optimización de los recursos materiales, disminución de tiempos y la prevención como estrategia de ganar en el mercado (Vâlcu y Călin, 2018). De esta forma vemos que dos metodologías, que están presente alrededor de varios procesos, incluyendo aquellas como el caso de la cromatografía, son los métodos CEIMA y Calificación Metrológica (CM) (Khatmullina *et al.*, 2021).

Las fuentes de incertidumbre de una medición más generales contemplan:

- Errores de apreciación del operador en la lectura de instrumentos analógicos.
- Resolución infinita del instrumento o umbral de discriminación finito.
- Valores inexactos de patrones de medición y materiales de referencia.
- Aproximaciones y suposiciones incorporadas en los métodos y procedimiento de medición.

- Variaciones en observaciones repetidas del mensurando bajo condiciones aparentemente iguales.
- Reactivos.
- Fuentes de incertidumbre asociadas con las mediciones.

Estas fuentes no son necesariamente independientes y, por supuesto, un efecto sistemático no reconocido no puede considerarse en la evaluación de la incertidumbre del resultado de una medición, pero contribuye a su error.

En el caso específico de los equipos cromatográficos, en los procesos de verificación y validación podemos determinar la comprobación de las siguientes variables, las cuales pueden corregirse mediante la calibración frecuente de los instrumentos:

En el sistema de dispensación

- Exactitud de la velocidad de flujo (HPLC).
- Exactitud de la velocidad de flujo (UHP)
- Precisión de la velocidad de flujo.
- Exactitud de la composición del gradiente.

En el sistema de inyección

- Precisión de Volumen.

En el muestreador

- Exactitud para la temperatura.
- Compartimento de columna.
- Exactitud.
- Estabilidad.

En el detector de la onda variable

- Linealidad.
- Exactitud. para la longitud de onda.
- Ruido.
- Deriva (Drift).

Este último parámetro es uno de los que resultan altamente demandados en la determinación de variabilidades, pero que debido a los aspectos geométricos que representan pocas veces se incluye dentro del cálculo incertidumbre, lo que representa la posibilidad de obtener observaciones sobre las tendencias del incremento de variabilidad a lo largo del tiempo, llevando a la pérdida de credibilidad de las mediciones, un sistema poco operativo, inversión en el remplazo de componentes, pérdida de capacidad sobre la conformidad entre otras. Debido a la importancia de la evaluación del DRIFT se plantea el análisis para obtención del mismo mediante el uso de la traslación geométrica, haciendo uso de las matrices de rotación, de los resultados de variabilidad y la obtención de las ecuaciones que definan la variable DRIFT, que puede ser obtenido por cualquier método de interpolación como lo es el caso del uso del método de mínimos cuadrados, pero que no es privativo de poder realizar una aproximación por otra metodología, siempre y cuando sea respaldado sin caer en de extrapolaciones.

### **Objetivo**

El objetivo de esta investigación es calcular la variable del Drift de un proceso de medición realizado con un cromatógrafo utilizando el cambio geométrico de la matriz de rotación utilizando el traslado de ejes de simetría para la valoración del proceso de interpolación.

### **Materiales y métodos**

Recordemos que de manera lineal:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \dots + \alpha_k x_k + \varepsilon \quad (1)$$

y hacemos  $n$  observaciones independientes  $y_1, \dots, y_n$  de  $Y$ . Podemos escribir  $y_i$  como

$$y_i = \alpha_0 + \alpha_1 x_{i1} + \alpha_2 x_{i2} + \dots + \alpha_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad (2)$$

donde  $x_{ij}$  es el valor de la  $j$ -ésima variable independiente para la  $i$ -ésima observación,  $i = 1, \dots, n$ .

Expresando de manera matricial podemos definir la expresión de forma matricial como:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; \quad X = \begin{bmatrix} x_0 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ x_0 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_0 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}; \quad \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_k \end{bmatrix}; \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}; \quad (3)$$

Podemos acomodar las ecuaciones de manera matricial como:

$$Y = X\alpha + \varepsilon, \quad (4)$$

En el caso particular, para la expresión lineal, la familia de soluciones se puede dar como:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 x + \varepsilon, \quad (5)$$

Donde ahora las  $n$  expresiones, con  $x_0 = 1$  en (3), toman la forma matricial como:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_n \end{bmatrix}; \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}; \quad \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{bmatrix}; \quad (6)$$

Se dieron las ecuaciones de los mínimos cuadrados para  $b$ , la ordenada al origen, y  $m$ , la pendiente de la línea recta,  $\bar{y} = y = mx + b$ , así para poder obtener la variación mínima para la expresión:

$$s^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n} \quad (7)$$

Al sustituir tenemos:

$$s^2 = \frac{\sum (y_i - (mx_i + b))^2}{n} \quad (8)$$

considerando que los parámetros que optimizan la variación es la pendiente y la ordenada al origen tendremos que obtener las derivadas parciales  $\frac{\partial s^2}{\partial m}$  y  $\frac{\partial s^2}{\partial b}$  las cuales se igualan a cero, lo que nos lleva al siguiente sistema de ecuaciones:

$$m \sum_{i=1}^n x_i + nb = \sum_{i=1}^n y_i \quad (9)$$

$$m \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad (10)$$

Al solucionar el sistema de ecuaciones tenemos los valores de m y b como:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i - n \sum_{i=1}^n x_i y_i}{(\sum_{i=1}^n x_i)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (11)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i}{(\sum_{i=1}^n x_i)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (12)$$

Ahora bien, si nosotros utilizamos consideramos que el drift espacialmente se produce generando variaciones que se incrementan alrededor de una línea cuya geometría, a diferencia de las variaciones que tenemos en un diagrama Levey Jennings con el valor esperado generando una línea con  $m=0$ , mantiene valores con pendiente distinta de cero.

A fin de generar un análisis más cómodo, encontraremos una relación producto de la rotación de la típica carta control a una con las variaciones propias del drift.

Consideremos que la relación matricial la podemos expresar como:

$$R = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\text{sen } \theta \\ \text{sen } \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \quad (13)$$

Lo que permite expresar las nuevas coordenadas con rotación como:

$$\begin{pmatrix} x_r \\ y_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\text{sen } \theta \\ \text{sen } \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (14)$$

Que en forma matricial podríamos expresarla por la siguiente ecuación:

$$C_r = RC \quad (15)$$

Donde podemos identificar las coordenadas como:

$$C_r = \begin{pmatrix} x_r \\ y_r \end{pmatrix}; \quad C = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}; \quad (16)$$

$$x_r = x \cos \theta - y \text{sen } \theta \quad (17)$$

$$y_r = x \text{sen } \theta + y \cos \theta \quad (18)$$

Considerando la expresión de la línea recta, valor esperado  $y_r = mx_r + b + \varepsilon$ , al suponer la optimización de los resultados y los errores despreciables, podemos describir la ecuación (18) como:

$$y_r = mx_r + b \quad (19)$$

Al sustituir tendríamos (17) y (18) en (19) tendríamos:

$$x \cos \theta + y \text{sen } \theta = m(x \cos \theta - y \text{sen } \theta) + b \quad (20)$$

Despejando y tendríamos:

$$y = \frac{m \cos \theta - \operatorname{sen} \theta}{\cos \theta + m \operatorname{sen} \theta} x + \frac{b}{\cos \theta + m \operatorname{sen} \theta} \quad (21)$$

De tal forma que podemos definir:

$$m_r = \frac{m \cos \theta - \operatorname{sen} \theta}{\cos \theta + m \operatorname{sen} \theta} \quad (22)$$

$$b_r = \frac{1}{\cos \theta + m \operatorname{sen} \theta} b \quad (23)$$

Así, la recta a la que tendríamos que aplicarle el método de mínimos cuadrados sería:

$$y = m_r x + b_r \quad (24)$$

Al optimizar las nuevas variables, mediante el método de mínimos cuadrados, tendríamos que considerar, en analogía a la ecuación (8):

$$s^2 = \frac{\sum (y_i - (m_r x_i + b_r))^2}{n} \quad (25)$$

Obteniendo  $\frac{\partial s^2}{\partial m_r} = 0$  y  $\frac{\partial s^2}{\partial b_r} = 0$ .

Sin embargo, por regla de la cadena, dada la dependencia tendríamos:

$$\frac{\partial s^2}{\partial m_r} = \frac{\frac{\partial s^2}{\partial m}}{\frac{\partial m_r}{\partial m}} \quad (26)$$

$$\frac{\partial s^2}{\partial b_r} = \frac{\frac{\partial s^2}{\partial b}}{\frac{\partial b_r}{\partial b}} \quad (27)$$

## Resultados



Siguiendo las consideraciones de los resultados presentados, para el caso de la optimización de las matrices de rotación vemos el desarrollo para la variación de la pendiente como:

$$\frac{\partial m_r}{\partial m} = \frac{(\cos \theta + m \sin \theta) \cos \theta - (m \cos \theta - \sin \theta) \sin \theta}{(\cos \theta + m \sin \theta)^2} \Rightarrow$$

$$\frac{\partial m_r}{\partial m} = \frac{1}{(\cos \theta + m \sin \theta)^2} \quad (28)$$

Para la variación  $\frac{\partial b_r}{\partial b}$  tomando (23) y obtenemos:

$$\frac{\partial b_r}{\partial b} = \frac{1}{\cos \theta + m \sin \theta} \quad (29)$$

Por otro lado, considerando la variación para la pendiente de la ecuación (25) tendremos:

$$\frac{\partial s^2}{\partial m} = \frac{\sum (2)(y_i - (mx_i + b)) \partial(-(mx_i + b))}{n} \Rightarrow$$

$$\frac{\partial s^2}{\partial m} = -\frac{2}{n} \sum (x_i y_i - mx_i^2 - bx_i) \quad (30)$$

Siguiendo el mismo análisis variacional para (25):

$$\frac{\partial s^2}{\partial b} = \frac{\sum (2)(y_i - (mx_i + b)) \partial(-(mx_i + b))}{n} \Rightarrow$$

$$\frac{\partial s^2}{\partial b} = -\frac{2}{n} \sum (y_i - mx_i - b) \quad (31)$$

## Discusión

Como se ha comentado al inicio de este ejercicio de investigación, los elementos de desarrollo acerca del DRIFT poco se ha estudiado, debido a las complicaciones de

desarrollo que ello implica, sin que ello haya dejado de ser una necesidad a nivel internacional, como lo muestran estudios del arte al respecto. Las aproximaciones en su gran mayoría son de carácter numérico, por lo que los resultados presentados puede ser un elemento de partida para la evaluación de esta importante variabilidad en magnitudes como la cromatografía.

## Conclusión

La proyección del comportamiento del DRIFT, lo que en el espacio cartesiano y estadístico requiere de dar un tratamiento estadístico que es complicado al mantener una inclinación sobre la horizontal, por lo que dentro de la metodología seguida se encontraron las matrices de rotación, que, combinada con el método de mínimos cuadrados, nos ha permitido dar cabal cumplimiento al objetivo planteado, pudiendo encontrar las siguientes observaciones:

- Para el caso lineal, se genera una expresión, ecuación (19) con condiciones de rotación para poder analizar el DRIFT.
- El uso de la regla de la cadena, ampliamente usada en cálculo diferencial, ecuaciones (26) y (27) han dado lugar al tratamiento de un sistema óptimo para el manejo de los datos cuando tienen condiciones espaciales, inclinadas como el caso del DRIFT.
- Al solucionar el sistema de ecuaciones tenemos los valores de  $m$  y  $b$  como:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i - n \sum_{i=1}^n x_i y_i}{(\sum_{i=1}^n x_i)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (32)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i}{(\sum_{i=1}^n x_i)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (33)$$

## Referencias

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (2003). NMX-CH-140-IMNC-2002. *Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones*.

JCGM. (2008). GUM. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. 100.

Khatmullina, R., Shutkova, D., & Vaks, M. (2021). Current State of Standardization in the Field of Metrological Support of Information and Measurement Systems. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, (64): 75-77.

Le Maître, O.P., & Knio, O.M. (2010). Introduction: Uncertainty quantification and propagation. *Spectral methods for uncertainty quantification*, 1-13.

Vâlcu, A., & Călin, A. (2018). Asegurar la validez de los resultados mediante comprobaciones intermedias en el campo de las mediciones de masa. *Journal of Physics: Conference Series*, 1065(4): 042033.

Wei, P.L., Valdebenito, M., & Beer, M. (2021). Bayesian probabilistic propagation of imprecise probabilities with large epistemic uncertainty. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 149: 107219.

## APLICACIONES DE MÉTODOS HEURÍSTICOS EN LA INGENIERÍA. TAXONOMÍA Y EJEMPLOS PRÁCTICOS

Fernando Gudiño-Peñaloza\*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM*

[\\*ilciarmin@gmail.com](mailto:ilciarmin@gmail.com)

### Resumen

En la actualidad la integración de la inteligencia artificial y las técnicas de aprendizaje máquina y aprendizaje profundo a la resolución de problemas múltiples de las diferentes áreas de la ingeniería ha significado un avance en el entendimiento y resolución de dichos problemas. Varias de estas técnicas se basan en la utilización de métodos heurísticos para su implementación. Uno de los problemas recurrentes de las técnicas de resolución tradicionales (métodos exactos) es el consumo de recursos necesarios para su implementación, así como una complejidad temporal y espacial elevada si se utilizan computadoras para su implementación. Es por ello por lo que la utilización de los métodos heurísticos resulta una alternativa adecuada para lidiar con estos problemas. Se califica de heurístico a un procedimiento para el que se tiene un alto grado de confianza en que encontrará soluciones de alta calidad con un coste computacional razonable, aunque no se garantice su optimalidad o su factibilidad, e incluso, en algunos casos, no se llegue a establecer lo cerca que se está de dicha situación. La idea subyacente es optimizar los recursos con los que se cuentan, a la par de la calidad de solución a implementar. En si se puede decir que se llega a una solución “buena” del problema, pero generalmente no la mejor. En este artículo se presenta una taxonomía de los métodos heurísticos poniendo énfasis en los métodos metaheurísticos utilizados de manera recurrente en procesos de optimización de tareas, por último, se dan ejemplos claros de las técnicas utilizadas actualmente en diferentes áreas de la ingeniería.

**Palabras clave:** Optimización, Aprendizaje Máquina, Aprendizaje Profundo, tecnología aplicada

## Introducción

Actualmente los problemas que enfrentamos en diferentes ámbitos de nuestra vida laboral y personal tienden a ser muy complicados, esto debido a las grandes cantidades de información, el origen y la rapidez requerida para procesarla y entregar una solución a dichos problemas. Los sistemas computacionales han surgido como una herramienta útil para realizar las tareas de análisis y síntesis de la información y nos permiten tomar decisiones basadas en el conocimiento. Si bien en un principio los sistemas de apoyo a las decisiones (DSS) utilizaban métodos “exactos” desarrollados en otras áreas para dar solución a los problemas expuestos, con el tiempo se demostró que estas técnicas no eran capaces de dar soluciones viables a muchos de los problemas reales.

Incluso si se puede desarrollar un algoritmo exacto, su complejidad temporal (tiempo de procesamiento computacional) y espacial (espacio de almacenamiento) pueden resultar inaceptables (Desale, 2015). Sin embargo, en la realidad a menudo no es necesario tener una solución perfecta, basta con tener una solución aproximada o parcial. Tal flexibilidad en la respuesta nos permite tener un conjunto más amplio de técnicas para hacer frente a los problemas que enfrentamos.

Discutimos algoritmos heurísticos que sugieren algunas aproximaciones a la solución de problemas en Ingeniería. En tales problemas el objetivo es encontrar la óptima de todas las soluciones posibles, es decir, aquella que minimiza o maximiza una función objetivo. La función objetivo es una función utilizada para evaluar la calidad de la solución generada.

## Objetivo

El objetivo del presente documento es demostrar la importancia que los métodos heurísticos tienen en las diferentes áreas de la ingeniería, en particular en aquellas impartidas dentro de la Fes Cuautitlán y hacer notar la necesidad de incluir el estudio de dichas técnicas en los planes de estudio.

## Desarrollo del tema

Un problema de búsqueda.

El propósito final de todos los métodos de solución de problemas es encontrar una respuesta a un problema dado. En tales problemas el objetivo es encontrar la óptima de todas las soluciones posibles, es decir, aquella que minimiza o maximiza una función objetivo. La función objetivo es una función utilizada para evaluar la calidad de la solución generada. Muchos problemas del mundo real son fácilmente planteados como problemas de optimización. La recopilación de todas las posibles soluciones para un problema dado puede ser considerado como un espacio de búsqueda y algoritmos de optimización, a su vez, motivo por el cual se denominan algoritmos de búsqueda al hecho de tratar de encontrar dicha solución.

Por un lado, los algoritmos exactos son algoritmos que siempre resuelven un problema de optimización de forma óptima. Por ejemplo, si nosotros enfrentamos el problema de “la suma de dos números reales A y B” podemos decir que dicha suma es  $S=A+B$ , siendo S un valor en el conjunto de los números reales, así si A es igual a 4 y B es igual a 2, la suma S es igual a 6. Nadie pone en duda dicha afirmación y el valor de la suma es exactamente seis, siempre lo ha sido y siempre lo será, es por tanto su valor exacto.

Ahora pongamos el ejemplo del área de un círculo está definido por “ $A=\pi r^2$ ”, en este caso el área A tomara diferentes valores de acuerdo con el número de decimales que se utilicen en el valor de pi. Este no es un valor exacto, sin embargo, es un valor próximo y podemos aceptarlo como valido aun cuando no estemos seguro del valor de dicha área.

De igual manera en los métodos de solución de problemas más complejos, no es necesario tener un valor exacto, nos basta con un valor aproximado. El en si se reduce entonces en encontrar aquel método que se acerque a dar una solución aceptable en el espacio de búsqueda adecuado (el de las técnicas de solución de dicho problema).

El conjunto de algoritmos que dan casi la respuesta correcta o proporcionar una solución no aplicable para todas las instancias del problema son llamados algoritmos heurísticos. Este grupo incluye un amplio espectro de métodos basados tanto en técnicas tradicionales como específicas. fundamentales de los algoritmos de búsqueda tradicionales.

Es difícil imaginar la variedad de problemas existentes, así como el número de algoritmos desarrollados para resolverlos. Sin embargo, los métodos aproximados los podemos clasificar en dos grandes categorías: Heurísticos y metaheurísticos.

La diferencia entre una y otra es que la primera trata de obtener una buena suposición de la solución de un problema, pero que realmente no sabes lo bueno que es (Nuha, 2018). El segundo se trata de obtener una solución para la que pueda demostrar lo cerca que está de la solución óptima. Por lo tanto, la heurística a menudo depende del problema, es decir, se define una heurística para un problema dado, por ello se les suele llamar heurísticas ad hoc. Las metaheurísticas son técnicas independientes de los problemas que se pueden aplicar a una amplia gama de problemas. Una metaheurística no sabe nada sobre el problema que se

aplicará, puede tratar las funciones objetivo como cajas negras. En la Figura 1 se puede ver la taxonomía de los métodos de solución.

Técnicas Ad hoc.

Las técnicas ad hoc se dividen a su vez en subvariedades de búsquedas exhaustivas, es decir evalúan todas las posibles soluciones. estas técnicas se ordenan de la siguiente manera:

- Algoritmos de búsqueda local, es una versión de búsqueda exhaustiva que solo se enfoca en un área limitada del espacio de búsqueda. Tales algoritmos reemplazan constantemente la solución actual con lo mejor de sus vecinos si es mejor que el actual.
- Los algoritmos de divide y vencerás, intentan dividir un problema en problemas más pequeños que son más fáciles de resolver. Las soluciones de los pequeños problemas deben ser combinables para una solución para el original. Esta técnica es efectiva pero su uso es limitado, porque no hay una gran cantidad de problemas que se puedan particionar fácilmente y combinados de tal manera.
- Técnicas de branch-and-bound, es una enumeración crítica del espacio de búsqueda. Enumera, pero constantemente trata de descartar partes del espacio de búsqueda que no puede contener la mejor solución.
- La programación dinámica es una búsqueda exhaustiva que evita el recálculo almacenando las soluciones de los subproblemas. El punto clave para usar esta técnica está formulando el proceso de solución como una recursión.

Metaheurísticas.

De igual manera que dividimos a los métodos en exactos y heurísticos, y estos últimos en ad hoc y metaheurísticos, podemos dividir esta categoría en dos tipos:



metaheurísticas basadas en trayectorias y basadas en poblaciones, tal como se ve en la Figura 1.

Una metaheurística basada en trayectoria mejora iterativamente una única solución y forma una trayectoria de búsqueda en el espacio de la solución. Los ejemplos de metaheurísticas basadas en trayectorias incluyen el recocido simulado (SA), la búsqueda tabú (TS), la búsqueda local iterada (ILS) y la búsqueda local guiada (GLS) (Hu,2018). En las metaheurísticas basadas en la población, varios operadores procesan una población de soluciones en cada iteración (generación). Los miembros de la población son reemplazados por otros nuevos para que se pueda explorar el espacio de solución. El algoritmo genético (GA), la optimización de colonias de hormigas (ACO), la optimización de enjambres de partículas (PSO) y la colonia de abejas artificiales (ABC) [4] son algunas metaheurísticas basadas en la población ampliamente utilizadas.



Figura 1. Taxonomía de los métodos de solución.

Ejemplos de aplicación en la ingeniería.

Enlistar los ejemplos de aplicación de métodos heurísticos en la ingeniería es por sí misma una labor ociosa. Por ello solamente pondremos algunos ejemplos utilizados en las carreras impartidas en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Metaheurística para la optimización de parámetros en biorreactores.

Un biorreactor es un recipiente o sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo. Se puede definir como un sistema diseñado, desplegado

para facilitar el crecimiento de la masa biológica a través de la transformación o degradación del material alimentado al reactor. Para ello se deben mantener condiciones estables de temperatura, ph, presión, etc. Hernández (2019) presentó un esquema computacional efectivo utilizando técnicas metaheurísticas para la optimización de un proceso integrado de producción de biodiesel a partir de la microalga *Chlorella vulgaris*. Se optimizaron diez variables de decisión, incluidas las temperaturas y presiones de los cinco reactores de proceso y el número de etapas y la etapa de alimentación de las tres columnas de destilación consideradas. El modelo es una formulación multiobjetivo que involucra objetivos económicos y ambientales. La función objetivo económica tiene como objetivo maximizar el ingreso anual total. La función objetivo asociada al impacto ambiental es minimizar los gases de efecto invernadero producidos. La herramienta de optimización que se utilizó en este artículo consiste en un algoritmo estocástico llamado I-MODE (evolución diferencial multiobjetivo mejorada).

Ensamblaje óptimo de tarjetas PCB en la industria de electrónicos.

En la industria electrónica, montaje automático de placas de circuito impreso (PCB) constituye un proceso de fabricación fundamental. El equipo utilizado para automatizar el montaje de electrónica supera con creces a otras máquinas en términos de capital inversión y complejidad en su programación de operaciones y control de máquinas.

Las desviaciones considerables entre las especificaciones proporcionadas por el diseñador y el resultado real pueden ser enormes, y el potencial de las configuraciones del sistema de montaje se vuelen enormes. Es por lo que se necesita un sistema que ayude a solucionar las configuraciones según los elementos a ensamblar. Métodos basados en la teoría de grafos, así como en modernos algoritmos de búsqueda numérica ayudaron a Grunow (Grunow, 2000) a reducir las pérdidas asociadas a la reconfiguración de los elementos. Para ello

un sistema basado en grafos modelaba los puntos de ensamble de las piezas mientras que un algoritmo de recocido simulado optimizaba las rutas que debían de seguir las placas PBC para lograr reducir el tiempo en el que se da el ensamble total de la placa electrónica.

Cálculo de orbitas satelitales para estaciones espaciales.

La misión de la estación espacial se está convirtiendo gradualmente en una tendencia floreciente de la industria en los últimos años, tanto como el mantenimiento de equipos, el suministro de combustible, el ensamblaje en órbita, etc. Muchos países comienzan a explorar el mantenimiento de la estación espacial, y vale la pena señalar que los satélites asociados a la estación han tenido éxito para completar las tareas en la estación espacial. Especialmente, la optimización de la trayectoria del satélite es crucial para las comunicaciones en órbita en la estación espacial. Se requiere la optimización de la trayectoria del satélite para reducir el consumo de combustible y acortar el tiempo de aproximación, sujeto a múltiples limitaciones. Hu (2018) propuso el uso de un modelo predictivo control (MPC) una técnica exhaustiva para encontrar la trayectoria óptima, pero dada la complejidad de las restricciones (espacio, combustible, velocidad, etc.) utiliza una corrección del modelo usando linealización, la cual es una técnica obtenida de la programación numérica, esto lo convierte en una técnica híbrida conocida como meta-heurísticas.

Reducción de maleza en plantíos de maíz.

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los principales cultivos de cereales del mundo y proporciona aproximadamente el 15% de las proteínas del mundo y el 20% de las calorías del mundo (Nuss, 2010). La escasez de proteínas y calorías en la gran proporción de la población mundial está provocando un crecimiento y desarrollo reducidos y un aumento de las enfermedades, especialmente entre los niños (Pimentel *et al.*, 1975). Desafortunadamente la amapola mexicana (*Argemone*

*mexicana*) es una maleza anual nociva generalizada asociada con cultivos como el maíz. Esta especie de maleza invasora debe controlarse incluso en la estación seca porque la amapola mexicana tiene un sistema de raíces de gran alcance, que extrae agua de las capas profundas del suelo. Sin embargo, cuando las malezas se controlan de manera uniforme en lugar de un método de agricultura de precisión o específico del sitio en los campos espacialmente variables, existen desafíos de contaminación ambiental. Las técnicas de control de malezas específicas en sitio han ganado interés en la comunidad de agricultura de precisión en los últimos años. En su estudio Moshia (2019) propone la utilización de técnicas de inteligencia artificial, Deep learning, para determinar las zonas de maleza para etiquetarlas y georeferenciarlas para su exterminio en sitio. Las técnicas de Deep learning en si se consideran técnicas metaheurísticas ya que dichas técnicas no ofrecen soluciones únicas, sino que ofrecen un Pareto de soluciones viables a un problema específico.

## Conclusión

Las técnicas heurísticas han empezado a desplazar a las técnicas exactas en la solución de problemas, sobre todo en aquellos problemas en los cuales existen múltiples objetivos y gran cantidad de restricciones, ya que convierten el problema en una instancia de un problema de búsqueda de la solución óptima. Si bien las soluciones que ofrece no son perfectas, son lo suficientemente buenas para poder aceptarlas y además son desde un punto de vista de implementación más viables que un método tradicional.

Sin embargo, la enorme cantidad de técnicas existentes acarrea un nuevo problema ¿Cómo seleccionar la técnica adecuada para el problema que quiero resolver? La respuesta no es sencilla y dependerá en gran medida de la experiencia de quien decida usar este tipo de métodos. En ingeniería se ha visto

que gran número de operaciones se refieren a la selección correcta de parámetros o configuraciones de operación, por lo cual, estos métodos nos brindan soluciones viables para su implementación.

## Referencias

Desale, S., Rasool, A., Andhale, S., & Rane, P. (2015). Heuristic and meta-heuristic algorithms and their relevance to the real world: a survey. *Int. J. Comput. Eng. Res. Trends*, 351(5): 2349-7084.

Grunow, M., Günther, H.O., & Föhrenbach, A. (2000). Simulation-based performance analysis and optimization of electronics assembly equipment. *International Journal of Production Research*, 38(17): 4247-4259.

Hernández, P.L.G., Sánchez, T.E., Ojeda, K.A., El-Halwagi, M.M., & Ponce, O.J.M. (2019). Optimization of microalgae-to-biodiesel production process using a metaheuristic technique. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7(9): 8490-8498.

Hu, Q., Xie, J., & Liu, X. (2018). Trajectory optimization for accompanying satellite obstacle avoidance. *Aerospace Science and Technology*, 82: 220-233.

Moshia, M.E., & Newete, S.W. (2019). Mexican poppy (*Argemone mexicana*) control in cornfield using deep learning neural networks: A perspective. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 69(3): 228-234.

Nuha, H., Wati, P.E.D.K., & Widiasih, W. (2018). A comparison of exact method-metaheuristic method in determination for vehicle routing problem. *In MATEC Web of Conferences*, 204: 02017).

## **EFFECTO INMUNOLÓGICO-VASCULAR DE LA COMBINACIÓN CAPTOPRIL-HIDROCLOROTIAZIDA Y LOSARTÁN- HIDROCLOROTIAZIDA EN LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL.**

Víctor Daniel Farías-Sánchez\*, Luis Antonio Pimentel-Cuevas, Diego Lezama-Martínez, Diego Armando Ramírez-Moreno.

*Farmacología del Miocardio. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM*

[\\*vdanielfarias98@gmail.com](mailto:vdanielfarias98@gmail.com)

### **Resumen**

Es evidente la participación del sistema inmunológico (SI) en la hipertensión arterial (HTA), la idea se basa en infiltrados inmunitarios que promueven la inflamación aguda local que a largo plazo causan daño a órganos reguladores provocando un control deficiente de la presión arterial (PA). Se sabe que fármacos antihipertensivos como Captopril, Losartán o Hidroclorotiazida poseen propiedades inmunomoduladoras; dicho lo anterior se caracterizaron los cambios que ocurren a nivel bioquímico e inmunológico encontrando su relación. Se manejaron 4 lotes con 6 ratas (WKY, SHR, SHR-Captopril-Hidroclorotiazida (C-H) y SHR-Losartán-Hidroclorotiazida (L-H)), evaluándose la PA; además de un conteo celular en frotis sanguíneo; los tejidos aórtico, mesentérico, esplénico y pulmonar fueron utilizados en la expresión relativa de genes (IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , IL-10, TGF- $\beta$ , ECA, ECA2) mediante qRT-PCR; se utilizó la aorta frente a angiotensina II, fenilefrina y acetilcolina para evaluar su respuesta. Los tratamientos provocaron una disminución de la PA, una alteración en el conteo celular; además existió una menor vasoconstricción del lote L-H a angiotensina II, para fenilefrina mostraron un comportamiento similar; mientras que para acetilcolina el lote Captopril-Hidroclorotiazida generó mayor vasodilatación. En la qRT-PCR la expresión relativa de ARNm de TGF- $\beta$  aumentó para L-H, para TNF- $\alpha$  disminuyó en aorta en

SHR. La expresión en ECA y ECA II aumento en bazo de WKY y en SHR disminuyó. La IL-10 aumento en los lotes con tratamiento. La terapia combinada disminuyó la PA, además de modificar las poblaciones leucocitarias y favorecieron la expresión de ARNm de citocinas antiinflamatorias.

**Palabras clave:** Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona, disfunción endotelial, estrés oxidativo, inmunomodulación.

## Introducción

La PA corresponde a la tensión generada por la sangre dentro de arterias; cuando existe un aumento crónico que sobrepase los límites de PA sistólica (PAS)  $\geq 140$  mm Hg y PA diastólica (PAD)  $\geq 90$  mm Hg, se habla de una HTA; actualmente es una de las enfermedades más comunes que afectan la salud humana, siendo una de las causas principales de muerte prematura evitable en el mundo. Se estima que hay alrededor de 1,130 millones de personas con HTA y que de ellos las complicaciones a causa de esta enfermedad rondan las 9.4 millones de muertes anualmente. En México, se reportó una cifra de 15.2 millones de personas mayores a 20 años con diagnóstico previo de HTA manteniéndose entre las primeras causas de muerte en el país con alrededor del 20% de decesos reportados (Campos *et al.*, 2018). Las razones por las cuales se desencadena la HTA obedecen a perturbaciones del sistema nervioso simpático (SNS) mediante la regulación de catecolaminas; la desregulación hormonal la cual origina un desequilibrio entre la liberación de sustancias vasoconstrictoras y vasodilatadoras, además de la propia predisposición genética y de factores ambientales, contribuyen a la elevación de la PA (Wagner, 2018). El bloqueo del Sistema Renina Angiotensina (SRAA) es claro, los fármacos de acción central que actúan sobre este sistema como los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA) o antagonistas de los receptores de la angiotensina II (ARA II) son eficaces



como terapia de primera línea para la HTA, pero la combinación de fármacos con efectos directos en distintos sistemas fisiológicos tiene un mayor impacto sobre la PA que la monoterapia, ya que puede bloquear sus respuestas compensatorias (Lezama *et al.*, 2021). Los tratamientos actuales que tienen como objetivo limitar la influencia del SRAA o SNS en fallan en el 40% de los casos, lo que sugiere que están involucrados otros mecanismos para la regulación de la PA. En los últimos años, se ha vuelto cada vez más evidente la participación del SI en la HTA, ya que es un proceso inflamatorio que implica la transmigración y acumulación de células del SI, innatas como adaptativas, en tejidos afectados, teniendo relevancia en su desarrollo y progresión; además del daño de órganos terminales principalmente a causa del estrés oxidativo generado por las especies reactivas de oxígeno (ROS) (Drummond *et al.*, 2019). La desregulación del proceso inflamatorio puede ocurrir durante el principio de la HTA y su desarrollo de forma crónica, lo que se puede identificar a partir de biomarcadores como la expresión de citocinas pro y antiinflamatorias, la presencia de células en sangre, así como también la expresión de receptores presentes. El uso de fármacos antihipertensivos como IECA o ARA II tienen la capacidad de modificar la expresión de citocinas, inclusive la expresión de leucocitos y receptores alterando su porcentaje o disminuyendo su actividad.

## Objetivo

Determinar el efecto de la terapia combinada con Captopril-Hidroclorotiazida y Losartán-Hidroclorotiazida mediante Curvas Concentración Respuesta y los niveles de citocinas en aorta, arteria mesentérica, pulmón y bazo por medio de qRT-PCR de modelos SHR para evaluar la reactividad vascular y su expresión relativa identificando la relación que existe entre el SI y el SRAA.

## Materiales y métodos

**Modelo Biológico:** El modelo SHR (Spontaneously Hypertensive Rat) posee una HTA similar al del humano provista por diversos factores (neurales, hormonales, genéticos e inmunológicos) (Rivera *et al.*, 2013). Se dividieron en 4 grupos experimentales (n=6): (1) control WKy tratado con vehículo (solución Tween 80 al 2%). (2) control SHR tratado con vehículo; (3) SHR Captopril-Hidroclorotiazida (10/6.6 mg/día) y SHR Losartán-Hidroclorotiazida (10/6.6 mg/día). La administración fue por vía oral durante 7 días.

**Medición de PA:** La medición de PA fue determinada por triplicado, mediante la técnica de Tail-Cuff, utilizando equipo SPAM (INC, México) basado en la detección de cambios del ión  $Fe^{2+}$  de la hemoglobina generado por la disminución en la obstrucción del flujo sanguíneo, los valores arrojados se analizaron con el software Sievert-1 antes y después de cada tratamiento (Rivera *et al.*, 2013; Lezama *et al.*, 2021).

**Evaluación de Respuesta Vascular:** Se sacrificaron los animales mediante la saturación con  $CO_2$ , extirpándose la aorta torácica. El método permite identificar la modificación en la cantidad o sensibilidad de receptores del tejido a consecuencia de los antihipertensivos o por la etiología hipertensiva (Lezama *et al.*, 2021). La aorta diseccionada libre de tejido conectivo se cortó en anillos de 3 mm; mismos que se montaron en cámaras adicionales con Krebs manteniendo oxigenación, temperatura y pH fisiológico. Cada anillo se fijó a 2 ganchos que lo fijaron a la cámara y al transductor isométrico BIOPACTM-100 (BIOPAC, California: USA) el cual se conectó a un equipo de datos MP-100A-CE BIOPAC (BIOPAC, California: USA) con el software AcqKnowledge 3.8.1. obtuvimos la fuerza de contracción de los anillos a distintas concentraciones de angiotensina II ( $10^{-8}$  a  $10^{-4}$  M), fenilefrina ( $10^{-8}$  a  $10^{-4}$  M) y acetilcolina ( $10^{-10}$  a  $10^{-4}$  M).

Conteo Celular: Se puncionó la zona ventricular tomando una muestra sanguínea en un tubo con EDTA, valorando la serie leucocitaria por medio del extendido sanguíneo ayudado de la tinción de Wright. Cada frotis fue examinado bajo el microscopio identificando cada población leucocitaria. El estudio proporcionó información básica del número de células sanguíneas de interés, cuya modificación se puede asociar al proceso inflamatorio causados por la HTA o para vigilar la respuesta fisiológica al tratamiento.

PCR: Con los tejidos aórtico, mesentérico, esplénico y pulmonar se extrajo el ARNm de cada tejido mediante TRIzol y por columna con el kit EZ-10 DNAaway miniprep. El siguiente paso consistió en convertir el ARNm a ADNc con la ayuda del kit Enhanced Avian First Strand Synthesis. El análisis de primers fue realizado a partir de la especie *Rattus norvegicus* para cada primer: TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-10, TGF- $\beta$  y las enzimas ECA y ECA2 los cuales se adquirieron de Sigma-Aldrich Inc. La qRT-PCR se realizó con el kit Forget-Me-Not EvaGreen qPCR Máster Mix a una concentración a 10  $\mu$ mol/L para el ADNc. Se realizó en 49 ciclos, con un inicio en 95 °C/5 min, seguido de ciclos a 95°C/10s, temperatura de hibridación (ECA: 58°C, ECA II: 56 °C, IL-1b: 64°C, IL-10: 57°C, TGF-b: 64°C, TNF-a: 59°C) /10s y 72 °C/10s, y una extensión a 72°C/10 min. La expresión relativa de ARNm se analizó utilizando el método  $-2 \Delta\Delta C_t$  (Flores *et al.* 2020).

## Resultados

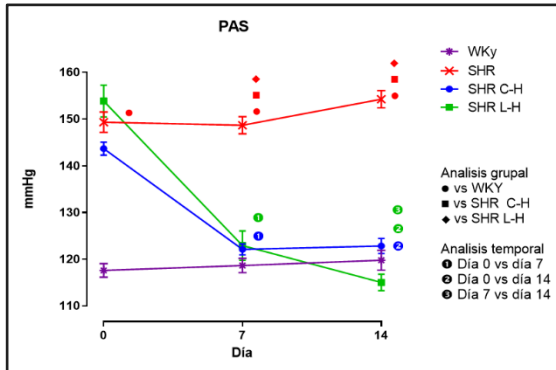


Figura 1. Valores de PAS en grupos WKy / SHR y SHR C-H / SHR L-H.

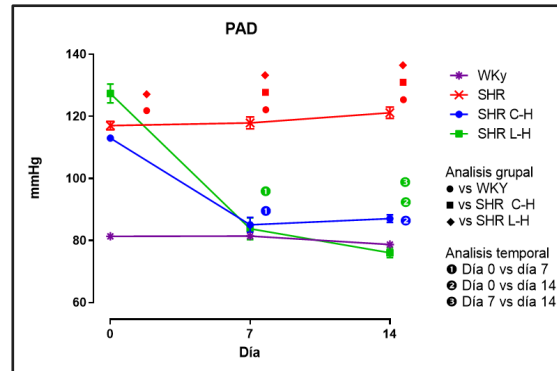


Figura 2. Valores de PAS en grupos WKy / SHR y SHR C-H / SHR L-H.

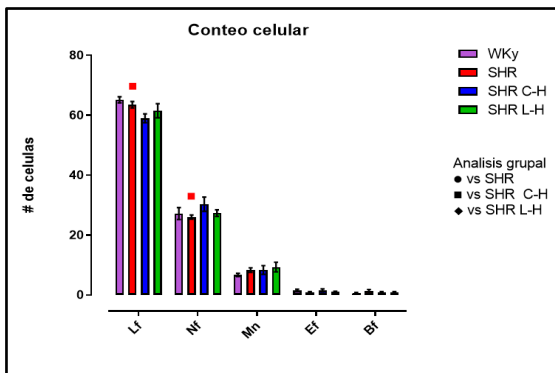


Figura 3. Conteo celular en grupos WKy / SHR y SHR C-H / SHR L-H.

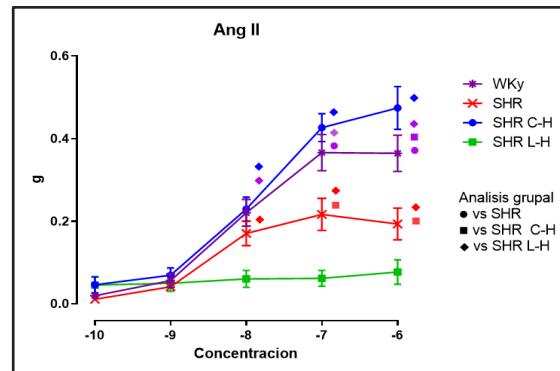


Figura 4. Valores de la concentración-respuesta acumulada a Angiotensina

II.

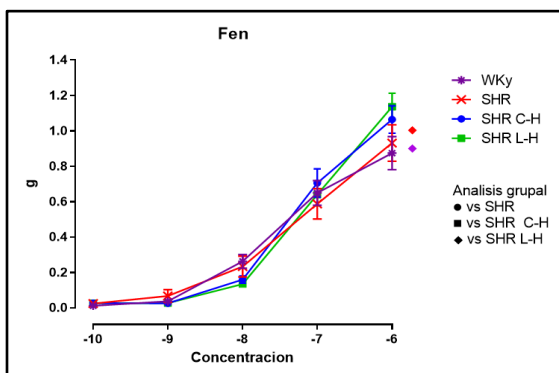


Figura 5. Valores de la concentración-respuesta acumulativa a Fenilefrina.

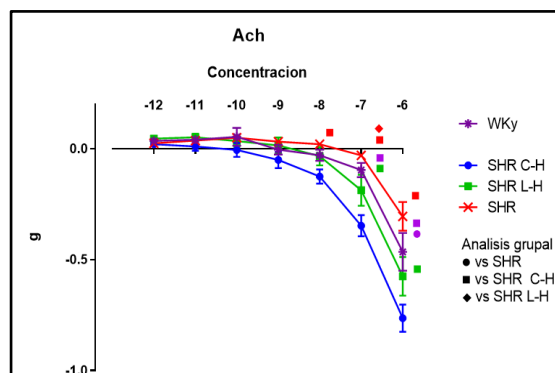


Figura 6. Valores de la concentración-respuesta acumulativa a Acetilcolina.

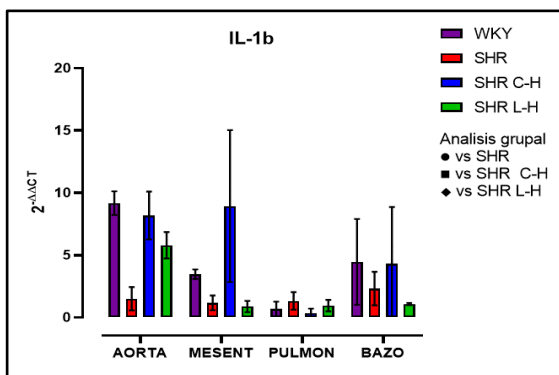


Figura 7. Expresión relativa de IL-1β

α

después de cada tratamiento.

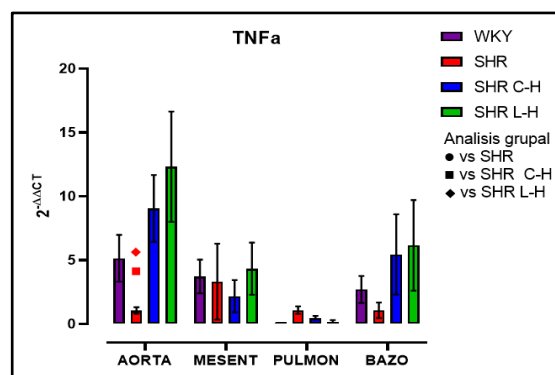


Figura 8. Expresión relativa de TNF-

después de cada tratamiento.

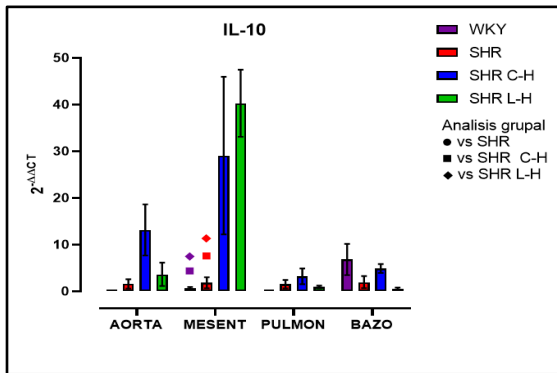


Figura 9. Expresión relativa de IL-10  
β

después de cada tratamiento.

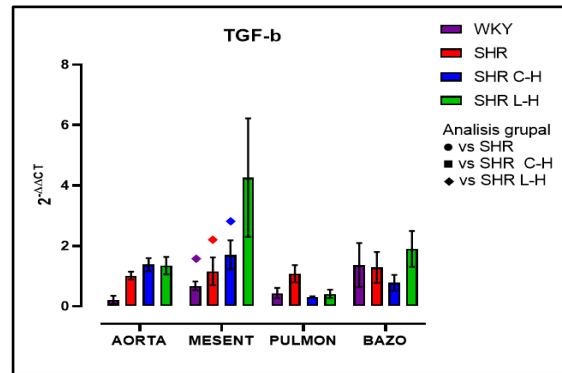


Figura 10. Expresión relativa de TGF-β

después de cada tratamiento.

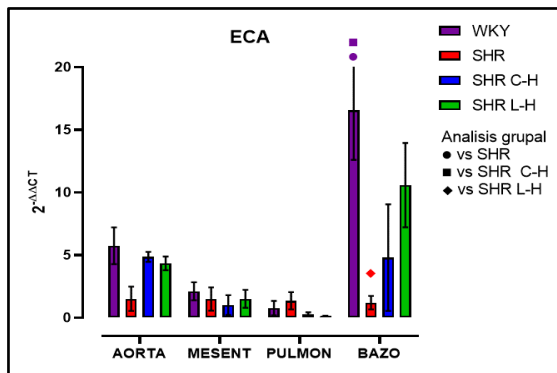


Figura 11. Expresión relativa de ECA  
2

después de cada tratamiento.

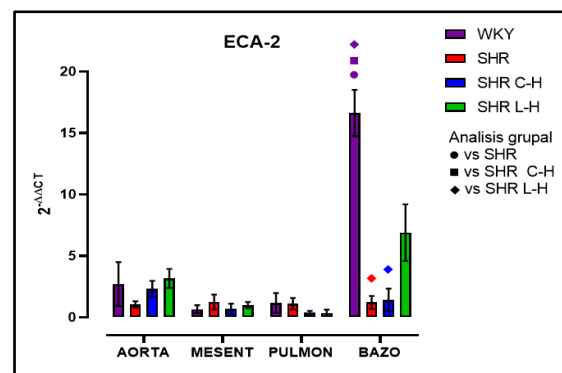


Figura 12. Expresión relativa de ECA-2

después de cada tratamiento.

Dados los resultados en las Figuras 1 y 2 se muestra una reducción de la PA en ambos tratamientos comparado con el lote SHR; para la Figura 3 del conteo celular, el número de monocitos se encuentra aumentado en los lotes SHR y con antihipertensivos el número de neutrófilos tuvieron niveles más altos y en la

población linfocitaria se observa un decremento en los lotes con tratamiento farmacológico. En la Figura 4 la Ang II el SHR presentó una menor respuesta, en cambio, el SHR C-H generó una mayor respuesta. La Figura 5 de Fenilefrina generó un comportamiento similar en todos los tratamientos y la Figura 6 de Acetilcolina el SHR L-H mostró una mayor respuesta vasodilatadora en comparación con el SHR. En las Figuras 7 y 8 de citocinas proinflamatorias no se muestra diferencia significativa para IL-1  $\beta$ , en cambio, en TNF- $\alpha$  se ve un decremento en la expresión del lote SHR. En las Figuras 9 y 10 de citocinas antiinflamatorias se observa un incremento en ambos antihipertensivos para IL-10 y un aumento en el lote SHR L-H para TGF- $\beta$ . Por último, en la Figura 11 los niveles en bazo aumentaron la expresión de ECA, y en la Figura 12 existe un aumento en la expresión de ECA2 en los lotes con tratamiento.

## Discusión

Con la administración de cada combinación antihipertensiva se redujo la PA logrando tener un control; esta reducción es atribuida al mecanismo de acción de cada fármaco; el Captopril inhibe la acción de la ECA disminuyendo la producción de Ang II; mientras que el Losartán actúa bloqueando los receptores AT1 inhibiendo el efecto de Ang II y en específico, la Hidroclorotiazida inhibe los cotransportadores de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> favoreciendo que la elevación de la PA sea dependiente del SRAA obteniendo un efecto de suma en el tratamiento (Felkle *et al.*, 2022). En cuanto al conteo celular, el número elevado de monocitos del SHR es atribuible al desajuste ocasionado por el estrés oxidativo sobre la vasculatura pues mediadores como ROS y DAMPs permiten la acumulación de macrófagos inflamatorios (M1) por medio de la expresión quimiocinas (CCL2) (Drummond *et al.*, 2019). En el conteo celular de cada tratamiento, se puede sostener que modificaron el funcionamiento de los grupos leucocitarios; en este sentido, las

combinaciones redujeron el reclutamiento de monocitos por diferentes mecanismos; siendo que para Captopril inhibe la expresión receptor quimiotáctico de quimiocinas CC tipo 9 y el Losartán induce un cambio de perfil en macrófagos hacia un fenotipo antiinflamatorio M2 por medio del receptor AT1 lo que también inhibe la actividad de NADPHoxidasa y producción de ROS. (Bryniarski *et al.*, 2021; Felkle *et al.*, 2022). En segundo lugar, el incremento de neutrófilos en el SHR es atribuible a cambios epigenéticos que facilitan la transcripción y expresión de factores proinflamatorios (Felkle *et al.*, 2022); con lo que su reducción en ECA fue a consecuencia de la modificación en la expresión del receptor de TNF- $\alpha$  lo que conlleva una regulación negativa de moléculas de adhesión y señalización (ICAM-1 y E-selectina); asimismo el mecanismo de Losartán inhibe la expresión de receptores quimioatrayentes como el CCR2b y la producción local del ligando CXCL1 (Silveira *et al.*, 2013; Bryniarski *et al.*, 2021). Finalmente, en relación con la población linfocitaria se observa un decremento en los lotes con tratamiento farmacológico, debido al bloqueo de Ang II por el IECA inhibiendo el desarrollo de células autorreactivas Th1 y Th17. Por otra parte, los ARA II también reducen la maduración, la movilización y la actividad de los leucocitos como consecuencia del bloqueo en el aumento de la entrada de iones de  $\text{Ca}^{2+}$  resultando en la inhibición en la activación y proliferación de los linfocitos T (Lezama *et al.*, 2017). Por otra parte, el desarrollo de curvas Concentración-Respuesta mostró la disfunción endotelial presente en el modelo SHR por la HTA; siendo que los tratamientos mejoraron esa respuesta a la vasoconstricción por Ang II y vasodilatación por Acetilcolina; para Fenilefrina se generó un comportamiento similar en todos los tratamientos debido a que el mecanismo de acción tanto del IECA como del ARA II no participan en la vía de contracción del MLV dependiente de receptores  $\alpha$ 1-adrenérgicos (Lezama *et al.*, 2021). La reactividad vascular presente para Ang II con Losartán demostró una menor tensión en comparación con los demás lotes, atribuible al desequilibrio de receptores AT1 / AT2 con proporciones que favorecen



condiciones hipotensoras por la expresión del receptor AT2 4; en cambio, Captopril al generar una mayor tensión; regula positivamente la expresión de la eNOS, al incrementar la vía de señalización del receptor B2 y la liberación de NO aumentando su biodisponibilidad (Lezama *et al.*, 2021). Para la respuesta a acetilcolina Losartán fue mejor debido al estímulo ocasionado por el receptor AT2 que aumenta la liberación de NO, bradicinina y prostaglandinas (PGE2, PGI2) sin embargo Captopril por medio de la activación directa de receptores B2 de cininas mejora la biodisponibilidad de PGI2 y NO (Bryniarski *et al.*, 2021). Finalmente, en la qRT-PCR se observó una mayor expresión relativa de IL-10 en vasos de resistencia para ambos tratamientos resultando favorecedor pues indica una inhibición en la síntesis de citocinas proinflamatorias, contrarrestar la proliferación y supervivencia de linfocitos Th1, disminuyendo el proceso inflamatorio. En la expresión de TGF- $\beta$  aumento para el tratamiento de Losartán lo que marca el desarrollo de linfocitos T reguladores, pues esta citocina induce y regula la expresión de Foxp3 (Felkle *et al.*, 2022). Por otro lado, ambos tratamientos no elevaron la expresión de ECA en comparación con el control normotenso, no obstante, el Captopril tuvo una tendencia a disminuir su expresión. En cuanto a la expresión de ECA 2 se vio perjudicada al verse reducida en bazo junto con su capacidad de sintetizar péptidos antiinflamatorios como Ang 1-7. Ambas combinaciones farmacológicas no modificaron la expresión de IL-1 $\beta$ , pero sí en la expresión de TNF- $\alpha$ , lo que favorece un proceso inflamatorio, sin embargo, no se sabe con certeza la cantidad de proteína sintetizada y sus niveles séricos por lo que sería importante su determinación. Estudios comparables demuestran que Captopril y Losartán actúan interfiriendo la activación del NF-kB por medio de la inducción de su inhibidor (I $\kappa$ B), teniendo un papel crucial en la regulación transcripcional de los genes inflamatorios citados en esta investigación (Wagner, 2018).

## Conclusión

Apoyándonos de los resultados obtenidos en esta investigación quedó demostrado que ambos tratamientos tienen la capacidad de poseer potenciales efectos regulatorios en la respuesta vascular lo que redujo la disfunción endotelial a causa de ROS. Logro modificar las poblaciones leucocitarias; teniendo un impacto sobre su actividad tanto en circulación sistémica como en tejidos. Finalmente, la expresión relativa de citocinas tuvo una influencia por la aplicación de dichos tratamientos; lo cual permite la modificación del curso inflamatorio de la HTA. Podemos inferir que la terapia combinada de Captopril-Hidroclorotiazida resulta tener un mayor efecto modulador; no obstante, la terapia con Losartán-Hidroclorotiazida demostró tener efectos favorables contra los mecanismos patológicos de la HTA.

## Agradecimientos

Al apoyo de los programas PAPIIT-IN217122, UNAM-FESC CI2259.

## Referencias

Bryniarski, P., Nazimek, K., & Marcinkiewicz, J. (2021). Captopril Combined with Furosemide or Hydrochlorothiazide Affects Macrophage Functions in Mouse Contact Hypersensitivity Response. *International journal of molecular sciences*, 23(1). <https://doi.org/10.3390/ijms23010074>.

- Campos, N.I., Hernández, B.L., Pedroza, T.A., Medina, C., & Barquera, S. (2018). Hipertensión Arterial en adultos mexicanos: Prevalencia, Diagnóstico y Tipo de tratamiento. *Ensanut MC* 2016. *Rev. Salud Pública México*, 60(3). <https://doi.org/10.21149/8813>.
- Drummond, R.G, Vinh, A., Guzik, J.T., & Sobey, G.C. (2019). Immune mechanisms of hypertension. *Nature Reviews Immunology*, 19(1): 517-532. <https://doi.org/10.1038/s41577-019-0160-5>.
- Felkle, D., Jarczyński, M., Kaleta, K., Zieba, K., & Nazimek, K. (2022). The immunomodulatory effects of antihypertensive therapy: A review. *Journal Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153(1). <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113287>.
- Flores, M.J., Lezama, M.D., Fonseca, C.S., & Martínez, A.L. (2020). Differences in the expression of the renin angiotensin system and the kallikrein-kinin system during the course of myocardial infarction in male and female Wistar rats. *Journal of the Renin-Angiotensin Aldosterone System*, 21(2): 1470320319900038. <https://doi.org/10.1177/1470320319900038>.
- Lezama, M.D., Hernández, C.M.E., Flores, M.J., Valencia, H.I., & Martínez, A.L. (2021). Time-Dependent Effects of Individual and Combined Treatments With Nebivolol, Lisinopril, and Valsartan on Blood Pressure and Vascular Reactivity to Angiotensin II and Norepinephrine. *Journal of Cardiovascular Pharmacology and Therapeutics*, 25(5): 490-499. <https://doi.org/10.1177/10742484211001861>.
- Lezama, M.D., Valencia, H.I., Flores, M.J., & Martínez, A.L. (2017). Combination of  $\beta$  Adrenergic Receptor Block and Renin-Angiotensin System Inhibition Diminished the Angiotensin II-Induced Vasoconstriction and Increased Bradykinin-Induced Vasodilation in Hypertension. *Dose-Response*. 15(4): 1559325817737932. <https://doi.org/10.1177/1559325817737932>.
- Rivera, C., Hernández R. & Marin, H. (2013). Manejo reproductivo de la colonia de Rata Espontáneamente Hipertensa (SHR) y su control Normotenso Wistar Kyoto (WKY) en el bioterio del Instituto de Fisiología Celular de la Universidad Nacional Autónoma de México. *Rev. Electrónica de Veterinaria*, 14 (11B).
- Silveira, K.D., Coelho, F.M., Vieira, A.T., Barroso, L.C., Queiroz, J.C.M., Costa, V.V., Soussa, L.F.C., Oliveira, M.L., Bader, M., Silva, T.A., Santos, R.A.S., Simoes, E.S.A.C., & Teixeira, M.M. (2013). Mechanisms of the anti-inflammatory actions of



the angiotensin type 1 receptor antagonist losartan in experimental models of arthritis. *Journal Peptides*. 46(1): 53-63.  
<https://doi.org/10.1016/j.peptides.2013.05.012>.

Wagner, G.P. (2018). Pathophysiology of hypertension: New concepts. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 64(2): 175-184.  
<https://doi.org/10.31403/rpgo.v64i2075>

## UNA EXCESIVA CONFIANZA EN EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON EN LAS INTERPOLACIONES

Gabino Estevez-Delgado\*, Joaquín Estevez-Delgado, Julissa Rodríguez-Coss,  
Itzia Alejandra Bonilla-Paz.

*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.*

[\\*gabino.estevez@umich.mx](mailto:gabino.estevez@umich.mx)

### Resumen

La robustez de los procesos que se atienden en los laboratorios clínicos, de alimentos o de ensayos de calibración es una de las condiciones iniciales que debe atenderse, de ello depende el poder llevar a cabo mediciones sujetas a las normativas o referencias internacionales tales como las ISO 15189, ISO 22000, ISO 17025, entre otras que incluyen el cálculo de la incertidumbre, tal como lo demanda la guía del cálculo de la incertidumbre, GUM. Su intención es garantizar que los procesos de la incertidumbre son trazables al sistema internacional de unidades, pero además es importante garantizar la reproducibilidad de los fenómenos. La parte crucial del cálculo de la incertidumbre está ligado a la ley de propagación de errores cuyo elemento central tiene su fundamento en la generación de una ley geométrica que nos permite analizar cómo cada variable incrementa la variabilidad del proceso de manera geométrica. Una de las consideraciones que tenemos cuando obtenemos la incertidumbre expandida o variabilidad final del proceso es la obtención de valores interpolados sobre valores que no son los reportados en los materiales de referencia o valores de calibradores, en el caso biológico, lo que demanda el uso de interpolaciones, que se evalúan a través de valores de la mejor aproximación dada por el coeficiente de correlación de Pearson. En esta investigación se encuentra que la interpolación realizada en los límites de detección la interpolación no siempre es la dada por el valor más cercano a la unidad, sino que está sujeta a la parte

geométrica de la ley de propagación de errores para la variabilidad, siendo entonces importante la homocedasticidad de los datos.

**Palabras clave:** Interpolación polinomial y logarítmica, coeficiente de correlación de Pearson, Ley de propagación de errores, incertidumbre y error de medición

## Introducción

Los modelos probabilísticos sobre los que se apoyan algunas disciplinas de aplicación se ha hecho cada vez más extensivos, lo que conlleva a regular los procesos de evaluación de la conformidad, la generación de regulaciones que involucran la toma de decisiones. El uso de áreas de las matemáticas que son de carácter probabilístico inicia con la propia determinación del tamaño de muestra, lo que garantiza la robustez de las mediciones y en consecuencia la confianza en lo que se realiza (Acree, 2021).

Una de las ciencias de aplicación es la ciencia de la medida llamada metrología, en la que el análisis de la variabilidad es un aspecto sumamente importante, considerado como parte de las regulaciones a nivel internacional. La generación de conceptos como la trazabilidad da lugar a otros que están íntimamente ligados a la estadística paramétrica, debido a que se busca por un lado homogeneidad de los datos y por otro lado isotropía en las mediciones a lo largo de periodos de tiempo determinados (Wei, *et al.*, 2021).

A la par de conceptos como los requeridos por la metrología científica, del campo probabilístico, se requiere en ocasiones otro tipo de metodologías, tales como lo es el uso de la interpolación. Siendo de interés particular las de las llevadas a cabo de manera periódica como es el caso de las valoraciones que se llevan dentro del campo clínico o químico con las llamadas curvas de calibración (Budhram *et al.*, 2022). El uso de estas permite el verificar algún resultado del que se tiene dudas,

pero a la par permite garantizar que un instrumento emite resultados técnicamente válidos.

La estadística paramétrica garantiza que debido a la robustez de las muestras las interpolaciones realizadas son válidas mediante la evaluación de la homocedasticidad de las mediciones descritas por coeficientes como es el caso del coeficiente de interpolación de Pearson, por lo que de manera rutinaria se usa desde hace tiempo con tal familiaridad que nadie cuestiona su uso si da cumplimiento al tamaño mínimo de muestra a través de pruebas de hipótesis que garantizan la normalidad tales como las pruebas de Shapiro Wilks o la de Kolmogorov Smirnov. Sin embargo, la determinación de curvas de manera general con intervalos extensos de datos no necesariamente va a conducir a la mejor evaluación, pero que además poco se cuestiona (Wei *et al.*, 2021).

En el caso particular de la magnitud de óptica, como se observará, se identifica que se puede generar aproximaciones a un conjunto de datos en el que los errores crecen a medida que se toman intervalos de datos que responden a leyes particulares, tales como la ley de Lambert Beer.

## Objetivo

Establecer las condiciones iniciales para poder determinar el tamaño mínimo de muestra cuando la heterocedasticidad se presenta, como es el caso de los materiales transmitancia, que además pudieran generar limitantes en su concentración, lo que pudiera generar una incorrecta estimación en las interpolaciones, pese a un coeficiente de correlación de Pearson cercano, en valor absoluto a la unidad.

## Materiales y métodos

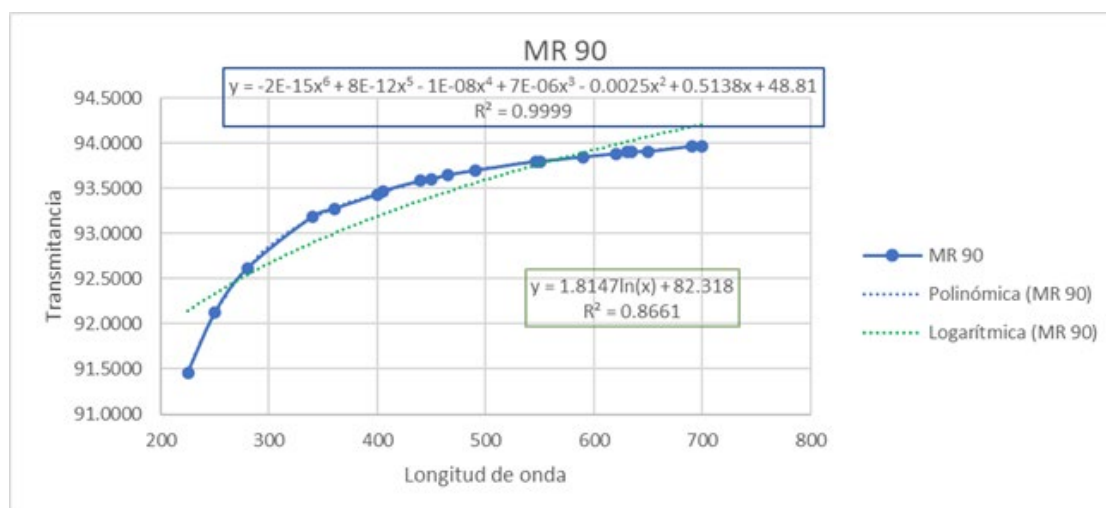
Como parte del análisis alrededor de la presente investigación tomaremos un material de absorbanza óptica neutra a 90% de transmitancia, cuyo material es trazable al Sistema Internacional de Unidades. Sin embargo, para fines de confidencialidad mantiene un corrimiento en los valores presentados, con lo que se mantiene su comportamiento, pero permite la confidencialidad de la información, además de dar cumplimiento a la aplicación de la referencia ISO 17025, en cuanto a la exigencia de la imparcialidad (ISO 17025, 2017).

**Tabla 1. Material certificado de densidad óptica neutra en transmitancia.**

<b>Longitud de onda</b>	<b>MR 90</b>
225	91.4624
250	92.1254
280	92.6144
340	93.1844
360	93.2714
400	93.4324
405	93.4694
440	93.5814
450	93.6024
465	93.6444
490	93.6944
546.1	93.7964
550	93.7954
590	93.8444
620	93.8804
630	93.9014
635	93.9014
650	93.9044
690	93.9614
700	93.9594
750	93.9964



Al realizar la interpolación con la información contenida arrojada por el espectrofotómetro, luego de realizar las mediciones, se obtuvo el siguiente gráfico (Figura 1).



**Figura 1. Gráfica de barrido para el material de 90% de transmitancia con interpolaciones**

## Resultados

Como se observa la interpolación más apropiada es la polinomial, dado que el coeficiente de correlación de determinación es mejor que el considerado para el caso logarítmico.

Es innegable que el proceso de interpolación no deja lugar a dudas sobre la elección, particularmente por el proceso de calibración, mantiene la robustez en los instrumentos ópticos, dada la repetibilidad y la velocidad de barrido descrita.

Es en este momento en el que la presente investigación indagara en aspectos finos sobre la interpolación y la robustes adecuada, que sin duda configura aspectos adicionales a la ley de propagación de errores, ¿Qué ocurre si la interpolación se demanda alrededor de 230 mn, mismo que no se tiene directamente descrito en el valor medido?

Realizando las aproximaciones alrededor del punto solicitado, se presentan los siguientes resultados en la Tabla 2.

**Tabla 2. Resultado de interpolación alrededor de 230 nm.**

Longitud de onda	MR 90	Aproximación polinomial	Aproximación logarítmica	Error para aproximación polinomial	Error para aproximación logarítmica
225	91.4624	91.3813	92.1466	0.0811	0.6842
250	92.1254	90.3459	92.3378	1.7794	0.2124
280	92.6144	87.1514	92.5435	5.4630	0.0709

Como se puede ver el error alrededor del valor, mediante el método polinomial crece el error en dos valores, lo que conlleva considerar que hay valores geométricos sobre los que debemos de reflexionar, sobre el tamaño de muestra y las aproximaciones polinomiales con respecto a otras, como el caso de las aproximaciones logarítmicas e inclusive sobre la propia relación con valores de relaciones entre conceptos ópticos como la relación de la transmitancia y la absorbancia.

## Discusión

Como es bien conocido la robustes es un aspecto que impacta directamente en los parámetros tales como la linealidad o el propio ámbito de trabajo. Como se ha sido observado desde hace más de una década, Estevez (2012) y otros

investigadores han observado que se requiere que las interpolaciones pueden tener aspectos negativos cuando una mala planeación en el número de datos no se da de manera adecuada, particularmente, se ha observado la necesidad de retomar los valores en zonas en las que la homocedasticidad empieza a perderse, condiciones que se reafirman en esta investigación y que generan alertas en la evaluación de la interpolación.

## Conclusión

Determinar el tamaño de muestra adecuada en cualquier investigación no es una tarea fácil, pese a que existen diferentes formalismos estadísticos, inclusive se ha generado investigaciones sobre el comportamiento de las muestras a fin de diferenciar el área de aplicación estadística, pudiendo ser no paramétrica cuando la cantidad de información no es la adecuada, y paramétrica en caso aceptable. Los trabajos pioneros realizados por Kolmogorov dieron lugar a realizar investigaciones en el contexto de la robustez de las muestras, desde luego que antecede otros trabajos como los de Gauss, D' Moivre, Laplace, Bernoulli, entre los más destacados.

Los trabajos realizados por Shapiro y Wilks para determinar la normalidad de una muestra han dado un impulso a determinación del análisis de trabajos en investigación, particularmente la fusión sus trabajos abonaron a la teoría de las pruebas de hipótesis sobre la normalidad.

Podríamos hacer un recorrido sobre las pruebas de hipótesis que abonan a la normalidad, sin embargo, como hemos podido constar de los resultados presentados, que además permiten verificar el cumplimiento de la hipótesis planteada; en esta investigación el tamaño de muestra en los materiales de referencia es ceñido a otros formalismos ligados al comportamiento de la materia.

Se concluye, que en efecto el material de óxido de didimio requiere ser analizado no solo por el comportamiento del tamaño mínimo de muestra sino que además requiere ser analizado a partir de aspectos como la homocedasticidad, dado que como vimos en los resultados presentados al momento de interpolar en áreas específicas del espectro electromagnético el comportamiento no se sujeta a consideraciones de interpolación descritas para el coeficiente de correlación de Pearson.

Se observó de manera puntual, que la interpolación global del material de 90% de transmitancia mantenía una mejor aproximación polinomial contrastando con la aproximación logarítmica, por el coeficiente de determinación, pero finalmente se distinguió que era insuficiente, dado que los errores para las aproximaciones crecen más con el mejor estimado para la determinación de Pearson, resultando conveniente ser cuidadosos con materiales que tienen regiones lineales y que posiblemente en áreas como la calculada es de carácter lineal en el intervalo de trabajo demandado.

### **Agradecimientos**

Agradecemos el apoyo brindado por el laboratorio de Biofísica del Instituto de Física y Matemáticas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Así como la Coordinación de Investigación Científica por los apoyos otorgados para llevar a cabo la investigación.

### **Referencias**

Acree, M. C. (2021). *In The Myth of Statistical Inference*. En M. C. Acree, *Nineteenth-Century Developments in Statistics*. (págs. 131-158). Springer, Cham.

Recuperado el 18 de septiembre de 2021, de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-73257-8\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-73257-8_5)

Adatrao, S., Sciacchitano, A., van der Velden, S., van der Meulen, M. J., & Bordes, M. C. (2021). *Design of experiments: a statistical tool for PIV uncertainty quantification*. En U. Quantification (Ed.), In 14th International Symposium on Particle Image Velocimetry. 1. Illinois Tech. doi: <https://doi.org/10.18409/ispiv.v1i1.69>

Adeniran, A.T., Faweya, O., Ogunlade, T.O., & Balogun, K.O. (2020). Derivation of Gaussian Probability Distribution: A New Approach. *Applied Mathematics*, 11(06):436.

Budhram, A., Yang, L., Bhayana, V., Mills, J.R., & Dubey, D. (2022). Clinical sensitivity, specificity, and predictive value of neural antibody testing for autoimmune encephalitis. *The Journal of Applied Laboratory Medicine*, 71(1): 350-356.

Estevez, D.G., & Estvez, D.J. (2012). *Explorando el lado oscuro en las técnicas de interpolación*. XIII Evento Internacional MATECOMPU'2012, "La enseñanza de la matemática, la estadística y la computación", III Congreso Internacional "AL. Habana, Cuba.

ISO 17025. (2017). *ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratorio*. (3rd ed.). Geneve: ISO. Recuperado el 09 de septiembre de 2021

Wei, P.L., Valdebenito, M., & Beer, M. (2021). Bayesian probabilistic propagation of imprecise probabilities with large epistemic uncertainty. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 149: 107219.

## **CONJUNTO DE PÁGINAS WEB ENFOCADAS EN MOTIVAR EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ROBÓTICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ALUMNOS DE INGENIERÍA**

David Tinoco-Varela\*, José Luis Garza-Rivera, Angélica Espinoza-Godínez, Raúl

Dalí Cruz-Morales y Fernando Gudiño-Peñaloza

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM*

[\\*dativa19@hotmail.com](mailto:dativa19@hotmail.com)

### **Resumen**

En los últimos años, las tecnologías de la información han ido tomando relevancia en diferentes sectores industriales, sociales, médicos y, obviamente, académicos y educativos. Estas tecnologías tuvieron recientemente una gran relevancia sobre el sector educativo, debido a la situación sanitaria provocada por la enfermedad Covid-19. Situación que provocó un vuelco de prácticamente todo ese sector hacía un entorno virtual y digital, modificando con ello todos los procesos de enseñanza-aprendizaje. Como nunca antes en la historia, estos procesos educativos se ajustaron a esta nueva modalidad. Para interactuar de manera adecuada con esta nueva forma de enseñanza-aprendizaje existe una gran cantidad de herramientas que tratan de cubrir cada una de las necesidades de este tipo de procesos: comunicación, trabajo colaborativo, pizarras virtuales, entre muchas otras. Es difícil imaginar que estas herramientas serán olvidadas una vez que se regrese a la enseñanza presencial. En un mundo cada vez más “conectado” y con exigencias de nuevas formas de desarrollo y trabajo basadas en mundos virtuales, resulta ilógico que los procesos de enseñanza-aprendizaje queden estancados en la educación tradicional, esta debe de evolucionar hacia modelos híbridos y autodidactas, con herramientas que cualquier alumno o usuario puedan utilizar en cualquier momento y desde cualquier dispositivo.

Considerando lo ya descrito, se ha diseñado un conjunto de páginas enfocadas hacia estudiantes de ingeniería, principalmente, con las que se busca incentivar el desarrollo de proyectos tecnológicos y el interés por las temáticas de esta, enfocada principalmente a los conceptos de inteligencia artificial y la robótica y su aplicación e interrelación con diferentes áreas de la ingeniería. Estas páginas, no solo pretenden informar acerca de los conceptos relacionados al tema, sino que busca que el lector pueda asimilarlos por medio del desarrollo de proyectos que ahí se describen y se colocan para que puedan ser descargados y utilizados. De forma empírica, y con alumnos de la FES-C, se ha podido comprobar que estas páginas han funcionado como puntos de referencia para la generación de proyectos e ideas de alto impacto de desarrollo.

**Palabras clave:** Educación basada en proyectos, inteligencia artificial aplicada, robótica, educación autónoma.

## Introducción

En los últimos años, se ha venido desarrollando un cambio de paradigmas en casi todos los aspectos de nuestra vida, desde la forma en la que nos comunicamos hasta la forma en la que aprendemos, todo esto motivado por los avances tecnológicos y computacionales existentes.

En el momento de escribir este texto, el mundo ha tenido que voltear a ver a las posibles estrategias de enseñanza virtual para adecuarse a una realidad de confinamiento que en este momento se ha presentado en básicamente todo el globo terráqueo. Esta situación ha obligado a miles de profesionales de la educación a plantear nuevas formas de enseñanza-aprendizaje basadas en herramientas virtuales y a distancia, poniendo los acervos de información como una parte fundamental en este proceso. Esta situación puede ser vista como una

oportunidad para mutar los esquemas de enseñanza-aprendizaje pasivos a unos más activos, esquemas en los que el alumnado sea el participante principal de su educación, y en los cuales, el alumnado aprenda no solo a encontrar información, sino también a procesarla y a aplicarla en problemas tecnológicos reales.

El uso de internet ha permitido el intercambio masivo de información, logrando que cualquier avance científico sea conocido prácticamente en cualquier parte del mundo en cuestión de segundos, lo que conlleva que el papel del profesor actual sea buscar que el aprendizaje del alumno sea significativo, es decir, que tenga valor y que no solamente retengan una sucesión de conceptos que no se ajustan a la realidad con la que conviven, en esta forma, el profesor (y el sistema educativo) debe crear y fomentar ambientes de aprendizaje implicando a los alumnos en la búsqueda y elaboración del conocimiento, mediante las estrategias y actividades apropiadas (Sandoval *et al.*, 2013).

El modelo clásico de evaluación se basa en asumir que el estudiante debe aprender lo respectivo a la materia o área de evaluación, sin embargo, actualmente la información existente de cada tema o área se vuelve difícil de adquirir y de procesar aun por las personas más doctas en la materia. Cada día surge nuevo conocimiento, nuevas ideas y perspectivas, por lo tanto, no queda otra solución que dotar al sistema educativo de nuevas técnicas de enseñanza que hagan más apto al sujeto para este proceso de cambio continuo (Estruch y Silva, 2006), y siguiendo este patrón es necesaria la búsqueda de estrategias académicas que evalúen el aprendizaje continuo más que la memorización de un número limitado de datos.

Por los motivos mencionados, es necesario generar herramientas de enseñanza-aprendizaje, en este caso virtuales, que fomenten la inventiva del alumnado, no solamente dándole datos teóricos sino buscando la manera de que el alumnado aplique esos conocimientos al desarrollo de proyectos, auxiliándose de scripts,



programas, diagramas y manuales diseñados exclusivamente para la aplicación ingenieril, y de esta forma, fomentar un aprendizaje que se base en la materialización de las ideas jóvenes en proyectos de alto impacto.

Es curioso que, aunque existen una cantidad incontable de páginas web destinadas a ingeniería, robótica e inteligencia artificial (IA), la gran mayoría solo explota los elementos conceptuales, dejando de lado la implementación de tales conceptos, lo que limita la asimilación completa de tales ideas por parte del estudiante o lector.

En este artículo se describe la creación de un conjunto de páginas web que mezclan elementos teóricos con aplicaciones prácticas, de tal manera que un alumno pueda encontrar entre sus secciones los elementos necesarios para desarrollar sus ideas y prototipos.

Antecedentes: Acuerdos internacionales como la Declaración de Bolonia (1999) buscan mejorar la calidad y competitividad de los estudios superiores, para este fin, se busca la implementación de la evaluación continua por medio de TIC's e internet, así como la enseñanza práctica. En concordancia con este acuerdo, es visible la necesidad de generar estrategias y herramientas virtuales de enseñanza–aprendizaje enfocadas al ABP (Krajcik y Blumenfeld, 2006), como una forma de actualización y de mejoramiento en el proceso educativo, ya que de acuerdo a Savage *et al.* (2008), un proyecto basado en la resolución de un problema de diseño técnico brinda a los estudiantes un entorno contextual que hace que el aprendizaje sea relevante y centrado.

Existen diferentes elementos que pueden ser utilizados para el aprendizaje online, entre ellos las wikis (Augar *et al.*, 2004), juegos y simulaciones (Aldrich, 2009) y repositorios (Orhun, 2004). Estos últimos de gran interés para el artículo presentado.

Los repositorios institucionales, según Ramírez (2009), se pueden entender como un sistema de información que reúne, preserva, divulga y da acceso a la producción científica e intelectual de una institución académica o científica. Este concepto se puede ampliar, no solamente a la preservación y divulgación del conocimiento generado por una institución, sino que se puede generalizar para la divulgación de conocimiento en sí mismo.

Un aspecto de interés es el desarrollo de repositorios generados en las universidades, Lynch (2003) define el repositorio institucional universitario, como un conjunto de servicios que la universidad ofrece a los miembros de su comunidad para la gestión y difusión de materiales digitales creados por la institución y por sus miembros. Estos se han generado a lo largo del mundo y en muy diversas universidades, mencionarlos todos sería imposible, sin embargo, existen autores que se han encargado de analizar algunos de ellos (Barrueco, *et al.*, 2009; Martínez y Conde, 2013; Pené *et al.*, 2015).

En el contexto de la UNAM, en México, esta también ha impulsado en los últimos años esfuerzos por generar recursos digitales de aprendizaje, entre los que se encuentran el desarrollo de Unidades de Apoyo Para el Aprendizaje, su repositorio institucional (<https://repositorio.unam.mx/>) y su campus virtual. Si bien es cierto que el conjunto de páginas desarrolladas aún no puede ser considerado un repositorio, si busca el mismo objetivo, albergar información y permitir la difusión de la misma a través del desarrollo de proyectos realizados por académicos y alumnos. En la misma línea y en el contexto de la FES-C, no se tienen previamente este tipo de herramientas, más aún, páginas de IA y robótica enfocadas a su aplicación, son elementos no existentes en las carreras de ingeniería de la UNAM (a conocimiento del autor), por lo que es un caso novedoso en el entorno definido.

## Objetivo

El objetivo primario del desarrollo de estas páginas es el poder acercar a los alumnos, y lectores en general, al mundo de la robótica y la IA y su aplicación en sistemas de ingeniería, buscando que el lector pueda encontrar todas las herramientas necesarias para poder llevar a cabo sus proyectos e ideas de desarrollo.

### Desarrollo del tema

Se ha desarrollado una página web matriz que alberga conceptos relacionados a IA y como estos pueden ser implementados en proyectos ingenieriles. Dentro de la página, con la ayuda de alumnos de diferentes carreras de la FES-C, se han desarrollado diferentes proyectos y se han montado en la página mencionada dejando para el uso libre la descripción de tales proyectos, diagramas de instalación, scripts informáticos, y todo lo necesario para que puedan ser replicados sin contratiempos. Esta página se encuentra montada dentro de un servidor de la FES-C, con el dominio <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/>.

La página cuenta con diferentes menús relacionados a temas de IA, tal como puede verse en la Figura 1.



**Figura 1. Vista principal de la página desarrollada, en donde se pueden observar menús relacionados a redes neuronales, lógica difusa, entre otros.**

Dentro de los diferentes temas presentados en la página, se van colocando proyectos y scripts que servirán de auxilio en el entendimiento de estos, sin embargo, existe una sección específicamente dedicada al desarrollo de proyectos.

Algo importante de mencionar, es que esta página ha servido para atraer alumnos interesados en la temática, y con quienes se ha logrado participar en diferentes foros académicos, locales, nacionales, e incluso internacionales.

En la Figura 2, se puede ver el impacto que la página ha tenido en diferentes regiones del mundo, viendo que, la región con más impacto es México, seguida de Colombia y Perú. En la misma línea, se puede observar en la Figura 3, el impacto que ha tenido la página en los últimos 20 días, al momento de la escritura de este artículo.

Es importante mencionar, que esta página no solo contiene conceptos y proyectos, también ha servido como centro de almacenamiento de las herramientas necesarias para la generación de prácticas de laboratorio de las asignaturas “Sistemas basados en Redes Neuronales” y “Sistemas Inteligentes”, ambas impartidas en la carrera ITSE de la FES-C.

Adicionalmente, se ha utilizado como un elemento auxiliar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, dirigiendo a los estudiantes a trabajar sobre las bases ya desarrolladas, logrando un acercamiento adecuado de los estudiantes hacia la temática definida dentro del sitio.

Puesto	Bandera	País	Contador de visitantes
1		Mexico	11,216
2		Colombia	1,360
3		Peru	1,308
4		Spain	940
5		United States	851
6		Ecuador	724
7		Argentina	623
8		Chile	472
9		Bolivia, Plurinational State of	440
10		Guatemala	305

Figura 2. Impacto de la página sobre diferentes regiones del planeta.



Figura 3. Impacto en los últimos 20 días, considerados a la fecha de escritura de este artículo.

Esta página alberga un subdominio, enfocado a la organización y difusión de un congreso estudiantil, en el cual han participado estudiantes y académicos de nivel

medio hasta posgrado, de diferentes partes de la república mexicana y el extranjero. Este congreso se realiza con la intención de que los alumnos puedan participar activamente en el desarrollo y difusión de ideas relevantes tecnológicamente, y de esta manera, lograr que otros estudiantes puedan sentirse motivados al encontrar en los exponentes, individuos “cercaños” a ellos y que no sean vistos como “los doctores” o “los profesores” lejanos a su realidad académica. El subdominio <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/ceiaait/> puede verse en la Figura 4. Esta página y congreso, surge con la intención de acercar al estudiantado al desarrollo práctico de ideas de IA y robótica y que de esta forma los alumnos pierdan “el miedo” que siente un estudiante al enfrentarse a este tipo de áreas de conocimiento que, en forma general, consideran de gran dificultad. Esta página ha sido un logro, en el aspecto de que se ha atraído la atención de estudiantes de diferentes niveles educativos, habiendo participado centros de educación de nivel bachillerato a posgrado.



**Figura 4. Sub dominio de la página intar.**

De esta subpágina es posible observar por medio de la Figura 5, que las regiones donde ha impactado más son en México, seguido de Estados Unidos y Ecuador.

Una tercera página interrelacionada con las anteriores es la que tiene el vínculo <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/ime> y que busca presentar conceptos,

apoyo tutorial y desarrollo de proyectos relacionados al área de robótica y control, mostrada en la Figura 6.

Las páginas aquí mencionadas se han pensado como elementos interrelacionados entre sí, que contengan diferentes líneas de trabajo que puedan ayudar a un usuario, no solamente a entender un tema, sino que además puedan desarrollar una aplicación tecnológica a partir de lo aprendido. Adicionalmente, se deja a mano del lector, diferentes herramientas que incentiven el desarrollo de sus ideas. Entre las herramientas que se encuentran a través de estas páginas y menús son scripts de Matlab y Python, diagramas de circuitería para generar los sistemas electrónicos, software y descripción de hardware completo de proyectos desarrollados, herramientas complementarias que pueden ser útiles en el proceso de innovación, tales como bases de datos y sistemas de muestreo de datos e información. Con estas herramientas y el desarrollo temático, se espera que el usuario pueda aprender conceptos prácticos, aplicarlos en el desarrollo de un proyecto técnico, e innovar a partir de lo ya diseñado; todo esto sin tener el miedo de no saber cuál es la dirección adecuada a seguir.

Puesto	Bandera	País	Contador de visitantes
1		Mexico	2,955
2		United States	404
3		Ecuador	136
4		Germany	41
5		Colombia	41
6		Argentina	33
7		Peru	32
8		Brazil	29
9		Ireland	28
10		France	26

Figura 5. Impacto de la página ceiaait sobre diferentes regiones del planeta.



Figura 6. Sub dominio de la página intar enfocado al área de robótica y control.

Como se mencionó, dentro de las páginas existen diferentes proyectos completamente desarrollados, y tanto software como diseño de hardware se puede descargar y utilizar de forma libre, intentando generar un repositorio de proyectos de robótica e IA. Buscando de esta forma que algún individuo interesado en el tema pueda replicar las ideas, sin una gran comprensión del área, generando un interés en la misma.



Otro aspecto importante a tener en cuenta, es la divulgación de diferentes proyectos técnicos y científicos relacionadas a las temáticas tratadas, esto por medio de las memorias del CEIAAIT que se tienen almacenadas dentro del mismo conjunto de páginas, de esta forma, no solamente se pueden generar proyectos técnicos, sino que se puede tener al alcance un conjunto de experimentos científicos y tecnológicos desarrollados por estudiantes, y lo más importante, en idioma español, lo que genera una apertura a la lectura por parte de la comunidad estudiantil.

## Conclusión

Existe una predisposición negativa acerca de la enseñanza online, incluso en este momento, después de haber utilizado de forma sistemática la educación virtual por más de un año, existen sectores poblacionales que no consideran este tipo de herramientas como “adecuadas” para la enseñanza, sin embargo, estas herramientas son y serán de gran utilidad para la educación, en este caso, práctica y autónoma. El diseño de las páginas descritas está pensado para que un lector interesado, a pesar de no estar inscrito en una ingeniería, puede aprender las bases e implementarlas en un proyecto práctico para comprender de forma global el “alma” del área.

Se ha observado de forma empírica, que los alumnos (IME e ITSE de la FES-C) se ven motivados a desarrollar proyectos, si saben que otras personas bajo “sus mismas circunstancias” también los han desarrollado previamente, más aún, si encuentran las herramientas necesarias para llevar a cabo sus ideas, los lectores ven “fácil” la implementación y no se ven desanimados en realizarla.

Estas páginas, en compañía de otros elementos, han sido utilizadas para impulsar el desarrollo de ideas de los estudiantes, y a partir de ellas, el desarrollo de

artículos y presentaciones en foros especializados, lo cual es la fortaleza más grande de este proyecto. Es importante mencionar que los estudiantes que han sido vinculados al desarrollo de este conjunto de herramientas han participado en diferentes congresos nacionales e internacionales, logrando así una de las principales metas de todo este proyecto académico, el lograr que los estudiantes se acerquen y participen activamente en el desarrollo de proyectos que involucren robótica e IA.

En cuanto al diseño de las páginas, es obvio que se requiere mejorar el aspecto visual de las mismas, para que no solo sean conceptos y matemáticas, sino que puedan atraer a un usuario desde la primera vista, sin embargo, esta parte será dejada por el momento como trabajo futuro.

Aunque existen varios proyectos liberados dentro de la página, otra de las metas a futuro es el poder liberar grandes cantidades de proyectos, tal que, cualquier usuario pueda encontrar al menos un proyecto afín a sus ideas y tendencias particulares. Obviamente esto requiere de mucho esfuerzo y dedicación, ya que cada proyecto debe de ser desarrollado, probado, y descrito de forma rígida y completa.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA y a la FES-C por el financiamiento del proyecto PAPIME PE103322 y PIAPIME 1.31.27.22.

Así mismo, se agradece a todos los alumnos que han participado en la generación de proyectos para que la página siga creciendo, es difícil poner los nombres en este párrafo, pero todos ellos aparecen nombrados en la página.

## Referencias

Aldrich, C. (2009). *Learning online with games, simulations, and virtual worlds*. Strategies for online instruction (Vol. 23). John Wiley & Sons.

Augar, N., Raitman, R., & Zhou, W. (2004). *Teaching and learning online with wikis*. In *Beyond the comfort zone: proceedings of the 21st ASCILITE Conference, Perth, 5-8 December* (pp. 95-104). ASCILITE.

Barrueco, J.M., García, C., & FESABID. (2009). *Repositorios institucionales universitarios: evolución y perspectivas*. Zaragoza: Fesabid, XI Jornadas Españolas de Documentación.

De Bolonia, D. (1999). *Declaración conjunta de los Ministros Europeos de Educación*. Disponible en la dirección [https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/6/6948/Declaracion\\_bolonia.pdf](https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/6/6948/Declaracion_bolonia.pdf) Consultada en noviembre de 2019.

Estruch, V., & Silva, J. (2006). *Aprendizaje basado en proyectos en la carrera de Ingeniería Informática*. Actas de las XII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI, 2006). Deusto, Bilbao, del, 12, 339-346

Krajcik, J.S., & Blumenfeld, P.C. (2006). *Project-based learning*. pp. 317-34.

Lynch, C.A. (2003). Institutional Repositories: Essential Infrastructure For Scholarship In The Digital Age. portal: *Libraries and the Academy*, 3(2): 327-336. doi:10.1353/pla.2003.0039.

Martínez, A.C., & Conde, E.R. (2013). Participación y visibilidad web de los repositorios digitales universitarios en el contexto europeo. *Comunicar*, 20(40): 193-201.

Orhun, E. (2004). Web-Based Learning Materials for Higher Education: The MERLOT Repository. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 3(3): 73-78.

Pené, M.G., Unzurrunzaga, C., & Borrell, M. (2015). *Repositorios institucionales universitarios argentinos, un acercamiento a sus colecciones*. In IV Jornadas de Intercambio y Reflexión acerca de la Investigación en Bibliotecología 29-30 de octubre de 2015 La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Bibliotecología.

Ramírez, E. (04 de febrero del 2009). *Los repositorios institucionales en México*. <http://www.ceids-hgm.mx/los-repositorios-institucionales-en-m%C3%A9xico>



Sandoval, M.J., Mandolesi, M.E., & Cura, R.O. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior. *Educación y educadores*, 16(1): 126-138

Savage, R., Chen, K., & Vanasupa, L. (2008). Integrating project-based learning throughout the undergraduate engineering curriculum. *Journal of STEM Education*, 8(3).

## **DERECHOS DE AUTOR EN LA PUBLICACIÓN DE VIDEOS COMO RECURSOS EDUCATIVOS DIGITALES EN YOUTUBE Y REPOSITORIOS**

Ariana Chávez-Méndez\*, Claudia Lizbeth Moctezuma-González y Ana Laura  
Méndez-Franco

*Dirección General de Repositorio Universitarios-UNAM*

[\\*ariana.chavez@dgru.unam.mx](mailto:ariana.chavez@dgru.unam.mx)

### **Resumen**

La generación y publicación de recursos educativos digitales en Internet ha aumentado exponencialmente en los últimos años, sobre todo a partir de la pandemia por COVID-19. La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través de la Dirección General de Repositorios Universitarios ha impulsado el desarrollo e implementación de repositorios administrados por las distintas entidades académicas para poner a disposición de su comunidad y la sociedad en general los recursos educativos generados por la Universidad, promoviendo el respeto a los derechos de autor. Por lo anterior, cuando un video como un recurso educativo digital es publicado en una plataforma digital, se debe incluir la información legal correcta y suficiente que brinde certeza a las personas usuarias sobre los usos permitidos, cumpla con la legislación aplicable en materia de Derechos de Autor y dé a conocer la licencia de uso asignada. Las licencias Creative Commons son autorizaciones sobre el acceso, uso y reproducción de un video que la persona titular de los derechos patrimoniales concede a la persona usuaria. La UNAM adoptó estas licencias con el fin de fomentar el libre acceso e intercambio de la investigación y la cultura, y a la vez garantizar la protección de los derechos de autor. Adicionalmente, antes de publicar un video educativo en Internet es necesario revisar los Términos y Condiciones de Uso vigentes de la

plataforma con la finalidad de verificar que la licencia de uso sea compatible con su normatividad. La licencia de uso asignada debe de ser la misma independientemente de si el video se publica en una o más plataformas, por ejemplo, para la publicación de un video en un repositorio universitario de la UNAM y YouTube, sólo se puede asignar la licencia Creative Commons de atribución.

**Palabras clave:** Aviso legal, repositorios universitarios, licencia de uso, Creative Commons.

## Introducción

El Internet se ha convertido en un medio de difusión muy eficiente que pone a disposición de la sociedad recursos digitales a los que se puede acceder fácilmente con o sin la autorización de las personas creadoras. Ese fácil acceso ha generado que las personas usuarias compartan, modifiquen y exploten los recursos sin la autorización de la persona titular de los derechos de autor, esto no implica que los derechos de las personas creadoras hayan dejado de estar vigentes, por lo que resulta de gran importancia que el uso del Internet sea aprovechando las ventajas que ofrece, pero con consciencia y respeto a los derechos de terceras personas (Alvarado, 2008).

En virtud de lo anterior, las personas creadoras de los recursos educativos digitales deben tener en cuenta durante el proceso de creación aspectos legales como, el respeto a los derechos de autor de terceros, incluir la información completa para que las personas usuarias puedan dar la atribución correspondiente, identificar la o las plataformas digitales en las que se desea publicar el recurso, conocer los términos y condiciones de uso de estas plataformas para identificar las condiciones de publicación y que las licencias de uso asignadas sean compatibles con dichos términos.

## Objetivo

Proporcionar información a las personas creadoras de recursos educativos digitales sobre las licencias de uso para la publicación de recursos educativos digitales en YouTube y en repositorios universitarios administrados por la UNAM.

## Desarrollo del tema

### *Repositorios universitarios.*

Los repositorios universitarios son plataformas digitales de acceso abierto que reúnen, integran, gestionan y diseminan los metadatos y recursos digitales de las entidades o dependencias de la Universidad, cumpliendo con estándares y normativas de interoperabilidad nacionales e internacionales. Tienen como objetivo coadyuvar en la gestión digital del conocimiento, lo que implica el depósito, cosecha, custodia, resguardo, preservación, integración y diseminación de los metadatos y recursos digitales (Chávez *et al.*, 2021).

Los repositorios universitarios cuentan con un marco normativo que establece las reglas de gestión de los repositorios y de sus recursos para garantizar la protección a los derechos de autor, propiedad industrial y brindar seguridad y certeza jurídica a las personas administradoras, proveedoras de recursos digitales, usuarias del portal y cosechadoras del repositorio.

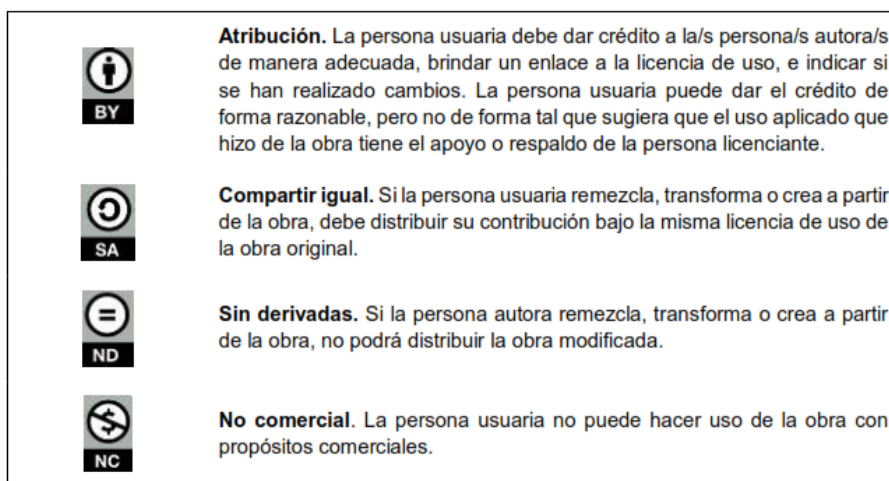
Dentro del marco normativo, la UNAM adoptó las licencias Creative Commons para los recursos digitales susceptibles de publicarse en repositorios universitarios, con el fin de fomentar el libre acceso e intercambio de la investigación y la cultura, y a la vez garantizar la protección de los derechos de autor (Universidad Nacional Autónoma de México, 2020).

### *Licencias de uso Creative Commons.*

Una licencia es una autorización o permiso que concede la persona titular de los derechos patrimoniales para que otra persona utilice el recurso en la forma indicada por la persona titular. Esta autorización puede o no estar sujeta a un pago, no transmite la titularidad de los derechos del recurso que se esté licenciando y cuenta con una vigencia (Ley Federal del Derecho de Autor, 2020).

Las licencias Creative Commons fueron propuestas en 2001 por Lawrence Lessing, son licencias permisivas para el acceso abierto, estandarizadas, gratuitas, fáciles de usar, funcionales en todo el mundo y aplicables en el campo intermedio entre el “dominio público” y “todos los derechos reservados”. Una licencia Creative Commons ayuda a las personas creadoras a mantener sus derechos de autor y a obtener el crédito que les corresponde en todos los casos; de igual forma, facilita la distribución de la obra y la comprensión del uso permitido según el tipo de licencia. Hay seis tipos de estas licencias, desde la menos restrictiva hasta la más restrictiva, y se identifican con una combinación de 4 símbolos, ver Figuras 1 y 2 (Creative Commons, s/f).











**Figura 1. Símbolos de las licencias Creative Commons (Dirección General de Repositorios Universitarios, 2022).**

### *Publicación de recursos educativos digitales y en YouTube.*

Cuando se publica un recurso educativo digital es importante que la licencia de uso sea la misma independientemente de la plataforma en que se publique, de esta manera sin importar en dónde se consulte el recurso los permisos serán los mismos. Estas licencias deben de estar en armonía con la normatividad de la plataforma en cuestión, por ejemplo, en el caso de YouTube en sus Términos del Servicio (figura 3), establece la licencia predeterminada para los videos que se publiquen en su plataforma. Al cargar el video en la plataforma permite seleccionar la licencia predeterminada o la licencia Creative Commons CC-BY (YouTube, 2022a), pero sólo permite una de estas dos opciones.

Símbolo	Dar crédito al autor	Se permite redistribuir, copiar, publicar, comunicar	Permite uso comercial	Permite modificar y adaptar	Si hay obra derivada permite elegir una licencia diferente para la obra derivada
	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Sí	Sí	Sí	Sí	No
	Sí	Sí	Sí	No	No permite obra derivada
	Sí	Sí	No	Sí	Sí
	Sí	Sí	No	Sí	No
	Sí	Sí	No	No	No permite obra derivada

**Figura 2. Permisos y obligaciones relacionados con las licencias Creative Commons (Dirección General de Repositorios Universitarios, 2022).**

Si un recurso digital fue publicado en YouTube y se desea publicar de manera simultánea en un repositorio universitario es importante notificar al responsable jurídico para que éste asigne la licencia CC-BY, que es la única compatible, hasta el momento, con ambas plataformas.

Las redes sociales cuentan con la ventaja de llegar a una gran cantidad de personas, lo que les ha permitido convertirse en una estrategia académica en la educación superior, la cual se vio favorecida durante la pandemia por COVID-19 (Ospina *et al.*, 2021). Los repositorios universitarios publican recursos evaluados en calidad y pertinencia, tienen el objetivo de organizarlos, describirlos y preservarlos a través de metodologías y tecnologías que garanticen el acceso futuro a los recursos. Los repositorios mantienen su conectividad a través de protocolos comunes de comunicación, lenguajes de intercambio y estándares de datos. Los objetivos de ambas plataformas son distintos, sin embargo, se pueden

aprovechar las ventajas de ellas y publicar los recursos educativos siempre y cuando se otorguen los mismos permisos de uso en todas las plataformas.



**Figura 3. Algunas de las secciones de los Términos de uso de YouTube vigentes a partir del 5 de enero de 2022 (YouTube, 2022b).**

### *Asignación de licencias Creative Commons.*

La asignación de la licencia de uso a una obra, en este caso a un recurso digital, la realiza la persona titular de los derechos patrimoniales, ya que de acuerdo a la Ley Federal del Derecho de Autor es quien puede autorizar o prohibir la reproducción, publicación, edición, comunicación pública (incluyendo Internet), la distribución de la obra, considerando la venta y divulgación de obras derivadas (Ley Federal del Derecho de Autor, 2020).

Antes de realizar la asignación de la licencia de uso para la publicación del recurso educativo digital, es importante verificar quién es la persona titular de los derechos patrimoniales ya que puede existir una relación contractual con la persona creadora o ser el resultado de un trabajo colaborativo entre personal de la Universidad y personas externas a ella y es la persona titular quien, como se mencionó en el párrafo anterior, puede autorizar la publicación e indicar la licencia

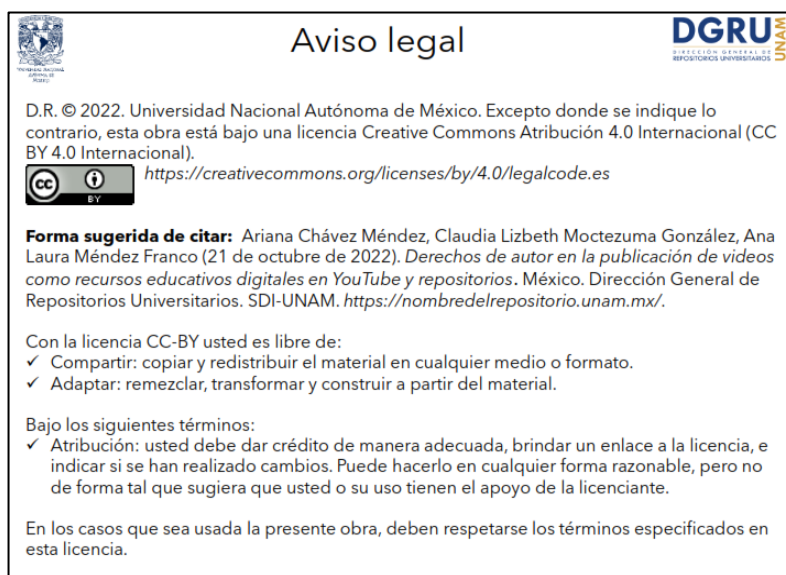
de uso. En el caso particular de los recursos que se publiquen en un repositorio universitario, la persona responsable de coordinar la asignación de la licencia de uso es el responsable jurídico (Universidad Nacional Autónoma de México, 2020).

*Aviso legal a videos como recursos educativos digitales.*

Los recursos digitales deben de encontrarse acompañados de su información legal, esto con la finalidad de cumplir con la legislación aplicable (federal e institucional) y brindar certeza a las personas usuarias sobre los usos permitidos de los contenidos. Al publicar un recurso educativo digital en un repositorio universitario, la información legal debe de colocarse tanto en los metadatos como en el aviso legal el cual debe de insertarse en el propio recurso. La información legal mínima que debe describirse en los metadatos es: título, persona autora, entidad que avala al contenido digital, licencia de uso, número de registro ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR), si aplica, y fecha de publicación (Chávez *et al.*, 2021). El aviso legal del recurso debe incluir: título, persona autora, titular de los derechos patrimoniales, institución, entidad o dependencia editora, fechas de creación, licencia de uso, URL del código legal de la licencia de uso asignada, cuando aplique el número de registro ante el INDAUTOR, así como los usos permitidos y términos a cumplir de acuerdo con la licencia asignada. En la Figura 4, se muestra un ejemplo para un video.


De la misma manera en que se procura el respeto a los derechos de los recursos de la Universidad es importante respetar los derechos de autor de terceros y es responsabilidad de la persona autora asegurarse de ello. Una gran cantidad de recursos educativos utilizan imágenes, música o citas a otras obras y es indispensable identificar los usos permitidos de éstos, y aun cuando no estén plasmados en la obra no es sinónimo de que no existan y el titular de los derechos patrimoniales puede tomar acciones por un uso no autorizado (Ley Federal del Derecho de Autor, 2020). Es por ello que, a falta de una licencia visible, es

necesario contactar al titular de los derechos patrimoniales y consultar cuáles son los usos que autoriza para su obra. Plataformas como las de YouTube (YouTube, 2022b) aclaran que el uso de propiedad intelectual de terceros debe estar respaldado por un permiso o estar legalmente autorizado y que la persona autora es legalmente responsable del contenido que envía.



**Aviso legal**

D.R. © 2022. Universidad Nacional Autónoma de México. Excepto donde se indique lo contrario, esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0 Internacional).

 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.es>

**Forma sugerida de citar:** Ariana Chávez Méndez, Claudia Lizbeth Moctezuma González, Ana Laura Méndez Franco (21 de octubre de 2022). *Derechos de autor en la publicación de videos como recursos educativos digitales en YouTube y repositorios*. México. Dirección General de Repositorios Universitarios. SDI-UNAM. <https://nombredelrepositorio.unam.mx/>.

Con la licencia CC-BY usted es libre de:

- ✓ Compartir: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
- ✓ Adaptar: remezclar, transformar y construir a partir del material.

Bajo los siguientes términos:

- ✓ Atribución: usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

En los casos que sea usada la presente obra, deben respetarse los términos especificados en esta licencia.

**Figura 4. Ejemplo de un aviso legal para un recurso educativo digital publicado en YouTube cuyos derechos patrimoniales pertenecen a la UNAM.**

La persona autora de un recurso educativo digital debe de mantener siempre en mente que en caso de utilizar propiedad intelectual de terceros para la creación de su recurso debe respetar los derechos de autor de éstos y dar la atribución correspondiente por cumplimiento a la Ley, pero sobre todo por una cuestión ética.

La DGRU-UNAM ofrece su apoyo en la revisión de la información legal de recursos digitales, así como el desarrollo del marco normativo para repositorios universitarios, agradeceremos que comunique sus posibles dudas o sugerencias a través del correo [contacto@repositorio.unam.mx](mailto:contacto@repositorio.unam.mx).

## Conclusión

La publicación de recursos educativos digitales en un repositorio universitario debe tener en consideración los siguientes aspectos legales, el respeto a los derechos de autor de terceros, incluir un aviso legal, asignar una licencia de uso, notificar al responsable jurídico sobre la publicación del recurso digital en otras plataformas, proporcionar la información legal para la descripción de los metadatos correspondientes.

Adicionalmente es indispensable que antes de publicar en alguna plataforma de Internet verifique la normatividad de ésta de tal manera que se encuentre informado sobre las condiciones de publicación, identifique el tipo de licencia que se puede asignar y mantenga una armonización entre la licencia asignada y la normatividad de la plataforma, teniendo así herramientas para decidir en qué plataformas publicar el recurso.

## Referencias

Alvarado, C.A. (2008). *Marco legal del Derecho de autor en México. Propiedad intelectual. Nuevas tecnologías y libre acceso a la cultura*, 236. Recuperado el 01 septiembre 2022 de <https://bibliotecas.uaslp.mx/NACO-Mexico/archivos/eventos/10a%20conferenciay8oseminario/Talleres/Taller6%20--%20Marco%20Legal%20del%20Derecho%20de%20Autor%20en%20Mexico.pdf>

Chávez, M.A., Méndez, F.A.L., Sáenz, G.R., López, C.K.A., & Pérez, O.T.M. (2021). *Estándar de metadatos para la interoperabilidad jurídica de repositorios universitarios*. México. Dirección General de Repositorios Universitarios. SDI-UNAM.

Universidad Nacional Autónoma de México. (19 octubre 2020). *Lineamientos para la integración de repositorios universitarios en el Repositorio Institucional de la UNAM*. Gaceta UNAM. 5156: 35-39.



Ley Federal del Derecho de Autor. (01 julio 2020). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 01 septiembre 2022 de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/122\\_010720.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/122_010720.pdf)

Creative Commons. (s/f). Recuperado el 01 septiembre 2022 de <https://creativecommons.org/>

Dirección General de Repositorios Universitarios. (2022). *Tipos de Licencias Creative Commons (Versión 4)*. Dirección General de Repositorios Universitarios. SDI-UNAM. México.

Ospina, G.A.G., Gómez, M.M.G., & Ospina, C.F.G. (2021). COVID-19 y uso de redes sociales virtuales en educación médica. *Educación Médica*, 22(5): 273-277.

YouTube. (2022a). *Creative Commons. [Ayuda de YouTube. Derechos de autor y gestión de derechos]*. Recuperado el 01 septiembre 2022 de [https://support.google.com/youtube/answer/2797468?hl=es&ref\\_topic=2778546](https://support.google.com/youtube/answer/2797468?hl=es&ref_topic=2778546)

YouTube. (2022b). *Términos del Servicio*. Recuperado el 01 septiembre 2022 de <https://www.youtube.com/static?template=terms>

## PROBABILIDAD DE HELADA EN CUAUTITLÁN IZCALLI, MÉXICO

Gustavo Mercado-Mancera<sup>1\*</sup>, Isaac Ramón Arroyo-León<sup>2</sup>, Ana Karen Granados-Mayorga<sup>1</sup> y Jesús Navejas-Jiménez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.*

<sup>2</sup>*Licenciatura de Ingeniería Agrícola, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.*

<sup>3</sup>*INIFAP. Sitio Experimental Valle de Santo Domingo. Cd. Constitución, BCS. México*

[\\*gmercado@unam.mx](mailto:gmercado@unam.mx)

### Resumen

Las heladas son un fenómeno ambiental determinante en el desarrollo de los cultivos, puesto que pueden causar severos daños a la vida vegetal y con ello la disminución en el rendimiento o pérdidas totales de los cultivos. El objetivo fue analizar la probabilidad de ocurrencia de helada (PLH), en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Se utilizaron datos del periodo de julio de 1987 a febrero de 2020 de la estación meteorológica Almaraz. Se consideraron el promedio mensual de temperatura mínima, el número de días con helada, y las fechas de primera y última helada. Para la determinación del PLH se emplearon los métodos de F.S. Da Mota y Distribución normal. El cálculo se realizó a una probabilidad del 5% y 20% de la ocurrencia de helada. Se realizó una comparación entre los métodos empleados y su prospectiva a futuro de la duración del PLH en el área de estudio. Los resultados muestran una tendencia de incremento en la temperatura mínima anual como en la temperatura media anual, y la disminución en el número de días con heladas. Con el método de F.S. Da Mota la duración fue de 190 y 211 días para el 5% y 20% de probabilidad, respectivamente. Con el método de Distribución normal se obtuvieron 32 días menos para una probabilidad del 5% y para la probabilidad del 20%. La prospectiva es que para el año 2030 la duración del PLH oscilará entre 234 y 254 días de acuerdo con la relación de las



variables. Se concluyó que los datos obtenidos tienen gran utilidad para la planeación agrícola, así como su empleo para la toma de decisiones, con el fin de disminuir los riesgos de daños por helada en los cultivos.

**Palabras clave:** Probabilidad de ocurrencia, periodo libre de helada, distribución normal.

## Introducción

Matías *et al.* (2014) definieron que una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0 °C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas. Generalmente la helada se presenta en la madrugada o cuando está saliendo el sol.

En México las heladas se concentran alrededor del invierno, de tal forma que es posible representar su distribución como una curva normal donde el punto más alto se ubica hacia fines de un año o principios del siguiente. Bajo este esquema resulta fácil entender lo que significa la primera y la última helada (Pájaro y Ortiz, 1989).

Los principales elementos meteorológicos que influyen en la ocurrencia de las heladas son la ausencia de viento, y de nubosidad en el cielo, bajo contenido de humedad atmosférica y alta irradiación del suelo (Matías *et al.*, 2014). Asimismo, el descenso de la temperatura y la ocurrencia de heladas, constituyen uno de los fenómenos ambientales que más daño causa en la vida vegetal. Las pérdidas ocasionadas son variables y dependen principalmente del estado de desarrollo de la planta y de la intensidad y duración de la helada (Ruiz, 1989).

La agricultura es una empresa sujeta a riesgos y las heladas constituyen un peligro para el buen desarrollo de ella. Al estudiar la probabilidad de la ocurrencia de

helada se puede disminuir racionalmente el riesgo de sufrir pérdidas en la producción agrícola, al ubicar cronológicamente los cultivos fuera de las épocas de ocurrencia de las heladas, con un cierto margen de seguridad (Romo y Arteaga, 1989).

La probabilidad promedio de ocurrencia de heladas del periodo de septiembre a diciembre, proporciona un indicador del riesgo de presentación de la primera helada, la cual puede dañar a siembras tardías o a variedades de ciclo largo que se hayan establecido al inicio de la primavera. La última helada se considera a la que se presenta durante el primer semestre del año y suele tener efectos destructivos en cultivos que inician su desarrollo a principios de primavera, como el caso de algunos frutales (Martínez y Ruiz, 2005).

Para los cultivos perenes, se estima como riesgo aceptable el que se produzcan temperaturas mínimas iguales o inferiores a las temperaturas letales congelantes una vez cada veinte años, es decir, con una probabilidad de ocurrencia de heladas no mayor del 5%, que asegura un razonable desarrollo de los cultivos perennes. Para los cultivos anuales puede considerarse práctico un riesgo mayor de años, como un 20% de probabilidad, lo que implica la ocurrencia de heladas en uno de cada cinco años (Romo y Arteaga, 1989).

Straschvoy *et al.*, (2006) indicaron que uno de los objetivos de estos estudios de probabilidad es establecer una fecha de siembra que disminuya el riesgo de ocurrencia de ellas en etapas definidas como críticas para cada cultivo, es de suma importancia establecer las fechas medias de la primera y última helada (heladas tempranas y tardías).

## Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue el análisis de la probabilidad de ocurrencia de helada (PLH), en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

## Metodología

Los datos de temperatura fueron obtenidos del banco de datos de la estación meteorológica de la FES-Cuautitlán, UNAM, localizada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, del periodo de julio de 1987 a febrero de 2022, la cual se ubica en la longitud Oeste 99° 11'42'' y en la latitud Norte 19°41'35'', a 2,256 msnm. La zona se caracteriza por tener un clima Templado subhúmedo con lluvias de verano, el más seco de los subhúmedos, con verano fresco, sin sequía intraestival, el mes más caliente es junio, con poca oscilación térmica (Angeles, 2022). Se emplearon los métodos de F.S. Da Mota, quien generó la fórmula siguiente para calcular esta probabilidad:

$$P = C * I$$

Donde:

$$I = (m+1-x) / (m+1)$$

$$C = m/n$$

P = Probabilidad de ocurrencia de una helada

C = Constante

I = Índice de cálculo

n = Número de años estudiados

m = Número de años con heladas

x = Número de orden de la fecha de ocurrencia, ordenando las fechas de ocurrencia en orden creciente.

Con los valores de P y las fechas correspondientes se construye una gráfica, en la que se calculan las probabilidades de ocurrencia de helada después de una fecha (helada tardía) o antes de una fecha dada (helada temprana).

Además, se empleó el método de Distribución normal, donde a partir de los datos codificados de primera y última helada, se calcula la media ( $\mu$ ) y la desviación

estándar ( $\sigma$ ), para cada fecha. Para el cálculo de la probabilidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$Z = (x - \mu) / \sigma$$

Donde:

Z= valor de Z calculada

X= valor codificado de primera o última helada

$\sigma$ = desviación estándar de los valores codificados

$\mu$ = media de los valores codificados

Con los valores de Z así calculados para cada dato, se entra a la Tabla de Probabilidad de hallar un valor al azar de Z y se encuentra la probabilidad de primera y última helada. Una vez determinadas las probabilidades se grafican los datos.

Es importante señalar que para valores de Z tabulados negativos, el valor de Z encontrado en la Tabla se expresa en porcentaje y se resta a 100 para encontrar la probabilidad de la última helada codificada.

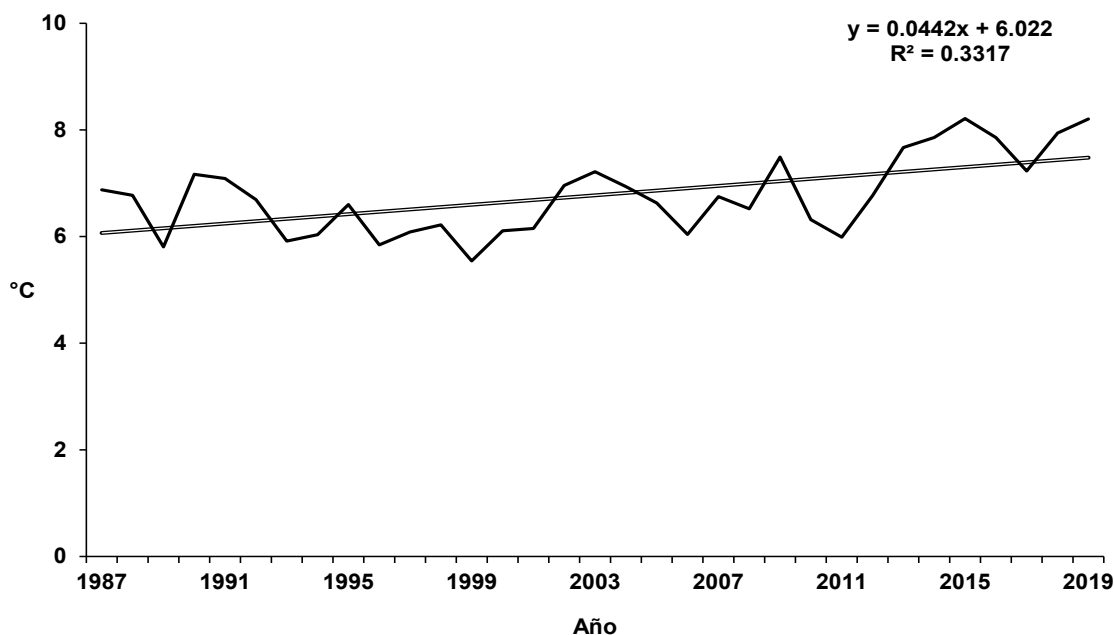
Para el caso de primera helada, si el valor de Z tabulada es positivo, el valor de Z se expresa en porcentaje y se resta a 100 para tener la probabilidad de ocurrencia en la fecha codificada.

Para los casos contrarios en los cálculos de primera y última helada se expresan los valores de Z de tablas directamente en porcentaje y tener así la probabilidad de ocurrencia de la fecha correspondiente.

## Resultados

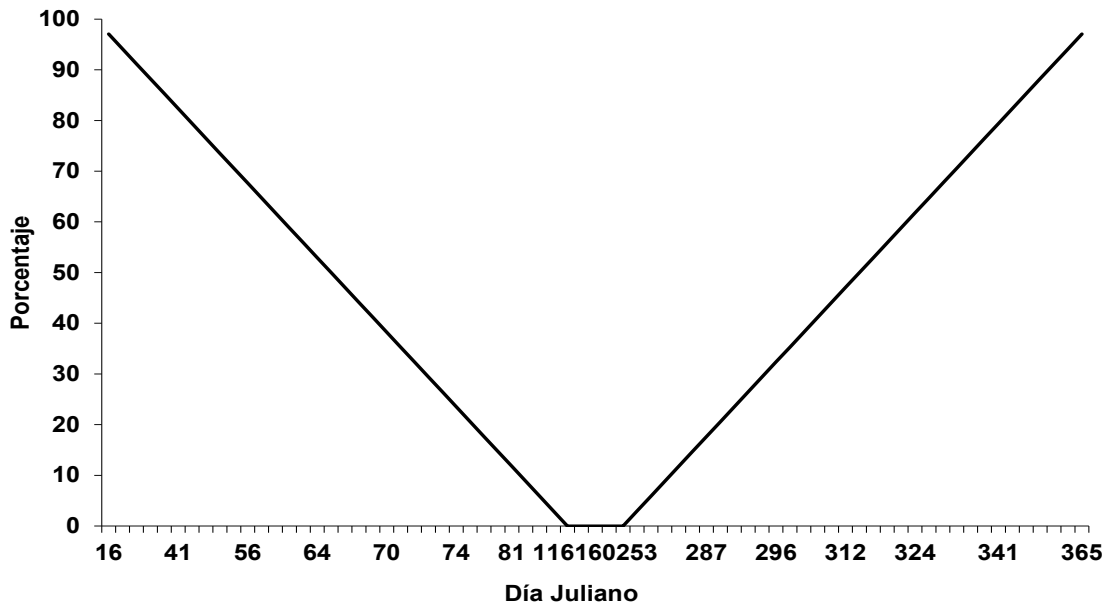
En la Figura 1 se presentan la tendencia de la temperatura ambiental mínima, promedio anual. Se observó una variación anual y la tendencia a incrementarse

progresivamente, esto puede ser el resultado de las variaciones en la zona aledaña a la estación, debido al cambio de uso del suelo que ha tenido esta región.



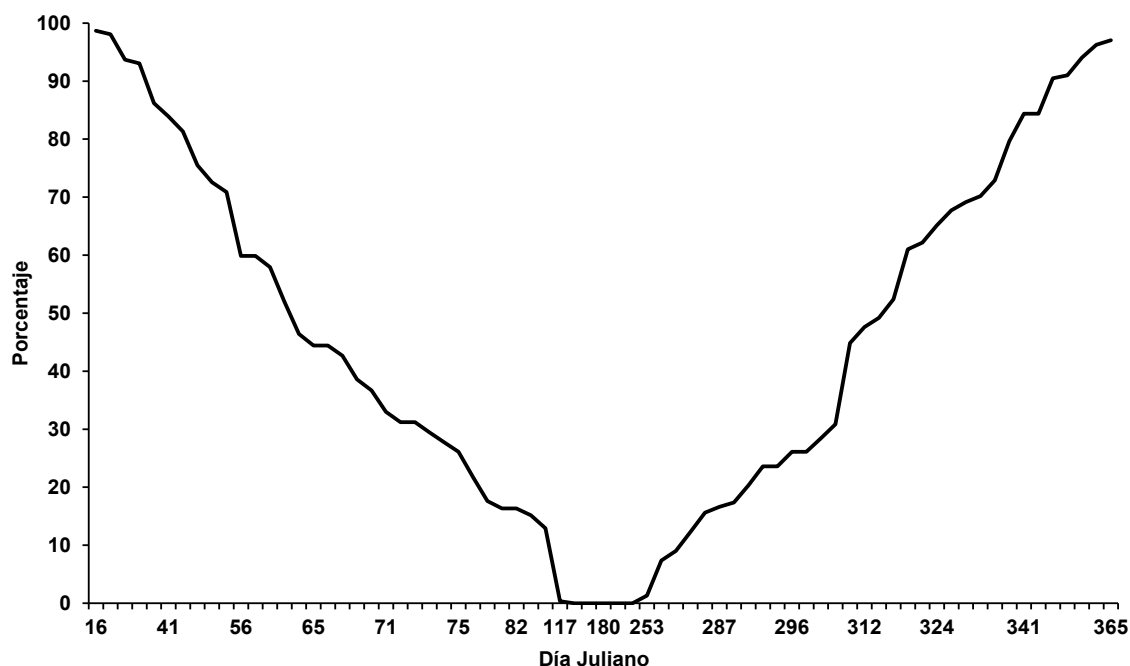
**Figura 1. Tendencia de la temperatura mínima, promedio anual, de 1987 al 2019. Estación meteorológica FES-C. Cuautitlán Izcalli, México.**

En la Figura 2 se presenta el periodo libre de heladas (PLH) obtenido por el método de F.S. Da Mota, el cual es de 190 días, esto es, inicia el 25 de marzo y finaliza el 01 de octubre, al 5% de probabilidad de ocurrencia de helada. Con el 20% de probabilidad el periodo calculado es de 211 días, que inicia el día 18 de marzo y finaliza el 15 de octubre.



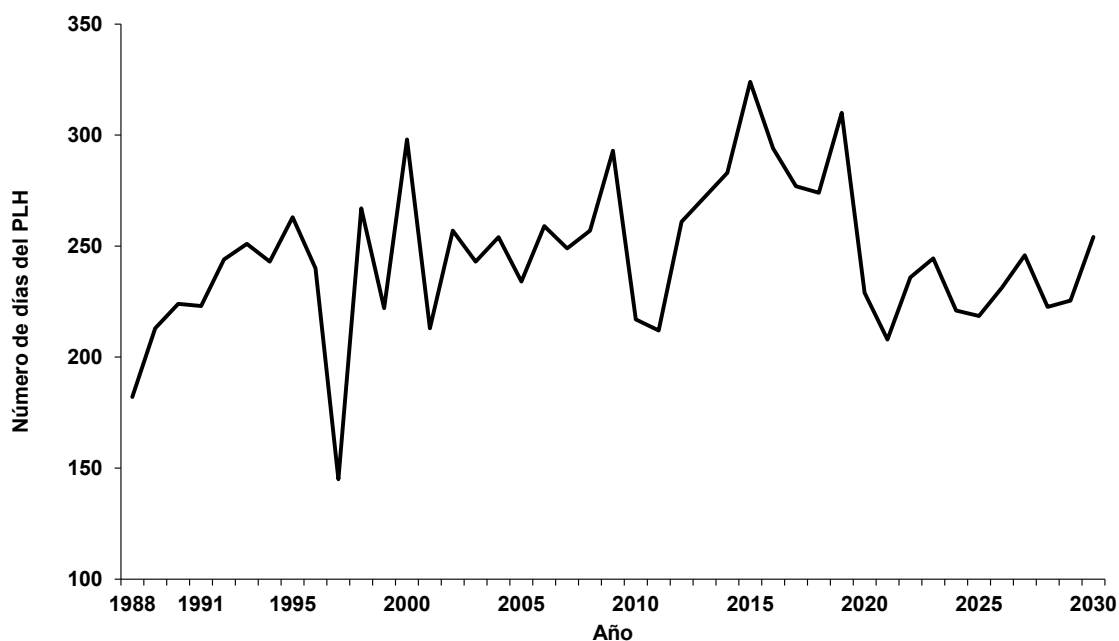
**Figura 2. PLH, método de F.S. Da Mota, de 1987-2020. Estación meteorológica Almaraz.**

Los resultados obtenidos por el método de Distribución normal muestran que el PLH es de 158 días para una probabilidad de ocurrencia del 5% y de 214 días para el 20% de probabilidad. El periodo con un 5% de probabilidad inicia el 26 de abril y finaliza el 01 de octubre. En el caso de 20% de probabilidad, el periodo inicia el día 18 de marzo y finaliza el 18 de octubre (Figura 3).



**Figura 3. PLH, método de Distribución normal, de 1987-2020. Estación meteorológica Almaraz.**

La elección del método a aplicar para el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de heladas dependerá de los datos con que se cuente, así como el porcentaje de certidumbre que se desee obtener. El PLH calculado por el método de Distribución normal para una probabilidad de 5% presentó una diferencia de 32 días menos con respecto al obtenido por el método de F.S. Da Mota, esto es, representa una disminución en dicho periodo lo cual puede repercutir en la elección adecuada de cultivos perennes y su manejo correspondiente. El periodo de bajo riesgo de helada calculado para una probabilidad del 20% oscila entre 211 y 214 días, en el cual es posible tener varios ciclos de producción y obtener mayor aprovechamiento de los recursos. Además, se determinó la prospectiva de la duración del PLH mediante un análisis de regresión simple entre el PLH con la temperatura media y mínima, para la década de 2020 a 2030 (Figura 4).



**Figura 4. Duración del PLH observado de 1988 al 2019 y su tendencia para la década 2020-2030 obtenida de la regresión PLH-Tmedia+Tmínima. Estación meteorológica Almaraz.**

Se observó que la duración del PLH se mantiene en un intervalo de 207 a 259 días lo cual representa una variación amplia para los siguientes 10 años. Asimismo, la disminución en la duración del PLH en las décadas anteriores, contrasta con el aumento de este PLH en los siguientes años, debido a la prospectiva del aumento de la temperatura ambiental en el área de estudio (Arroyo, 2022). La utilidad de este cálculo de prospectiva del PLH es prever la duración de dicho periodo para los años consecuentes, lo que es de gran ayuda al momento de realizar la planeación de las actividades agrícolas en campo, desde la elección del cultivo, la selección de la fecha de siembra más adecuada, la calendarización de labores en campo, entre otras.



## Discusión

Se prevé un aumento gradual de la temperatura mínima para el año 2030 y con ello un incremento en la duración del PLH hasta de 259 días, que implica una disminución de acumulación de frío en los frutales caducifolios, por ejemplo.

La utilidad de este cálculo de prospectiva del PLH es prever la duración de dicho periodo para los años consecuentes, lo que es de gran ayuda al momento de realizar la planeación de las actividades agrícolas en campo, desde la elección del cultivo, la selección de la fecha de siembra más adecuada, la calendarización de labores en campo, entre otras.

La probabilidad indica qué posibilidades hay de experimentar temperaturas que causen daño en un año dado y el riesgo nos dice la probabilidad de que ocurra una helada a lo largo de un periodo dado, por ello, el análisis de probabilidad y riesgo de heladas es una herramienta útil en la toma de decisiones, la cual dependerá del tipo de cultivo (Snyder *et al.*, 2010).

## Conclusión

Debido a que se contaron con los datos de ocurrencia de las fechas de primera y última helada, el método que más se ajustó fue el de Distribución normal, que permitió definir de forma más precisa la probabilidad de ocurrencia de las fechas de primera y última helada y, por lo tanto, de la duración del periodo libre de heladas. El poder definir este periodo es de gran importancia para la planificación de los cultivos de interés, asimismo, para disminuir el riesgo de ocurrencia de helada en etapas definidas como críticas para cada cultivo.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo del personal técnico de la estación meteorológica de la FES-Cuautitlán, por el aporte de los datos climáticos.

## Referencias

- Angeles, F.S.B. (2022). *Determinación de la normal climática de 1987 a 2022 de la Estación Meteorológica Almaraz*. Tesis de Licenciatura. FES-Cuautitlán, UNAM. México. 106 pp.
- Arroyo, L.I.R. (2022). *Estudio de la probabilidad de ocurrencia de helada en Cuautitlán Izcalli, Estado de México*. Tesis de Licenciatura. FES-Cuautitlán, UNAM. México. 42 pp.
- Martínez, B.O.U., & Ruiz, C.M. (2005). *Riesgo de heladas para la agricultura en la región sureste del estado de Coahuila*. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Publicación Especial Núm. 5. Coahuila, México. 66 pp.
- Matías, R.L.G., Fuentes, M.O., & García, J.F. (2014). *Heladas*. Sistema Nacional de Protección Civil. Versión electrónica. México D.F. 37 pp.
5. Pájaro, H.D., & Ortiz, S.C.A. (1989). *Estimación del periodo de crecimiento por disponibilidad de agua y libre de heladas para la República Mexicana*. Memorias de la II Reunión Nacional de Agroclimatología. UACH. Chapingo, Méx. 145-163.
- Romo, G.J., & Arteaga, R.R. (1989). *Meteorología Agrícola*. UACH. México. 442 pp.
- Ruiz, C.J.A. (1989). *Ocurrencia de heladas y métodos preventivos para la región productora de guayaba en los estados de Zacatecas y Aguascalientes*. Desplegable para productores Núm. 1. INIFAP-CIFAP-ZACATECAS. Jalpa, Zacatecas, México. 22 pp.
- Snyder, R.L., De Melo, A.J.P., & Villar, M.J.M. (2010). *Protección contra las heladas: Fundamentos, práctica y economía*. Serie sobre el Medio Ambiente y la Gestión de Recursos Naturales. FAO. Roma. 257 pp.
- Straschvoy, J.V., Di Bella, C.M., Jaimes, F.R., Oricchio, P.A., & Rebella, C.M. (2006). Caracterización espacial del estrés hídrico y de las heladas en la región pampeana a partir de información satelital y complementaria. *RIA*, 35(2): 117-141.

## ESTABILIDAD DEL TRACTOR: DETERMINACIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD

Carlos Gómez-García\*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM*

\*[carlosgg@unam.mx](mailto:carlosgg@unam.mx)

### Resumen

Se determinó el ángulo de volcadura lateral de un tractor agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán basado en el centro de gravedad  $G$ , lo cual define la estabilidad del mismo y está asociado al diseño y construcción que el fabricante realiza. Existen condiciones críticas que pueden tener consecuencias fatales a los operadores de tractores agrícolas, entre ellas se encuentran las volcaduras laterales y volcadura hacia atrás. Las volcaduras laterales están asociadas al factor de riesgo de la pendiente del terreno donde se trabaja en forma perpendicular al sentido de dicha pendiente y el otro factor de riesgo es el centro de gravedad  $G$  del tractor. Se encontró que el centro de gravedad del tractor de 96 HP fueron las coordenadas  $G(L1, h)$  visto lateralmente, donde  $L1$  es la distancia horizontal del eje trasero al plano vertical  $h$  que intersecta al centro de gravedad,  $h$  es la altura donde se localiza el centro de gravedad, que visto de frente del tractor fueron las siguientes coordenadas  $G(T/2-L2, h)$  donde  $T/2$  es la mitad del ancho de vía promedio visto de frente o es la línea que divide al tractor en dos partes iguales, mientras que  $L2$  es la distancia horizontal desde la línea que divide al tractor en dos partes iguales al plano vertical que intersecta al centro de gravedad  $G$ , finalmente  $h$  sigue siendo la altura donde se localiza el centro de gravedad. El centro de gravedad se localiza mediante los siguientes valores de  $G$  visto lateralmente  $G(L1= 993 \text{ mm}, h= 810.5 \text{ mm})$  y visto de frente las coordenadas son  $(T/2-L2= 840.7 \text{ mm}, h= 810.5 \text{ mm})$ . Estas coordenadas del centro de gravedad del

tractor marcan la estabilidad y con ello se puede conocer con anticipación hacia qué lado facilita la volcadura.

**Palabras clave:** Volcadura lateral, ángulo crítico, altura, peso

## Introducción

Los riesgos que se corren al operar algún tractor agrícola son las volcaduras que se pueden presentar durante el trabajo en campo, esas volcaduras pueden ser al lado derecho o izquierdo del operador o hacia atrás. Si la carga concentrada del tractor está sobre el lado derecho, entonces hacia ese lado se favorece la volcadura. También se puede presentar volcadura hacia atrás del operador si la fuerza de tracción es muy alta y la parte frontal del tractor no cuenta con el lastre suficiente. Estos aspectos son inherentes al diseño del tractor agrícola lo cual nos lleva a localizar su centro de gravedad  $G$  donde se concentra la masa (Beléndez, 2017), hacia qué lado está el mayor peso del tractor. Entre más bajo se localice el centro de gravedad  $G$ , el tractor tendrá mayor estabilidad y viceversa. El ancho de trocha o de vía también influye notablemente en la estabilidad, a mayor ancho de vía, mayor estabilidad se conseguirá, pero existen otros factores externos que influyen para que se produzca una volcadura, entre ellos están la pendiente del terreno y la experiencia del operador. Para esto se han recomendado límites permisibles máximos de pendiente para evitar volcaduras y en caso de que se presenten, existen estructuras protectivas que evitan que el tractor ruede en caso de volcadura, como los dos postes que van en la parte trasera del asiento del operador y las cabinas para modelos mejor equipados. Estas estructuras tiene la función de absorber la energía de impacto durante las volcaduras sin que la deformación que sufren no invadan la zona de seguridad del operador, para esto; se someten a pruebas destructivas en laboratorios especializados que en México se realizan en el CENEMA (Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria

Agrícola), mientras que el OCIMA (Organismo de Certificación de Implementos y Maquinaria Agrícola) se encarga de extender la certificación de las pruebas a los modelos de tractores evaluados una vez aprobados. La determinación del centro de gravedad en los tractores se encuentra establecido en los códigos y procedimientos de la OECD en su sección Código 2, referente a tractores agrícolas (OECD, 2022).

### **Objetivo**

Localizar el centro de gravedad del tractor agrícola para prevenir la volcadura lateral durante el trabajo de campo.

### **Materiales y métodos**

1. Se requiere de un tractor agrícola con lastre.
2. Se requiere de una báscula con capacidad de 10 ton.
3. Dos rampas de 30 cm de altura por 50 cm de ancho y 1.3 m de longitud.
4. Para localizar el centro de gravedad G, se sigue el siguiente procedimiento que marca el diagrama (Figura 1):
  - a) Ubicación de coordenadas vista lateral del tractor (L1, h)

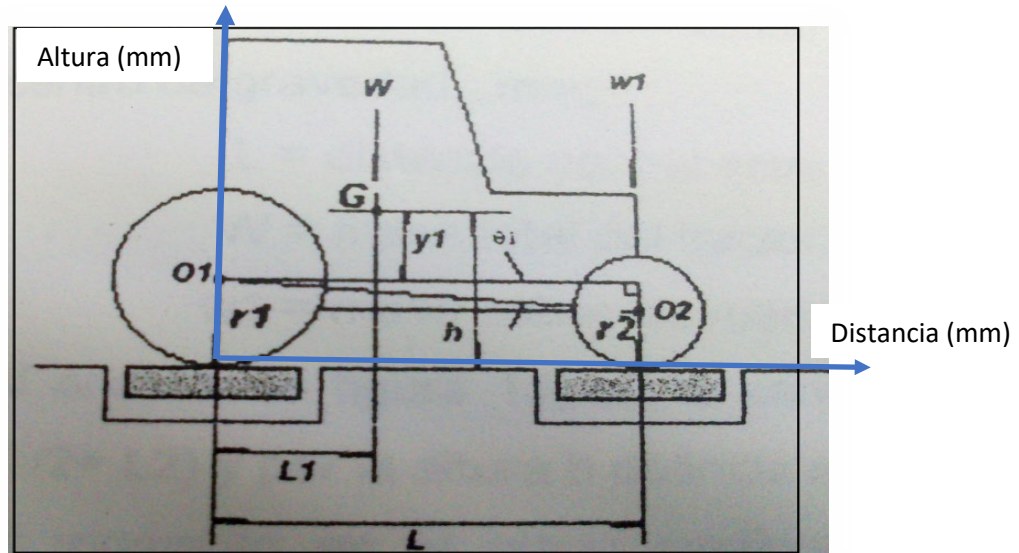


Figura 1. Ubicación del centro de gravedad G con coordenadas (L1, h), vista lateral.

Donde:

$$L1 * W = L * w1$$

$$L1 = L * \frac{w1}{W}$$

Donde L1 es el primer valor de la coordenada del centro de gravedad y es la distancia horizontal que va desde el eje trasero al plano vertical que intersecta el centro de gravedad G (mm)

L es la distancia entre ejes del tractor (mm)

W es la masa total del tractor (kg)

w1 es la masa frontal del tractor (kg)

Por otra parte:

$$\tan \theta_1 = \frac{r1 - r2}{L} \quad \theta_1 = \arcsin \left( \frac{r1 - r2}{L} \right)$$

$$\text{De la figura 2, } \sin \theta_2 = \frac{y + r2' - r1'}{\text{dist}(O1O2)}$$

$$\theta_2 = \arcsin \left( \frac{y + r2' - r1'}{\text{dist}(O1O2)} \right)$$

Entonces  $\theta = \theta_1 + \theta_2$

A partir de la figura del tractor en plano, la distancia O1O2 es:  $\cos \theta_1 =$

$$\frac{L}{\text{dist}(O1O2)} \quad \text{de esto la } \text{dist}(O1O2) = \frac{L}{\cos \theta_1}$$

De la figura 1 con el tractor en plano, se desprende que h es:

$$h = r_1 + y_1$$

Donde  $y_1$  es la altura que va del plano horizontal que pasa por el eje trasero del tractor hasta el centro de gravedad G (Figura 1). Su analogía se presenta en la siguiente figura con el tractor levantado:

De la Figura 2, el centro de gravedad G se ha desplazado ligeramente hacia la izquierda denotada por la distancia  $L_1'$ .

Del ángulo localizado en el Centro de gravedad G, se observa que:

$$\tan \theta = x/y_1 \quad \text{entonces} \quad y_1 =$$

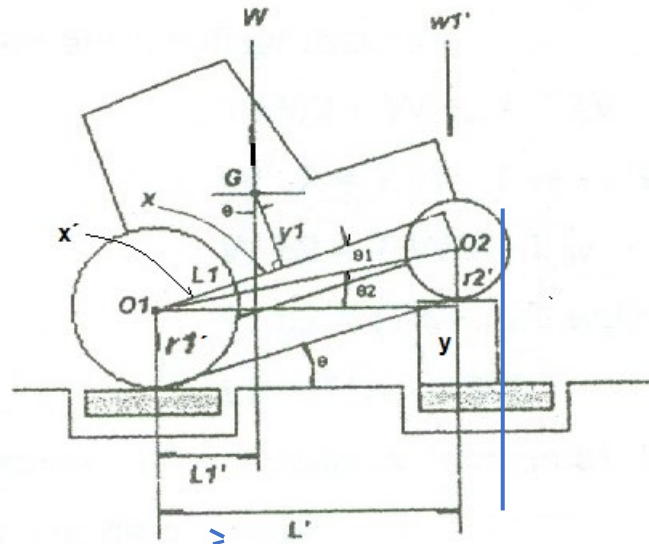
$$\frac{x}{\tan \theta}$$

$$\text{También: } x = L_1 - x'$$

$$\cos \theta = \frac{L_1'}{x'} \quad \text{entonces} \quad x' = \frac{L_1'}{\cos \theta}$$

$$x = L_1 - x'$$

$$\text{Se deduce que:} \quad x = L_1 - \frac{L_1'}{\cos \theta}$$



**Figura 2. Vista lateral del tractor levantado por la parte frontal**

Sustituyendo:  $h = r1 + \frac{x}{\tan \theta}$  por sus equivalentes

$$h = r1 + \frac{L1 - \frac{L1'}{\cos \theta}}{\tan \theta}$$

$$h = r1 + \frac{L1 \cos \theta - L1'}{\cos \theta \tan \theta}$$

$$h = r1 + \frac{L1 \cos \theta - L1'}{\sin \theta}$$

Donde h es la coordenada vertical hasta el punto donde se localiza el centro de gravedad (mm)

r1 es el radio de la rueda trasera con la parte frontal del tractor levantado (mm)

L1 ya fue definida como la primera coordenada horizontal (mm)

L1' es la nueva coordenada horizontal cuando la parte frontal del tractor se levanta, y se determina así:



Donde:

$$L1'W = L'w1'$$

Entonces  $L1' = L' * \frac{w1'}{W}$

Donde L' se obtiene de acuerdo a la figura anterior:

$$\cos \Theta = L' / L$$

$$L' = \cos \Theta * L$$

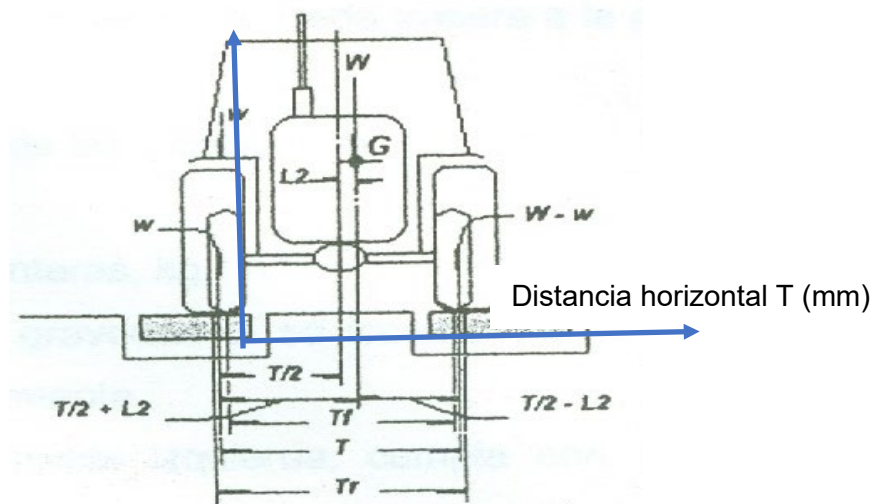
Donde r2' es el radio de la rueda delantera con la parte frontal del tractor levantado (cm)

r1'es el radio de la rueda trasera con la parte frontal del tractor levantado (cm)

y es la altura de la plataforma donde descansa la parte frontal del tractor (cm)

b) Coordenadas vista frontal del tractor (T/2+L2, h) (Figura 3).

Altura vertical h (mm)



**Figura 3. Localización del centro de gravedad G, vista de frente del tractor.**

Determinar la distancia L2 ya que h ya fue calculada anteriormente mientras que T es medible directamente sobre las ruedas del tractor; esto conlleva al siguiente análisis:

$$(T/2+L2)*W = T*(W-w)$$

$$TW/2 + L2*W = T*W - T*w$$

$$L2*W = T*W - T*w - TW/2$$

$$L2*W = T*W/2 - T*w$$

$$L2*W = (T*W-2T*w)/2$$

$$L2 = T \left( \frac{1}{2} - \frac{w}{W} \right)$$

La coordenada horizontal frontal es:  $(T/2 \pm L2, h)$

Donde L2 es la distancia horizontal desde el plano medio vertical del tractor a la posición del otro plano vertical que intersecta al centro de gravedad G (mm)

T es la amplitud promedio de la trocha del tractor (cm)

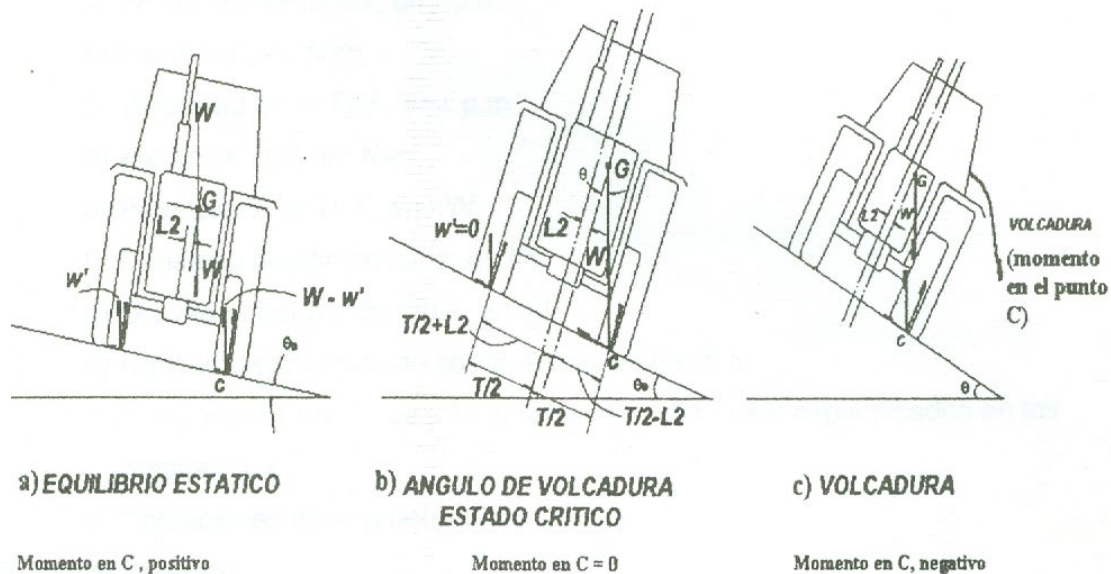
w minúscula es la masa del lado izquierdo del tractor (kg)

1. Equilibrio estático (Figura 4).

Caso 1. El equilibrio estático se presenta cuando en el punto C de la rueda presenta un momento positivo, inciso a) de la figura.

Caso 2. Equilibrio en estado crítico, cuando el momento en C es igual a cero, inciso b) de la figura.

Caso 3. Volcadura, cuando el momento en el punto C de la rueda es negativo, inciso c) de la figura.



**Figura 4. Posiciones posibles del tractor en terrenos con pendiente.**

Angulo de volcadura  $\theta$  determinada por la función tangente:

$\tan \theta = (T/2 - L2)/h$  cuando la masa se carga por la izquierda

$\tan \theta = (T/2 + L2)/h$  cuando la masa se carga por la derecha

En resumen:  $\tan \theta = (T/2 \pm L2)/h$

$$\theta = \tan^{-1}(T \pm 2 \cdot L2)/2h$$

## Resultados

En la Tabla 1 y 2 se presentan los resultados de estas operaciones.

**Tabla 1. Información previa recabada directamente del tractor.**

<b>Medidas</b>	<b>Unidades</b>
W peso total del tractor en plano	5,150 kg
w1 peso frontal del tractor en plano	2,015 kg
w1' peso frontal levantado	2000 kg
w peso lateral derecho del operador del tractor	2,600 kg
L distancia horizontal entre ejes	2538 mm
r1 radio de ruedas traseras en plano	750 mm
r2 radio de ruedas delanteras en plano	562 mm
y altura de rampa	300 mm
r1' radio de rueda trasera con frente levantado	748 mm
r2' radio de rueda delantera con frente levantado	572 mm
Tf amplitud de trocha frontal	1770 mm
Tr amplitud de trocha trasera	1626 mm

**Tabla 2. Localización del centro de gravedad.**

<b>Centro de gravedad del tractor agrícola</b>		<b>Angulo crítico de Volcadura del tractor</b>
Coordenadas, vista lateral del tractor (mm)	Coordenadas vista frontal mm)	$\theta$
(L1, h)	(T/2-L2, h)	$\theta = 46^\circ$
(993.02, 810.5)	(840.7, 810.5)	Ángulo de operación máximo= $30^\circ$

## Conclusiones

1. El centro de gravedad de un tractor determina el lado hacia donde se favorece una volcadura durante el trabajo en campo.

2. El ángulo crítico es un referente para operar el tractor por debajo de este valor.
3. La altura del centro de gravedad es determinante de la estabilidad de un tractor, a menor altura y ancho de trocha, el tractor es más estable y viceversa.

### **Agradecimientos**

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico y a la FES Cuautitlán de la UNAM, por los apoyos económicos y materiales recibidos respectivamente; así como, a los estudiantes que participaron en los trabajos de campo.

### **Referencias**

Beléndez, V.A. (2017). *Geometría de masas*. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/97688/1/Tema-3-Geometria-de-masas.pdf>. Fecha de consulta el 31 de agosto de 2022.

Gómez, G.C. (1998). *Pruebas de maquinaria agrícola*. Tesis de Maestría en Ingeniería en Metal Mecánica. FES Cuautitlán, UNAM.

OECD. (2022). *Code 2. OECD Standard code for the official testing of agricultural and forestry*. Disponible en: <https://www.oecd.org/agriculture/tractors/codes/02-oecd-tractor-codes-code-02.pdf>. Fecha de consulta el 31 de agosto de 2022

## COMPOSTAJE ACELERADO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DOMÉSTICOS

María José Amaya-Hernández<sup>1\*</sup>, Susana Elisa Mendoza-Elvira<sup>2</sup> y Alejandro Vargas-Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. <sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

[\\*majo32jb@gmail.com](mailto:majo32jb@gmail.com)

### Resumen

En cualquier ciudad de México, el 50% de los residuos sólidos urbanos son orgánicos domésticos generados diariamente y estos son dispuestos en rellenos sanitarios donde impactan negativamente el ambiente. El objetivo del trabajo fue evaluar el uso de un contenedor de bajo costo sobre la degradación efectiva de los residuos orgánicos domésticos. Estos residuos se mezclaron con biosólidos obtenidos de una granja porcina y se colocaron dentro de un contenedor hecho con malla metálica donde permanecieron por 7 días. Posteriormente, toda la materia orgánica se extrajo y empleando una criba, se obtuvieron las partículas más pequeñas que se almacenaron dentro de un costal desocupado. Este compost semi maduro, se homogenizó e hidrató dos veces por semana. Dentro del costal, se colocó un Datta Logger que registró continuamente la temperatura y humedad. Este procedimiento se realizó por triplicado. Después de 21 días, se tomaron muestras representativas y se realizaron análisis bromatológicos. La gráfica obtenida mostró que la temperatura alcanzó rápidamente los 50 °C; posteriormente, fue descendiendo gradualmente hasta estabilizarse. Mientras, el pH, conductividad eléctrica, los niveles de materia orgánica, nitrógeno total, carbono orgánico total y la relación C:N obtenida indicaron que el compost

generado alcanzó la madurez. También, los niveles totales de nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros elementos, mostraron que el compost tiene propiedades de fertilizante y se debe considerar como: Tipo “A” según la norma oficial consultada. Los resultados obtenidos promueven la realización de ensayos experimentales adicionales utilizando contenedores similares, pero con mayor capacidad para tratar residuos orgánicos generados en escuelas, comedores comunitarios o mercados.

**Palabras clave:** temperatura, compost, carbono, nitrógeno.

## Introducción

El servicio de limpieza de cualquier alcaldía o municipio retira los residuos sólidos urbanos (RSU) que en su mayoría (casi 50%) son residuos orgánicos domésticos (ROD) que se generan diariamente, y anualmente, irán en aumento (Iglesias, 2007). Entonces, los RSU son transportados y dispuestos en tiraderos a cielo abierto o dentro de rellenos sanitarios donde los ROD se fermentan y emiten al ambiente metano y óxido nitroso (Arvizu, 2013) ambos, gases de efecto invernadero (GEI) con potenciales de calentamiento globales de 28 y 300 veces más al compararlos con el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Adicionalmente, los lixiviados que “escapan” por gravedad de los rellenos sanitarios, se infiltran al subsuelo y modifican las características fisicoquímicas. De hecho, Enciso (2019) indica que prácticamente todos los rellenos sanitarios en México incumplen la norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 y debido a que los recursos financieros requeridos para resolver esta problemática son limitados y difíciles de obtener, el impacto ambiental continuará por un largo tiempo. Por lo que es necesario desarrollar, implementar y/o adoptar técnicas alternativas que degraden los ROD de maneras alternas para generar principalmente CO<sub>2</sub> ya que, aunque es un GEI, es biogénico, a diferencia del emitido por la industria energética, por lo que regresa

a la biosfera por medio del proceso de fotosíntesis. El proceso de compostaje consiste en establecer un micro ecosistema donde sobrevivirá un consorcio microbiano sometido a características fisicoquímicas específicas (pH, conductividad eléctrica, tamaño de partícula) y, por medio de reacciones enzimáticas, los microorganismos descomponen los sustratos ofrecidos (Román *et al.*, 2013). Debido a que los ROD están compuestos principalmente por agua y moléculas a base de carbono y nitrógeno, estas últimas pueden ser empleadas, por los microorganismos, como fuente de energía y para aumentar su biomasa lo que acelera el proceso de degradación (Alkoaik, 2019). Aunque el compostaje no es un proceso nuevo (Crespo *et al.*, 2006), se debe realizar adecuadamente, esto es, siguiendo procedimientos estandarizados donde se muestre evidencia científica de la descomposición de la materia prima, así como de la calidad del compost generado. De hecho, las redes sociales contienen abundantes videos donde se ofrecen técnicas pragmáticas para degradar “fácil y rápido” los residuos domiciliarios. Los videos están bien producidos y editados, son entretenidos, y sus presentadores son carismáticos y elocuentes, pero carecen de los conocimientos técnicos de los subprocesos que conducen el proceso de compostaje. Por lo que es urgente que los investigadores y académicos generen técnicas y soluciones sostenibles que sean accesibles financieramente para ser adoptadas por la sociedad (Enciso, 2019).

## Objetivo

Evaluar el efecto del uso de un contenedor de bajo costo sobre la degradación de los residuos orgánicos domésticos.



## **Materiales y métodos**

*Construcción del contenedor.* Fue construido un cilindro de 61 cm de diámetro que sirvió como contenedor empleando 1.5 m de malla metálica (91 cm de altura y 0.5 cm de separación). Para mantener la forma, se usaron cinturones de plástico y como aislamiento, se colocó una capa de papel periódico alrededor del contenedor. El costo fue de \$8.84 dólares (tasa de cambio peso mexicano / dólar americano: \$20.25).

*Ingredientes.* i) ROD generados por 6-8 personas; ii) Biosólidos (BIOS) provenientes del paso de las aguas residuales (granja porcina de ciclo completo) por un separador en cascada; y iii) Agua de la llave (H<sub>2</sub>O).

*Manejo del contenedor.* Dos veces por semana, se mezclaron y adicionaron ROD, BIOS y H<sub>2</sub>O. Al terminar la semana, los ingredientes fueron extraídos del contenedor, se mezclaron y se hicieron pasar por una criba metálica con separación de 1.0 x 1.0 cm. Las partículas más pequeñas fueron consideradas compost semi maduro. La temperatura se midió diariamente (08:00 h) con un termómetro (TFA; Alemania).

*Maduración del compost.* El compost semi maduro se colocó dentro de un costal de rafia (polipropileno) vacío y en el centro del costal cargado, se colocó un registrador de datos de temperatura y humedad (Ellitech GSP-6; EUA) que se programó para registrar datos cada 6 horas. Dos veces a la semana, el compost fue extraído manualmente, se inspecciono visual y olfativamente y no presentaba ningún olor desagradable, ni presencia de vapor, mezclado, hidratado y devuelto al costal.

*Muestreo.* Al terminar el período de maduración (3 semanas), determinado por la reducción y estabilización de la temperatura, el contenido de los costales se vació sobre una superficie de concreto, se homogenizó y empleando la técnica de

cuarteo (Ryckeboer *et al.*, 2003), se tomó una muestra de 600 g. Estos procedimientos fueron realizados por triplicado. A cada muestra ( $n=3$ ) se le realizó los siguientes análisis: pH y conductividad eléctrica (NMX-FF-109-SCFI-2007); humedad (método gravimétrico); nitrógeno total (Dumas); fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, cobre, manganeso, zinc y boro (digestión en microondas/ICP); azufre (digestión en microondas/turbidimetría); materia orgánica, cenizas, carbono orgánico (calcinación). Una vez obtenidos los resultados, se obtuvo el promedio y desviación estándar.

## Resultados

*Ingredientes empleados en total.* Los ROD, BIOS y agua adicionados al contenedor fueron: 125.35 kg; 30.50 kg y 44.5 L, respectivamente. Después de 1 semana dentro del contenedor, la cantidad de compost semi maduro obtenido fue: 61.61 kg. Posteriormente, después de 3 semanas dentro de los costales, el compost maduro obtenido fue: 52.04 kg. La cantidad de residuos remanentes, que permanecieron en el contenedor al terminar el experimento fueron: 24.56 kg. Las cantidades de ROD, BIOS y agua que fueron introducidos cada semana en el contenedor, se muestran en la Tabla 1.

*Tendencia de la temperatura en contenedor.* La temperatura obtenida dentro del contenedor empleado se muestra en la Figura 1. Después de la primera adición de ROD y BIOS (lunes), la temperatura aumenta al siguiente día; pero, después de la segunda adición (miércoles), la temperatura alcanza el nivel máximo de temperatura. Posteriormente, la temperatura va descendiendo gradualmente.

**Tabla 1. Residuos adicionados por semana.**

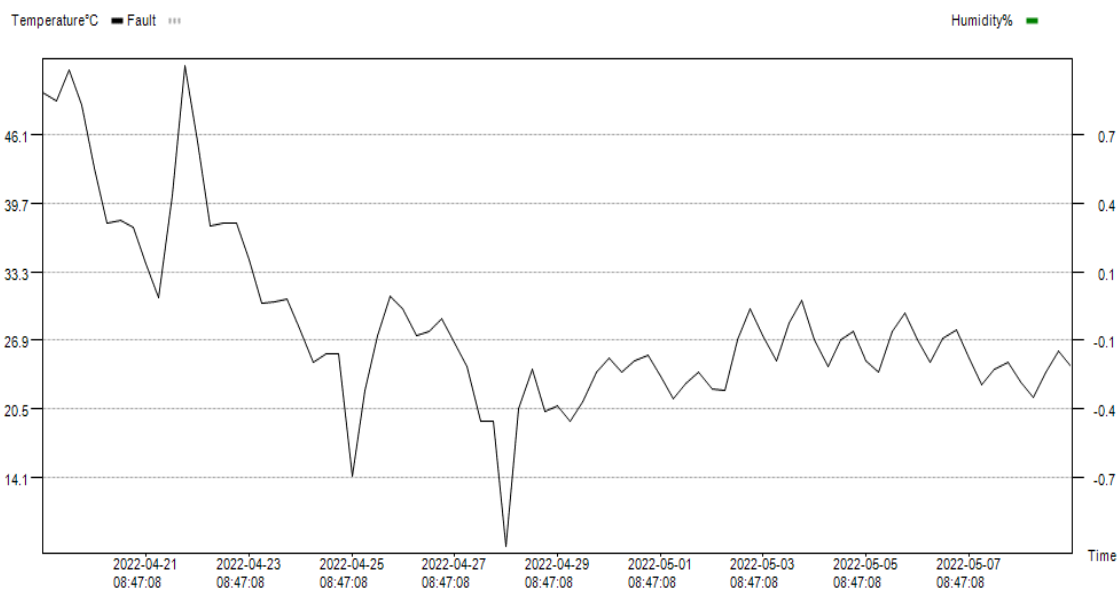
	Unidades	Prom. (Desv. Est)
Residuos Orgánicos Domésticos	(kg)	13.93 (3.06)

Biosólidos	(kg)	3.39 (0.21)
Agua	(L)	4.96 (0.51)

*Tendencia de la temperatura en costales.* Cuatro días después de ingresar a los costales, la temperatura del compost semi maduro, alcanza el nivel máximo (52.5 °C). Posteriormente, la temperatura va descendiendo hasta estabilizarse (Figura 2).



**Figura 1. Tendencia de la temperatura diaria dentro de biorreactor.**



**Figura 2. Tendencia de la temperatura del compost en costales**

*Análisis de compost.* Los resultados realizados a las tres muestras de compost se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2. Resultados de los análisis de laboratorio realizados (n=3).**

UNIDAD	Prom.	Desv. Est.
pH	7.11	0.212
Conductividad eléctrica dSm	5.73	0.929

Nitrógeno	%	3.93	0.070
Fósforo	%	1.41	0.825
Potasio	%	1.71	0.289
Ca	%	3.45	1.529
Mg	%	0.36	0.145
Na	%	0.35	0.139
S	%	0.50	0.287
Fe	ppm	3088.67	1992.503
Cu	ppm	76.76	25.409
Mn	ppm	356.67	142.500
Zn	ppm	683.67	493.832
B	ppm	32.17	2.157
Humedad	%	27.97	4.759
Materia Orgánica	%	75.37	1.904
Cenizas	%	24.63	1.904
Carbono Orgánico	%	43.73	1.102
Relación C/N		11.13	0.115

## Discusión

El contenedor de bajo costo elaborado funciona como un “biorreactor”, por lo que puede emplearse para degradar los ROD generados en casas habitación con azoteas, con jardín y en las granjas familiares de las ciudades. Asumiendo que este equipo presenta una vida útil de 5 años, entonces el costo por año sería de \$1.77 dólares o \$35.36 MXN. A su vez, compostando cantidades similares de ROD que las empleadas en la presente investigación, y realizando una proyección para 52 semanas, entonces, serían degradadas casi 750 kg / contenedor. A su vez, el costo sería de \$0.047 MXN / kg de residuos compostados volviendo este sistema de compostaje muy accesible., Ryckeboer *et al.* (2003) emplearon contenedores herméticos de 200 L, para compostar 100 kg de ROD mezclados con residuos de

jardinería y obtuvieron una curva de temperatura similar a la obtenida en la presente investigación, sin embargo, el compost se estabilizó a las 12 semanas del proceso. Por el contrario, en este experimento, se logró estabilizar la temperatura en 4 semanas, lo que apoyado de la relación carbono: nitrógeno de las muestras analizadas confirman que el proceso desarrollado es una alternativa efectiva para tratar los ROD. El proceso de respiración aeróbica desarrollado por ciertos microorganismos descomponedores necesita de cantidades constantes de oxígeno y niveles de humedad precisos (Alkoaik, 2019; Román *et al.*, 2013) para realizar su función adecuadamente, por lo que la extracción frecuente de la materia orgánica para adicionar agua y homogenización antes de regresar a los recipientes aseguró las condiciones ambientales correctas para incentivar la degradación acelerada de los residuos estudiados. Finalmente, en relación con el pH, conductividad eléctrica, los niveles de materia orgánica, nitrógeno total, carbono orgánico total y la relación carbono/nitrógeno, obtenida. Delgado (2012) indica que el compost alcanzó la madurez y estabilidad con el tiempo de compostaje establecido. En 2006, Crespo *et al.*, no tuvieron resultados favorables al adicionar diferentes niveles de compost al suelo. Argumentaron niveles reducidos de P y K en el producto obtenido en su investigación. De modo similar, Ryckeboer *et al.* (2003) obtuvieron niveles de nitrógeno de 1.49%, mientras que el nivel promedio en el actual experimento fue de 3.93%. Además, si se suman los niveles de P y K, el compost generado debe considerarse además de “enmienda” (material capaz de provocar cambios en ciertas propiedades o características del suelo) (Arévalo, 2009) para suelos como “fertilizante” según la Norma Ambiental NADF-020-AMBT-2011.

En general, los hogares generan ROD y son “exportados” con la idea de que los gobiernos locales los traten adecuadamente (Arvizu, 2013); por otro lado, los BIOS generados en las granjas, muchas veces, sólo se acumulan sin tratamiento alguno, a veces por años. En la presente investigación, se compostaron en total 155 kg

entre ROD y BIOS que representaron, para los primeros, el 100% de los ROD generados por la población indicada, mientras que la cantidad de BIOS empleados, sólo representaron una fracción del total generado en la unidad de producción que los donó. Finalmente, Enciso (2019) indica que no existen técnicas efectivas para resolver el problema de la “basura” por lo que los resultados obtenidos en la presente investigación servirán para transformar efectivamente “*En-sitio*” los ROD generados continuamente pero además se obtiene rápidamente un abono de origen orgánico que podrá ser empleado en proyectos agrícolas en la Ciudad de México y área Metropolitana o comercializarlo lo que será un incentivo financiero interesante.

## Conclusión

El uso del contenedor metálico empleado y la colocación del compost semi maduro dentro de costales de alimento vacíos generó, en 4 semanas, compost maduro, estable con calidad elevada que permite emplearlo en diversos proyectos agrícolas. El costo de fabricación del contenedor permite su implementación inmediata en los sitios generadores de residuos orgánicos. Por lo que, ahora es necesario realizar investigación empleando contenedores de mayor tamaño para colocarlos en sitios donde los residuos orgánicos se generan en mayor cantidad lo que servirá para resolver localmente y por el momento los problemas actuales que presenta el manejo de los residuos sólidos urbanos.

## Referencias

Alkoik, F.N. (2019). Integrating aeration and rotation processes to accelerate composting of agricultural residues. *PLoS ONE*. 14(7): e0220343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220343>

Arévalo, G., & Castellano, M. 2009. *Manual de Fertilizantes y Enmiendas*. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. pp.34. Recuperado el 19 de septiembre de 2022 de: [https://www.se.gov.hn/media/files/media/Modulo\\_6\\_Manual\\_Fertilizantes\\_y\\_Enmiendas.pdf](https://www.se.gov.hn/media/files/media/Modulo_6_Manual_Fertilizantes_y_Enmiendas.pdf)

Arvizu, J.L. (2013). *Desechos*. En: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Edición. México, D.F. pp 137-167.

Crespo, M.R., González, D. R., Miramontes, E.A., Nuño, R., Zarazúa, P., & Lépis, R. (2006). *Uso de una composta de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos agrícolas*. Avances en la investigación científica en el CUCBA. pp. 53-56.

Delgado, M. (2012). Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios, y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*. Recuperado el 3 de septiembre de 2022 de: [http://data.sedema.cdmx.gob.mx/padla/images/stories/normatividadddf/nadf\\_020\\_a\\_mbt\\_2011.pdf](http://data.sedema.cdmx.gob.mx/padla/images/stories/normatividadddf/nadf_020_a_mbt_2011.pdf)

Enciso, A. (2019). *En México existen alrededor de 40 rellenos sanitarios; ninguno opera en forma correcta*. La Jornada Maya. Recuperado el 3 de septiembre de 2022 de: <https://www.lajornadamaya.mx/nacional/118150/en-mexico-existen-alrededor-de-40-rellenos-sanitarios-ninguno-opera-en-forma-correcta>

Iglesias, D. (2007). Costos económicos por la generación y manejo de residuos sólidos en el municipio de Toluca, Estado de México. *Equilibrio económico*, 3(2): 131-148.

Román, P., Martínez, M.M., & Pantoja, A. (2013). *Fundamentos teóricos del compostaje*. En: *Manual de compostaje del agricultor*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Pp. 21-44.





Ryckeboer, J., Mergaert, J., Coosemans, J., Deprins, K. & Swings. (2003). J. Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *Journal of Applied Microbiology*. 94: 127-137. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.01800.x>

Secretaría de Economía. (2008). *NMX-FF-109-SCI-2007, Humus de lombriz (lombricomposta) -especificaciones y métodos de prueba*. Diario Oficial de la Federación. 10 de junio de 2008.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2004). *NOM-083-SEMARNAT-2003*. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Diario Oficial de la Federación. 20 de octubre de 2004.

## MÉTODOS BIOFÍSICOS EMPLEADOS EN LA AGRICULTURA Y SUS PRODUCTOS

María Cristina Julia Pérez-Reyes<sup>1\*</sup>, Gabriela Sánchez-Hernández<sup>1</sup>, Flavio Arturo Domínguez-Pacheco<sup>2</sup> y Claudia Hernández-Aguilar<sup>2\*\*</sup>.

<sup>1</sup>Unidad de Investigación en Granos y Semillas, FES-Cuautitlán Universidad Nacional Autónoma de México. <sup>2</sup>SEPI-ESIME, Grupo de Sistemas Biofísicos para Agricultura, Alimentación y Medicina, Instituto Politécnico Nacional-Zacatenco.

\*[crisp28@yahoo.com.mx](mailto:crisp28@yahoo.com.mx) \*\*[clhernandez@ipn.mx](mailto:clhernandez@ipn.mx)

### Resumen

De acuerdo con la FAO la producción agrícola mundial en el 2050 deberá aumentar un 60% para hacer frente a la creciente demanda de alimentos y piensos. Uno de los desafíos a los cuales se enfrentan los sistemas alimentarios y agrícolas es el cambio climático, representando una amenaza para la seguridad alimentaria, el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza. Los sistemas de producción agrícola actualmente se ven afectados por altas temperaturas y presencia de fenómenos meteorológicos extremos. El uso de métodos biofísicos como la luz láser, UV, campos magnéticos, entre otros, se han demostrado como una alternativa sostenible que presenta efectos positivos en la calidad fisiológica y sanitaria de las semillas, además, de tolerancia al estrés hídrico. Asimismo, se han encontrado cambios a nivel fisiológico y bioquímico en algunos cultivos, al aumentar el contenido de fenoles y actividad antioxidante. La aplicación adecuada de estos métodos depende de parámetros como la intensidad, regímenes de irradiación, longitud de onda, frecuencia, longitud de penetración de la luz, tiempo de exposición, entre otros. Encontrando efectos positivos, negativos o nulos, por lo que se considera necesario seguir investigando y establecer el potencial bioenergético que aumente la activación de procesos bioquímicos y fisiológicos a

nivel celular como una alternativa para mejorar y establecer efectos de bioestimulación en semillas y plantas de importancia agroalimentaria y poder establecer los parámetros óptimos y lograr una calidad adecuada para los productos que de ellos derivan, como es la elaboración de tortillas, pan, harinas.

**Palabras clave:** Bioestimulación, semillas, plantas, luz láser, luz UV

## Introducción

La demanda de alimentos para 2050-2100 es un reto global, siendo la cantidad poblacional estimada mayor a 11 mil millones, lo que conlleva a la construcción de más viviendas, dejando menos tierras cultivables para la producción de alimentos: agricultura vs urbanidad, una mayor conversión de la tierra con uso agrícola, aunado a la problemática del cambio climático, representando una amenaza para la seguridad alimentaria, el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza (Azadi *et al.*, 2018; ONU, 2022). Es necesario innovar en el uso de técnicas sustentables y responsables con los recursos naturales, como el uso de métodos físicos, a través del empleo de campos magnéticos, radiación con luz ultravioleta (UV), luz láser, campos eléctricos, rayos X, radiación ionizante y no ionizante, radiación con microondas (Hernández *et al.*, 2007, 2009, 2010, 2016). Estos métodos físicos se empezaron a usar a finales del siglo XX en semillas de trigo tratadas con campos magnéticos, logrando una aceleración en el tiempo de la germinación y desarrollo de las plántulas (Domínguez *et al.*, 2010). Los campos electromagnéticos son una combinación de campos de fuerza eléctricos y magnéticos invisibles, los cuales invierten su sentido con una frecuencia regular y se producen por medio de dispositivos, como bobinas que usan corriente alterna; si un campo eléctrico varía con el tiempo, se induce un campo magnético. Los efectos magnéticos en las plantas se manifiestan por la transferencia de energía sobre la materia, los radicales libres son atraídos o repelidos en función de su carga, los cuales la aumentan y se

activan (Domínguez *et al.*, 2010, Carbonell *et al.*, 2017, Zepeda *et al.*, 2019). El uso de los campos magnéticos en semillas o en el agua de riego, incrementa el porcentaje de germinación, mejorando sus condiciones, modificando la permeabilidad de la membrana celular, la capacidad de intercambio de iones, así como el aumento en la cantidad de ácidos grasos esenciales. Los efectos de la luz en las semillas han sido estudiados desde el siglo pasado, Flint y McAlister (1935) trabajaron con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y luz roja (promotora) e infrarroja (inhibidora), encontrando que el fitocromo y el criptocromo son los fotorreceptores que promueven o afectan el proceso de germinación. Más adelante, Borthwick *et al.* (1952) observaron que la inhibición causada por la luz infrarroja podía revertirse al usar luz roja. En relación con la luz UV se tienen tres tipos: UV-A (320-390 nm), UV-B (280-320 nm) y UV-C (valores menores a 280 nm); es una radiación que actúa como elicitador natural, que impacta fisiológica y bioquímicamente a las plantas, así como sus propiedades nutrimentales. Diversos estudios muestran que la bioestimulación con láser incrementa la tolerancia a la sequía, a través de cambios bioquímicos, fisiológicos y morfológicos, mejorando el desarrollo y metabolismo de las plantas e incrementando la expresión de genes para la producción de enzimas antioxidantes. Se han empleado láseres de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), helio-neón, diodos láser (principalmente rojo y verde), argón, NyYAG y CO<sub>2</sub> (Hernández, 2010; 2016). La radiación gamma, es otro tipo de radiación ionizante, electromagnética, se ha visto que induce un crecimiento lento, mutaciones genéticas y tolerancia a sequía. Cabe mencionar que la infraestructura tecnológica que la radiación gamma requiere es más compleja que los otros métodos físicos mencionados (tratamientos con luz láser, luz UV y campos electromagnéticos). Los campos eléctricos se aplican a través de una descarga de barrera dieléctrica, que consiste en dos electrodos colocados al final de un plato de cerámica dentro de una cámara de aislamiento con una entrada de energía eléctrica, empleando aire mezclado con nitrógeno como gas de separación. Otro

método físico es el plasma frío, seguro para tratar semillas y está compuesto por gases ionizados, átomos excitados, moléculas, electrones, un campo eléctrico fuerte y radiación UV, produciendo efectos estimulantes en las plantas (Gou *et al.*, 2017; Romero *et al.*, 2021). El uso de la radiación ionizante a nivel fisiológico estimula la producción de peróxido de hidrógeno, actuando como un mensajero intracelular en diferentes mecanismos de señalamiento (Gudkov *et al.*, 2019).

## **Objetivo**

Contribuir al conocimiento y difusión de la aplicación de métodos biofísicos sostenibles como una alternativa pre-siembra, o durante las distintas fases del establecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas y su impacto en la mejora de la calidad y producción de los alimentos.

## **Desarrollo del tema**

### ***Uso de métodos biofísicos***

### ***Campos magnéticos***

La germinación y el vigor de las semillas son algunos de los parámetros más importantes que se consideran para el establecimiento de las plantas en campo, en los últimos años se han empleado diversos métodos biofísicos para estimular los procesos fisiológicos y bioquímicos y mostrar un efecto positivo. Uno de ellos es el empleo de campos magnéticos, en semillas como el maíz encontrando una estimulación en la germinación, desarrollo de las plántulas y mejores condiciones de la calidad sanitaria (Hernández *et al.*, 2007, Zepeda *et al.*, 2014). En un trabajo realizado por Podleśna *et al.* (2019) encontraron que en semillas y plántulas de haba tratadas con campos magnéticos y con un pretratamiento de remojo por 96

h hay un incremento significativo del ácido acetil salicílico. Además, de otras fitohormonas como el ácido giberélico y el ácido indol 3 acético, con respecto a las semillas no tratadas. El uso de campos electromagnéticos y nixtamalización con nejayote/agua (50/50) mejoró la calidad sanitaria, viscosidad y elasticidad de la masa (Valderrama *et al.*, 2018). Por otro lado, Radhakrishnan (2019) empleó campos magnéticos para mitigar los efectos del cambio climático, así como el inadecuado uso de los recursos agrícolas en la producción de alimentos, destacando que se mejora la germinación de las semillas, bajo parámetros de radiación específicos.

### **Luz UV-C**

La luz UV-C (200-280 nm) ha sido ampliamente empleada por su efecto germicida ya que inactiva diversos agentes patógenos (bacterias, hongos, virus) que causan efectos nocivos en la industria de alimentos y poscosecha durante el almacenamiento de frutos y vegetales, alargando la vida de anaquel (Singh *et al.*, 2020). En un trabajo realizado en semilla de maíz H-159 irradiada con lámparas de UV-C (15 W, 254 nm) durante 10 min se observó una reducción del 61.7% de *Fusarium moniliforme* y en el híbrido San Juan de 53.74% a un mayor tiempo exposición de 30 minutos (Rodríguez *et al.*, 2011). En maíz palomero tratado con luz UV-C a 254 nm de longitud de onda con una intensidad de  $65.2 \mu\text{w cm}^{-2}$  y 3 regímenes de exposición, se encontró que el tratamiento de 20 min presentó una mayor reducción (57.6%) en la microbiota natural. En la prueba de reventado se encontró un aumento de 2.5% en los granos tratados con respecto a los no tratados (García, 2015). Thomas y Puthur (2017) describieron el uso de radiación UV como método para estimular la germinación y la producción de compuestos bioactivos benéficos para incrementar las condiciones de estrés biótico y abiótico. En un trabajo realizado en maíz amarillo tratado con luz UV-C (254 nm) y con un pretratamiento de remojo se encontró un aumento en el vigor del 31.63% a los 10

min y una disminución de la micobiota del 41.37%. En semillas irradiadas y sin preremajo la reducción (73.22%) fue mayor, mejorando la calidad sanitaria (Fernández, 2021).

### **Luz láser**

La irradiación con luz láser se ha reportado también como un bioestimulador en semillas y plantas, mejorando parámetros fisiológicos, microbiológicos y la calidad nutrimental, así como, un incremento a la resistencia ante condiciones adversas de estrés (Hernández *et al.*, 2010; 2016). El avance de la tecnología en el uso de láseres de diodo ha permitido una mejora en las características para la instrumentación, la eficiencia y su vida útil funcional, además de ser económicos. En un trabajo realizado en semilla de frijol procedente de distintos ciclos agrícolas tratadas presiembra con luz láser diodo de 408 nm y potencia de 150 mW expuestas a 18 regímenes de irradiación (alternando 10 min con irradiación y 30 sin irradiación) por 24 h, se observó que las semillas con mayor longitud de penetración óptica mostraron un incremento en el porcentaje de germinación con respecto al control del 47% (Sánchez *et al.*, 2015). En semillas de cebada teñidas con azul de metileno y sin teñir, tratadas con luz láser diodo de 650 nm, con un tratamiento de pre-remojo y 4 regímenes de exposición, se encontró para ambos tratamientos una disminución de la micobiota en comparación con el control. La mayor reducción de la micobiota (52%) se observó en la semilla teñida a los 120 s de exposición, resultando ópticamente opacas, presentando un mayor coeficiente de absorción a 650 nm y un aumento en el efecto de la bioestimulación con la luz láser (Pérez *et al.*, 2015). En semillas de chícharo con un pretratamiento de remojo antes de ser sometidas a radiación con luz láser encontraron un aumento significativo en la producción de enzimas amilolíticas (Podleśna *et al.*, 2015). En la Tabla 1 se resumen los resultados de trabajos de investigación de investigadores y estudiantes del programa en Ingeniería de Sistemas en la SEPI-ESIME, IPN en

colaboración con académicos de la Unidad de Investigación en Granos y Semillas FESC- UNAM sobre la aplicación de métodos biofísicos.

**Tabla 1. Efectos de métodos biofísicos en semillas y sus productos.**

Planta	Criterio experimental	Efecto fisiológico/sanitario	Referencia
Maíz <i>Zea mays</i> L.	Irradiación (UV-C 15 W; 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 min) en híbridos de maíz San Juan y H-159.	En el híbrido San Juan a los 30 min se redujo la presencia de <i>F. moniliforme</i> de 53.74% y para H-159 a los 10 min del 61.7%.	Rodríguez <i>et al.</i> (2011).
Cebada <i>Hordeum vulgare</i> L.	Irradiación (luz láser 650 nm, 27.4 mW; 0, 60, 120, 240 y 480 s) en dos formas: natural y teñida con azul de metileno.	Disminuyó la micobiota natural asociada, en los regímenes probados, ambas condiciones, encontrando un mejor efecto en la semilla teñida.	Pérez <i>et al.</i> (2015).
Frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Pretratamiento con agua, luz láser 408 nm, 150 mW, 18 regímenes de irradiación: 660 s de irradiación y 1800 s sin irradiación por 24 h.	La germinación se incrementó. Presentó variación de la bioestimulación en función del ciclo productivo y de las características ópticas de las variedades empleadas.	Sánchez <i>et al.</i> (2015).
Maíz palomero <i>Zea mays everta</i>	Pruebas de calidad sanitaria, irradiación (UV-C 254 nm, 65.2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ; 0, 5, 10 y 20 min).	A los 20 min mejoró la calidad sanitaria (57.6% de reducción). En la prueba de reventado en los granos, aumentó 2.5%.	García (2016).
Maíz <i>Zea mays</i> L.	Granos tratados con campos electromagnéticos por 7 y 12 min, 0.42mT y nejayote en diferentes concentraciones.	La irradiación y el empleo de nejayote (50 agua/50 nejayote) mejoraron la calidad sanitaria. La elasticidad y viscosidad de la masa mostraron mejoras a los 12 min.	Valderrama <i>et al.</i> (2018).
Maíz amarillo <i>Zea mays</i> L.	Irradiación con luz UV-C (5, 10 y 15 min, 700 W) de dos muestras con y sin pretratamiento de remojo por 24 h.	Aumentó el vigor (31.73%) y disminuyó la micobiota natural (41.37%) en la semilla con remojo e irradiada 10 min. En la semilla irradiada y sin	Fernández (2021).



---

remojo, la reducción fue del  
73.22% a los 10 min.

---

## Conclusión

Los métodos biofísicos podrían ser empleados en un futuro como una tecnología alternativa en los sistemas de producción agrícola durante la pre y poscosecha, ya que numerosos estudios han demostrado su efecto positivo, negativo o nulo. Es importante seguir investigando y encontrar los parámetros adecuados de intensidad, potencia, longitud de onda, regímenes de irradiación y tiempos de exposición que produzcan efectos favorables mejorando los parámetros fisiológicos, microbiológicos, así como la calidad nutrimental de los productos.

## Referencias

- Azadi, H., Keramati P., Taheri, F., Rafiaani, P., Teklemariam, D., Gebrehiwot, K., Hosseininia, G., Van Passel, S., Lebailly, P., & Witlox, F. (2018). Agricultural land conversion: Reviewing drought impacts and coping strategies. *International Journal Disaster Risk Reduction*, 31: 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.05.003>
- Borthwick, H.A., Hendricks, S.B., Parker, M.W., Toole, E.H., & Toole, V.K. (1952). A reversible photoreaction controlling seed germination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 38: 662-66.
- Carbonell, M. V., Flórez, M., Martínez, E., & Álvarez, J. (2017). Aportaciones sobre el campo magnético: Historia e influencia en sistemas biológicos. *Revista Intropica*, 12(2), <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2282>
- Domínguez, P.A., Hernández, A.C., Cruz, O.A., Carballo, C.A., Zepeda, B.R., & Martínez, OE. (2010). Semilla de maíz bajo la influencia de irradiación de campos electromagnéticos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(2): 183-188.

Fernández, G.J.M. (2021). *Efecto de la luz UV-C sobre la calidad fisiológica y sanitaria del maíz amarillo Zea mays L. (familia Poaceae) procedente de Santa Úrsula Chinconquiac, Puebla, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

Flint, L.H. & McAlister E.D. (1935). Wavelengths of radiation in the visible spectrum inhibiting the germination of light-sensitive lettuce seed. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 94: 1-11.

García, T.A. (2016). *Irradiación de maíz palomero (Zea mays everta) con luz UV-C para el control de la microbiota natural*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

Guo, Q., Wang, Y., Zhang, H., Qu, G., Wang, T., Sun, Q., & Liang, D. (2017). Alleviation of adverse effects of drought stress on wheat seed germination using atmospheric dielectric barrier discharge plasma treatment. *Scientific Reports*, 7(1): 16680.

Gudkov, S.V., Grinberga, M.A., Sukhova, V., & Vodeneeva, V. (2019). Effect of ionizing radiation on physiological and molecular processes in plants. *Journal of Environmental Radioactivity*, 202: 8-24.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.02.001>

Hernandez, A.C., Carballo, C.A., & Domínguez, P.A. (2007). Effects produced by magnetic treatment to the maize seed (in Spanish). *Tecnología Química*, 4: 115-117.

Hernández, A.C., Domínguez, P.A., Cruz, O.A., Ivanov, R., Carballo, C.A., Zepeda, B.R., & Galindo, S.L. (2009). Laser irradiation effects on field performance of maize seed genotypes. *International Agrophysics*, 23: 327-332.

Hernández, A.C., Domínguez, P.A., Cruz, O.A., Ivanov, R., Carballo, C.A., & Zepeda, B.R. (2010). Laser in agriculture. *International Agrophysics*, 24(4): 407-422.

Hernández, A.C., Domínguez, P.A., Cruz, O.A., Podleśna, A., Rumen, I., Carballo, C.A., Pérez, R.M.C., Sánchez, H.G., Zepeda, B.R., & López, B.J.L. (2016). Bioestimulación Láser en Semillas y Plantas. *Gayana-Botánica*, 73: 132-49.

Rodríguez, P.C.L., Pérez, R.M.C., Hernández, A.C., Domínguez, P.F.A., Moreno, M.E., Cruz, O.A. & López, B.J.L. (2011). Control of natural mycobiota in maize grains by ultraviolet (UVC) irradiation. *Acta Agrophysica*, 18(2): 375-388.

Organización de las Naciones Unidas. (2022). *Población mundial superará los 10.000 millones en 2100, proyecta DESA*. Recuperado en agosto 16 de 2022. <https://www.un.org/es/desa/population-exceed-10-billion>.

Pérez, R.M.C., Hernández, A.C., Domínguez, P.A., Cruz, O.A. & Moreno, M.E. (2015). The optical absorption coefficient and barley seeds investigated by photoacoustic spectroscopy and their effects of bioestimulation laser. *International Journal Thermophysics*, 36: 2389-2400.

Podleśna, A., Gładyszewska, B., Podleśny, J., & Zgrajka, W. (2015). Changes in the germination process and growth of pea in effect of laser seed irradiation. *International Agrophysics*, 29: 485-492.

Podleśna, A., Bojarszczuk, J. & Podleśny, J. (2019). Effect of pre-sowing magnetic field treatment on some biochemical and physiological processes in faba bean (*Vicia faba* L. spp. Minor). *Journal of Plant Growth*. 38: 1153-1160.

Radhakrishnan R. (2019). Magnetic field regulates plant functions, growth and enhances tolerance against environmental stresses. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25: 1107-19. <https://doi.org/10.1007/s12298-019-00699-9>

Romero, G.R., Hernández, A.C., Domínguez, P.A., Godina, N.J.J. & Tsonchev, R.I. (2021). Biophysical methods used to generate tolerance to drought stress in seeds and plants: a review. *International Agrophysics*, 35(4): 389-410.

Sánchez, H.G., Hernández, A.C., Domínguez, P.F.A., Cruz, O.A., Pérez, R.M.C.J., & Martínez, M.E. (2015). The optical absorption coefficient of bean seeds investigated using photoacoustic spectroscopy. *International Journal of Thermophysics*, 36: 835-843.

Singh, H., Bhardwaj, S. K., Khatri, M., Kim Ki-Hyun & Bhardwaj, N. (2021). UVC radiation for food safety: An emerging technology for the microbial disinfection of food products. *Chemical Engineering Journal*, 417: 128084.

Thomas, D.T. & Puthur, J.T. (2017). UV radiation priming: a means of amplifying the inherent potential for abiotic stress tolerance in crop plants. *Environmental Experiment Botany*, 138: 57-66. <https://doi:10.1016/j.envexpbot.2017.03.003>

Valderrama, B.C., Domínguez, P.F.A., Hernández, A.C., Sánchez, H.G., Pérez, R.C., Contreras, P.M., Rojas, G.T., & Oaxaca, L.A. (2018). Changes in masa and tortillas obtained from maize irradiated and nixtamalized with nejayote. *International Agrophysics*, 32: 387-394.

Zepeda, B.R, Hernández, A.C, Suazo, L.F, Domínguez, P.A.F., Virgen, V.J., Pérez, R.C., Peón, E.I. (2014). Electromagnetic field in corn grain production and health. *African Journal of Biotechnology*, 13(1): 76-83.

Zepeda, B.R., Virgen, V.J., Suazo, L.F., Domínguez, P.F.A., Rodríguez, R.H., Hernández, A.C. (2019). Campo electromagnético en plántulas, rendimiento y calidad de maíz en condiciones de campo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10: 629-642.

## CATEGORIZACIÓN DE INDIVIDUOS EN SESIONES VIRTUALES Y PRESENCIALES CON SISTEMAS DE INFERENCIA DIFUSA Y LINGÜÍSTICA

Ángel López-Gómez\* y Enrique Ramos-López  
*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM*

[\\*angell@unam.mx](mailto:angell@unam.mx)

### Resumen

Los sistemas de inferencia difusa (FIS por sus siglas en inglés, *Fuzzy Inference System*) son reconocidos modelos lógicos basados en la lógica difusa de Zadeh que han mostrado su utilidad cuando se requiere combinar información tanto cuantitativa como cualitativa en condiciones de incertidumbre. Son sistemas basados en reglas con un esquema de inferencia para la generación de resultados. Se presenta un caso de estudio que genera agrupamientos categorizados a ser identificados para sesiones presenciales y virtuales haciendo uso de variables lingüísticas y software libre, como el lenguaje R y los paquetes FuzzyR y ClusterR.

**Palabras clave:** FuzzyR, lenguaje R, variable lingüística.

### Introducción

La inferencia clásica o booleana se define como el proceso de razonamiento que genera una conclusión a partir de una o varias premisas.

En relación con el desarrollo de los sistemas de inferencia computacionales se considera que el primer trabajo presentado es el de Ehud Y. Shapiro (Shapiro, 1991) para realizar un proceso algorítmico de inferencia a partir de ejemplos o hechos.

La parte algorítmica resulta relevante por ser un método por medio del cual es posible resolver un problema utilizando una secuencia de reglas definidas, o instrucciones colocadas de manera lógica y ordenada.

Los modelos de sistemas de inferencia (MIS por sus siglas en inglés, *Model Inference System*) están identificados dentro de lo que conocemos como aprendizaje de máquina, y también como metodología para representación de conocimiento.

En (Lisi y Straccia, 2013) se analizan los conceptos de vaguedad e incompletud que se presentan como propiedades inherentes del conocimiento bajo el dominio de muchos casos reales. Principalmente impregnados de estas características en aquellos ambientes donde sus elementos participantes pueden ser mejor descritos aplicando lenguaje natural.

En (Zadeh, 1965) se presenta una nueva aproximación para el análisis de sistemas complejos haciendo uso de su cambio metodológico y paradigma computacional. Su propuesta incorpora el uso de las variables lingüísticas en lugar de solamente variables numéricas. Una variable lingüística se refiere en relación con sus valores como sentencias en términos de lenguaje natural o artificial.

Asimismo, se introducen las declaraciones condicionales difusas que son expresiones de la forma *If A then B*, en principio parecerían idénticas a su forma clásica pero su distinción se observa en que tanto A como B tienen un significado difuso. Por ejemplo, encontramos sentencias como: *If x is nada caluroso then y is agradable*.

Este par de elementos son acompañados por un algoritmo difuso que se conserva como una secuencia ordenada de instrucciones con la diferencia que pueden contener asignaciones difusas, así como condicionales también difusas. Por ejemplo,  $x = \text{muy caluroso}$ ; *if x is poco caluroso then y is fresco*. En este tipo de

expresiones o reglas su ejecución es controlada por la regla de inferencia composicional, que es la manera en que es extendida al ámbito difuso en contraste con su forma clásica.

En (Guillaume y Charnomordic, 2012) se presenta una revisión sobre el desarrollo de los denominados sistemas de inferencia difusos (FIS por sus siglas en inglés, *Fuzzy Inference System*).

Los FIS han consolidado su efectividad práctica debido al comportamiento en una manera interpretable desde el punto de vista del conocimiento humano.

La base de los sistemas FIS es la lógica difusa introducida por Zadeh en 1965 (Guillaume y Charnomordic, 2012), caracterizándose por manejar simultáneamente datos numéricos como conocimiento expresado lingüísticamente.

La lógica difusa difiere de la lógica clásica en su conceptualización de la segunda en términos absolutos de verdadero o falso, negro o blanco, encendido o apagado y excluyentes entre sí. En cambio, en la primera una declaración puede asumir cualquier valor dentro del rango 0 y 1, lo cual representa el grado de pertenencia a un conjunto dado, que es identificado como un conjunto difuso.

## Objetivo

Presentar una propuesta algorítmica y computacional, con la herramienta del lenguaje R, como caso de estudio, categorizar a un grupo de estudiantes para participar en clases virtuales o presenciales, haciendo uso de un sistema de inferencia difusa y aplicando reglas difusas tomando como base en variables lingüísticas de referencia.

## **Materiales y métodos**

La pandemia declarada en el año 2020 trastornó todas las actividades sociales y económicas mundiales, los países en mayor o menor medida restringieron la movilidad. En México la labor docente se hizo por vía remota o virtual.

Se establecieron propuestas de una participación híbrida en las clases y otras actividades. En un porcentaje que rondaba alrededor del 30%. Sin embargo, en las indicaciones en ningún momento se definieron los criterios para conformar los dos grupos participantes.

Por la complejidad del problema y la falta de un esquema de representación matemática la alternativa de aplicar un Sistema de Inferencia Difusa basándose en la propuesta de variables lingüísticas para su representación y aplicando el paquete FuzzyR del lenguaje R, permite establecer un modelo y tener como salida un valor numérico que actúa como estimativo de una distancia o métrica que sirve para categorizar a los alumnos y aplicando una segunda fase de separación con el método de Kmeans del mismo lenguaje R.

La información recabada, mediante la aplicación de encuestas, quienes cursaban la primera asignatura teórica del área de la Química Analítica, impartida en la F.E.S. Cuautitlán durante el semestre 2022-II, se agrupó en dos aspectos generales: traslado y salud.

Se indagó el esquema de vacunación y comorbilidades del alumno y familiares; con quienes comparte el mismo recinto, y de esos familiares, el número de integrantes considerados de la tercera edad y/o menores de 18 años. Con respecto al traslado, se conformaron preguntas relacionadas con el tiempo y costo de traslado a la facultad y viceversa, número de transbordos y condición económica familiar.



El valor de pertenencia correspondiente al traslado (VPT), se obtuvo aplicando la siguiente expresión:  $VPT = \{C/\{A-\{B \times 10\}\}} \times D$

Donde: A => Tiempo de traslado redondo (de ida y vuelta) en minutos.

B => Número de transbordos realizados en el viaje. C => Costo por viaje redondo.

D => Situación económica familiar. 10 => Factor de ajuste relacionado con el tiempo, que en promedio tarda una persona en realizar un transbordo.

La expresión anterior considera la movilidad del estudiante con un componente económico; es decir, con base en el tiempo que permanece en el transporte público ( $A-\{B \times 10\}$ ), y el costo de traslado, se obtuvo el costo de traslado por minuto ( $\{C/\{A-\{B \times 10\}\}$ ), para facilitar la comparación entre estudiantes); el cual, posteriormente fue afectado por el factor "D", derivado del descriptor cualitativo que el alumno seleccionó.

Con respecto al valor de pertenencia para el aspecto de salud (VTS), se tomaron en cuenta el cumplimiento al esquema de vacunación del estudiante y familiares, y las comorbilidades, incumplimiento al esquema y familiares menores a 18 años, como una situación negativa ( $\{-\{A-B\}-C\}+B\}+\{D-E\}$ ); después de considerar estos componentes, se obtuvo la fracción de integrantes familiares con mayor o menor aspectos favorables, con respecto a la siguiente expresión:  $VPS = \{-\{A-B\}-C\}+B\}+\{D-E\} / \{1+A\}$

Donde: A => Número de familiares, quienes cohabitan con el alumno encuestado.

B => Número de familiares vacunados. C => Número de familiares con comorbilidades.

D => Esquema de vacunación del alumno. E => Número de comorbilidades que sufre el alumno encuestado.

Se construye una escala y los límites de la escala son el resultado del valor de pertenencia menor y mayor, aproximándolo a su número entero más cercano que lo incluya.

Cada escala se conforma de 3 conjuntos difusos. A cada conjunto se le asignó un descriptor cualitativo (variable lingüística): fácil, regular y complicado para traslado, y vulnerable, normal y favorable para los 3 intervalos para salud.

### Resultados

La Tabla 1 presenta el código respectivo en R utilizando el paquete FuzzyR para diseñar y evaluar un sistema FIS y obtener como salida un valor numérico actuando como estimativo de la preferencia. La Tabla 2, ilustra una muestra de los valores numéricos utilizados como entrada (columnas 1 y 2) obtenidos de las encuestas aplicadas a los alumnos y los datos de salida como estimativos de afinidad a clase presencial (columna 3) o bien virtual (columna 4).

**Tabla 1. Código de lenguaje R utilizando a FuzzyR para diseñar un FIS.**

```
// uso del paquete FuzzyR para diseñar y evaluar modelo FIS
library(FuzzyR)
fis <- newfis('clase1')
fis <- addvar(fis, 'input', 'traslado', c(0, 7))
fis <- addvar(fis, 'input', 'salud', c(-2, 2))
fis <- addvar(fis, 'output', 'presencial', c(0, 1))

fis <- addmf(fis, 'input', 1, 'facil', 'trimf', c(0,0,3.5))
fis <- addmf(fis, 'input', 1, 'regular', 'trimf', c(1.75,3.5,5.25))
fis <- addmf(fis, 'input', 1, 'complicado', 'trimf', c(3.5,7,7))

fis <- addmf(fis, 'input', 2, 'vulnerable', 'trimf', c(-2,-2,0))
fis <- addmf(fis, 'input', 2, 'normal', 'trimf', c(-1,0,1))
fis <- addmf(fis, 'input', 2, 'favorable', 'trimf', c(0,2,2))

fis <- addmf(fis, 'output', 1, 'rojo', 'trimf', c(0,0,0.4))
fis <- addmf(fis, 'output', 1, 'anaranjado', 'trimf', c(0.2,0.4,0.6))
fis <- addmf(fis, 'output', 1, 'amarillo', 'trimf', c(0.4,0.6,0.8))
fis <- addmf(fis, 'output', 1, 'verde', 'trimf', c(0.6,1,1))

ruleList<- bind(c(1,1,1,1,1),c(1,2,3,1,1),c(1,3,4,1,1),c(2,1,2,1,1),c(2,2,3,1,1),c(2,3,4,1,1),c(3,1,1,1,1),c(3,2,2,1,1),c(3,3,3,1,1))
fis <- addrule(fis, ruleList)
```

**Tabla 2. Muestra de datos de entrada (columnas 1 y 2) y salida (columnas 3 y 4) del FIS.**

Estimación - Traslado	Estimación - Salud	Inferencia para Presencial	Inferencia para Virtual
3.571429	0.75	0.7342253	0.4800582
0.76	0.5	0.680241	0.319759
2.833333	0.17	0.6286765	0.5130243
0.2407407	1.67	0.8664771	0.1335229

**Tabla 3. Código para desarrollar agrupamiento o categorización de nube de datos aplicando ClusterR.**

```
# Loading data
# data(salon)
```

```
salon <-read.table("datos.txt", header=FALSE, sep= ",")

# Structure
str(salon)

# Loading package
library(ClusterR)
library(cluster)

# Removing initial label of
# Species from original dataset
# iris_1 <- iris[, -5]

# Fitting K-Means clustering Model
# to training dataset
set.seed(240) # Setting seed
kmeans.re <- kmeans(salon, centers = 2, nstart = 20)
kmeans.re

# Cluster identification for
# each observation
kmeans.re$cluster

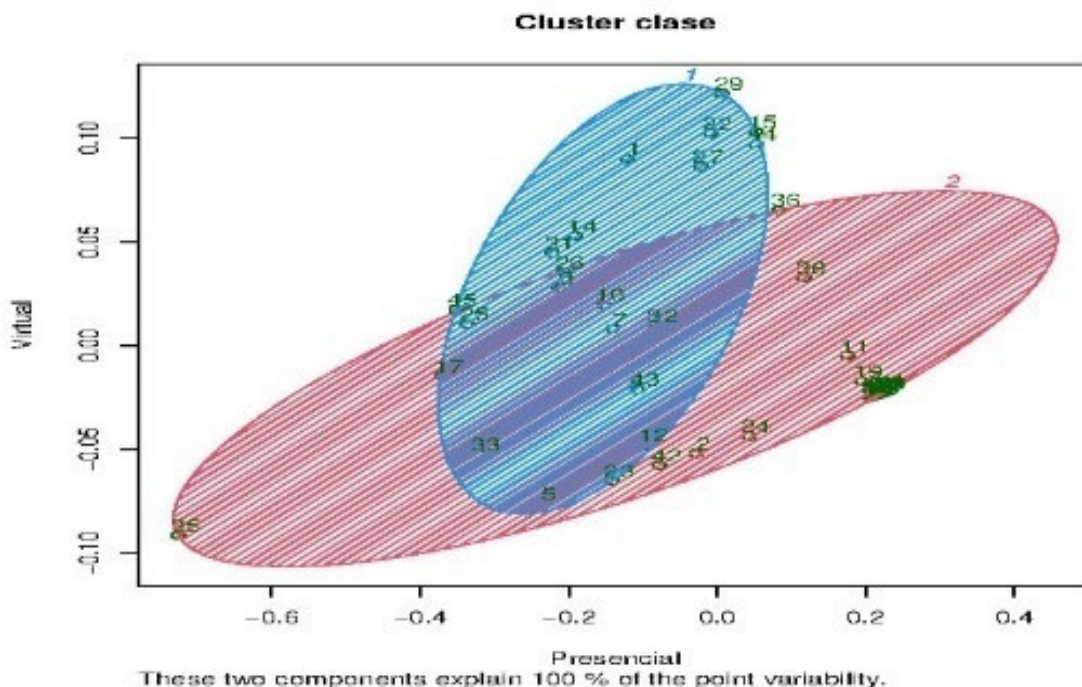
# Confusion Matrix
# cm <- table(iris$Species, kmeans.re$cluster)
# cm

# Model Evaluation and visualization
plot(salon[c(1,2)])
plot(salon[c(1,2)],
      col = kmeans.re$cluster)
plot(salon[c(1,2)],
      col = kmeans.re$cluster,
      main = "K-means with 2 clusters")

## Plotting cluster centers
kmeans.re$centers
kmeans.re$centers[, c(1,2)]
# cex is font size, pch is symbol
points(kmeans.re$centers[, c(1,2)],
       col = 1:2, pch = 8, cex = 2)
```

```
## Visualizing clusters
y_kmeans <- kmeans.re$cluster
clusplot(salon[, c(1,2)],
  y_kmeans,
  lines = 0,
  shade = TRUE,
  color = TRUE,
  labels = 2,
  plotchar = FALSE,
  span = TRUE,
  main = paste("Cluster clase"),
  xlab = 'Presencial',
  ylab = 'Virtual')
```

La Figura 1 gráfica la salida del agrupamiento o categorización en dos bloques (no necesariamente sin intersección) resultante de la aplicación del método de Kmeans y el paquete ClusterR mediante el código de la Tabla 3, tomando como datos la salida del sistema FIS y dando una pertenencia relativa de cada alumno a una de las dos alternativas: clase presencial o clase virtual.



**Figura 1. Salida como propuesta de categorización de clases presenciales y virtuales.**

La Tabla 4 presenta la salida de la ejecución del método K-means utilizando el paquete ClusterR de R resaltando las líneas: `> kmeans.re$cluster [1] 1 2 1 2 1 2 2 2 2 2 2 2 1 1 2 1 2 2 2 2 1 1 2 1 1 1 2 1 2 1 1 2 2 2 2 [37] 2 2 2 2 2 2 1 1 1`, donde se presenta la asociación del individuo evaluado por su posición de entrada y la propuesta de asignación por grado de pertenencia al grupo dominante difuso.

**Tabla 4. Ejecución del código para crear agrupamientos utilizando método de Kmeans y el paquete ClusterR.**

```
> # Loading data
> # data(salon)
> salon <- read.table("datos.txt", header=FALSE, sep=" ",)
>
> # Structure
> str(salon)
'data.frame': 45 obs. of 4 variables:
 $ V1: num  0.734 0.68 0.629 0.866 0.533 ...
 $ V2: num  0.48 0.32 0.513 0.134 0.467 ...
 $ V3: num  3.571 0.76 2.833 0.241 6.25 ...
 $ V4: num  0.75 0.5 0.17 1.67 0.8 1.4 0.25 1 1 0.33 ...
>
> # Loading package
> library(ClusterR)
Loading required package: gtools
> library(cluster)
Clustering vector:
[1] 1 2 1 2 1 2 2 2 2 2 2 2 1 1 2 1 2 2 2 2 1 1 2 1 1 1 2 1 2 1 1 2 2 2 2
[37] 2 2 2 2 2 2 1 1 1
>
> ## Visualizing clusters
> y_kmeans <- kmeans.re$cluster
> clusplot(salon[, c(1,2)],
+   y_kmeans,
+   lines = 0,
+   shade = TRUE,
+   color = TRUE,
+   labels = 2,
+   plotchar = FALSE,
+   span = TRUE,
+   main = paste("Cluster clase"),
+   xlab = 'Presencial',
+   ylab = 'Virtual')
>
```

## Discusión

En el caso presentado se diseñaron con base en criterios de conjuntos y lógica difusa, las variables cuantitativas y cualitativas Traslado y Salud, en un contexto de identificación de variables significativas al contexto del problema.

Su dato salida se aplica como la distancia del sujeto a su preferencia o afinidad a tomar una clase presencial o bien una virtual. Dicho valor se utiliza como los valores a procesar con el método Kmeans para encontrar cercanías entre puntos de atracción que iterativamente producen agrupamientos en un número de clases predeterminadas.

Nuevamente los agrupamientos propuestos no necesariamente son excluyentes. En otras palabras, un alumno puede preferir o ser afín a un tipo de clase, pero eso no excluye que tenga otra valoración para el otro tipo de agrupamiento.

La separación estricta en dos agrupamientos y en el porcentaje requerido corresponde a criterios numéricos clásicos que se sobreponen a la propuesta difusa para reducir los casos que cuenten con grados de pertenencia cercanos.

## **Conclusión**

El diseño, construcción y evaluación de un sistema de inferencia difusa aplicable a problemas complejos con ausencia de un modelo matemático estricto basado en la utilización de variables lingüísticas cualitativas y cuantitativas y desarrollado con el paquete FuzzyR del lenguaje R ha sido presentada.

La salida del sistema es introducida para su categorización en agrupamientos, no necesariamente excluyentes entre sí, aplicando el método Kmeans y el paquete ClusterR del lenguaje R, obteniendo una propuesta numérica y su gráfica para apoyar la decisión cuantitativa de clasificación clásica de los datos originales.

La metodología expuesta es aplicable, con sus adecuaciones, a problemas similares complejos y con la participación de la lógica difusa como esquema de representación y solución numérica aproximativa.



## Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente soportado por el programa PAPIME clave PE107921.

Agradecemos igualmente la comunicación con la Lic. Jessica Y. Díaz S. para la consideración y elaboración de este documento.

## Referencias

Džeroski, S., & Lavrač, N. (2001). An Introduction to Inductive Logic Programming. *Language Learning*, 00(c): 1–16. <http://www-ai.ijs.si/SasoDzeroski/RDMBook/TOC/rdm-03.html>

Guillaume, S., & Charnomordic, B. (2012). Fuzzy inference systems: An integrated modeling environment for collaboration between expert knowledge and data using FisPro. *Expert Systems with Applications*, 39(10). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.206>

Lisi, F.A., & Straccia, U. (2013). Dealing with incompleteness and vagueness in inductive logic programming. *CEUR Workshop Proceedings*, 1068.

Popper, K.R. (1963). Philosophy of Science: Conjectures and Refutations. The growth of scientific knowledge. *Science*, 140(3567). <https://doi.org/10.1126/science.140.3567.643.a>

Shapiro E.Y. (1991). Inductive Inference of Theories From Facts. *Published in Computational Logic–Essays Computational Logic-Essays in Honor of Alan Robinson. Research Report* 192. <https://cpsc.yale.edu/sites/default/files/files/tr192.pdf>

Zadeh, L.A. (1965). “Fuzzy sets”, Information and Control. En *INFOR~ATIO~ AND CONTROL* Vol. 8.

## ORGANIZACIÓN DE SEMINARIOS SOBRE METODOLOGÍAS Y TÉCNICAS REALIZADAS POR LOS TÉCNICOS ACADÉMICOS DE LA FES-IZTACALA, UNAM

Patricia Castro-Moreno\* y Tecilli Cabellos-Avelar\*\*

*Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM*

\*[patricia.castro@iztacala.unam.mx](mailto:patricia.castro@iztacala.unam.mx) \*\*[tecilli@iztacala.unam.mx](mailto:tecilli@iztacala.unam.mx)

### Resumen

La necesidad de trabajar de manera virtual durante la pandemia COVID-19 llevo a proponer nuevas formas de comunicación y organización en los diferentes campos de las universidades. En este trabajo se presenta el plan de organización de seminarios en línea sobre metodologías y técnicas realizadas en los diferentes laboratorios de investigación, docencia y diversas áreas de la FES-Iztacala (FESI) por los Técnicos Académicos (TA). En dichos seminarios se presentaron 41 ponencias durante tres ciclos de seminarios en los semestres 2021-2, 2022-1 y 2022-2, donde participaron 65 académicos, que representan un 70% de un total de 93 que conforman la planta de TA de la facultad. Con la organización de los seminarios se logró conocer los temas en los que se especializan los TA de la FESI, el desarrollo de su trabajo, compartieron las habilidades, las experiencias y los conocimientos que han adquirido en los diferentes campos que laboran, así como la preparación académica que han logrado. Con las reuniones también se motivó a la comunidad de TA a realizar y proponer nuevas formas de colaboración, como el trabajo en equipo, la publicación de memorias en extenso del trabajo realizado y la formación de grupos de trabajo, con la finalidad de un crecimiento personal y profesional para todos. Con este trabajo se concluye que las reuniones virtuales de TA de la FESI brindaron la oportunidad de exponer nuevas y mejores

ideas con aportaciones en la labor cotidiana, ya que la amplia experiencia de cada académico que expuso su trabajo aportó un incentivo para la colaboración y la incorporación a diferentes equipos y grupos de trabajo.

**Palabras clave:** Formación de grupos de trabajo, organización de seminarios, trabajo virtual durante la pandemia COVID-19.

## Introducción

La UNAM cuenta con 42,535 académicos, de los cuales 12,525 son de tiempo completo. La planta de académicos UNAM está conformada por profesores de carrera, investigadores, Técnicos Académicos (TA) en docencia, TA en investigación, profesores de asignatura, ayudantes de profesor, ayudantes de investigador y otros (Portal de estadísticas universitarias, s/f).

En el año 2022, la UNAM registró 4,597 TA distribuidos en diversos centros. En el caso particular de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala cuenta con una planta de 2,312 académicos de los cuales 93 son TA, distribuidos como ocho TA auxiliares, 31 TA asociados y 54 TA titulares. Por las horas académicas, que es el número de horas/semana/mes que se remunera al personal académico, de acuerdo con el nombramiento otorgado; los 93 TA de la FESI son de tiempo completo (40 h/semana), lo que representaría 3,720 horas académicas de las 51,660 horas académicas asignadas en la FESI. En la UNAM en el 2021, el TA tiene 181,960 horas académicas de un total de 893,677 horas, lo que representa el 20% del total de carga académica docente (DGAPA, s/f), con esta estadística se puede percibir claramente como la figura del TA dentro de la UNAM cada vez toma mayor relevancia académica.

Por definición y con base en el artículo 9º del Estatuto del Personal Académico de la UNAM (EPA) “son técnicos académicos ordinarios quienes hayan demostrado tener la experiencia y las aptitudes suficientes en una determinada especialidad, materia o área, para realizar tareas específicas y sistemáticas de los programas académicos y/o de servicios técnicos de una dependencia de la UNAM” (DGOAE, s/f).

Un TA apoya y lleva a cabo las actividades que se realizan en su entidad de adscripción, es decir, su labor se adapta a los protocolos y programas de trabajo de los grupos académicos de las unidades de servicio del área para la cual fue contratado. En el caso de la FESI, los TA se integran a los laboratorios de investigación, así como a las carreras de Medicina, Biología, Psicología, Enfermería, Cirujano Dentista y en diversas áreas administrativas de la institución (Figura 1). Actualmente el TA ha superado su labor académica ya que muchos son profesionales altamente especializados y calificados, con grados de estudio de especialidad o posgrado como maestría, doctorado o posdoctorado. Su trabajo se enfoca no solo en realizar actividades técnicas académico-administrativas para las cuales fue contratado, sino que además sus actividades se han centrado en la formación de recursos humanos en los distintos grados académicos, la obtención de recursos económicos para desarrollar investigación y realizan publicaciones en revistas indexadas de alto impacto.

Con el inicio de la pandemia en el año 2020, surgió la necesidad de seguir activos, trabajando desde casa o en lugares seguros, para los TA de la UNAM no fue una excepción. Durante este tiempo la mayor parte de las actividades académicas pasaron a ser de forma virtual, donde el uso de las plataformas de comunicación fue la mejor herramienta a distancia para estar en contacto y así evitar contagios del virus de la COVID 19, fue así, que se organizaron clases en línea, reuniones, talleres, seminarios y congresos. En el caso de la FES Iztacala resulta evidente

como el desarrollo profesional que persigue un TA va en aumento, por lo tanto, busca su superación académica y mantenerse en activo constante. Fue por ello por lo que surgió la idea de organizar seminarios en línea, con el fin de promover el acercamiento y la colaboración entre los 93 técnicos que laboran en la FESI, ya que son quienes conocen a fondo diversas técnicas de trabajo, metodologías, protocolos, manejo de equipos, de seres vivos, de bases de datos etc., para con ello intercambiar puntos de vista, experiencias y así iniciar colaboraciones en beneficio de todos.

### **Objetivo**

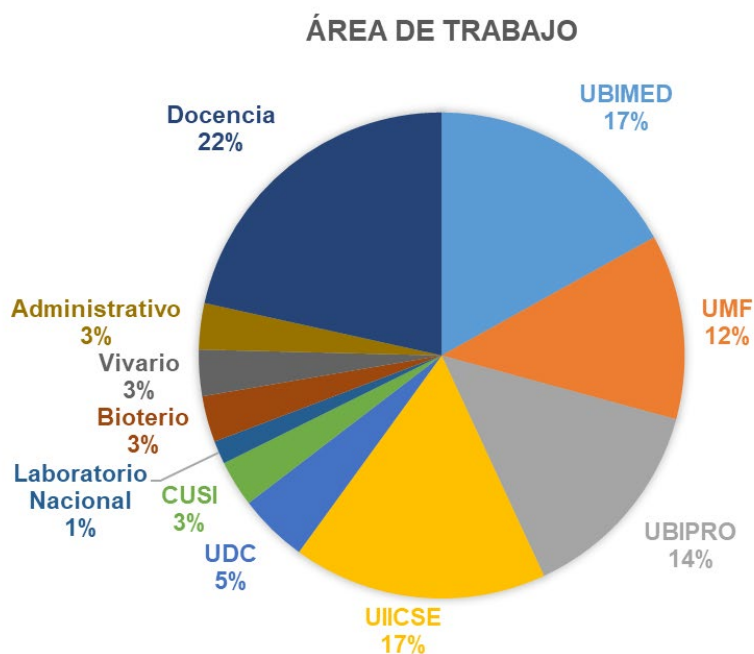
Presentar las actividades de un programa de seminarios en línea sobre técnicas y metodologías realizadas por TA de la FES-Iztacala durante la pandemia COVID 2019.

### **Desarrollo del tema**

La inquietud de organizar seminarios de TA de la FES-Iztacala surge en febrero de 2021, justo en el periodo de confinamiento por la pandemia de COVID-19. El plan de organización inició con la idea de la coordinadora de la División y Posgrado de la FESI, y algunos de los compañeros TA, quienes reunidos de manera virtual se vio la necesidad de dar a conocer el trabajo que cada uno realiza, compartir experiencias laborales, e incluso, conocerse en ese momento de manera virtual y proponer nuevas colaboraciones. Fue entonces que se acordó la pertinencia de llevar a cabo una serie de seminarios sobre las diversas técnicas y metodologías que cada TA maneja con habilidad y amplia experiencia.

La organización de los seminarios quedó a cargo de cuatro voluntarias TA, que conformaron el comité organizador de los seminarios. Uno de los primeros pasos que se realizó fue tener acceso a los correos electrónicos de los 93 TA de la facultad, los cuales fueron proporcionados por el departamento de Planeación y Evaluación Institucional, de la FESI. Posteriormente, el comité organizador creó un correo [tec.acad.fesi@gmail.com](mailto:tec.acad.fesi@gmail.com). para mantener contacto y comunicación con los académicos. El primer contacto que se obtuvo con los TA fue para la solicitud de datos, como el nombre completo, el área o el lugar de trabajo, el campo de trabajo, el rubro, las técnicas y equipos que manejan para docencia e investigación. Las respuestas que se obtuvieron fueron en un lapso de seis meses y fueron 66 TA quienes respondieron a dicha solicitud, las áreas de trabajo se presentan en la figura 1, donde se observa las unidades de investigación de la FESI y docencia donde laboran los TA.

Con los datos recabados, la información se organizó en áreas afines como se muestra en la Tabla 1: Medicina, Biológica, Botánica, Zoología y Psicología, además de un apartado para diversas áreas (otras). Con la información organizada, se hizo la invitación a los TA de áreas en común. El primer ciclo de seminarios fue de 1 sesión, de una hora cada quince días, los lunes a las 10:00 a.m. Además, se decidió que fueran dos ponentes por sesión, los títulos de los seminarios y las fechas de presentación se detallan en la Tabla 2.



**Figura 1. Áreas de trabajo de los TA de la FES-Iztacala UNAM.**

UBIMED: Unidad de Biomedicina; UMF: Unidad de Morfología y Función; UBIPRO: Unidad de Biotecnología y Prototipos; UIICSE: Unidad de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias de la Salud y la Educación. UDC: Unidad de Documentación Científica. Cusi: Clínica Universitaria de Salud Integral.

**Tabla 1. Áreas de adscripción de los técnicos académicos en la FES-IZTACALA UNAM 2021-2022.**

Medicina	Biología	Botánica	Zoología	Psicología	Otras
Farmacología	Genética, genómica y biología molecular	Anatomía vegetal	Morfofisiología animal	Trastornos alimentarios	Desarrollo de sistemas y base de datos
Epigenética del cáncer y enfermedades crónicas	Geomática y edafología	Bioquímica vegetal	Ciencia de animales de laboratorio	Salud sexual y reproductiva	Bibliotecología
Degenerativas	Bioquímica	Biología molecular de plantas	Biología reproductiva y del desarrollo de saurios.	Salud mental	Sistemas de información análisis y evaluación
Respuesta inmune a infecciones bacterianas	Biología molecular e inmunología de arbovirus	Fitoquímica	Neuromorfología	Aprendizaje	Sistemas de información geográfica
Inmunología e inflamación hepatointestinal	Limnología	Histología vegetal	Herpetología	Electroencefalografía	
Radiología	Microscopía, microscopía de barrido	Farmacología de plantas medicinales	Morfofisiología animal comparada (vertebrados)	Psicología experimental animal	
Pruebas de análisis clínicos	Microbiología	Farmacognosia de plantas medicinales	Animales de laboratorio		
Inmunología y síndrome metabólico	Ecología	Botánica y conservación			
Electrofisiología	Bioactividad y fisicoquímica	Árboles endémicos de México			
Endocrinología	Histología	Fisiología vegetal			
Señalización celular en cáncer	Química orgánica				
Genética toxicológica	Calidad del agua				

La inauguración e inicio del primer ciclo de seminarios fue el día 22 de marzo de 2021 y estuvo a cargo de la directora de la FES-Iztacala, el Secretario Académico y la Coordinadora de la División de Investigación y Posgrado, cuyo evento se menciona en la Gaceta Iztacala (López, 2021). Al concluir el evento de inauguración se llevaron a cabo las dos primeras ponencias con los títulos que se muestran en la Tabla 2. El resultado del primer ciclo fue de un total de 9 seminarios



con 17 ponentes, el número de asistentes osciló entre los 58 y 70 académicos, de los cuales solo el 85% de los asistentes fue acreedor a una constancia de participación, ya que para su obtención se pidió un mínimo del 80% de asistencias, las cuales fueron registradas en un formulario de Google al final de cada ponencia.

**Tabla 2. Seminarios del 1er ciclo de seminarios sobre metodologías y técnicas realizadas por los Técnicos Académicos de la FES-Iztacala UNAM.**

Título del Seminario 1	Título del Seminario 2	Fecha
"Detección de Flavivirus por Citometría de flujo"	"Aplicaciones de citometría de flujo en el estudio inmunológico y celular"	22 marzo 2021
"Determinación de carbono particulado en sistemas epicontinentales"	"Cuantificación de Fitoplancton por el método de Sedimentación de Utermöhl"	5 abril 2021
"Cuidado y mantenimiento de saurios del laboratorio de Biología de la Reproducción".	"Cuidado y Producción de ratones de laboratorio"	19 abril 2021
"Bases generales de la microscopía de barrido láser confocal y sus aplicaciones en al área biológica"	"Iluminación Kohler"	3 mayo 2021
"Un recorrido, datos curiosos de la Unidad de Documentación Científica"	"Servicios de Información en el Sistema Bibliotecario de la UNAM"	17 mayo 2021
"Análisis cualitativo y cuantitativo de analitos de interés por cromatografía de gases de alta resolución"	"Educación alimentaria y estado nutrición en escolares"	31 mayo 2021
"Intervención Neuropsicológica en Conciencia Fonológica para la Adquisición de los Trastornos de la Lectura".	"Técnicas de Registro Electrofisiológico: Herramientas para el entendimiento del funcionamiento en las conexiones neuronales".	14 junio 2021
"Inmunoprecipitación de la cromatina Epigenoma"	(ChIP): variantes en el estudio del	28 junio 2021
"Secuenciación masiva y sus	aplicaciones"	26 julio 2021

En el segundo ciclo de seminarios, la logística de organización que se siguió fue la misma al primer ciclo, dos ponentes por sesión de una hora, mismo horario y día de la semana, los temas de las ponencias y las fechas se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Seminarios presentados durante el 2do. ciclo de seminarios sobre metodologías y técnicas realizadas por los Técnicos Académicos de la FES-Iztacala, UNAM.**

Título del seminario 1	Título del seminario 2	Fecha
"Cultivo en 3D"	"Cultivo bacteriano y biofilm"	30 agosto 2021
"Uso de métodos para el estudio ecológico de comunidades de organismos"	"Trabajo Sistemático en Paleontología"	13 septiembre 2021
" Banco de Semillas UBIPRO"	"Actividad Fagocítica de Macrófagos de Sangre Periférica y de Ratón estimulados con <i>Cándida albicans</i> "	27 septiembre 2021
"Proteínas recombinantes para el estudio de parásitos protozoos"	"Uso de la espectroscopia de fluorescencia en la caracterización bioquímica- estructural de la enzima G6PDH de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> "	11 octubre 2021
"Técnicas para el estudio de la farmacología cardiovascular"	"Técnicas para evaluar la migración e invasión de células epiteliales adherentes in vitro"	25 octubre 2021
"Uso de analgésicos en animales de laboratorio"	"Reconocimiento del malestar en roedores de laboratorio"	8 noviembre 2021
"Técnica Histoquímica para detección de actividad estereidogénica en cortes en criostato"	"Identificación de <i>Staphylococcus aureus</i> por métodos bioquímicos y moleculares"	22 noviembre 2021
"Los Servicios de Información de la Unidad de Documentación Científica (UDC) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI)"	"La importancia del descarte en la Unidad de Documentación Científica (UDC) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI)"	6 diciembre 2021
"Técnicas histológicas de anatomía vegetal"	"Importancia Nutricional de la cerveza"	10 enero 2022

Para la organización del tercer ciclo, se continuo con la logística de los dos ciclos anteriores, sin embargo, fue evidente que con el retorno al trabajo presencial la asistencia de los TA disminuyó, además, los probables ponentes carecían de disposición para presentar su trabajo, por lo tanto, se decidió elaborar un “formulario de opinión” para conocer si aún seguía el interés en continuar con los seminarios. Los resultados que se obtuvieron mostraron que el 100% de los encuestados quería continuar con los seminarios, 70% estuvo de acuerdo en continuar en el mismo horario y sólo un 30.4% prefería que se cambiara, sobre la frecuencia de los seminarios el mayor porcentaje 80% estuvo a favor de que los seminarios se realizarán una vez al mes, para la participación como ponentes se obtuvo un 41% que deseaba participar, respecto a 59% que contestó que no tenían disposición en participar, la calificación del contenido de los seminarios en general fue buena, así que los datos sugerían que la falta de interés estaba relacionada a la carga de trabajo post pandemia, más que un desinterés por los seminarios. Por lo que, se enviaron invitaciones personalizada a los académicos que no habían participado previamente. En este contexto se decidió que en el tercer ciclo la frecuencia de los seminarios se llevará a cabo una vez al mes y la exposición de un solo ponente, durante una hora, en el mismo horario y día de la semana, las presentaciones que se hicieron durante el ciclo se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4. Seminarios presentados durante el 3er ciclo de seminarios sobre metodologías y técnicas realizadas por los Técnicos Académicos de la FES-Iztacala, UNAM.**

Título seminario	Fecha
"Drosophila y Genética Toxicológica"	14 febrero 2022
"Fisiología del estrés en plantas"	14 marzo 2022
"Técnica para el estudio de los hábitos alimentarios de mamíferos medianos y grandes"	18 abril 2022

---

“Evaluación e intervención con personas sordas usuarias de la Lengua de Señas Mexicana”	16 mayo 2022
“Importancia del uso de Metodologías y Patrones de Diseño en el Desarrollo de Sistemas”	13 junio 2022
“Criterios de decisión y algunos ensayos biológicos en plantas medicinales”	01 agosto 2022

---

El resultado del tercer ciclo fue de 6 seminarios con una asistencia a las ponencias de entre los 50 a 60 asistentes y el número de constancias de asistencia al 80% de los seminarios que se solicitó a la secretaría académica fue de 60. También, al concluir la última ponencia del 01 de agosto de 2022, se presentaron las estadísticas y resultados de los tres ciclos de seminarios, así como las perspectivas, como continuar con un cuarto ciclo. Con la propuesta de que los seminarios den el giro a “seminario institucional”, además se propuso la colaboración entre los académicos y la creación de grupos de trabajo, para generar productos académicos, así como la planeación de diversas actividades para mantener la participación activa de todos los TA de la FES-Iztacala para estar en constante comunicación.

## Conclusión

La organización de seminarios durante la pandemia COVID 19 trajo consigo la oportunidad de conocer a nuestros pares y así establecer una comunidad organizada y participativa en el quehacer académico de la UNAM en la FESI. Con este trabajo se concluye que las reuniones virtuales de TA de la FESI brindaron la oportunidad de exponer las formas de trabajo cotidiano y que en post pandemia COVID 19 seguir compartiendo la amplia experiencia de cada académico con su

trabajo para la colaboración, el avance en la investigación y la mejora docente por medio de la formación de grupos de trabajo con objetivos afines.

## Agradecimientos

A los 93 TA de la FESI. A la Dra. Yolanda Irasema Chirino López, Dra. Edaena Benitez Rangel y la M. en C. Dalia Grego Valencia.

## Referencias

Portal de Estadísticas Universitarias. (s/f). Unam.mx. Recuperado el 25 de septiembre de 2022, de <https://www.estadistica.unam.mx/numeralia/>

DGAPA. (S/f). Unam.mx. Recuperado el 25 de septiembre de 2022, de [https://dgapa.unam.mx/images/estadistica/anuario\\_estadisticas\\_dgapa\\_2021](https://dgapa.unam.mx/images/estadistica/anuario_estadisticas_dgapa_2021)

DGOAE. (S/f). Unam.mx. Recuperado el 25 de septiembre de 2022, de <http://dgoae.unam.mx/ConsejoAsesor/pdf/EPA>.

López, E. (26 de marzo, 2021). *Por primera vez, Técnicos Académicos participan en ciclo de seminarios*. Gaceta Iztacala. <https://fenix.iztacala.unam.mx/?p=30327>

## IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DEL APARATO REPRODUCTOR MASCULINO DE AJOLOTE MEXICANO (*Ambystoma mexicanum*)

Miguel Rafael Olguín-Reyes\*, Julián Torres-Gloria, Uriel Ángel Sánchez-Rivera,  
Alicia Alcántar-Rodríguez, José Alfredo Medrano-Hernández, María del Carmen  
Espejel-del Moral.

*Laboratorio de reproducción animal. Unidad de Investigación Multidisciplinaria.  
FES Cuautitlán, UNAM*

[\\*mvzjager@gmail.com](mailto:mvzjager@gmail.com)

### Resumen

La biología reproductora de una especie es la combinación de características fisiológicas, anatómicas y conductuales que participan de manera coordinada bajo ciertas condiciones ambientales. La reproducción de los ajolotes se da cuando se presenta el cortejo, posterior el macho libera sus espermatozoides rodeados de una capa de moco conocido como espermatóforo en el agua y la hembra recoge este espermatóforo dando lugar a una fertilización interna para posterior liberar los huevos fertilizados. Conocer la anatomía reproductiva en los animales silvestres es esencial para el mantenimiento, la preservación, así como la implementación de biotecnologías encaminadas a la conservación. Por ello se planteó la descripción del aparato reproductor en el macho de ajolote de Xochimilco para establecer las diferencias respecto a otros vertebrados. Los anfibios tienen una gran variedad de estrategias reproductivas, lo cual sugiere variaciones morfológicas y funcionales en los órganos sexuales; estas estrategias son una respuesta directa a la influencia de factores presentes en la vida de los anfibios como: desecación de los huevos fertilizados, depredación, competencia entre

especies, enfermedades y parásitos. La diferenciación sexual en esta especie es tardada debido a que para la identificación entre macho y hembra se da por los caracteres sexuales secundarios los cuales llegan a ser visibles a la etapa de madurez de la especie. Se realizó la necropsia de 2 individuos de diferentes edades para la descripción del aparato reproductor para, de esta manera poder implementar una técnica eficiente para la obtención de gametos para el desarrollo de las biotecnologías reproductivas sin poner en riesgo la vida de los organismos.

**Palabras clave:** Anatomía, morfología, anfibios, testículos, conservación.

## Introducción

La modificación del clima, la destrucción del hábitat, y el surgimiento de enfermedades infecciosas han producido un declive en la población mundial de anfibios (Stuart *et al.*, 2004). Esto supone un desbalance ambiental fuerte entre las especies acuáticas y terrestres (Hillman *et al.*, 2008). Actualmente hay más de 147.500 especies en la Lista Roja de UICN, con más de 41000 especies amenazadas de extinción las cuales requieren de programas de reproducción *ex situ* para su sobrevivencia (IUCN, 2022). El orden Caudata está compuesto de 774 especies entre las que se encuentra el género *Ambystoma* (AmphibianWeb, 2022). El ajolote (*A. mexicanum*) es un anfibio neoténico; es decir, adquieren la madurez sexual mientras mantienen un aspecto juvenil, lo cual ha sido de interés para los estudios de reproducción (Smith, 1989). Presentan cuerpos robustos y largos que alcanzan una longitud hocico-cloaca de hasta 34 cm, con una cola aplanada lateralmente (Canseco *et al.*, 2010). Su fecundación es interna y las larvas eclosionan con branquias. Al encontrarse en peligro de extinción, el ajolote mexicano se incluye dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 lo cual, al tratarse de una especie endémica de nuestro país, nos obliga a reconocer la importancia de tener la mayor cantidad de información reproductiva. El conocimiento de

aspectos reproductivos en los vertebrados en ocasiones se limita a ciertas especies predilectas para la investigación, lo cual deja a un gran número de especies fuera de la investigación (Lombardi, 1998). Los esfuerzos por proteger a los animales de la extinción se han encaminado a la criopreservación de espermatozoides manteniéndolos viables por años (Agca y Critser, 2002). Además, la inseminación de la hembra a partir de múltiples muestras de ejemplares para asegurar la variación genética (Beesley *et al.*, 1998). Estos estudios se han realizado particularmente en los anuros (ranas). El ajolote se ha convertido en una especie popular en la experimentación de la biología del desarrollo y genética (Humphrey, 1975). Por lo que la ciencia reproductiva juega un papel importante en la conservación de esta especie ya que busca el desarrollo de nuevas biotecnologías en la asistencia de la reproducción como lo es la inseminación artificial, la fertilización *in vitro*. Los métodos más utilizados en la colección de espermatozoides en caudados son la extracción y maceración de testículos y la inducción hormonal (Byrne *et al.*, 2002). Al ser técnicas invasivas ponen en riesgo la vida de los animales a estudiar. Por lo anterior, el desarrollo de una técnica eficiente para la obtención de gametos requiere del conocimiento de la biología reproductora de la especie.

## Objetivo

El objetivo de este trabajo es establecer la importancia del conocimiento anatómico del aparato reproductor para el desarrollo de tecnologías reproductivas en el macho de ajolote.



## Materiales y métodos

Se realizó la necropsia de dos machos de ajolote de Xochimilco de 1 y 3 años aproximadamente. Se realizó teniendo en cuenta puntos clave de la necropsia como: revisión externa, incisión primaria, incisión secundaria para la descripción de los órganos reproductivos. En la revisión externa se observó la integridad de la piel, branquias y se realizó la revisión de los miembros y sus dedos. Se finalizó la inspección externa identificando las características sexuales secundarias, en el macho se identificó un mayor desarrollo de las glándulas cloacales. Para la incisión primaria se levantó la piel con navaja de bisturí para separar la piel del tejido subcutáneo y músculos. Posteriormente al ingreso a la cavidad celómica, se expusieron los órganos en su posición original para la identificación, y descripción incluyendo características como tamaño, integridad, coloración y si tienen adherencias. Al retirar los órganos se realizó una doble ligadura a nivel de la zona del esófago y otra en la porción final del recto para posteriormente cortar y poder retirar las vísceras completamente. Se retiró el tracto digestivo y respiratorio para localizar los riñones que se utilizan como referencia anatómica a los testículos, debido a la estrecha relación entre estas estructuras.

## Resultados

No se encontraron señales de lesiones externas, mediante la observación de las glándulas cloacales aumentadas se identificaron como machos (Figura 1).



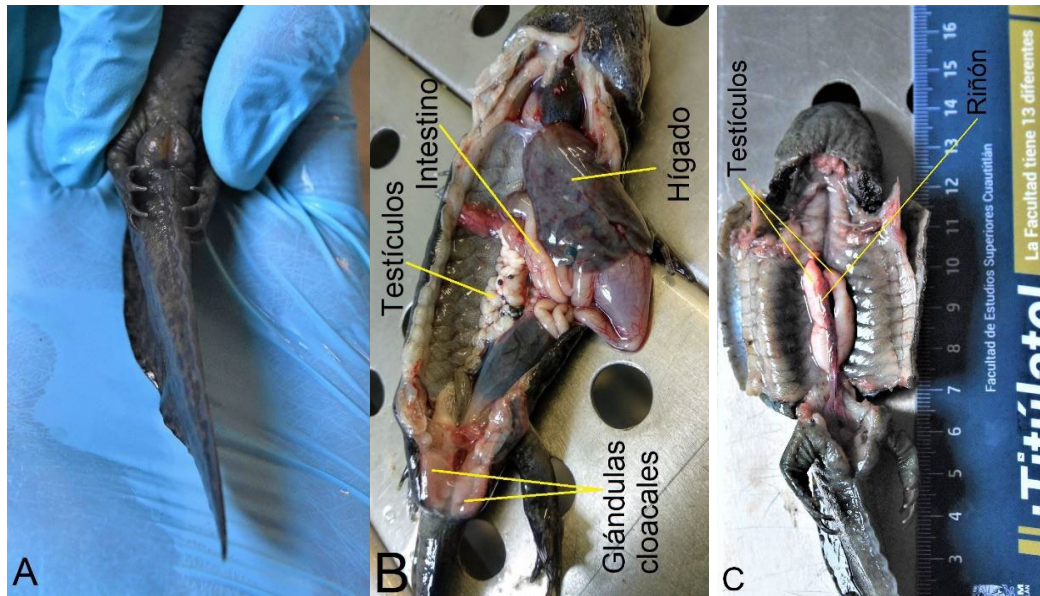
184

**Figura 1. Corresponde a la revisión externa del ajolote.**

Se identificaron los órganos en cavidad celómica ver Figura 2B. Los testículos se encontraron en una posición media, relacionados a la parte dorsal de la cavidad celómica por lo que para su

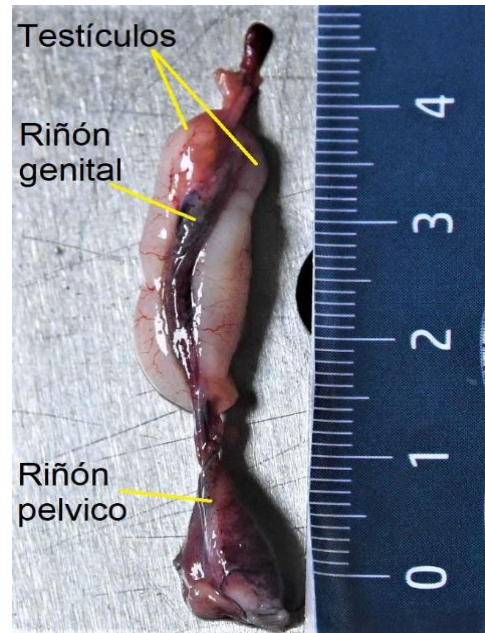


exposición directa fue necesario el retirar órganos. Se encontraron como órganos pares conectados mediante el conducto deferente hacia el canal lateral del riñón, con la región genital del riñón, el canal primario urinario y finalizó en la cloaca.



**Figura 2. A) Identificación del sexo del individuo por observación de rasgos sexuales secundarios, glándulas cloacales. B) Identificación de órganos en la necropsia del macho adulto de 3 años. C) Identificación de testículos y riñón de Ajolote joven.**

Los testículos encontrados en el macho de 3 años se encontraron blanquecinos con múltiples lóbulos de 4 cm aproximados de longitud (Figura 3). Los testículos encontrados en el macho de 1 año se encontraban lisos sin lóbulos de un color blanco aperlado, de 2 cm aproximados de longitud con notable irrigación, se retiraron los testículos junto a los riñones dando lugar a la identificación de la región genital (craneal) y región pélvica (caudal).



**Figura 3. testículos de ajolote juvenil nótese la estrecha relación anatómica con el riñón.**

## Discusión

El desarrollo de múltiples protocolos en la colecta de gametos de anfibios está asociado a la compleja historia reproductiva de los anfibios (Jamieson, 1991). Entre los anuros existen diferentes grados de asociación entre la estructura genital y urinaria (Blüm, 1986). En los anfibios del orden Caudata los testículos son órganos pareados alargados y en algunas especies de anfibios son segmentados con múltiples lóbulos, lo cual está relacionado con la edad de los individuos (Valdivieso y Tamsitt, 1965). Cada lóbulo es una estructura funcional en la cual se lleva a cabo la espermatogénesis mediante quistes que contienen diferentes estadios de los espermatozoides en su proceso de maduración. Los riñones y los testículos están estrechamente relacionados. El riñón de las salamandras está dividido en una región pélvica o caudal la cual está destinada a la filtración y formación de la orina,

la región genital o craneal está destinada al transporte de los espermatozoides (Siegel *et al.*, 2010). En la familia *Plethodontidae* se han observado diferencias en la organización estructural entre testículos y riñón con la falta de regionalidad en el transporte de espermatozoides (Williams *et al.*, 1984). Los espermatozoides son liberados de los quistes al lumen de los lóbulos, siguen su recorrido por los conductos eferentes que se encuentran localizados entre los testículos y la porción anterior del riñón (Lombardi, 1998). Los espermatozoides llegan a un conducto primario urinario que desemboca en una ampolla y es donde el contenido es liberado por la cloaca (Aranzábal, 2003). Los espermatozoides son liberados al ambiente en forma de espermátóforo, el que recoge la hembra para continuar con el proceso de reproducción en esta especie. El estudio y reconocimiento de las características anatómicas reproductivas de la especie pueden ser de gran utilidad en la formación de protocolos destinados a la colección y posterior evaluación de espermatozoides, mediante la inducción hormonal (Costanzo *et al.*, 1998; Silla y Roberts. 2012). O la obtención de espermátóforos mediante métodos menos invasivos que no impliquen la maceración de testículos que pueden afectar la fertilidad o poner en riesgo la vida de los organismos con el fin de extender en *A. mexicanum* el desarrollo de biotecnologías reproductivas.

## Conclusión

Estudiar la anatomía reproductiva permitirá el extender los estudios al desarrollo de biotecnologías reproductivas.

## Agradecimientos

Agradecimientos a proyectos PAPIIT IN205421, C2214.

## Referencias

Agca, Y., & Critser, J.K. (2002). Cryopreservation of spermatozoa in assisted reproduction. In *Seminars in reproductive medicine*, 20(01): 015-024. Copyright© 2002 by Thieme Medical Publishers, Inc., 333 Seventh Avenue, New York, NY 10001, USA.

AmphibiaWeb. (2022). <<https://amphibiaweb.org>> University of California, Berkeley, CA, USA. Accessed 20 July 2022.

Aranzábal, M.U. (2003). The testes, spermatogenesis and male reproductive ducts. *Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela*. New Hampshire: Science Publishers, Inc, 183-202.

Beesley, S.G., Costanzo, J.P., & Lee Jr, R.E. (1998). Cryopreservation of spermatozoa from freeze-tolerant and-intolerant anurans. *Cryobiology*, 37(2): 155-162.

Blüm, V. (1986). Reproductive Behaviour. In *Vertebrate Reproduction* Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 211-229.

Byrne, P., Roberts, J., & Simmons, L. (2002). Sperm competition selects for increased testes mass in Australian frogs. *Journal of Evolutionary Biology*, 15(3), pp.347-355.

Canseco, M.L., Mayen, G., & Guadalupecoaut, M. (2010). *Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán* (No. C/597.9097248 C3).

Costanzo, J.P., Mugnano, J.A., Wehrheim, H.M., & Lee Jr, R.E. (1998). Osmotic and freezing tolerance in spermatozoa of freeze-tolerant and-intolerant frogs. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 275(3): R713-R719.

Hillman, S.S., Withers, P.C., Drewes, R.C., & Hillyard, S.D. (2008). *Ecological and environmental physiology of amphibians*. Oxford University Press, USA. ISBN13: 978-0-19-857032-5.

Humphrey, R.R. (1975). The axolotl, *Ambystoma mexicanum*. In *Handbook of genetics*. Springer, Boston, MA. pp. 3-17.

IUCN. (2022). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2022-1. <https://www.iucnredlist.org>. Accessed on 20 July 2022.

Jamieson, B.G., & Leung, L.P. (1991). *Fish evolution and systematics: evidence from spermatozoa: with a survey of lophophorate, echinoderm and protochordate sperm and an account of gamete cryopreservation*. Cambridge University Press.

Lombardi, J. (1998). *Comparative vertebrate reproduction* (Vol. 792383362). Boston: Kluwer Academic Publishers.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.

Siegel, D.S., Sever, D.M., & Aldridge, R.D. (2010). The pelvic kidney of male *Ambystoma maculatum* (Amphibia, Urodela, Ambystomatidae) with special reference to the sexual collecting ducts. *Journal of Morphology*, 271(12): 1422-1439.

Silla, A.J., & Roberts, J.D. (2012). Investigating patterns in the spermiation response of eight Australian frogs administered human chorionic gonadotropin (hCG) and luteinizing hormone-releasing hormone (LHRHa). *General and Comparative Endocrinology*, 179(1): 128-136.

Smith, H.M. (1989). Discovery of the axolotl and its early history in biological research. *Developmental biology of the axolotl*, 3-12.

Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S., Fischman, D.L., & Waller, R.W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(5702): 1783-1786.

Valdivieso, D., & Tamsitt, J.R. (1965). Reproduction in a neotropical salamander, *Bolitoglossa adspersa* (Peters). *Herpetologica*, 21(3): 228-236.

Williams, A.A., Brandon, R.A., & Martan, J. 1984. Male genital ducts in the salamanders *Eurycea lucifuga* and *Eurycea longicauda*. *Herpetologica*, 322-330.

## EL USO DE LAS HOJAS DE CONTROL EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS

Daniela Narváez-Sánchez<sup>1</sup>, José Iván Ambrocio-Sandoval<sup>1\*</sup>, Karla González-Vieyra<sup>1</sup>, María del Rosario Vizueth-Rodríguez<sup>1</sup>, Rebeca Moreno-Mendiola<sup>1</sup>, Sarahí Román-Álvarez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, <sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM

\*[ivan.ambrocio@cuautitlan.unam.mx](mailto:ivan.ambrocio@cuautitlan.unam.mx)

### Resumen

La industria de la fabricación de productos lácteos tiene gran responsabilidad para con la sociedad, por este motivo sus acciones deben estar en constante monitorización con el fin de asegurar que los productos logren satisfacer las necesidades de la población. Las hojas de control constituyen una herramienta para dar seguimiento a los procesos, ayudan a identificar los posibles errores o problemas que se pueden presentar y nos permiten analizar mejoras y soluciones a los mismos, por lo que se han implementado en los diferentes procesos de producción dentro del Módulo de Lácteos del Centro de Enseñanza Agropecuaria (CEA) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES Cuautitlán) UNAM. Su uso nos permite recoger información de los procesos de fabricación de productos lácteos y su incorporación es el punto de partida para la realización de otras herramientas como son los gráficos de control, los cuales sirven para examinar si un proceso se encuentra en condición estable (está en control), o para asegurar que se mantengan en esa condición. Dentro del proceso de elaboración de los quesos se pueden medir diferentes parámetros, tales como la temperatura, la densidad, la acidez titulable, el pH, entre otros, y, con ayuda de estos formatos escritos se pueden recopilar y organizar para llevar un mejor control de la información que se va obteniendo. La temperatura de cuajado es uno de los



parámetros que monitoreamos de manera más rigurosa en el Módulo, ya que actúa como un factor indispensable para la correcta coagulación enzimática de los quesos y de esto dependen las características físicas y sensoriales finales del producto.

**Palabras clave:** Hoja de verificación, queso, coagulación, temperatura.

## Introducción

La calidad alimentaria, es definida por Zavala (2011), como la utilidad de un alimento, es decir, la calidad de los alimentos son aquellas propiedades que satisfacen las demandas del consumidor y estas pueden ser: apariencia, frescura, presentación, valor nutritivo, sanidad e inocuidad.

Por tanto, es necesario controlar la calidad de los productos para poder cumplir con las expectativas de los consumidores. Con el fin de obtener la aprobación del consumidor se puede hacer uso de diversos mecanismos, acciones y/o herramientas.

Las hojas de control o verificación son parte de estas herramientas y sirven para registrar, analizar y procesar fácilmente los datos obtenidos en esta, por este motivo ayudan en el seguimiento de un proceso, así como a identificar los posibles errores y problemas que se puedan llegar a presentar, pero también sus mejoras y soluciones. El formato de estas hojas de control varía dependiendo del uso que se les da, ya sea para describir resultados, registrar fallas o verificar procedimientos.

Silva (2005), clasifica las hojas de control en tres grupos principales:

- De investigación: se utilizan para analizar e investigar situaciones de preocupación especiales, permitiendo conocer el tipo de defectos, su distribución, localización y cantidad.
- De verificación: con el fin de controlar los trabajos diarios, se verifican ciertas actividades periódicamente, se definen los puntos a revisar y se lleva a cabo la verificación de acuerdo con esta hoja.
- De registro: se toman los datos en forma tabular para la elaboración de los reportes, para tener información que nos permita visualizar la situación global de un proceso y para apreciar sus variaciones a largo plazo.

El Módulo de Lácteos cuenta con una amplia variedad de productos, sin embargo, los quesos frescos son los más demandados por la comunidad y, por este motivo, se han ido modificando y mejorando los procesos de manufactura a lo largo de los años. Uno de los ajustes realizados es el diseño e implementación de las hojas de control o verificación, las cuales se utilizan para revisar y comprobar que cada uno de los procedimientos se efectúe de manera ordenada y sistemática.

Ahora bien, uno de los parámetros que se toman en cuenta en la elaboración de los quesos es la temperatura, este factor trae consigo dos efectos importantes: el primero es la reacción enzimática y el segundo es sobre la fase de coagulación.

Contreras (2005) menciona que la evaluación y el seguimiento de la temperatura, nos permite estandarizar el proceso de elaboración de los quesos, y de esta manera nos sirve como herramienta para la toma de decisiones y la mejora de los productos.

Es por ello por lo que se ha propuesto el uso de estas hojas en los diferentes procesos de elaboración de productos lácteos en el Módulo de Lácteos del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la FES Cuautitlán, con la finalidad de controlar y mejorar estos procesos.

## Objetivo

Implementar el uso de las hojas de control de los productos lácteos como herramienta para la estandarización de los procesos y la toma de decisiones en la producción del Módulo de Lácteos de la FES Cuautitlán.

## Desarrollo del tema

El diseño y aplicación de las hojas de control, forma parte del proyecto para la estandarización de los procesos en el Módulo de Lácteos. Su desarrollo obedece a la metodología descrita a continuación: formación del equipo de trabajo; definición de los objetivos, relacionados con la identificación del tipo de datos que son necesarios, los puntos del proceso y puntos de recogida de los mismos; diseño de la hoja, considerando que la anotación debe ser una tarea sencilla y que su llenado debe ser auto explicativo; capacitación del personal que recogerá los datos; pruebas piloto de la hoja de control y por último, su implementación dentro de los procesos, verificando que los datos se recojan según lo planificado.

El contenido de las hojas de control utilizadas en el Módulo de Lácteos se ha desarrollado conforme a los diferentes procesos de elaboración y de forma general contienen la siguiente información: fecha de elaboración, lote, nombre del producto, resultados de las pruebas de calidad de la leche (acidez, densidad, pH, temperatura), los aditivos y la cantidad utilizada de los mismos, las actividades realizadas (colocando hora y temperatura, en caso de aplicar), observaciones encontradas durante el proceso y por último, las firmas de las personas encargadas del procesamiento y la verificación (Figura 1).

La información obtenida en estas hojas ha permitido contar con un registro escrito, el cual nos ayuda a verificar que las actividades se realicen conforme a los procedimientos normalizados de operación, pero, además, esta información también ayuda a identificar de una mejor manera los posibles problemas durante el procesamiento. Como ya se ha dicho con anterioridad, uno de los parámetros principales a controlar en la producción de quesos es la temperatura, ya sea del cuajado o al momento de trabajar el grano, por lo que es un dato importante para plasmar en las hojas de verificación.

Debido a que la temperatura es un factor crucial que se debe monitorear en todo el proceso, el uso de las hojas de control ayuda a registrar y monitorear este parámetro durante la elaboración de quesos dentro del Módulo de Lácteos, permitiendo así el cumplimiento de nuestros objetivos para lograr la estandarización de nuestros productos.

	<b>FORMULARIO</b>	
	<b>Hoja de control de proceso para queso semimaduro</b>	Código: XX-XXX-XX Versión: 00

Lote: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Observaciones	Controles				Observaciones
Recepción de leche	L=	°C=	t=		
	°D=	%G=	°Q=	%ST=	
Filtración	t1=		t2=		
Pasteurización	t1=	°C=	t2=	°C=	
Adición de cloruro de calcio	g=	t=	°C=		
Adición de colorante	ml=	t=	°C=		
Adición de cultivo	Marca, código y lote		t=	°C=	
Maduración de leche	t1=	°C=	t2=	°C=	
Cuajado	ml=	t=	°C=		
Cortado	t=	°C=			
Reposo	t1=	°C=	t2=	°C=	
Agitación lenta	t1=	°C=	t2=	°C=	
Trabajo y cocinado del grano	t1=	°C=	t2=	°C=	
Desuerado parcial	t1=	°C=	t2=	°C=	
Trabajo del grano cocido	t1=	°C=	t2=	°C=	
Desuerado total	t1=	°C=	t2=	°C=	
Retiro de la cuajada	t1=	°C=	t2=	°C=	
Desmenuzado	t1=	°C=	t2=	°C=	
Salado	g=	t=	°C=		
Moldeado	t1=		t2=		
Prensado	t1=		t2=		
Desmolde	t1=		t2=		
Maduración	t1=		°C cámara=		
Piezas					

L = Litros; °C = Temperatura (Celsius); °D = Acidez en grados Domic; °Bx = Grados Brix; t = Hora; % = Porcentaje; t1 = Hora inicio; t2 = Hora término; ml = mililitros; g = gramos; kg = kilogramos.

Responsable del proceso: \_\_\_\_\_

Verificó: \_\_\_\_\_

**Figura 1. Hoja de control de proceso para queso semimaduro.**

## Conclusión

El uso de las hojas de control permite recoger información de los procesos de producción de quesos, proporcionan datos fáciles de comprender, pueden ser aplicadas a cualquier área de la organización, reflejan rápidamente las tendencias y patrones derivados de los datos, proporcionan registros históricos que ayudan a percibir los cambios en el tiempo, facilitan el inicio del pensamiento estadístico y ayudan a traducir las opiniones en hechos y datos. Su incorporación en el Módulo de Lácteos es el punto de partida para la realización de otras herramientas como son los gráficos de control.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen el apoyo del Programa UNAM-PAPIME PE207122.

### **Referencias**

Contreras, M. (2005). *Evaluación del rendimiento de queso panela a dos temperaturas de cuajado*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

Silva, S.O.A., & Silva, S.G. (2005). *7 herramientas básicas de la calidad*. Manual del participante. Instituto Tecnológico de Ocotlán. Colima, Méx. 46 pp.

Zavala, P.M. (2011). *El concepto de calidad en los alimentos I*. Dirección General de Competitividad Agraria. Ministerio de Agricultura del Perú. Perú. 12 pp.

## GERMINACIÓN IN VITRO DE *Mammillaria nivosa* Y *Mammillaria densispina*

María Elena Quintana-Sierra \*, Gloria María Solares-Díaz, Reynoldez Vicente Barragán-Hidalgo

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

[\\*maquinsi88@gmail.com](mailto:*maquinsi88@gmail.com)

### Resumen

Las cactáceas son una familia representativa de México, el 57% de las especies son endémicas y el 30% se encuentran en estatus de riesgo. El género *Mammillaria* presenta el 90% de endemismo. Más del 50% de las especies de este género se encuentran en categoría de riesgo, ubicándolo como un grupo importante de estudio del cual es necesario generar información para coadyuvar a su conservación. La finalidad de este trabajo consistió en analizar la respuesta de germinación en condiciones *in vitro* de dos especies de *Mammillaria*. Las semillas de ambas especies se escarificaron con ácido sulfúrico (30%) para suavizar la testa; a continuación, se colocaron en frascos con medio de cultivo MS (Murashige and Skoog) al 25%, sin reguladores de crecimiento y carbón activado (0.05%). Los frascos fueron incubados a una temperatura de 26-28 °C, con un fotoperiodo de 16 horas luz, intensidad lumínica 1900-2300 lux a una distancia del material de 30 cm. El protocolo de desinfección resultó efectivo ya que no se presentó contaminación. La germinación en estas condiciones se observó a los 7 días en ambas especies registrando el 100% de la misma. Tanto la escarificación como el carbón activado permitieron un buen establecimiento *in vitro*. Fue indudable que las reservas del endospermo en las semillas fueron suficientes para iniciar y concluir el proceso de germinación y emergencia de las plántulas. El utilizar el medio MS al 25% y sin reguladores de crecimiento, permite la reducción de los

costos para su establecimiento por esta técnica. Las plántulas de ambas especies presentaron un buen desarrollo radicular, crecimiento hasta de 1 cm en promedio y un aspecto vigoroso. Al alcanzar este estado, las plántulas se transfirieron a medio fresco sin reguladores para estimular su crecimiento y desarrollo.

**Palabras clave:** Semillas, conservación, escarificación, especies en riesgo, recursos fitogenéticos.

## Introducción

En la actualidad se reporta que las cactáceas están entre los grupos taxonómicos más amenazados evaluando hasta la fecha el 31% de 1,478 especies amenazadas como lo reportan Goettsch *et al.* (2015). El género *Mammillaria* representa el 24% de las cactáceas mexicanas, además presenta el 90% de endemismo. Más del 50% de las especies de este género se encuentran en categoría de riesgo, ubicándolo como un grupo importante de estudio del cual es necesario generar información para coadyuvar a su conservación (Bracamonte y Tinoco, 2015).

*Mammillaria densispina*, conocida como biznaga de espinas densas, es una planta simple o con ramificaciones por brotes laterales, tallo globoso o cilíndrico corto de hasta 10 cm de alto, flores de color amarillo con base verde, areolas ovadas con espinas de blanco a amarillo y semillas de 1 mm de largo de color castaño oscuro. Especie endémica de México, actualmente presenta una amplia distribución y no se conocen factores que afecten su sobrevivencia. Esta cactácea se caracteriza por su densa espinación generalmente de color amarilla, pero en ocasiones las espinas centrales son amarillas y las laterales color pardo rojo u oscuras. Pertenece al subgénero *Mammillaria*, sección *Hydrochylus* serie *Leptocladodae* (Arias y Aquino, 2019). En tanto que *Mammillaria nivosa* es un cactus solitario y



puede llegar a medir 40 cm de diámetro, tallo globoso a cilíndrico corto, espinas radiales y rectas de color amarillo, flores diurnas de color amarillo y semillas color marrón. En el año 2013 fue evaluada por la lista roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), siendo catalogada como preocupación menor (IUCN Red List, 2022).

### **Objetivo**

Analizar la respuesta de germinación en condiciones de cultivo *in vitro* de *Mammillaria nivosa* y *Mammillaria densispina*.

### **Materiales y métodos**

Para su establecimiento se siguieron los siguientes pasos:

*Paso 1. Selección del explante.* Los explantes consistieron en semillas de ambas especies, previo a la siembra fueron colocadas en una solución de ácido sulfúrico al 30% que las cubrió totalmente, ahí permanecieron por 15 minutos, se retiró la solución con la ayuda de una coladera, posteriormente se realizaron 3 lavados con agua corriente por 20 segundos para retirar el exceso de ácido (Figura 1).



**Figura 1. Semillas de *Mammillaria densispina* (Reynoldez, 2022).**

*Paso 2. Protocolo de desinfección.* Se desinfectaron las semillas en una solución de Carbendacim (fungicida Bencimidazólico) al 0.2% durante 15 minutos, posteriormente se colocaron en una solución jabonosa al 5% por 12 minutos, enseguida se colocaron en alcohol al 96% por 1 minuto seguido de una solución de hipoclorito de sodio al 25% a lo largo de 18 minutos y, finalmente, tres enjuagues con agua destilada estéril dentro de la campana de flujo laminar (Figura 2).



**Figura 2. Semillas en solución desinfectante y campana de flujo laminar (Reynoldez, 2022).**

*Paso 3. Establecimiento in vitro.* La siembra y el trasplante se realizaron en condiciones de asepsia en una campana de flujo laminar. El medio-base utilizado fue el MS (Murashige and Skoog) al 25% (Tabla 1).

**Tabla 1. Composición del medio de cultivo utilizado.**

Medio	MG
	Semillas
Sales MS %	25
Sacarosa gL <sup>-1</sup>	30
Gelificante g L <sup>-1</sup>	7.0
pH	5.8
Carbón activado g L <sup>-1</sup>	0.5
Esterilización	autoclave a 1.05 Kg cm <sup>-2</sup> y 121 °C durante 15 min

Nota: MS= Murashige and Skoog (1962); MG= medio para germinación.

*Paso 4. Incubación.* Las condiciones de incubación fueron: 26 ± 2 °C de temperatura, fotoperiodo de 16 horas luz con una intensidad lumínica de 1900-

2300 luxes provenientes de lámparas led, con un consumo de 24 watts a una distancia del material de 30 cm.

*Paso 5. Trasplante y mantenimiento.* En esta etapa el material se mantuvo con trasplantes periódicos de 4 a 8 semanas, según la especie.

Las plantas se transfirieron a un medio fresco sin reguladores para fortalecer la raíz y la plántula para continuar en crecimiento activo.

## Resultados y Discusión

La escarificación química mediante ácido sulfúrico y el tiempo de exposición no causó daños al embrión. Como es de esperar, el uso de agentes abrasivos como el ácido sulfúrico, desintegran parte de los compuestos lipídicos de la testa (láminas de suberina y depósitos de lignina) como lo reporta Uribe *et al.* (2022). La presencia de proteínas en la testa favorece la incorporación de agua al interior de la semilla y activan los procesos metabólicos de las células del embrión, conduciendo a la aceleración de las dos primeras fases de la germinación, que es la imbibición y la activación del metabolismo celular (Grajales, 2004). Las especies en estudio registraron el 100% de germinación, lo cual es un indicativo de que el embrión no fue dañado y que el tiempo de exposición fue suficiente para acelerar la germinación, como lo reportan Navarro *et al.* (2008) en un estudio realizado en dos especies de *Mammillaria*, donde la escarificación no afecta el porcentaje final de germinación, pero si la velocidad. El protocolo de desinfección fue muy efectivo ya que no se presentó contaminación durante el establecimiento, tanto la concentración como el tiempo fueron adecuados para reducir en un 100% la contaminación durante el establecimiento. Las semillas iniciaron la germinación a los 7 días alcanzando el 100% de germinación 15 días después, a diferencia de Ruíz *et al.* (2011), quienes obtuvieron el 81% de germinación después de 23 días

en cactáceas. Las plántulas registraron una respuesta morfo genética aceptable, ya que presentaron un buen desarrollo radicular, areolas bien formadas, espinas evidentes y alcanzaron 1 cm de altura (Figura 3).

El medio de cultivo utilizado tuvo dos características importantes, una de ellas es que una plántula al emerger no demanda grandes cantidades de nutrientes exógenos, por lo que el medio base MS se utilizó al 25%, permitiendo que las semillas de las cactáceas en estudio usaran sus propias reservas, lo que reduce costos para su establecimiento; resultados similares fueron observados por Ramírez *et al.* (2019). La segunda característica del medio fue el uso de carbón activado, ya que este adsorbe el gas etileno generado evitando una intoxicación en la plántula, ya que los componentes que conforman la testa comienzan a oxidarse y promueven la biosíntesis del etileno (Uribe *et al.*, 2022). Convenientemente, la implicación del establecimiento *in vitro* abre pauta a la estandarización del protocolo de clonación posterior, que permitirá realizar ensayos de mejoramiento genético a través de la mutagénesis radio inducida.



**Figura 3. Plántulas de *Mammillaria densispina* (Quintana, 2022).**

## Conclusión

El protocolo de desinfección aplicado en estas especies fue efectivo, pues no permitió contaminación en el establecimiento *in vitro*. El uso del medio de cultivo al 25% no interfiere en las etapas de germinación y de emergencia de plántula, generando una reducción de costos en procesos de establecimiento. El uso de carbón activado se considera crucial en el establecimiento *in vitro* inhibiendo la proliferación de gas etileno que pudiera afectar las fases de germinación y emergencia de plántula. La germinación se logró en 7 días alcanzando el 100% a los 15 días, mejorando el tiempo con respecto a otros reportes. Las plántulas obtenidas presentaron características morfológicas normales durante su crecimiento *in vitro* alcanzando 1 cm de altura en 6 meses.

## Referencias

Arias, S. & Aquino, D. (2019). *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Familia Cactácea 1*. Fascículo 209. Instituto de Ecología A. C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México. 137-140 pp.

Bracamonte, T.J.A. & Tinoco, O. C. (2015). El género *Mammillaria*. *Nuestra Tierra*, 23: 18-19.

Grajales, M.O.M.M. (2004). *Fisiología Vegetal*. Editorial FES-Cuautitlán. México. 86 pp.

Goettsch, B., Cruz, P.G., Hilton, T.C. & Philip, D.J. (2015). High proportion of cactus species treated with extinction. *Nature Plants*, 1-7.

Murashige, T. & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 73-497.

Navarro, C.M.C., Cervantes, O.G., & Lázaro, C.J.O. (2008). Efecto de la escarificación de semillas en la germinación de dos especies de *mammillaria*. *Zonas Áridas*, 12(1): 97-115.

Ramírez, G.G., Rodríguez, D.J.L., Martínez, S.J. & Colinas, L.M.T. (2019). Germinación y Crecimiento *ex vitro* e *in vitro* de cinco especies de cactáceas del género *Mammillaria*. *POLIBOTÁNICA*, (48): 99-110.

Ruiz, G.S.P., Rojas, A.M. & Mandujano, M.C. (2011). Descripción morfológica y germinación de las semillas de *Echinomastus unguispinus*. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 56: 36-44.

The IUCN Red List of Threatened Species. 2022-I. Recuperado el 24 de 08 del 2022 de <https://www.iucnredlist.org/es/>

Uribe, S.Y., Quintanar, I.A., Barbosa, M.C., Flores, J., & Jiménez, S.C.L. (2022). Morfoanatomía, Histoquímica y germinación de las semillas de *Mammillaria parkinsonii* Ehrenb. (Cactaceae). *POLIBOTÁNICA*, (53): 119-134.

## LA POSICIÓN DE LA SEMILLA EN LA MAZORCA Y EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE MAÍZ

Tania Pozos-Pérez\*, Patricia Sevilla-García, Gloria María Solares-Díaz, María  
Elena Quintana-Sierra

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM*

[\\*taniapozosperez@comunidad.unam.mx](mailto:*taniapozosperez@comunidad.unam.mx)

### Resumen

En la agricultura tradicional mexicana, el tamaño de la semilla de maíz es una característica relevante en la selección de progenitores para el siguiente ciclo de cultivo, criterio que ha sido compartido por generaciones y sigue persistiendo, en su mayoría las semillas del tercio central de la mazorca son preferidas por su uniformidad y tamaño. En este trabajo se evaluó el efecto de la posición de la semilla en la mazorca sobre el desarrollo de plántulas de maíz de variedades criollas. Se realizaron tres experimentos, cada uno considerando una variedad: E1-maíz blanco del Estado de México, E2-maíz amarillo de Hidalgo y E3-maíz amarillo de Oaxaca. Cada experimento consistió en tres tratamientos correspondientes a cada tercio de la mazorca (basal, medio y superior) con 20 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: concentración de almidón y proteínas en semillas, días de a emergencia, altura de plántula, tasa de conversión de raíz y vástago, tasa de conversión total, biomasa de raíz y vástago, entre otras. Los resultados mostraron diferencias significativas en concentración de proteínas, días a emergencia, peso fresco y seco de raíz, tasa de conversión de vástago y tasa de conversión total. Por otro lado, las asociaciones entre las variables analizadas fueron significativas como: peso seco de vástago vs peso seco de raíz y peso seco de vástago vs altura. Se concluye que, de acuerdo con la variedad, los compuestos de reserva de la semilla se aprovechan para la producción de



biomasa de acuerdo con la posición de la semilla en la mazorca. Sin embargo, para otras variedades, la posición de la semilla no es un factor que afecte el desarrollo y vigor de plántula bajo condiciones favorables, sino que el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo-ambiente determinan estas características.

**Palabras clave:** *Zea mays*, tasa de conversión, vigor de plántula, biomasa

## Introducción

Domesticado en Mesoamérica hace más de nueve mil años, el maíz es actualmente el principal grano consumido en el mundo con una producción mundial anual promedio de 1200 millones de toneladas métrica (Bolsa de Valores de Chicago, 2021). En México, es un símbolo de identidad nacional y base de nuestra alimentación; tan solo en 2020, este cultivo fue el más importante por superficie sembrada con poco más de siete millones de hectáreas (SIAP, 2021). En el mejoramiento genético de este grano, el tamaño de la semilla ha sido una característica de gran relevancia para la selección de las mejores variedades, donde generalmente se han preferido los tamaños más grandes (Magdaleno et al., 2016). Pero las semillas más grandes no son estrictamente las más eficientes en la conversión de reservas (Milla y Matesanz, 2017 cfr Vargas *et al.*, 2020). El vigor involucra la capacidad de biosintetizar moléculas elementales como proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos, así como movilizar las sustancias de reserva (AOSA, 1983 cfr Alizaga *et al.*, 1992). Sin embargo, en la literatura no se reporta una definición para “vigor de plántula” aunque diversos autores mencionan que es una fuente de información importante al ser una característica agronómica que permite observar el establecimiento del cultivo (Menard *et al.*, 2021). Para el caso específico de maíz, la medición de características como longitud de plántula (longitud de raíz y tallo), peso seco y porcentaje de germinación, han sido aceptadas para estimar el vigor en plántula (de la Torre, 2012; Abdul-Baki y

Anderson, 1973 cfr Ittroutwar *et al.*, 2020; Arnott, 2021). A partir de lo anterior, se propone la siguiente definición: el vigor de plántula es la capacidad de metabolizar las sustancias de reserva que se encuentran en las semillas para promover el crecimiento y desarrollo de las principales estructuras de la plántula, asegurando su supervivencia hasta que esta pueda convertirse en un organismo autótrofo (AOSA, 1983 cfr Alizaga *et al.*, 1992; de la Torre, 2012; Abdul-Baki y Anderson, 1973 cfr Ittroutwar *et al.*, 2020; Arnott, 2021; Menard *et al.*, 2021). Otra forma de evaluar el desarrollo en plántulas y la utilización de sus reservas presentes en la semilla es a través de la tasa de conversión (Min *et al.*, 2022) que puede dividirse de tres formas como: la tasa de conversión total (TCT) (peso seco de vástago entre el peso seco de raíz), la tasa de conversión de vástago (TCV) (peso seco de vástago entre el peso seco de semilla) y la tasa de conversión de raíz (TCR) (peso seco de raíz entre el peso seco de semilla).

## Objetivo

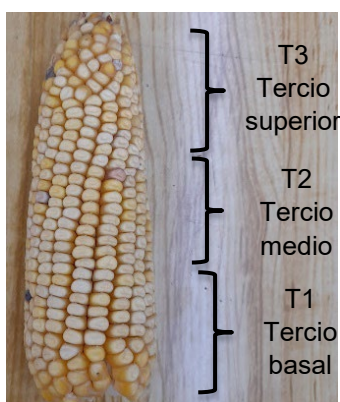
Determinar el efecto de la posición de la semilla en la mazorca sobre el desarrollo de plántula de maíz (*Zea mays* L.).

## Materiales y métodos

Los experimentos se establecieron en el laboratorio L-102 de Técnicas de Mejoramiento Genético de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC, UNAM), Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizaron 3 variedades criollas de maíz: maíz blanco colectada en el Estado de México (E1), maíz amarillo de Tula, Hidalgo (E2) y una variedad criolla de la región del Papaloapan, Oaxaca (E3). Cada

variedad se consideró un experimento. Las mazorcas se dividieron en tercios (Figura 1), cada uno de ellos representó un tratamiento para cada experimento. El diseño experimental fue completamente al azar con 20 repeticiones. En cada experimento (E1, E2 y E3) se sembraron las semillas de cada variedad y de cada tamaño en bolsas de plástico de 5 l. Las mediciones realizadas en plántula se tomaron en cuanto habían desarrollado la primera hoja. Las variables consideradas fueron: prueba de viabilidad, concentración de almidón en semilla, concentración de proteínas en semilla, días a emergencia, altura de plántula, longitud de la primera hoja, longitud de raíz, peso fresco de raíz y vástago, peso seco de raíz y vástago, tasa de conversión del vástago, tasa de conversión de raíz y tasa de conversión total. Se calculó el coeficiente de correlación entre las variables consideradas (únicamente se muestran aquellas entre tamaño y peso de semilla en las tres variedades de maíz).



**Figura 1. Descripción gráfica de la determinación de tratamientos.**

## Resultados

La prueba de tetrazolio para viabilidad mostró, en general, del 93 al 100% de viabilidad en las tres variedades. El coeficiente de correlación entre tamaño y peso de semilla en las tres variedades de maíz fue positivo y significativo, indicando que

a mayor tamaño de semilla mayor peso, lo que podría indicar que semillas más grandes cuentan con una mayor cantidad de compuestos de reserva. Sin embargo, se observa que esto es diferente en las semillas del tercio basal del E1 (Maíz blanco del Estado de México), en donde la correlación es negativa y altamente significativa, a mayor tamaño de semilla menor peso de esta, indicando que en este tercio la acumulación de los compuestos de reserva no se incrementa con el tamaño de la semilla (Tabla 1).

**Tabla 1. Coeficiente de correlación entre tamaño y peso de semilla en tres variedades de maíz: blanco del estado de México, amarillo de Hidalgo y amarillo de Oaxaca.**

Tipo de semilla	E1 (Maíz blanco del Estado de México)	E2 (Maíz amarillo de Hidalgo)	E3 (Maíz amarillo de Oaxaca)
Tercio basal	-0.3091**	0.3831**	0.4252**
Tercio medio	0.6816**	0.3002**	0.2425*
Tercio superior	0.6816**	0.1720	0.4837**

\* Significativo estadísticamente (Snedecor y Cochran, 1956).

En la Tabla 2 se muestran los cuadrados medios obtenidos en el análisis de varianza para cada tratamiento en cada uno de los experimentos (se muestran únicamente aquellos que fueron estadísticamente significativos). Como puede observarse, en lo correspondiente al E1 (Maíz blanco del Estado de México), en las variables: concentración de proteínas en semilla (CPS), peso seco de vástago (PSV), tasa de conversión de vástago (TCV) y tasa de conversión total (TCT), se encontró una diferencia estadística entre los tratamientos, lo que podría significar que existen diferencias en cómo las plántulas de esta variedad aprovechan los compuestos de reserva en la producción de biomasa de acuerdo con la posición

de la semilla en la mazorca, a pesar de contar con la misma concentración de almidones, (principal compuesto de reserva en las semillas).

**Tabla 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en tres variedades de maíz: blanco del estado de México, amarillo de Hidalgo y amarillo de Oaxaca.**

Experimento	CPS	DE	PFR	PSR	PSV	TCV	TCT
	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
E1 (Maíz blanco del Estado de México)	1.36 *	0.2 7	38.5 1	0.69	0.85*	8.46 *	0.93 *
E2 (Maíz amarillo de Hidalgo)	0.10	0.2 0*	0.10 *	0.009 **	0.000 1*	0.00 1	0.00 9*
E3 (Maíz amarillo de Oaxaca)	0.13	0.4 5	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01 7

CPS: Concentración de proteínas en semilla; DE: Días a emergencia; PFR: Peso fresco de raíz;

PSR: Peso seco de raíz; PSV: Peso seco de vástago; TCV: Tasa de conversión de vástago; TCT: Tasa de conversión total. \* Significativo estadísticamente.

Por otra parte, en el E2 (Maíz amarillo de Hidalgo), se encontró que existe una diferencia entre tratamientos en las variables: días a emergencia (DE), peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), PSV y TCT. Lo que podría señalar que, a pesar de contener la misma concentración de compuestos de reserva, la posición de la semilla en la mazorca influye en el desarrollo y crecimiento de las plántulas.

En cuanto al E3 (Maíz amarillo de Oaxaca), ninguna de las variables evaluadas mostró diferencias estadísticas entre tratamientos, lo que posiblemente indica que

en esta variedad el desarrollo de plántulas es independiente de la posición y tamaño de la semilla en la mazorca.

En E1 (Maíz blanco del Estado de México) en el CPS, PSV y TCT, a pesar de mostrar diferencia significativa entre tratamientos, en la comparación de medias estos comparten letras entre sí, por lo que, en términos generales podrían agruparse como iguales. Por otro lado, en la TCV se observa que el tercio medio y superior cuentan con las medias más altas y son estadísticamente iguales pero diferentes al tercio basal que tuvo la menor TCV, lo que posiblemente se deba a una menor eficiencia en la conversión de los compuestos de reserva hacia el desarrollo de la parte aérea en las semillas de esta posición, a pesar de que este tratamiento también registró un mayor CPS (Tabla 3).

**Tabla 3. Comparación de medias del E1 (Maíz blanco del Estado de México).**

Tratamiento	CPS (%)	PSV (gr)	TCV (%)	TCT (%)
Tercio basal	6.33 A	0.0950 B	0.1648 A	0.2006 B
Tercio medio	5.11 B	0.4460 A	1.3787 B	0.6316 A
Tercio superior	6.22 AB	0.3385 AB	1.1764 B	0.4130 AB

CPS: Concentración de proteínas en semilla; PSV: Peso seco de vástago; TCV: Tasa de conversión de vástago; TCT: Tasa de conversión total. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias entre los tratamientos. Tukey (P<0.05).

En E2 (Maíz amarillo, Hidalgo), aunque el análisis de varianza indica que existen diferencias entre tratamientos en las variables DE, PSV Y TCT, estos tratamientos comparten letras entre sí (Tabla 4), por lo que podrían agruparse de forma general como similares. Por el contrario, en PFR y PSR del tercio basal y el medio son

estadísticamente iguales, mientras que el tercio superior es diferente a estos, contando con la media más baja, indicando, posiblemente, que las semillas posicionadas en el tercio superior tienen un menor desarrollo radicular.

**Tabla 4. Comparación de medias del E2 (Maíz amarillo del Estado de Hidalgo).**

Tratamiento	DE	PFR (gr)	PSR (gr)	PSV (gr)	TCT (%)
Tercio basal	4.0 AB	0.8784 A	0.1752 A	0.0428 A	0.2526 AB
Tercio medio	3.9 B	0.8684 A	0.1783 A	0.0403 AB	0.2302 B
Tercio superior	4.1 A	0.7511 B	0.1405 B	0.038 B	0.2732 A

PFR: Peso fresco de raíz; PSR: Peso seco de raíz; PSV: Peso seco de vástago; TCT: Tasa de conversión total. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias entre los tratamientos. Tukey ( $P < 0.05$ ).

## Discusión

De acuerdo con lo aquí reportado, existe una correlación significativa alta entre el tamaño y el peso de la semilla, lo que indica que en las variedades evaluadas las semillas más grandes contienen una mayor cantidad de compuestos de reserva. Sin embargo, esto fue diferente en el E1 (Maíz blanco del Estado de México) donde las semillas más grandes provenientes del tercio basal registraron un menor peso, es decir, una menor cantidad de reservas, lo que sugiere que la selección de semillas por su posición en la mazorca no necesariamente es un indicador certero de la cantidad de reservas que estas contienen y su translocación hacia la plántula. Desde el punto de vista de esta investigación, no se deberían excluir las semillas de la parte basal de esta variedad. En este sentido, la evaluación de estas

características en diferentes poblaciones de maíz sería importante para determinar con mayor confiabilidad si este comportamiento se repite con más frecuencia de lo estimado en esta especie, porque como menciona Pérez *et al.* (2006), en la calidad de la semilla de maíz influye más el genotipo que el tamaño.

Por otra parte, específicamente en E1 (Maíz blanco del Estado de México) se encontró en los tratamientos 2 (tercio medio) y 3 (tercio superior) la mayor TCV, lo que pudiera ser una ventaja durante el establecimiento del cultivo, evidenciando que, a pesar de contar con la misma concentración de almidón en los tres tratamientos, sí existen diferencias en cómo las plántulas aprovechan los compuestos de reserva en la producción de biomasa de acuerdo con la posición de la semilla en la mazorca, y que, aunque la mayor concentración de proteínas se encontró en las semillas del tercio basal (T1), este tratamiento no demostró ser superior, resultados que coinciden con lo encontrado por Morales (1988), quien evaluó el efecto del tamaño de semilla y vigor de plántula en maíz, donde señala que las plántulas provenientes de los tamaños de semilla más grandes presentaron un mayor peso de raíz y vástago.

En el E2 (Maíz amarillo de Hidalgo), las semillas de los tercios medio y basal presentaron un mayor desarrollo radicular expresado como peso seco de raíz, lo que concuerda con lo reportado por Laynez *et al.* (2007), quienes encontraron que en maíz las semillas más grandes desarrollan un sistema radicular mayor. En el experimento aquí reportado, estos datos no podrían atribuirse exclusivamente a la posición de la semilla en la mazorca ya que estas registraron la misma concentración de los compuestos de reserva independientemente de su ubicación, ni tampoco serían resultado del efecto del ambiente, dado que las condiciones ambientales fueron iguales para todos los tratamientos, por lo que posiblemente se deba al genotipo particular de cada semilla, ya que el maíz es una especie alógama de polinización libre. En este aspecto, para esta variedad, elegir semillas



de los tercios basal y medio sí tendría una ventaja sobre las semillas de la parte superior, ya que un mayor desarrollo radicular, en etapas tempranas, puede favorecer el establecimiento del cultivo, como lo mencionan Laynez *et al.* (2007).

Por último, a pesar de que diversos autores señalan que el vigor de las plántulas en maíz y en otras especies es mayor cuando provienen de semillas más grandes, este aspecto todavía no puede afirmarse completamente (Camargo *et al.*, 2019). Los resultados aquí obtenidos en el E3 (Maíz amarillo de Oaxaca) señalan que la posición de la semilla en la mazorca, y posiblemente el tamaño, no son factores que afecten el desarrollo y vigor de las plántulas, lo que coincide con lo reportado por Molatudi y Mariga (2009), quienes evaluaron el efecto del tamaño de semilla y la profundidad de siembra sobre el vigor de plántulas de maíz y concluyeron que el tamaño de la semilla no afectó la emergencia, el vigor de las plántulas ni el peso seco de las plántulas.

## Conclusión

En general, existe una correlación directamente proporcional y estadísticamente entre el tamaño y peso de la semilla de maíz, esto es, a mayor tamaño de semilla, mayor peso. Ambos experimentos, E1 y E2, descartaron la hipótesis de este trabajo sobre un desarrollo homogéneo independientemente de la posición de la semilla, ya que, aunque la concentración de los compuestos de reserva fue estadísticamente igual entre los tratamientos, las plántulas provenientes de dichos tratamientos mostraron comportamientos diferentes y superiores entre ellos. En el E3 (maíz amarillo de Oaxaca) la posición de la semilla en la mazorca, y por tanto el tamaño, no es un factor que afecte el desarrollo y vigor de las plántulas, en este caso, corroborando la hipótesis de este trabajo. La diversidad de los materiales reportados aquí, puede ser una ventaja para los sistemas de agricultura tradicional

ante la variabilidad climática y por lo tanto, usarse como una estrategia de agricultura climáticamente inteligente.

## Referencias

Alizaga, R., Sterling, F., & Herrera, J. (1992). Evaluación del vigor de semillas de maíz y su relación con el comportamiento en el campo. *Agronomía Costarricense*, 16(2): 203-2010.

Arnott, A., Galagedara, L., Thomas, R., Cheema, M., & Sobze, J.M. (2021). The potential of rock dust nanoparticles to improve seed germination and seedling vigor of native species: A review. *Science of the Total Environment*, 775: 1-12.

Bolsa de Valores de Chicago. (10 de septiembre de 2021). *Corn Reports*. Recuperado el 25 de junio de 2022 de <https://www.cmegroup.com/trading/agricultural/corn-reports.html>

Camargo, G., Medeiros, C., & Santin, M. (2019). Seed reserves reduction rate and reserves mobilization to the seedling explain the vigour of maize seeds. *Journal of Seed Science*, 41(4): 488-497.

De la Torre, M. V. (2012). *Vigor temprano y su incidencia sobre el rendimiento de híbridos de maíz (Zea mays L.)*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Córdoba.

Ittroutwar, P., Kasivelu, G., Raguraman, V., Sevathapandian, S., & Malaichamy, K. (2020). Effects of biogenic zinc oxide nanoparticles on seed germination and seedling vigor of maize (*Zea mays*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29: 2-5.

Laynes, G.J.A., Méndez, N.J.R., & Mays, F.J. (2007). Crecimiento de plántulas a partir de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays L.*) sembrados en arena y regados con tres soluciones osmóticas de sacarosa. *IDESIA*, 25(1): 21-36

Magdaleno, E., Mejía, A., Martínez, T., Sánchez, J., & García, J. (2016). Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(3): 437-447.

Menard, G., Sandhu, N., Anderson, D., Cotoles, M., Hassall, K., Easmond, P., & Kurup, S. (2021). Laboratory phenomics predicts field performance and identifies superior indica haplotypes for early seedling vigour in dry direct-seeded rice. *Genomics*, 113: 4227-4236.

Min, L., Da-xing, W., Quing-qing, S., Wu, C.I., Yan, L., & Chun-qing, Z. (2022). Factors influencing seed reserve utilization during seedling. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(3): 677-684.

Morales, F. (1988). *Efecto del tamaño de semilla y vigor de plántula sobre caracteres agronómicos y rendimiento en maíz (Zea Mays L.)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

Molatudi, R., & Mariga, I. (2009). The Effect of Maize Seed Size and Depth of Planting on Seedling Emergence and Seedling Vigour. *Journal of Applied Sciences Research*, 5(1): 2234-2237.

Pérez, M.C., Hernández, L.A., González, C.F.V., Gabino, G.D., Carballo, C.A., Vásquez, R.T.R., & Tovar, G.M.D. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México*, 32(3): 341-352.

SIAP. (2021). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Recuperado el 25 de junio de 2022 de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Snedecor, G.W. & Cochran, W.G. (1956). *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*. 5th ed. Ames, Iowa, Iowa State University Press.

Vargas, V.M.L., Uscanga, M.E., Padilla, C.D., Heike, V., Kohashi, S.J., Miranda, C.S., & Yáñez, J.P. (2020). Asignación de biomasa y carbohidratos en semillas y plántulas de *Phaseolus coccineus* L. domesticado y silvestre. *Botanical Sciences*, 98(2): 366-376.



---

MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)

Año 5, No. 5, septiembre 2022 - agosto 2023

---



## ÍNDICE DE AUTORES

## ÍNDICE DE AUTORES

Alejandro Vargas-Sánchez.....	133	José Luis Garza-Rivera .....	85
Alicia Alcántar-Rodríguez .....	181	Julián Torres-Gloria.....	181
Ana Karen Granados-Mayorga .....	111	Julissa Rodríguez-Coss .....	76
Ana Laura Méndez-Franco .....	100	Karla González-Vieyra .....	191
Ángel López-Gómez.....	156	Laura Denise López-Barrera.....	13
Angélica Espinoza-Godínez .....	85	Luis Antonio Pimentel-Cuevas .....	62
Ariana Chávez-Méndez .....	100	María Cristina Julia Pérez-Reyes.....	145
Berenice Hernández-Vázquez .....	24	María del Carmen Espejel-del Moral .....	181
Carlos Gómez-García .....	122	María del Rosario Vizueth-Rodríguez .....	191
Claudia Hernández-Aguilar.....	145	María Elena Quintana-Sierra .....	198, 207
Claudia Lizbeth Moctezuma-González .....	100	María José Amaya-Hernández .....	133
Daniela Narvárez-Sánchez .....	191	Martha Patricia Carpio-Navarro .....	3
David Tinoco-Varela .....	85	Michelle Angeles-Segoviano.....	24
Diego Armando Ramírez-Moreno .....	62	Miguel Rafael Olguín-Reyes.....	181
Diego Lezama-Martínez .....	62	Patricia Castro-Moreno .....	169
Enrique Ramos-López.....	156	Patricia Ramírez-Noguera.....	13
Fernando Gudiño-Peñalosa.....	51, 85	Patricia Sevilla-García .....	207
Flavio Arturo Domínguez-Pacheco.....	145	Raúl Dalí Cruz-Morales .....	85
Gabino Estevez-Delgado .....	3, 39, 76	Rebeca Moreno-Mendiola.....	191
Gabriela Sánchez-Hernández .....	145	Reynoldez Vicente Barragán-Hidalgo .....	198
Gloria María Solares-Díaz.....	198, 207	Roberto Díaz-Torres.....	13
Gustavo Mercado-Mancera .....	111	Sarahí Román-Álvarez.....	191
Isaac Ramón Arroyo-León .....	111	Susana Elisa Mendoza-Elvira .....	133
Itzia Alejandra Bonilla-Paz.....	76	Tania Pozos-Pérez.....	207
Jesús Navejas-Jiménez .....	111	Tecilli Cabellos-Avelar .....	169
Joaquín Estevez-Delgado.....	39, 76	Uriel Ángel Sánchez-Rivera.....	181
José Alfredo Medrano-Hernández .....	181	Víctor Daniel Farías-Sánchez .....	62
José Iván Ambrocio-Sandoval.....	191	Victoria Belen Palomares-Rizo.....	39



---

MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)

Año 5, No. 5, septiembre 2022 - agosto 2023

---



Esta obra electrónica se terminó de editar el 10 de octubre de 2022  
Tipografía Arial. Presentación en formato PDF. Cuautitlán Izcalli,  
Estado de México