CIENCIA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- Dieta y sesgo atencional
- Neurofisiología del sueño
- Metaloproteasas de matriz en el núcleo celular
- Las serpinas: ¿aliados moleculares o enemigos furtivos?
- Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior en México

Año 25,
Número 114
julio - agosto 2022
ISSN: 2007-1175

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario general

Dr. Juan Manuel Alcocer González
Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director Ciencia UANL

Melissa Martínez Torres
Editora

Consejo Editorial
Dr. Sergio Estrada Parra, (Instituto Politécnico Nacional, México) /
Dr. Miguel José Yacamán (Universidad de Texas, EUA) / Dr. Juan Manuel Alcocer González (Universidad Autónoma de Nuevo León, México)/
Dr. Bruno A. Escalante Acosta (Instituto Politécnico Nacional, México)

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores
Diseño: Monserrat Montes Canul
Corrector de inglés: Oscar R. Bermúdez
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas

Asistente administrativo: Claudia Moreno Alcocer
Portada: Francisco Barragán Codina
Webmaster: Mayra Silva Almanza
Diseño de página web: Rodrigo Soto Moreno

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 25, Nº 114, julio-agosto de 2022. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236. Editora responsable: Melissa Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102. ISSN: 2007-1175 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de Título y Contenido en trámite. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 1 de julio de 2022, tiraje: 1,800 ejemplares.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.
Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.
Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2022

revista.ciencia@uanl.mx

Ciencia UANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD
Dra. Lourdes Garza Ocañas
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS
Dra. Ma. Aracelia Alcorta García
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dra. María Julia Verde Star
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES
Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES
Dra. Veronika Sieglin Suetterlin
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA
Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD
Dra. Gloria María González González
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS
Dra. Nora Elizondo Villarreal
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dr. Hugo Bernal Barragán
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES
Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES
Dra. Blanca Mirthala Taméz Valdés
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Dra. Yolanda Peña Méndez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA
Dr. Héctor de León Gómez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

ÍNDICE

6 EDITORIAL

8 CIENCIA Y SOCIEDAD



El hambre pone, la dieta dispone y el sesgo atencional lo descompone

Ingrid Sosa García, Edmont Celis-López, Elvia Cruz-Huerta, María Erika Ortega-Herrera, Armando Jesús Martínez

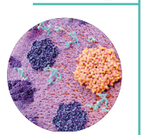
18 OPINIÓN



Neurofisiología del sueño y su importancia en la memoria

Guillermo Mayares Villegas, Antonio Ponce Tecla

28 EJES



¿Qué se te perdió aquí? Metaloproteasas de matriz en el núcleo celular

Mariel Maldonado

36 SECCIÓN ACADÉMICA

37

***Fusarium:* un fitopatógeno que amenaza la salud humana**

Joan E. Rodríguez-Grimaldo, Gloria M. González, Alexandra M. Montoya

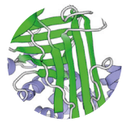
44 TENDENCIAS EDUCATIVAS



Hacia la construcción del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior en México

Rogelio G. Garza Rivera

48 CURIOSIDAD



Las serpinas, ¿aliados moleculares o enemigos furtivos?

Luis Jesús Cortez-de la Fuente, José Prisco Palma-Nicolás

56 CIENCIA DE FRONTERA



Un recorrido por la micología clásica, los modelos murinos y la micología moderna. Entrevista con la Dra. Gloria M. González

María Josefa Santos Corral

64 SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA



Gestión ambiental y cultura de la responsabilidad empresarial

Pedro César Cantú-Martínez

70 CIENCIA EN BREVE



De miradas, microbios, pilas y envolturas

Luis Enrique Gómez Vanegas

76 COLABORADORES

114

EDITORIAL

MELISSA DEL CARMEN MARTÍNEZ TORRES*

Nos complace presentarles nuestro número 114, julio-agosto 2022, dedicado a las ciencias de la salud. En nuestra sección Ciencia y sociedad, Ingrid Sosa-García, Edmont Celis-López, Elvia Cruz-Huerta, María Erika Ortega-Herrera y Armando Jesús Martínez nos muestran el papel que juega nuestra mente ante la restricción calórica en "El hambre pone, la dieta dispone y el sesgo atencional lo descompone". Mediante pruebas de Stroop (modificadas a lo alimentario) miden la respuesta neuropsicológica que se ve implicada en el autocontrol de consumo de alimentos limitados.

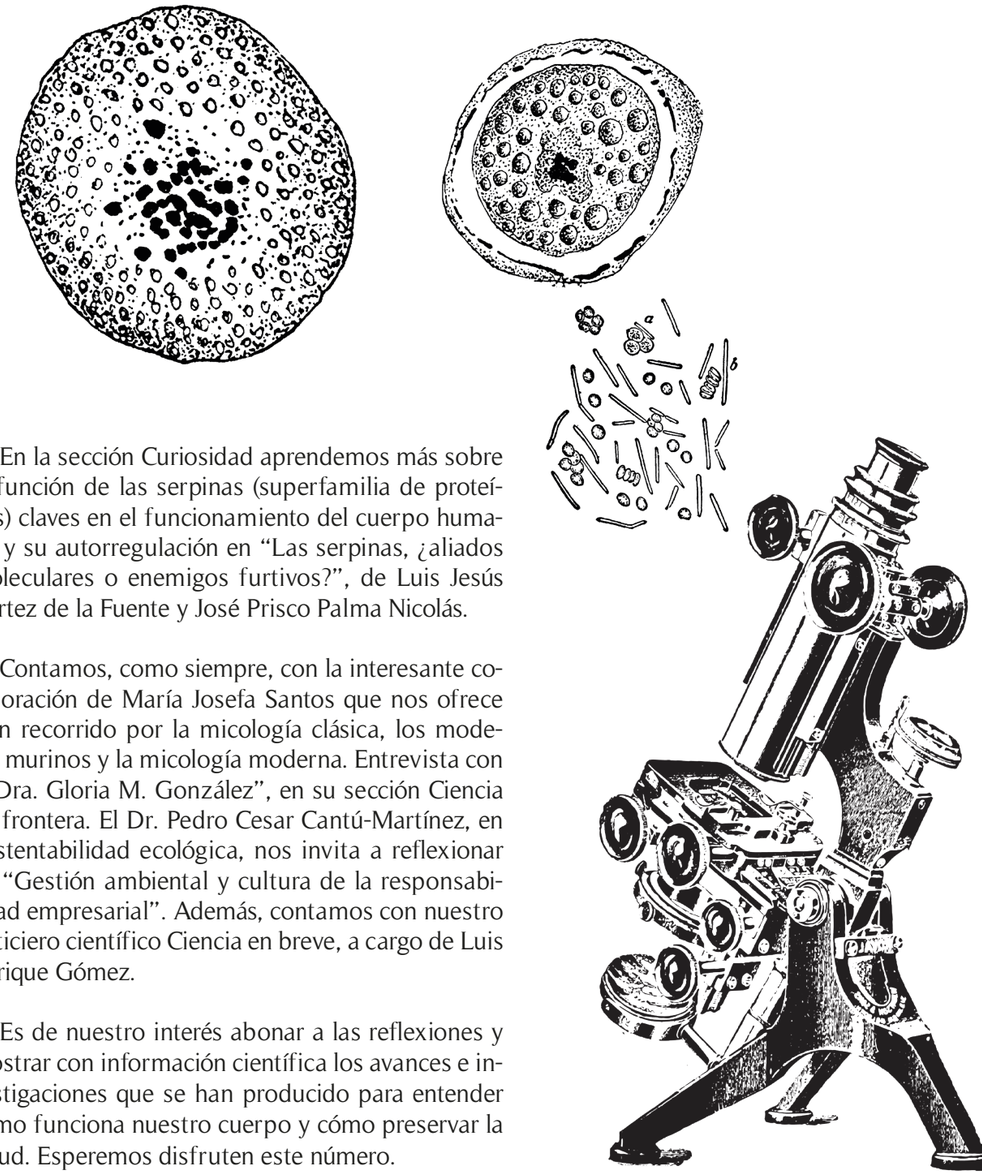
El sueño profundo no sólo nos hace mejorar nuestra memoria, también nos ayuda a razonar y comprender mejor las cosas, así como a desechar acumulados metabólicos que reunimos durante la vigilia. Guillermo Mayares Villegas y Antonio Ponce Tecla nos explican, en su artículo "Neurofisiología del sueño y su importancia en la memoria", las distintas fases del sueño y la consolidación de recuerdos durante el descanso nocturno.

Mariel Maldonado en "¿Qué se te perdió aquí? Metaloproteasas de matriz en el núcleo celular", en la sección Ejes, nos habla del comportamiento extraordinario de una metaloproteasa de matriz (MMP) MMP-28 y sus posibles implicaciones en la salud humana.

Para la sección Académica exploramos un hongo, las enfermedades que puede producir y los tratamientos que existen, en "*Fusarium*: un fitopatógeno que amenaza la salud humana", escrito por Joan E. Rodríguez-Grimaldo, Gloria M. González y Alexandra M. Montoya.

El exrector de la UANL, maestro Rogelio G. Garza Rivera, nos comparte las acciones afirmativas que ha realizado la ANUIES para responder a los acuerdos establecidos con el Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior, siguiendo lo establecido en la Ley General de Educación Superior (LGES), en la sección Tendencias educativas, con el artículo "Hacia la construcción del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior en México".

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: melissa.martinezt@uanl.mx



En la sección Curiosidad aprendemos más sobre la función de las serpinas (superfamilia de proteínas) claves en el funcionamiento del cuerpo humano y su autorregulación en "Las serpinas, ¿aliados moleculares o enemigos furtivos?", de Luis Jesús Cortez de la Fuente y José Prisco Palma Nicolás.

Contamos, como siempre, con la interesante colaboración de María Josefa Santos que nos ofrece "Un recorrido por la micología clásica, los modelos murinos y la micología moderna. Entrevista con la Dra. Gloria M. González", en su sección Ciencia de frontera. El Dr. Pedro Cesar Cantú-Martínez, en Sustentabilidad ecológica, nos invita a reflexionar en "Gestión ambiental y cultura de la responsabilidad empresarial". Además, contamos con nuestro noticiero científico Ciencia en breve, a cargo de Luis Enrique Gómez.

Es de nuestro interés abonar a las reflexiones y mostrar con información científica los avances e investigaciones que se han producido para entender cómo funciona nuestro cuerpo y cómo preservar la salud. Esperemos disfruten este número.

EL HAMBRE PONE, LA DIETA DISPONE Y EL SESGO ATENCIONAL LO DESCOMPONE



INGRID SOSA-GARCÍA*, EDMONT CELIS-LÓPEZ*, ELVIA CRUZ-HUERTA*, MARÍA ERIKA ORTEGA-HERRERA*, ARMANDO JESÚS MARTÍNEZ*

Los individuos suelen someterse a dietas de restricción de alimentos cuando tienen como objetivo reducir su masa corporal para mantener determinado balance ya sea de salud, físico o estético (D'Anci *et al.*, 2009; Sato 2020). Sin embargo, a pesar del auge comercial que tienen estas dietas, hay un alto porcentaje de personas que no mantienen el régimen dietario, debido principalmente al efecto que causa en el individuo la restricción de ciertos alimentos para cumplir el propósito de reducir la grasa corporal y de esta forma prevenir el sobrepeso y la obesidad (Bazzaz *et al.*, 2017). Esta última condición es un problema de salud nacional que en este momento converge con la pandemia causada por el coronavirus SARS-CoV2 (COVID-19) y de ahí la importancia de la conducta alimentaria.

* Universidad Veracruzana, Xalapa-Enríquez, México.
Contacto: armartinez@uv.mx

En la actualidad se conoce que durante el proceso de alimentación está implicada la participación de funciones ejecutivas (FE) en la corteza prefrontal, las cuales son clave para mantener la atención del individuo y el control inhibitorio direccionado a los elementos implicados en la dieta (Bazzaz *et al.*, 2017; Weinbach *et al.*, 2020). Una forma de evaluar estas funciones es a partir de la prueba Stroop, la cual mide los déficits asociados por carencia de control inhibitorio en personas que realizan distintos tipos de restricción alimentaria (Tapper *et al.*, 2008; Bazzaz et al., 2017). Además, estudios realizados con ésta prueban que el éxito o no de la dieta restringida depende en gran parte del sesgo atencional dirigido a determinados grupos de alimentos como los hipercalóricos (D'Anci *et al.*, 2009; Aviram-Friedman *et al.*, 2021).

Bajo ese contexto, el objetivo de este artículo se centra en describir la importancia de la función ejecutiva cerebral que implica al control inhibitorio y su efecto sobre los periodos restrictivos del individuo cuando realiza alguna dieta restrictiva. Además, indicamos el potencial de la prueba neuropsicológica Stroop para definir la posible presencia de sesgos atencionales asociados al fracaso de estas dietas. Condición que limita cumplir con el propósito de un régimen alimentario balanceado y benéfico para la salud integral. En ese sentido, con la revisión bibliográfica que realizó Sosa-García (2021) en bases de datos PubMed, Google Scholar y Scopus, se obtuvo una selección de artículos que consideramos importantes para describir los tópicos que a continuación se desarrollan.





RESTRICCIÓN ALIMENTARIA Y COGNICIÓN

La dieta es el conjunto y cantidad de alimentos que se consumen habitualmente (Carbajal, 2013). Sin embargo, cuando se prescribe una dieta restringida se suele indicar al individuo que disminuya la ingesta de ciertos alimentos (carbohidratos o lípidos), con el objetivo de reducir su grasa corporal (D'Anci *et al.*, 2009). A pesar de ello, las personas que restringen su alimentación no pueden mantener el hábito y vuelven a incrementar su masa corporal (Bazzaz *et al.*, 2017; Sato, 2020), lo que se interpreta de forma común como "rebote". Este fracaso se relaciona con baja autoestima, carencia de disciplina, estrés y más en específico con la variación del estado emocional y atencional.

Por ello es relevante la implementación de estrategias neuropsicológicas para lograr direccionar la atención de los estímulos relacionados con los alimentos y minimizar la ansiedad por ingerir comida. Condición importante en personas diagnosticadas con algún trastorno de la conducta alimentaria (TCA). Además, los individuos con alta restricción alimentaria pueden acrecentar su sensibilidad debido a los constantes estímulos de los alimentos restringidos (Bazzaz *et al.*, 2017; Sato, 2020), los cuales producen placer al ingerirlos. Dicha motivación por el consumo de estos alimentos, principalmente hipercalóricos, es por el aumento de la concentración intracelular y extracelular de dopamina en estructuras cerebrales que forman parte del sistema de recompensa, como el núcleo accumbens y la ínsula, proceso que actúa de forma similar en la adicción a las drogas (Cox *et al.*, 2006). Es en ese sentido que se ha documentado el déficit a nivel de las funciones ejecutivas (FE) asociado a los problemas en la alimentación de los individuos (Tapper *et al.*, 2008; D'Anci *et al.*, 2009).

Se ha documentado, además, que las dietas basadas en la restricción de calorías interfieren en el procesamiento cognitivo de los individuos y aumentan la preocupación por la forma corporal y la calidad de los alimentos que se ingieren (Shaw y Tiggeman, 2004). Esto afecta las FE, causando bajo control inhibitorio y acentuando la presencia de sesgos atencionales dirigidos a los alimentos restringidos, que concluye incidentemente en el deseo y consumo de éstos. Por lo tanto, aquí radica la importancia de describir la capacidad de las FE con el uso de la prueba Stroop en los individuos con dietas restrictivas.



STROOP ALIMENTARIO

La prueba Stroop (Stroop, 1935) mide la incongruencia al realizar una doble tarea cognitiva entre distinguir el color en que se presenta la palabra y tratar de ignorar el significado de ésta. Así, individuos con bajo control inhibitorio a palabras con una aparente valencia o carga emocional, tienen reacción más lenta que a palabras neutras. Es importante indicar que esta prueba se ha modificado a variantes como el *Stroop* alimentario (Food Stroop en inglés), en la que los estímulos son alimentos, ya sea hipercalóricos, hipocalóricos o combinados (Calitri *et al.*, 2010; Bazzaz *et al.*, 2017; Aviram-Friedman *et al.*, 2021). Ésta muestra las diferencias en el control inhibitorio a palabras relacionadas con alimentos, dependiendo del tipo de dieta restrictiva indicada a los individuos sin condiciones clínicas, con mala calidad alimentaria o susceptibles a padecer algún TCA.



SESGO ATENCIONAL Y FRACASO EN LA DIETA

Con el uso de la prueba Stroop se ha descrito que la atención se dirige principalmente a estímulos con un valor placentero para cada individuo, presentándose como sesgos atencionales que contribuyen a una conducta adictiva relacionada a ciertos componentes del ambiente, entre los más conocidos se encuentran el alcohol, el tabaco (Cox *et al.*, 2006) y la comida. Recordemos que la comida emite estímulos capaces de activar el sistema de recompensa y por ello muchas personas suelen consumir alimentos en exceso o se les dificulta restringir su ingesta, condición que demuestra que el sesgo atencional está relacionado con la impulsividad alimentaria (Tapper *et al.*, 2008; Sato, 2020; Aviram-Friedman *et al.*, 2021). Es importante destacar que individuos con restricciones prolongadas de alimentos tienen alta preocupación por su masa y forma corporal, lo cual se asocia a un mayor sesgo atencional dirigido hacia alimentos hipercalóricos, como consecuencia de los estímulos alimentarios que perciben del ambiente obesogénico.



Por lo tanto, el tipo de dieta influye en la presencia de sesgos atencionales hacia los alimentos. Por ejemplo, las personas con dietas restringidas sólo en carbohidratos presentan sesgos atencionales a los alimentos en general, pero en individuos con dieta restringida en calorías en general (carbohidratos, proteínas y grasas) no tienen los mismos sesgos, por el contrario, el tiempo de reacción en la prueba Stroop disminuye (D'Anci *et al.*, 2009). De aquí la importancia de las reservas de glucosa en forma de glucógeno en los procesos de memoria, lo cual podría explicar cómo las dietas bajas en carbohidratos afectan la atención del individuo. Así que la insistencia por cumplir el objetivo de reducir la masa corporal representa en sí un sesgo atencional, debido a la alta preocupación del individuo para llegar a la meta establecida en la dieta restringida (Tapper *et al.*, 2008).

En cambio, cuando a los individuos se les implementa una dieta restringida en conjunto con un programa de capacitación en el control de la atención, el desempeño en la prueba Stroop mejora, pues reduce el sesgo atencional y hay mayor éxito en la restricción alimentaria, respuesta importante cuando se padece un TCA (Bazzaz *et al.*, 2017; Weinbach *et al.*, 2020; Aviram-Friedman *et al.*, 2021). De ahí que la atención se puede modificar para reducir el deseo y consumo de alimentos hipercalóricos, redireccionándola hacia una dieta saludable. Aunque estos mismos autores indican que redirigir la atención hacia alimentos hipocalóricos es más difícil debido a que los alimentos hipercalóricos causan más placer al consumirlos. En ese sentido, Sato (2020) indica que el fracaso de las dietas se asocia con el sistema hedónico inconsciente que causan los alimentos al individuo por su alta palatabilidad y que es independiente al valor nutricional.

Por lo tanto, la restricción de alimentos hipercalóricos en la dieta restringida incide en el procesamiento cognitivo, a nivel del control inhibitorio y el sesgo atencional, funciones ejecutivas que influyen y definen la capacidad de los individuos para cumplir o no con su objetivo de reducir la masa corporal. Al respecto, la tesis doctoral del primer autor de este artículo documenta que estudiantes universitarios con sobrepeso tienen sesgo atencional a las palabras de alimentos hipercalóricos. Condición que además se relacionó con la presencia de estrés académico, preferencia y frecuencia de consumo a este tipo de alimentos (Sosa-García, 2020). Por lo que la congruencia entre lo que se piensa respecto a las señales de alimentos y lo que se consume, permite el balance del organismo manteniendo la homeostasis y previene el sobrepeso. Descartando así las supuestas dificultades que se perciben al implementar una dieta saludable.





CONCLUSIONES

La prueba de Stroop alimentario evalúa la modificación cognitiva y ubica a nivel neuropsicológico parte del procesamiento de funciones ejecutivas en los individuos que son incapaces de cumplir con la dieta restringida asignada. Además, con el resultado de desempeño en la prueba se pueden desarrollar intervenciones para redirigir la atención del individuo hacia una dieta saludable que cumpla con sus necesidades nutricionales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece de manera especial a Alejandra Galindo, por contribuir como modelo en las fotografías y a la Mtra. Tania Hernández Basurto por la corrección de estilo al manuscrito.

REFERENCIAS

Aviram-Friedman, R., Kafri, L., Baz, G., et al. (2020). Prisoners of addictive cues: Biobehavioral markers of overweight and obese adults with food addiction. *Nutrients*. 12(11):3563.

Bazzaz, M.M., Fadardi, J.S., y Parkinson, J. (2017). Efficacy of the attention control training program on reducing attentional bias in obese and overweight dieters. *Appetite*. 108:1-11.

Calitri, R., Pothos, E.M., Tapper, K., *et al.* (2010). Cognitive biases to healthy and unhealthy food words predict change in BMI. *Obesity*. 18(12):2282-2287.

Carbajal, A.A. (2013). *Manual de nutrición y dietética*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.

Cox, W.M., Fadardi, J.S., y Pothos, E.M. (2006). The addiction-Stroop test: Theoretical considerations and procedural recommendations. *Psychological Bulletin*. 132(3):443.

D'Anci, K.E., Watts, K.L., Kanarek, R.B., et al. (2009). Low-carbohydrate weight-loss diets. Effects on cognition and mood. *Appetite*. 52(1): 96-103.

Sato, W. (2020). Association between dieting failure and unconscious hedonic responses to food. *Frontiers in Psychology*. 11: 2089.

Shaw, J., y Tiggemann, M. (2004). Dieting and working memory: Preoccupying cognitions and the role of the articulatory control process. *British Journal of Health Psychology*. 9(2):175-185.

Sosa-García, L.I. (2021). *Asociación del efecto Stroop, conducta alimentaria y estrés académico en estudiantes de nivel superior* (tesis de doctorado en proceso). Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.

Stroop, J.R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*. 18(6):643.

Tapper, K., Pothos, E.M., Fadardi, J. S., *et al.* (2008). Restraint, disinhibition and food-related processing bias. *Appetite*. 51(2):335-338.

Weinbach, N., Keha, E., Leib, H., *et al.* (2020). The influence of response inhibition training on food consumption and implicit attitudes toward food among female restrained eaters. *Nutrients*. 12(12):3609.

NEUROFISIOLOGÍA DEL SUEÑO Y SU IMPORTANCIA EN LA MEMORIA

GUILLERMO MAYARES VILLEGAS*,
ANTONIO PONCE TECLA*

¿QUÉ ES EL SUEÑO?

El sueño es un estado fisiológico de alteración de la conciencia, el cual se caracteriza por la reducción reversible del umbral de respuesta a los estímulos externos, en general, acompañado de inmovilidad relativa (Kandel, Schwartz y Jessell, 2008). Se divide en dos etapas, por sus siglas en inglés, éstas son: REM (*rapid eye movement*) y N-REM (*no rapid eye movement*); este último, a su vez, se divide en cuatro estadios (Tortora y Derrickson, 2013).

* Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán", Ciudad de México, México.
Contacto: guillermomayaresvillegas@gmail.com

Estadio 1: se le conoce como *estadio de transición* debido a que esta etapa en algunas ocasiones es el paso del sueño a la vigilia, dura de uno a siete minutos y no suele ocupar más de 5% del sueño total. La persona está relajada, con los ojos cerrados y tiene pensamientos fugaces, el tono muscular disminuye y la actividad motora puede persistir por varios segundos, así como contracciones musculares repetidas.

Estadio 2: también conocido como *sueño ligero*, durante este periodo resulta un poco más difícil despertar a la persona. Se pueden experimentar sueños fragmentados y los ojos pueden presentar rotación lateral lenta. En el electroencefalograma (EEG) se registran ondas kappa.

Estadios 3 y 4: estas dos etapas se conocen en conjunto como *sueño profundo* o *sueño de ondas lentas*, porque el umbral para despertar aumenta más que en el estadio 2 y en el EEG, estas etapas registran ondas lentas, también llamadas ondas delta, de gran amplitud.

Una persona pasa del estadio 1 al 4 del sueño N-REM en menos de una hora. Durante un periodo típico de sueño de 7-8 horas, hay de tres a cinco episodios de sueño REM, durante los cuales los ojos se mueven rápidamente en vaivén bajo los párpados cerrados (Tortora y Derrickson, 2013). El ciclo del sueño REM-N-REM dura de 90 a 110 minutos y se repite de tres a cuatro veces en el transcurso del sueño.

¿QUÉ ES LA MEMORIA?

La memoria es una de las funciones cerebrales más importantes que posee el ser humano, hace referencia a la codificación, el almacenamiento y la recuperación de la información aprendida (Purves, 2016). El término "consolidación de la memoria" se refiere a la estabilización y reforzamiento de la memoria, convirtiéndola en duradera. Esto incluye diversos procesos celulares y moleculares que ocurren a nivel sináptico neuronal; recientemente se descubrió que dichos procesos se producen principalmente durante el sueño.

Existen dos maneras de clasificar los depósitos de la información aprendida: una categorización temporal, que se divide en memoria inmediata, memoria de trabajo y memoria a largo plazo; y una clasificación basada en el tipo de conocimiento que el sujeto adquiere, la memoria declarativa y la memoria no declarativa (Payne, 2011). Con respecto a la primera clasificación, la memoria inmediata mantiene en la mente experiencia durante fracciones de segundos, la memoria de trabajo durante minutos y la memoria a largo plazo es cuando existe retención de la información en una forma más permanente de almacenamiento durante días, semanas o incluso durante toda la vida.

Por otro lado, en cuanto a la segunda clasificación, la memoria declarativa es aquélla en la que una persona trae a la conciencia un recuerdo (por ejemplo, la capital de Francia o la cena de anoche), y la memoria no declarativa o de procedimiento es la que normalmente usamos sin recolección consciente (por ejemplo, andar en bicicleta, patear un balón de fútbol, conducir un auto) (Stickgold, 2005; Purves, 2016).



SUEÑO Y CONSOLIDACIÓN DE LA MEMORIA

Durante el sueño, la consolidación de la memoria es mayor que durante la vigilia, debido a que después de un periodo de sueño nocturno, la retención de información previamente adquirida es mayor que después de un periodo equivalente de vigilia (Cipolli, Mazzetti y Plazzi, 2012).

En la fase de ondas lentas del sueño N-REM se consolida la memoria declarativa, mientras que en la fase REM se consolida la memoria no declarativa y se le añade importancia emocional a los recuerdos. Las fases 1 y 2 del sueño N-REM también tienen funciones importantes, pero aún no se han estudiado adecuadamente (Diekelmann y Born, 2010).

Mientras dormimos, la memoria se consolida al mostrar recuerdos específicos durante el sueño (Kelemen y Born 2013). Un estudio realizado con tomografía por emisión de positrones encontró que las áreas del hipocampo que se activan cuando aprendemos algo se reactivan durante la fase de ondas lentas del sueño (Walker, 2009). En cuanto a la cantidad de tiempo que debemos dormir para consolidar la memoria, se ha demostrado que los beneficios del sueño con respecto a la memoria son más evidentes cuando se llevan a cabo rutinas de sueño de aproximadamente ocho horas. Sin embargo, también después de siestas más cortas de una a dos horas puede mejorar la memoria de retención (Diekelmann y Born, 2010).

Un retraso breve entre aprender y dormir optimiza los beneficios del sueño para la consolidación de la memoria, debido a que existe mayor capacidad de memorización cuando los sueños ocurren pocas horas después del aprendizaje, en comparación con los que suceden mucho tiempo después (Diekelmann y Born, 2010).

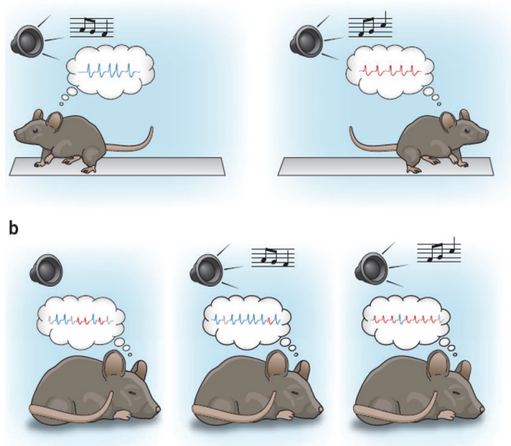


Reactivación y consolidación de la memoria durante el sueño (Gil, 2021).

ESTIMULOS SENSITIVOS

Un experimento que asoció estímulos auditivos y consolidación de la memoria descubrió que aprender algo mientras se escucha un sonido determinado ayuda a que lo aprendido se consolide en la memoria de manera más eficiente (Kelemen y Born 2013). El estudio consistió en entrenar a una rata para correr hacia el lado izquierdo en respuesta a un sonido determinado, y hacia el lado derecho en respuesta a otro sonido diferente. El desplazamiento hacia la izquierda y la derecha de la rata se asociaron con la actividad de diferentes poblaciones neuronales. Durante el sueño, la exposición al sonido del lado izquierdo hizo que las neuronas asociadas con correr hacia el lado izquierdo se reactivaran preferentemente; de manera análoga, cuando se reproducía el sonido del lado derecho las neuronas asociadas con correr hacia ese lado se reactivaron.

Se ha demostrado que los estímulos olfatorios brindan resultados similares, pero el grado de consolidación es menor en comparación con el estímulo auditivo (Kelemen y Born, 2013).



Estímulos auditivos y consolidación de la memoria (Kelemen y Born, 2013).

IMPORTANCIA EMOCIONAL DE LO APRENDIDO Y RECOMPENSA

Algo interesante que mejora la consolidación de la memoria es la importancia emocional que se le da a lo aprendido. A mayor grado de importancia emocional mayor es la probabilidad que soñemos lo aprendido y mayor probabilidad de que se consolide en la memoria. Además, la recompensa puede afectar la importancia emocional de un recuerdo, debido a que los recuerdos recompensados se pueden percibir como más importantes que el material carente de recompensa. En un estudio se tomaron dos grupos de personas a los cuales se les entrenó para realizar un ejercicio determinado. A los integrantes de un grupo se les ofrecieron recompensas si realizaban correctamente el ejercicio, mientras que a los del otro grupo no. Luego de observar los efectos del sueño sobre la memorización del ejercicio, se observó un mejor rendimiento en los integrantes del grupo recompensado (Diekelman y Born, 2010). Estos resultados explican, además, por qué es más fácil recordar situaciones interesantes y relevantes que hemos vivido (viajes, triunfos) en comparación con aquellas situaciones de menor importancia.

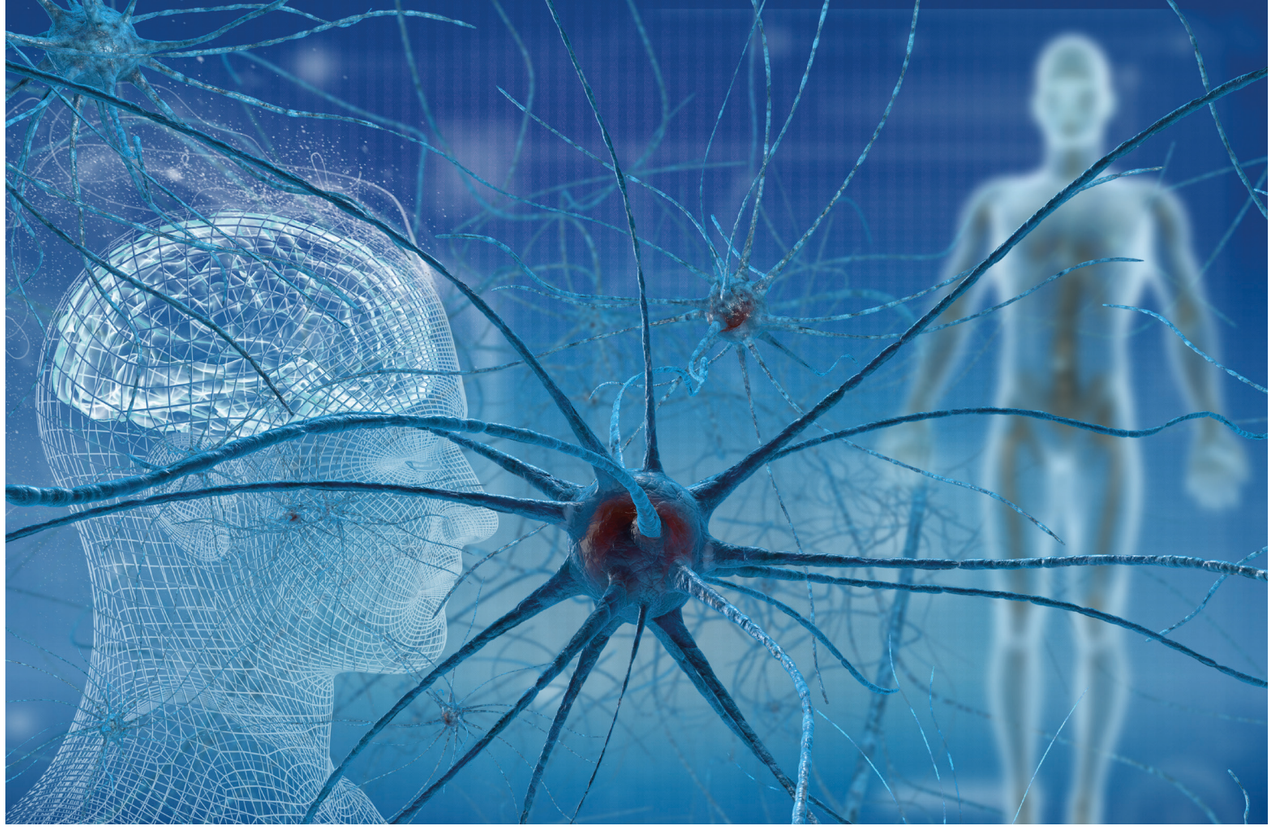
SUEÑO, COMPRENSIÓN Y RAZONAMIENTO

El sueño no sólo influye en la consolidación de la memoria, sino también en la comprensión y el razonamiento. Esto se dedujo como resultado de un estudio que consistió en mostrar a dos grupos diferentes de personas algunos problemas matemáticos, enseñándoles la manera correcta de resolverlos; después, uno de los grupos se expuso a ocho horas de sueño mientras el otro grupo se mantuvo despierto; al final, les mostraron nuevamente algunos problemas matemáticos y se observó que las personas del grupo que durmió ocho horas tuvieron una mayor capacidad de comprensión y razonamiento para resolver los problemas en comparación con el otro grupo (Diekelman y Born, 2010).

¿PROLONGAR LA DURACIÓN DEL SUEÑO PROFUNDO?

Durante una conferencia, Daniel Gartenberg (2017), un destacado científico del sueño, expresó que el sueño profundo es la etapa más regenerativa. Según sus investigaciones, cuando no tenemos el sueño profundo que necesitamos, se inhibe nuestra capacidad de memorizar y aprender.

Gartenberg demostró un sonido capaz de prolongar la duración de la fase de sueño profundo para obtener mayores beneficios en cuanto a la memoria. La exposición al sonido mencionado durante el sueño aumenta la duración de ondas lentas. Gracias a estos resultados, en un futuro no muy lejano se podrá contar con un dispositivo que aumente la eficiencia de nuestros sueños, mejorando la capacidad de consolidar la memoria.



ENFERMEDADES QUE ALTERAN LA CONSOLIDACIÓN DE LA MEMORIA

El Departamento de Psiquiatría y Psicoterapia de la Facultad de Medicina de la Universidad de Pittsburgh (Vecsey *et al.*, 2009) realizó un estudio acerca de cómo se ve afectada la consolidación de la memoria por el insomnio. Como resultado, la consolidación de la memoria se vio afectada en los individuos que sufrían de insomnio en comparación con un grupo control sano, por lo tanto, el insomnio reduce la consolidación de la memoria debido a que la pérdida aguda de sueño, así como la restricción y fragmentación del mismo, dificultan la consolidación (Cipolli, Mazzetti y Plazzi, 2012).

Existe evidencia suficiente de que la epilepsia altera la consolidación de la memoria, específicamente durante el sueño, debido a que las descargas epileptiformes se exacerban durante el sueño profundo en comparación con las otras fases del sueño (Atherton, 2016).

El estrés es otra patología muy frecuente que afecta la consolidación de la memoria durante el sueño. Los niveles excesivos de cortisol (hormona del estrés) en el sistema nervioso central, junto con la interacción de otros neurotransmisores, provoca que ya no se lleven a cabo correctamente las diferentes fases del sueño y esto afecta, por consiguiente, la consolidación de la memoria (Payne y Nades, 2004).



SUEÑO Y ELIMINACIÓN DE DESECHOS CEREBRALES

Experimentos realizados por el científico Jeffrey Iliff (2014) demuestran que durante el sueño, el cerebro limpia los desechos metabólicos que se acumulan en la actividad cerebral durante la vigilia. Los resultados demuestran que el líquido cefalorraquídeo (líquido que rodea y protege el cerebro) penetra dentro de las neuronas siguiendo el trayecto de los vasos sanguíneos, llevándose consigo moléculas de desechos para posteriormente transportarlas al torrente sanguíneo y que sean eliminadas. Tal fenómeno sólo sucede durante el sueño, es decir, durante la vigilia, la cantidad de líquido cefalorraquídeo que retira desechos es mínima. Además, durante el sueño las células cerebrales se retraen abriendo los espacios intercelulares para permitir que el líquido pase libremente para eliminar los desperdicios. Una de las sustancias que se eliminan del cerebro por esta vía es el péptido β-amiloide, el cual es una sustancia cuya acumulación en el intersticio cerebral se asocia al desarrollo de Alzheimer, enfermedad caracterizada por la pérdida progresiva de la memoria.

CONCLUSIÓN

Existen diferentes métodos para mejorar el rendimiento de nuestros sueños en cuanto a la consolidación de la memoria, a continuación se citan tres maneras para lograrlo:

1. Evitar el estrés: día con día estamos expuestos a diferentes situaciones estresantes que provocan una inmensa acumulación de cortisol a nivel cerebral y, por consiguiente, una alteración en la consolidación de la memoria. La solución es identificar las situaciones estresantes que nos acontecen diariamente y enfrentarlas como si fuesen un reto, o como si fuesen una meta que hay que cumplir día con día, de esta manera los niveles de cortisol se reducirán considerablemente.

2. Añadir importancia emocional a lo aprendido: es decir, si se mantiene una actitud de entusiasmo, felicidad e interés mientras se estudia algún texto o se practica alguna actividad, el grado de consolidación será mucho mayor en comparación a que se mantenga una actitud de tristeza, desinterés o enojo.

3. Acortar el tiempo entre lo aprendido y el sueño: es importante estudiar o aprender aquellas cosas que se pretenden memorizar poco tiempo antes de ir a dormir. Otra forma puede ser (sin necesidad de ir a dormir justo después de aprender), al momento de ir a dormir, tomarse unos minutos, pensar y recordar aquello que se quiere memorizar. Ambos métodos aumentan el grado de consolidación.

REFERENCIAS

Atherton, K., E., *et al.* (2016). Slow Wave Sleep and Accelerated Forgetting. *Cortex.* 84:80-89.

Cipolli, C., Mazzetti, M., y Plazzi, G. (2012) Sleep-dependent memory consolidation in patients with sleep disorders. *ScienceDirect.* 17(2):91-103.

Gil, C. (2021) *Dreaming: A peculiar form of cognitive activity.* Disponible en: https://cristinagillopez.com/2021/01/31/dreaming-a-peculiar-form-of-mental-activity/

Diekelmann, S., y Born, J. (2010). The memory function of sleep. *Nature neuroscience.* 11(2):114-126.

Gartenberg, D. (2017). The brain benefits of deep sleep and how to get more of it. *At TED Residency.* Disponible en: https://www.ted.com/talks/dan_gartenberg_the_brain_benefits_of_deep_sleep_and_how_to_get_more_of_it.

Iliff, J. (2014). One more reason to get a good night's sleep. *At TEDMED.* Disponible en: https://www.ted.com/talks/jeff_iliff_one_more_reason_to_get_a_good_night_s_sleep.

Kelemen, E., y Born, J. (2013). Sleep tight, wake up bright. *Nature neuroscience.* 15(10):1327-1329.

Payne, J., D., Nades, L. (2004). Sleep, dreams and memory consolidation: The role of the stress hormone cortisol. *Learning and memory.* 11(6):671-678

Payne, J., D. (2011). Sleep on it!: stabilizing and transforming memories during sleep. *Nature neuroscience.* 14(3):272-274

Purves, *et al.* (2016). Neurociencia. México: Panamericana.

Stickgold, R., *et al.* (2005). Sleep-dependent memory consolidation. *Nature.* 437(1276):1272-1278.

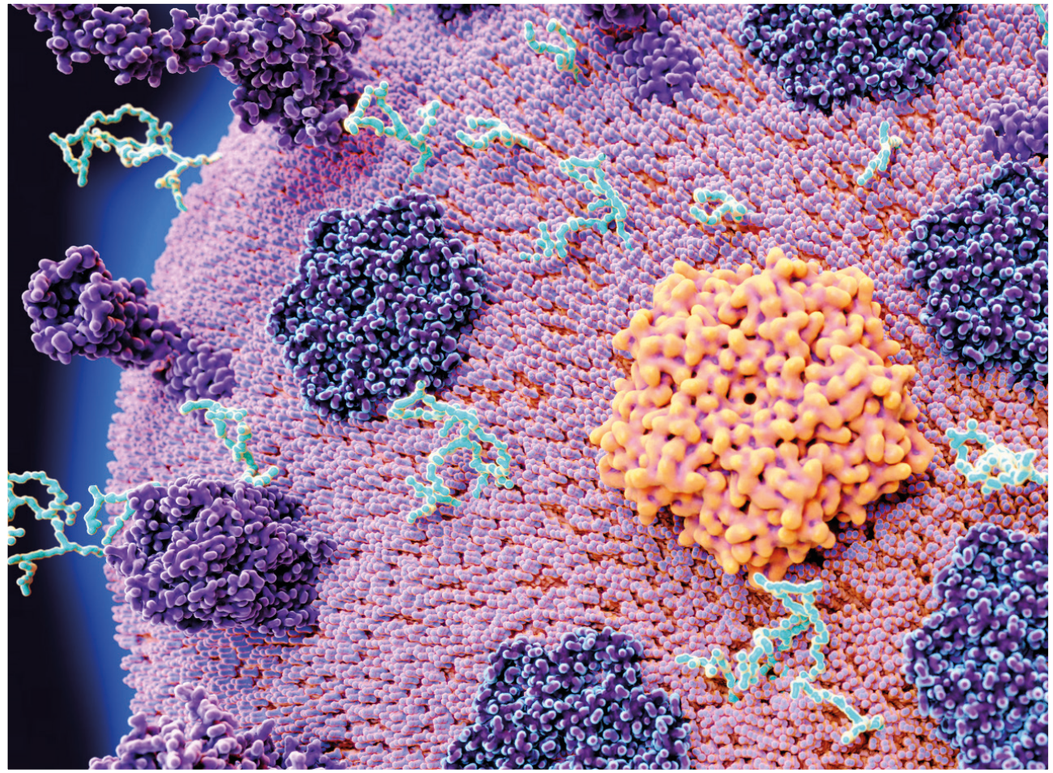
Tortora, G., J., y Derrickson, B. (2013). *Principios de Anatomía y Fisiología.* México: Panamericana.

Vecsey, C., G., *et al.* (2009). Sleep deprivation impairs cAMP signalling in the hippocampus. *Nature.* 461(7267):1122-1125

Walker, M., P. (2009). The role of slow wave sleep in memory processing. *Journal of Clinical Sleep Medicine.* 5(2):20-26.

¿QUÉ SE TE PERDIÓ AQUÍ?
METALOPROTEASAS DE MATRIZ EN EL NÚCLEO CELULAR

MARIEL MALDONADO*



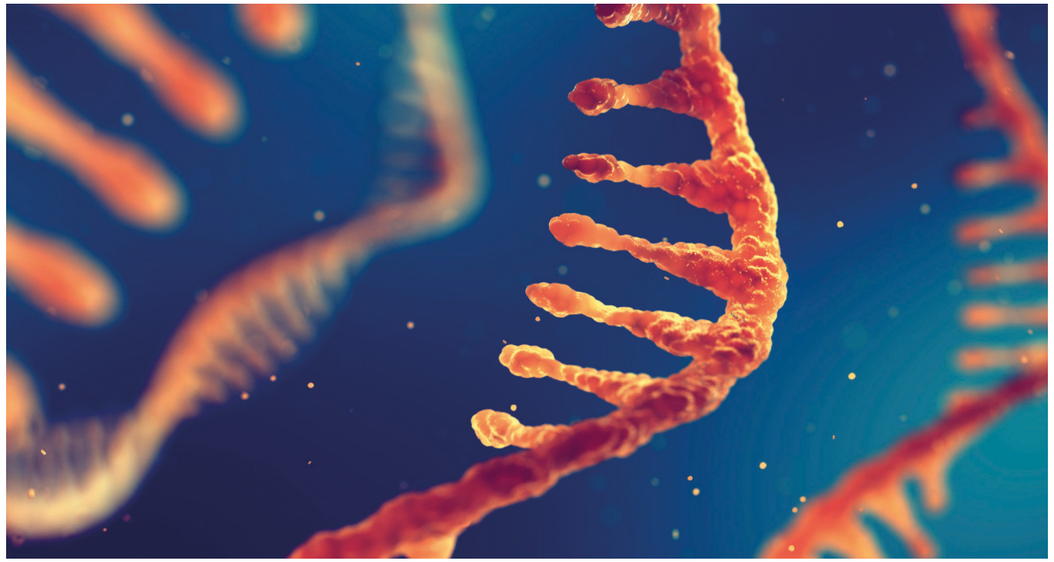
Las enzimas capaces de cortar una proteína reciben el nombre de proteasas. Estas biomoléculas regulan una amplia variedad de procesos a nivel celular y de todo el organismo, ya sea por la degradación completa de su sustrato, por el procesamiento específico y limitado del mismo, o bien por el rasurado (*shedding* en inglés) de ectodominios y liberación de péptidos que pueden desempeñar una función diferente (Pardo *et al*., 2008). Las proteasas se encuentran en los tres dominios de la vida: *archaea*, *eubacteria* y *eukarya*. Dada su importancia, se ha denominado como "degradoma" al conjunto de proteasas que se expresan en un momento en particular en una célula, tejido u organismo (López-Otín y Overall, 2002). Se clasifican de acuerdo con el aminoácido de su sitio activo en cisteínproteasas, aspartilproteasas, serínproteasas, treonínproteasas, glutamilproteasas y metaloproteasas (Ugalde *et al*., 2010).

* Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas, Ciudad de México, México.
Contacto: marielmb@comunidad.unam.mx

Una de las mejores bases de datos en cuanto a este tipo de enzimas es MEROPS, la cual con frecuencia es actualizada (Rawlings *et al*., 2018). Por ejemplo, apenas el 11 de septiembre de 2020 agregaron tres familias más de glutamilproteasas, dos de las cuales se habían considerado metaloproteasas; sin embargo, estudios recientes indicaron que el ion metálico cumplía una función estructural y no catalítica (https://www.ebi.ac.uk/merops/index.shtml).

Usualmente, las metaloproteasas tienen un ion de zinc que permite la proteólisis al polarizar una molécula de agua; esta clase de proteasas es la más numerosa en muchos organismos, incluyendo a los mamíferos. El ion de zinc suele estar coordinado con el esqueleto polipeptídico a través de dos histidinas y un tercer residuo que puede ser aspártico, glutámico o una tercer histidina. De esta manera se subdividen en tres grupos: aspazincinas, gluzincinas y metzincinas, que no necesariamente corresponden con ese tercer residuo. La clasificación continúa y se complica en numerosos clanes y familias. Sin embargo, para los fines del presente escrito me centraré en una de las familias: la M10, que corresponde a las matrixinas o metaloproteasas de matriz (MMPs) (Pardo *et al*., 2008; Ugalde *et al*., 2010).

Las MMPs, al igual que otras proteasas, se sintetizan como zimógenos o precursores inactivos, esto significa que para tener a la enzima activa se le debe cortar un pequeño fragmento que deja al descubierto el sitio activo. En ocasiones, esa activación se facilita con un cambio conformacional inducido por un agente caotrópico,



mercurial, especie reactiva de oxígeno, detergente, o se puede observar la activación alostérica en la que no necesariamente se elimina el prodominio, sino que se puede lograr una modificación en el plegamiento, debido a la interacción con otras moléculas, lo que permite que se exhiba el sitio activo (Hadler-Olsen *et al*., 2011).

Hay muchos niveles de regulación de las MMPs, desde la transcripción, que puede ser estimulada por factores de crecimiento, hormonas, interacción con otras células o con la matriz extracelular (MEC). La regulación postranscripcional incluye estabilidad del mRNA, eficiencia de traducción, regulación por microRNAs y, finalmente, después de la traducción, la activación del zimógeno pude ocurrir intracelularmente, en la membrana, o bien después de ser secretada en el espacio extracelular, donde puede ser inhibida por diversas proteínas y péptidos (Gaffney *et al*., 2015).

La estructura general de las MMPs comprende el prodominio que las mantiene como zimógenos, el dominio catalítico, una región tipo bisagra y un dominio C-terminal tipo hemopexina. Algunas pueden ser reconocidas por *proprotein* convertasas, como la furina, para su activación intracelular. La mayoría son de secreción extracelular, otras son conocidas como tipo-membrana, ya sea por contar con un dominio transmembranal o por estar ancladas a la membrana plasmática mediante glicosilfosfatidilinositol. En el extremo amino se encuentra una secuencia corta de aminoácidos que se conoce como péptido señal y las identifica como enzimas de secreción, por lo que se sintetizan en el retículo endoplásmico para posteriormente ser llevadas al aparato de Golgi y de ahí a la membrana o al espacio extracelular (Hadler-Olsen *et al*., 2011).

Tradicionalmente, las MMPs se consideraban enzimas que actuaban únicamente sobre elementos de la MEC o mediadores asociados a la MEC. Se sugirió que las enfermedades fibróticas son producto del desequilibrio en la degradación y el depósito de MEC. No obstante, algunas MMPs se han reportado altamente expresadas en enfermedades fibróticas, lo cual pareciera contradictorio, pero un punto fundamental es la localización y actividad de las enzimas. Para ahondar en este punto se pueden consultar revisiones que abordan el papel patofisiológico de las MMPs en enfermedades fibrosantes, en las que algunas enzimas participan evitando y otras promoviendo la acumulación de MEC (Pardo *et al*., 2016; Afratis *et al*., 2018). En otras enfermedades se ha visto que, dependiendo de la MMP, el órgano y la etapa del padecimiento, su función puede ser benéfica, perjudicial o presentar un efecto nulo. Estas enfermedades incluyen diversos tipos de cáncer, enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares, entre otras. Si se desea profundizar al respecto, se puede consultar la revisión de Raeeszadeh-Sarmazdeh, Do y Hritz, donde además discuten los estudios clínicos con inhibidores de MMPs (Raeeszadeh-Sarmazdeh *et al*., 2020).

Con los años se encontró que las MMPs, además, son capaces de activar moléculas residentes de la MEC como factores de crecimiento y citocinas. Recientemente se ha demostrado que las MMPs, aparte de desempeñar diversas funciones extracelulares, se pueden encontrar activas dentro de la célula e incluso dentro del núcleo, si bien sus funciones intracelulares aún no están completamente comprendidas. En la figura 1 se presentan las distintas localizaciones que pueden presentar estas enzimas.

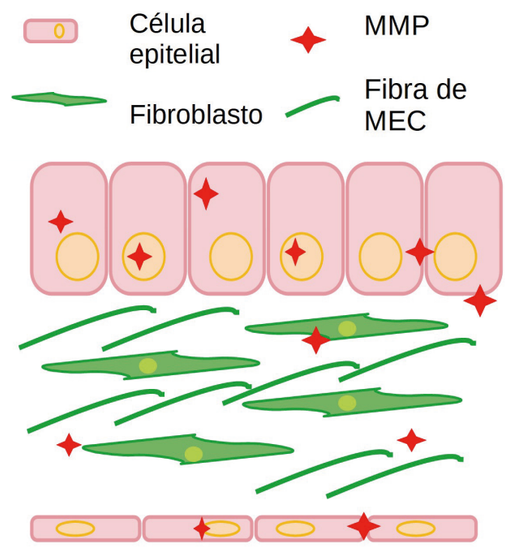
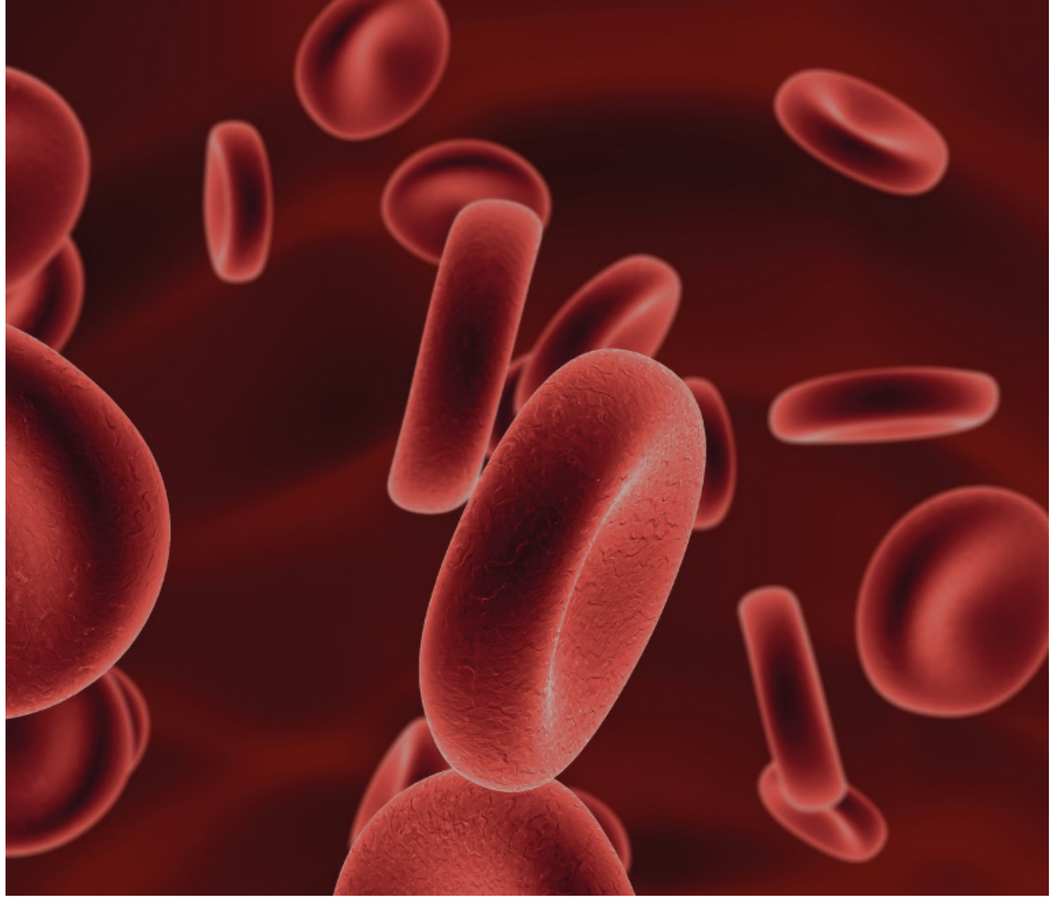


Figura 1. Localización de las metaloproteasas de matriz. Las metaloproteasas de matriz (MMPs), llamadas así por ser capaces de degradar componentes de matriz extracelular (MEC), solían ser ubicadas exclusivamente en el espacio extracelular o en la membrana plasmática. Ahora se sabe que también se encuentran en citosol, en mitocondrias y dentro del núcleo. Las MMPs pueden desempeñarse como proteasa o como (co)factor transcripcional.

En el grupo de trabajo donde realizo investigación nos interesamos por una parte en las enfermedades intersticiales de pulmón y por otra en las metaloproteasas de matriz. En el contexto de la fibrosis pulmonar, hemos estudiado el papel de varias MMPs, por ejemplo: MMP-1 (Herrera *et al*, 2013), MMP-19 (Jara *et al*., 2015) y MMP14 o MT1-MMP (Plácido *et al*., 2021). En mi proyecto de doctorado encontramos a MMP-28 en el núcleo de algunas células de un tipo específico de fibrosis pulmonar, inicialmente fue una sorpresa por inmunohistoquímica, lo verificamos con seis anticuerpos diferentes tanto por inmunofluorescencia como por *western blot* y por citometría confocal (Maldonado *et al*., 2018), por ello nos llamó la atención investigar sobre este tema. A continuación presento algunos datos relevantes de MMPs dentro del núcleo celular.

MMP-2 puede encontrarse en el núcleo de cardiomiocitos humanos, donde es capaz de degradar una enzima reparadora de DNA, la poliADP ribosa polimerasa (PARP-1) *in vitro* (Kwan *et al*., 2004) e *in vivo* en neuronas, en las cuales también degrada al factor de reparación XRCC1 (*X-ray cross-complementary* factor 1) reclutado por PARP-1 durante la reparación por escisión de bases (Yang *et al*., 2010). MMP-2 y -14 colocalizaron en núcleo de hepatocitos neoplásicos, sugiriendo que estas enzimas juegan cierto papel en la tumorigénesis del carcinoma hepatocelular (Ip *et al*., 2007). De igual forma, en hepatocitos y miofibroblastos en cáncer hepático, se descubrió una forma pequeña de MMP-3 a la cual se le atribuyen funciones proapoptóticas (que favorecen la muerte celular llamada apoptosis) dependientes de actividad catalítica (Si-Tayeb *et al*., 2006).



Algunas MMP se han localizado en núcleo posteriormente al daño inducido por isquemia y reperfusión (Kwan *et al.*, 2004; Cuadrado *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2010). La isquemia es la disminución transitoria o permanente del flujo sanguíneo, lo cual significa fundamentalmente baja presión parcial de oxígeno (hipoxia), falta de nutrientes y acumulación de desechos. En el tipo de fibrosis donde se encontró MMP28 en el núcleo, se observan condiciones de hipoxia (Aquino-Gálvez y González-Ávila, 2010; Tzouvelekis *et al.*, 2007); sin embargo, cultivar las células en hipoxia, en hipoxia y sin glucosa, o en normoxia y sin glucosa, no induce específicamente la traslocación nuclear de MMP28 (resultados no publicados).

Dentro de lo más interesante, se sabe que además de tener la función ya conocida de proteasas, las MMPs pueden regular la transcripción: MMP-3 puede funcionar como factor transcripcional para el factor de crecimiento del tejido conjuntivo (CTGF), uniéndose directamente a una secuencia dentro del promotor del gen (Eguchi *et al.*, 2008), MMP-12 favorece la transcripción de NFKBIA, un gen que a su vez se traduce en otro factor transcripcional (Marchant *et al.*, 2014) y MMP-14 participa, probablemente como cofactor, en la regulación transcripcional de PI3K, una cinasa importante en señalización celular (Shimizu-Hirota *et al.*, 2012). En la tabla I se resume la información sobre las funciones nucleares conocidas de MMPs.

Tabla I. Funciones nucleares descritas hasta ahora. Aunque muchos miembros de la familia de metaloproteasas de matriz se han encontrado dentro del núcleo, solamente las cinco funciones que se enlistan a continuación han sido determinadas.

MMP	Función	Blanco	Referencia
MMP-2	Proteasa	PARP-1	Kwan *et al.,* 2004
MMP-2	Proteasa	XRCC-1	Yang *et al.*, 2010
MMP-3	Factor transcripcional	CTGF	Eguchi *et al.*, 2008
MMP-12	Cofactor transcipcional	NFKBIA	Marchant *et al.,* 2014
MMP-14	Cofactor transcripcional	PI3K	Shimizu-Hirota *et al.*, 2012

Los factores transcripcionales son proteínas que se unen a regiones específicas del genoma y promueven o evitan el proceso de transcripción, esto es, el copiado del genoma (DNA) en RNA; un RNA mensajero que viajará al citoplasma para, con ayuda de los ribosomas, traducirse en aminoácidos y conformar una proteína. La activación de un factor transcripcional a veces es resultado de su unión específica a un ligando, otras es resultado de fosforilación, desfosforilación, o alguna otra modificación postraducctional. La mayoría de las ocasiones se unen a otro factor transcripcional o a un cofactor, una proteína que favorece la transcripción, sin unirse directamente al genoma.

Los primeros reportes de MMPs en núcleo terminaban de romper el paradigma que consideraba a estas enzimas como parte del nicho extracelular; sin embargo, una revisión se atreve a postular que probablemente esta familia de proteasas existió primero en el núcleo donde estaba relacionada con la apoptosis y posteriormente se ubicaron en la membrana plasmática donde permanecieron por selección natural (Xie *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

En el caso de MMP-28, las posibilidades de funciones nucleares constituyen una ventana de oportunidad para continuar la investigación, puesto que podría tener la clásica actividad de proteasa, o bien, desempeñarse como algo completamente inesperado para la concepción original de metaloproteasa de matriz: un factor o cofactor transcripcional.

Sin duda, queda mucho por descubrir en el mundo de las MMPs, apenas empezamos la travesía de descifrar qué están haciendo en el núcleo celular. Cada paso que damos en la investigación nos resuelve una o dos preguntas y nos formula varias más. Es emocionante y apasionante descifrar las diversas actividades que llevan a cabo estas enzimas. Sigamos rompiendo paradigmas y descubriendo cada día más sobre las proteínas, cuyas funciones nos van mostrando nuevos caminos de conocimiento en la ciencia básica, al mismo tiempo que nos ofrecen posibilidades de aplicación en la calidad de vida de las personas.

REFERENCIAS

Afratis, N.A., Selman, M., Pardo, A., *et al.* (2018). Emerging insights into the role of matrix metalloproteases as therapeutic targets in fibrosis. *Matrix Biol.* 68-69:167-179.

Aquino-Gálvez, A., y González-Ávila, G. (2010). El papel del factor inducible por hipoxia 1 (HIF-1) en la fibrosis pulmonar idiopática. *Neumol Cir Torax*. 69(3):170-177.

Cuadrado, E., Rosell, A., y Borrell-Pages, M., (2009). Matrix metalloproteinase-13 is activated and is found in the nucleus of neural cells after cerebral ischemia. *J Cereb Blood Flow Metab. 29:398-410.*

Eguchi, T., Kubota, S., Kawata, K., *et al.* (2008). Novel transcription-factor-like function of human matrix metalloproteinase 3 regulating the CTGF/CCN2 gene. *Mol Cell Biol*. 28:2391-2413.

Gaffney, J., Solomonov, I., Zehorai, E., *et al.* (2015). Multilevel regulation of matrix metalloproteinases in tissue homeostasis indicates their molecular specificity in vivo. *Matrix Biol*. 44-46:191-9.

Hadler-Olsen, E., Fadnes, B., Sylte, I., *et al.* (2011). Regulation of matrix metalloproteinase activity in health and disease. *FEBS Journal*. 278: 28-45.

Herrera, I., Cisneros, J., Maldonado, M., *et al.* (2013). Matrix metalloproteinase (MMP)-1 induces lung alveolar epithelial cell migration and proliferation, protects from apoptosis, and represses mitochondrial oxygen consumption. *J Biol Chem*. 288:25964-25975.

Ip, Y.C., Cheung, S.T., y Fan, S.T. (2007). Atypical localization of membrane type 1-matrix metalloproteinase in the nucleus is associated with aggressive features of hepatocellular carcinoma. *Mol Carcinog*. 46:225–230.

Jara, P., Calyeca, J., Romero, Y., *et al.* (2015). Matrix metalloproteinase (MMP)-19-deficient fibroblasts display a profibrotic phenotype. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*. 308(6):L511-22.

Kwan, J.A., Schulze, C.J., Wang W., *et al.* (2004). Matrix metalloproteinase-2 (MMP-2) is present in the nucleus of cardiac myocytes and is capable of cleaving poly (ADP-ribose) polymerase (PARP) in vitro. *The FASEB Journal*. 1: 690-692.

López-Otín, C., y Overall, C.M. (2002). Protease degradomics: a new challenge for proteomics. *Nat Rev Mol Cell Biol 3*. 509-519.

Maldonado, M., Salgado-Aguayo, A., Herrera I., *et al.* (2018). Upregulation and Nuclear Location of MMP28 in Alveolar Epithelium of Idiopathic Pulmonary Fibrosis. *Am J Respir Cell Mol Biol.* 59(1):77-86.

Marchant, D.J., Bellac, C.L., Moraes, T.J., *et al.* (2014). A new transcriptional role for matrix metalloproteinase-12 in antiviral immunity. *Nature Med.* 20:493-502.

Pardo, A., Cabrera, S., Maldonado, M., *et al.* (2016). Role of matrix metalloproteinases in the pathogenesis of idiopathic pulmonary fibrosis. *Respir Res*. 17:23.

Pardo, A., Selman, M., y Kaminski, N. (2008). Approaching the degradome in idiopathic pulmonary fibrosis. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 40:1141-1155.

Plácido, L., Romero, Y., Maldonado, M., *et al.* (2021). Loss of MT1- MMP in alveolar epithelial cells exacerbates pulmonary fibrosis. *Int. J. Mol. Sci*. 22:Aceptado.

Raeeszadeh-Sarmazdeh, M., Do, L.D., y Hritz, B.G. (2020). Metalloproteinases and Their Inhibitors: Potential for the Development of New Therapeutics. *Cells*. 9(5):1313.

Rawlings, N.D., Barrett, A.J., Thomas, P.D., *et al.* (2018). The MEROPS database of proteolytic enzymes, their substrates and inhibitors in 2017 and a comparison with peptidases in the PANTHER database. *Nucleic Acids Res.* 46:D624-D632.

Shimizu-Hirota, R., Xiong, W., Baxter, B.T., *et al.* (2012). MT1-MMP regulates the PI3Kδ•Mi-2/NuRD-dependent control of macrophage immune function. *Genes Dev*. 26:395-413.

Si-Tayeb, K., Monvoisin, A., Mazzocco, C., *et al.* (2006). Matrix metalloproteinase 3 is present in the cell nucleus and is involved in apoptosis. *Am J Pathol.* 169(4):1390-1401.

Tzouvelekis, A., Harokopos, A., Paparountas, T., *et al.* (2007). Comparative Expression Profiling in Pulmonary Fibrosis Suggests a Role of Hypoxia-inducible Factor-1a in Disease Pathogenesis. *Am J RespirCrit Care Med*. 176:1108-1119.

Ugalde, A.P., Ordóñez, G.R., Quirós, P.M., *et al.* (2010). Metalloproteases and the Degradome. En: Clark I. (eds) *Matrix Metalloproteinase Protocols. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols).* Vol 622. Humana Press: Totowa, NJ. https://doi.org/10.1007/978-1-60327-299-5

Xie, Y., Mustafa, A., Yerzhan, A., *et al.* (2017). Nuclear matrix metalloproteinases: functions resemble the evolution from the intracellular to the extracellular compartment. *Cell death discovery.* 3:17036.

Yang, Y., Candelario-Jalil, E., Thompson, J.F., *et al.* (2010). Increased intranuclear matrix metalloproteinase activity in neurons interferes with oxidative DNA repair in focal cerebral ischemia. J *Neurochem*. 112:134-149.

SECCIÓN ACADÉMICA

Fusarium: un fitopatógeno que amenaza la salud humana

Fusarium: un fitopatógeno que amenaza la salud humana

Joan E. Rodríguez-Grimaldo*, Gloria M. González*, Alexandra M. Montoya*

DOI: https://doi.org/10.29105/cienciauanl25.114-1

RESUMEN

Fusarium es un hongo patógeno oportunista que ha adquirido relevancia médica en las últimas décadas ligado al aumento de poblaciones en riesgo de desarrollar enfermedades graves por este microorganismo. El tratamiento de infecciones por *Fusarium* spp. es actualmente un reto para la clínica debido a la alta resistencia que presentan ante los antifúngicos disponibles. El estudio de los mecanismos de resistencia asociados a las diferentes especies de *Fusarium* representa una gran área de oportunidad para la ciencia actual.

Palabras clave: *Fusarium*, micosis, infección, resistencia, tratamiento.

ABSTRACT

Fusarium is an opportunistic pathogenic fungus that has acquired clinical relevance in the last decades due an increase of the risk populations susceptible to develop severe illness from this microorganism. The treatment of Fusarium spp. infections is a challenge because of antimicrobial resistance against the available antifungals. The study of the resistance mechanisms of action associated to the different species of Fusarium are an area of opportunity for innovative and current research.

Keywords: Fusarium, mycosis, infection, resistance, treatment.

Los hongos son organismos saprófitos encontrados normalmente como parte de ecosistemas silvestres y agrícolas, algunos incluso como parte de la microbiota humana. Existen especies de hongos microscópicos que han sido asociados a enfermedades en humanos, animales y plantas. Muchas veces, las enfermedades en humanos provienen del contacto con los hongos ambientales.

Fusarium spp. es un hongo que primariamente se categoriza como fitopatógeno. Esta característica le otorga relevancia ya que las enfermedades en plantas y cosechas representan importantes pérdidas económicas. Además, diversas especies de *Fusarium* son potencialmente microorganismos oportunistas capaces de generar infecciones en animales y humanos. En seres humanos, pueden presentarse como superficiales, localizadas y diseminadas; estas últimas se manifiestan principalmente en pacientes inmunocomprometidos (Nucci y Anaissie, 2007).

EL GÉNERO *FUSARIUM*

Fusarium es un hongo filamentoso de reproducción asexual, que comprende más de 100 especies diferentes. Estos organismos tienen una distribución mundial y se aíslan de sustratos orgánicos, suelos y agua. Los miembros de este género tienen una distribución en regiones templadas y tropicales (Nelson, Dignani y Anaissie, 1994).

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
Contacto: amontoya.me5029@uanl.edu.mx

En cultivos a temperatura ambiente producen colonias vellosas, con una tasa de crecimiento y pigmentación variable según la especie (figura 1). Microscópicamente, *Fusarium* spp. puede presentar una variedad de estructuras, entre las que se encuentran: *1*) hifas hialinas y septadas, *2*) macroconidios septados de formas diversas, aunque predominan la forma de canoa o media luna, *3*) mesoconidios, similares a los macroconidios en forma, pero de menor tamaño y constituidos por una o dos células, *4*) microconidios ovales o en forma de huso, *5*) fiálides, que son las células a partir de las cuales nacen los conidios, y *6*) clamidosporas, que son estructuras de resistencia con doble pared gruesa, lisa o rugosa, y se encuentran de manera solitaria, en pareja o en racimo (figura 2) (Tapia y Amaro, 2014). La presencia y organización de estas estructuras en medios de cultivo adecuados, además de los posibles pigmentos producidos, son características morfológicas que permiten la identificación fenotípica de las diferentes especies de este hongo.



Figura 1. Colonia de *Fusarium* spp. Se puede apreciar la producción de pigmento amarillo (fuente: JERG).



Figura 2. Micrografía de *Fusarium* spp. Se pueden observar las hifas hialinas delgadas y tabicadas, así como los conidios (fuente: JERG).

FUSARIUM COMO FITOPATÓGENO

Diferentes especies de *Fusarium* han sido reconocidas como importantes patógenos de plantas. Las principales enfermedades causadas por este hongo en plantas incluyen la marchitez vascular y el tizón. Éstas son enfermedades que pueden causar manchas, marchitamiento, pudrición y muerte en cualquier estructura de la planta: hojas, flores, frutos, tallos, granos, e incluso la planta completa. Son también enfermedades que pueden afectar en cualquier etapa del desarrollo de la planta antes, durante y después de la cosecha. Las principales especies fitopatógenas que se han reportado son *F. graminearum* y especies del complejo *F. oxysporum.*

La Sociedad Fitopatológica Americana estima que existen alrededor de 200 tipos de planas susceptibles a daño por *Fusarium*, y de éstas, aproximadamente 80 representan cultivos de importancia económica. Algunos de los cultivos afectados son el maíz, trigo, cebada, agave y cucurbitáceas, como el pepino, calabaza y sandía, entre muchos otros (The American Phytopathological Society, 2019).

Se ha reportado, por ejemplo, la afectación de 50% del producto en cultivos de frijol; de hasta 80% en cultivos de piña y casi 70% de granos de trigo. En México, los pocos reportes que existen de afectación a cultivos han evidenciado la contaminación de 5 a 76% en grano de maíz y de 40 a 100% en cultivos de agave (Senasica, 2003; Hernández-Delgado *et al*., 2007). Las enfermedades en plantas por *Fusarium* pueden representar pérdidas importantes en cultivos que llegan a abarcar miles de hectáreas y millones de dólares (Sader, 2017).

FUSARIOSIS: LAS ENFERMEDADES CAUSADAS EN HUMANOS

Las especies de mayor importancia médica son aquéllas que comprenden el complejo de especies *Fusarium solani* (CEFS), *Fusarium oxysporum* (CEFO) y la especie *Fusarium verticillioides*, perteneciente al complejo *Fusarium fujikuroi* (CEFF) (Martínez-Hernández, Caro-Sánchez y Bonifaz, 2014) (tabla I).

La presentación clínica de una fusariosis suele ser variada y dependerá del mecanismo de transmisión y del estado inmunológico del paciente. Las infecciones por *Fusarium* pueden ser clasificadas como superficiales (por ejemplo, onicomicosis), localizadas (por ejemplo, queratitis), o invasivas/diseminadas (por ejemplo, fungemia).

En personas inmunocompetentes, las infecciones más frecuentes por *Fusarium* spp. suelen ser la onicomicosis y la queratitis. La onicomicosis es una infección de la uña por invasión de las estructuras del hongo, que puede causar cambios de color, engrosamiento y destrucción de la uña. Generalmente esta enfermedad se asocia a mala higiene y la acumulación de humedad en los pies y manos. La queratitis se origina generalmente por la inoculación del hongo mediante algún traumatismo o abrasión en la córnea, y están altamente asociadas al uso de lentes de contacto y el mal cuidado o poca higiene durante su uso. Durante esta enfermedad, el hongo puede producir úlceras sobre la superficie

Tabla I. Enfermedades causadas por *Fusarium* spp., sus principales manifestaciones clínicas y factores de riesgo.

Enfermedad	Especies frecuentemente asociadas	Manifestaciones clínicas	Factores de riesgo
Queratitis	*F. solani* *F. oxysporum* *F. moniliforme* *F. dimerum* *F. chlamydosporum* *F. temperatum*	Dolor intenso, enrojecimiento del ojo, sensibilidad a la luz, disminución de la visión.	Traumatismo, uso de lentes de contacto, tratamiento con corticosteroides.
Endoftalmitis	*F. oxysporum* *F. solani*	Dolor intenso, enrojecimiento del ojo, sensibilidad a la luz, disminución de la visión. Puede llegar a ceguera.	Queratitis.
Onicomicosis	*F. solani* *F. oxysporum* *F. moniliforme* *F. dimerum* *F. chlamydosporum* *F. temperatum*	Engrosamiento y decoloración de las uñas.	Humedad y mala higiene.
Fusariosis diseminada	*F. solani* *F. oxysporum* *F. verticillioides*	Fiebre, fungemia, lesiones de la piel, invasión a órganos. Enfermedad con alto índice de mortalidad.	Neutropenia y enfermedades hematológicas malignas.

de la córnea y migrar a zonas más profundas donde generará una inflamación importante, acumulación de pus y destrucción de la córnea. Esta enfermedad pudiera complicarse y evolucionar a endoftalmitis, que es una inflamación dentro del globo ocular, e incluso producir ceguera.

Los casos de enfermedades invasivas o diseminadas causadas por *Fusarium* han aumentado en frecuencia a lo largo de las últimas dos décadas, ya que han ido de la mano con el aumento en el número de personas que presentan algún factor de riesgo predisponente para el desarrollo de estas enfermedades. Algunos factores de riesgo que se han encontrado asociados con la fusariosis son la diabetes, algún inmunocompromiso o inmunosupresión, o el tratamiento con corticosteroides y quimioterapia. Las enfermedades por hongos en estos pacientes suelen ser diseminadas, con una variedad de signos y síntomas en relación a los sistemas u órganos afectados, e involucran una alta mortalidad. Todo esto debido en parte al retraso en el diagnóstico, a las pocas alternativas de tratamiento existentes y a la severa inmunosupresión que presentan estos pacientes.

Las infecciones diseminadas como la fungemia se presentan principalmente en pacientes con neoplasias hematológicas, y esporádicamente en pacientes que presentan quemaduras extensas. Algunas de las manifestaciones clínicas de la fusariosis diseminada son la fiebre, lesiones cutáneas, neumonía, inflamación de los músculos, abscesos cerebrales y meningitis. Aun y cuando cualquier órgano puede ser afectado, los sitios más frecuentes de infección son la piel (70-90%) y los pulmones (70-80%) (Dignani y Anaissie, 2004). En estos grupos de pacientes, las infecciones tienen un pronóstico desfavorable, ya que la tasa de mortalidad puede ser de hasta 75% (Dabas, Bakhshi y Xess, 2016).

EL GRAN RETO: EL TRATAMIENTO

El tratamiento de la fusariosis no está enteramente definido, debido a la resistencia intrínseca a antifúngicos que han demostrado poseer las diferentes especies de *Fusarium.* Existen diferentes clases de antifúngicos, con diferentes mecanismos de acción, rutinariamente empleados para el tratamiento de las enfermedades por hongos. Una de éstas son los azoles, los cuales son ampliamente utilizados para el tratamiento de infecciones causadas por muchos otros hongos.

Fusarium es un microorganismo con un perfil de susceptibilidad antifúngica *in vitro* reportado como resistente a la mayoría de los antifúngicos empleados actualmente para el tratamiento de diversas micosis. Sin embargo, se ha observado que distintas especies pueden presentar diferentes patrones de susceptibilidad. Por ejemplo, *Fusarium solani* y *Fusarium verticillioides* presentan resistencia al itraconazol y fluconazol, y miembros de los complejos *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* se han reportado como resistentes también al posaconazol. En términos generales, el antifúngico con mayor actividad y eficacia *in vitro* es el voriconazol, aun y cuando es importante destacar que la respuesta a este antifúngico puede ser variable entre diferentes especies y aislamientos del hongo (Duarte *et al*., 2014; Al-Hatmi *et al*., 2017).

No existen estudios clínicos que evalúen la eficiencia de la terapia antifúngica en fusariosis, por lo que el tratamiento está principalmente basado en reportes de casos con terapia exitosa. Muchos de estos reportes destacan al voriconazol y a la anfotericina B como los antifúngicos más efectivos (Guarro, 2013). Con base en estos diversos estudios, el voriconazol ha sido sugerido como la primera línea de tratamiento contra las fusariosis, aun sobre la anfotericina B debido al potencial tóxico de este último (Tortorano *et al*., 2014).

Si bien el tratamiento con voriconazol ha sido hasta ahora el más efectivo para el tratamiento de estas enfermedades, cabe destacar la alta resistencia a los azoles que pueden presentar los diferentes aislamientos de *Fusarium*. El impacto de esto ha llevado a la categorización de aislamientos multidrogorresistente (Antequera *et al*., 2015). Esto ha complicado más el tratamiento de las infecciones causadas por este hongo.

El mecanismo de acción general de los azoles es la inhibición de una enzima llamada lanosterol 14-alfa-desmetilasa, la cual está involucrada en la oxidación del lanosterol como paso en la formación de ergosterol (figura 3). El ergosterol es un lípido esencial para la membrana celular de los hongos: la disminución de ergosterol resultado de la actividad de los azoles afecta la estabilidad estructural de la membrana celular, llevando a la muerte del hongo (Hollomon, 2017).

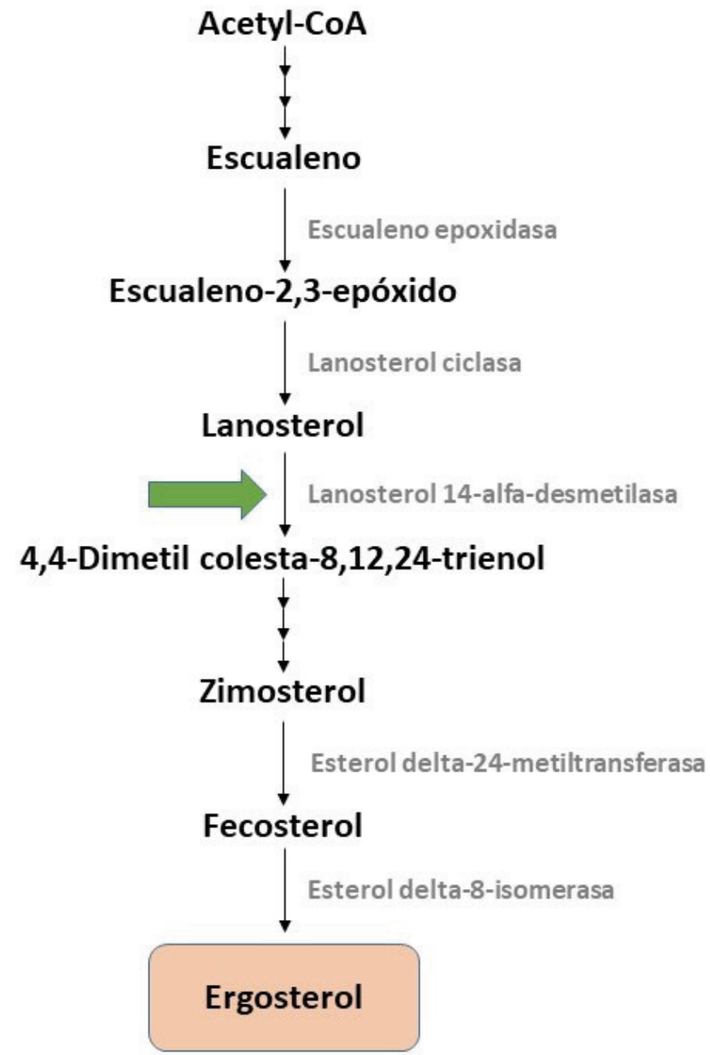


Figura 3. Vía de síntesis del ergosterol. La flecha indica el blanco de inhibición de los azoles (fuente: AMM).

La resistencia a antifúngicos ha sido asociada a tres principales mecanismos: (1) mutaciones en la proteína blanco, (2) aumento en la producción de proteína blanco, o (3) aumento en la producción de bombas de flujo, que se encargan de expulsar moléculas dañinas –como los antifúngicos– al exterior de la célula. Se ha demostrado, por ejemplo, que mutaciones o supresión del gen de la enzima lanosterol desmetilasa confiere resistencia a azoles en otros hongos patógenos como *Aspergillus fumigatus* y *Candida albicans*. Las bombas de flujo clasificadas como transportadores ABC o transportadores MFS también han estado implicadas en la resistencia a azoles en *Aspergillus fumigatus, Cryptococcus neoformans* y diferentes especies de *Candida* (Ammar *et al*., 2013).

A la fecha, la resistencia a azoles en *Fusarium* spp. se ha asociado a mutaciones en la enzima lanosterol desmetilasa; sin embargo, esto sólo se ha demostrado en aislamientos provenientes del medio ambiente y contra azoles de uso agrícola. No existen estudios sobre mecanismos de resistencia en especies de *Fusarium* patógenos en seres humanos y azoles de uso clínico.

CONCLUSIONES

La amplia distribución en el medio ambiente de algunas especies de *Fusarium* conlleva a un alto índice de exposición a éstos por parte de los seres humanos. Si bien se requieren factores de riesgo particulares para el desarrollo de enfermedades en personas sanas, como el mal uso de lentes de contacto o lesiones previas en córnea, son microorganismos importantes como causa de enfermedades en personas con algún cuadro de inmunocompromiso, en quienes se ha reportado una mortalidad que llega a superar 75%.

Hoy en día, el tratamiento de las fusariosis representa un gran reto para la clínica debido a la alta resistencia de *Fusarium* a los diferentes antifúngicos disponibles para el manejo de micosis severas. El estudio de los mecanismos de resistencia presentes en *Fusairum* spp. es aún un área muy incipiente; sin embargo, las primeras aproximaciones se han realizado en *Fusarium* de importancia agrícola, por lo que existe una gran área de oportunidad para explorar los perfiles de susceptibilidad en las diferentes especies de *Fusarium* causantes de patología humana y los posibles mecanismos moleculares por los que genera resistencia.

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

Lozano, T.G., y Oroval, E.A. (2013). Fusariosis: infecciones por *Fusarium* spp. Una breve nota. *Rev Lab Clin*. 6(4):185-186.

Martínez-Hernández, L., Caro-Sánchez, C.H., y Bonifaz, A. (2014). Infecciones por *Fusarium*. *Dermatol Rev Mex*. 58(5):432-442.

Pérez-Balbuena, A.L., Vanzzini-Rosano, V., de Jesús Valadéz-Virgen, J., *et al*. (2009). *Fusarium keratitis* in México. *Cornea*. 28(6):626-630.

Tapia, C., y Amaro, J. (2014). Género *Fusarium*. *Rev Chil Infect*. 31(1):85-86.

REFERENCIAS

Al-Hatmi, A., *et al*. (2017). Antifungal susceptibility testing of *Fusarium*: a practical approach. *J Fungi*. 3(2):19.

Ammar, G., *et al*. (2013). Identification of ABC transporter genes of *Fusarium graminearum* with roles in azole tolerance and/or virulence. *PLoS ONE*. 8(11):1-13. Doi: 10.1371/journal.pone.0079042.

Antequera, P., *et al*. (2015). Multidrug resistant *Fusarium keratitis*. *Arch Soc Española Oftalmol*. 90(8):382-384.

Dabas, Y., Bakhshi, S., y Xess, I. (2016). Fatal cases of bloodstream infection by *Fusarium solani* and review of published literature. *Mycopathologia*. 181(3):291-296.

Dignani, M.C., y Anaissie, E. (2004). Human fusariosis. *Clin Microbiol Infect*. 10:67-75.

Duarte, A., *et al*. (2014). Susceptibilidad *in vitro* a cinco antifúngicos de aislamientos del complejo *Fusarium solani* provenientes de úlceras corneales. *Rev Soc Venez Microbiol*. 34(2):75-80.

Guarro, J. (2013). Fusariosis, a complex infection caused by a high diversity of fungal species refractory to treatment. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 32:1491-1500.

Hernández-Delgado, S., *et al*. (2007). Incidencia de hongos potencialmente toxígenos en maíz (*Zea mays* L.) almacenada y cultivado en el norte de Tamaulipas, México. *Rev Mex Fitopatol*. 25(2):127-133.

Hollomon, D. (2017). Does agricultural use of azole fungicides contribute to resistance in the human pathogen *Aspergillus fumigatus? Pest Manag Sci*. 73(10):1987-1993. Doi: 10.1002/ps.4607.

Martínez-Hernandez, L., Caro-Sánchez, C. H., y Bonifaz, A. (2014). Infecciones por *Fusarium*. *Dermatol Rev Mex*. 58(5):432-442.

Nelson, P.E., Dignani, M.C., y Anaissie, E.J. (1994). Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. *Clin Microbiol Rev*. 20(4):695-704.

Nucci, M., y Anaissie, E. (2007). Fusarium infections in immunocompromised patients. *Clin Microbiol Rev*. 20(4):695-704.

Sader. (2017). *Fusariosis de las musáceas*. Disponible en: https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Fusariosis%20de%20las%20mus%C3%A1ceas.pdf

Senasica. (2003). *Marchitez del agave*. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/244026/Ficha_T_cnica_Fusarium_oxysporum_en_agave_Versi_n_FINAL.pdf

Tapia, C., y Amaro, J. (2014). Género *Fusarium*. *Rev Chil Infect*. 31(1):85-86.

The American Phytopathological Society. (2019). Fungal Diseases, Ascomycota. Disponible en: https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalasco/Pages/default.aspx.

Tortorano, A.M., *et al*. (2014). ESCMID and ECMM joint guidelines on diagnosis and management of hyalohyphomycosis: *Fusarium spp., Scedosporium spp. and others*. *Clin Microbiol* Infec. 20(Suppl 3):27-46.

Hacia la construcción del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior en México

Rogelio G. Garza Rivera*



La propuesta para el diseño del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES) atiende lo dispuesto en la Ley General de Educación Superior (LGES), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de abril de 2021.

Éste fue el punto de partida para generar en el país un proceso de difusión y análisis amplio, intenso y plural, que puso de manifiesto las grandes oportunidades que se abren para la transformación del sistema de educación superior y la construcción de una nueva generación de políticas públicas.

En este sentido, la propuesta se realiza con el fin de proponer –y articular– estrategias y acciones en materia de evaluación y acreditación de la educación superior para su mejora continua y es resultado de una amplia consulta en la que participaron, con planteamientos y propuestas, expertos académicos, investigadores, autoridades y comunidades de todos los subsistemas y tipos de instituciones de educación superior, públicas y particulares del país.

*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.

Al respecto, el Artículo Transitorio Décimo Tercero de la LGES dice:

> Para el establecimiento del sistema de evaluación y acreditación de la educación superior, el Consejo Nacional para la Coordinación de la Educación Superior y la Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación, en un plazo no mayor a ciento veinte días de la instalación del Consejo Nacional, realizarán una convocatoria amplia a las instituciones de educación superior, a las instancias de evaluación y acreditación de la educación superior, personal académico, especialistas y los sectores interesados para contribuir a su diseño. Se integrará un comité técnico para procesar las aportaciones que se realicen en el marco de la referida convocatoria. Dicho sistema deberá presentarse a más tardar en 2021.

En este contexto, el 18 de agosto del año pasado se instaló y se realizó la Primera Sesión Ordinaria del Consejo Nacional para la Coordinación de la Educación Superior (Conaces), en la cual se adoptó el *ACUERDOS.O.CONACES.1a.13*, mediante el cual se aprobó que el Secretariado Técnico Conjunto, la Secretaría de Educación Pública y la ANUIES, llevaran a cabo la integración del Comité Técnico para procesar las aportaciones realizadas en el marco de la convocatoria. El Acuerdo señala:

> Que el Secretariado Técnico Conjunto lleve a cabo la integración del Comité Técnico, mismo que se encargará de procesar las aportaciones que se realicen en el marco de la convocatoria referida en el artículo Décimo Tercero Transitorio de la Ley General de Educación Superior; diseño del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior.

Así, con fecha del 17 de septiembre, se llevó a cabo la conformación plural del Comité con 24 integrantes, en el que a su vez se establecieron los términos de la Convocatoria para el diseño del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior, misma que fue aprobada en lo general y en lo particular. De igual manera se acordó que el Comité Técnico procesara las aportaciones realizadas en el marco de la Convocatoria.

La Convocatoria señalada fue emitida el 24 de septiembre de 2021, con lo que se desarrollaron diversos mecanismos de consulta y participación amplia e incluyente. En este contexto, y con el propósito de recabar todos los planteamientos y propuestas de los diversos actores de la educación superior, se realizaron los siguientes mecanismos de consulta y participación:

1. Seis foros de Consulta Regionales, cuyo propósito fue promover y facilitar la más amplia participación de las autoridades y comunidades de todos los subsistemas y tipos de instituciones de educación superior, públicas y particulares del país, con planteamientos y propuestas para el diseño del SEAES.
2. Consulta a las autoridades federales y estatales de educación superior para establecer un diálogo abierto, autocrítico y constructivo entre los responsables de la conducción de las políticas de educación superior acerca de los retos, posibilidades, escenarios y agenda que plantean las autoridades e instituciones educativas, la Ley General de Educación Superior en materia de evaluación de las políti-

cas, instituciones y programas educativos, así como en materia de certificación y acreditación de la educación superior.

3. Consulta a organismos, asociaciones y colegiados en materia de planeación o evaluación de políticas, instituciones y programas de educación superior, mediante el establecimiento de mesas de análisis, reflexión y diálogo acerca de los avances, contribuciones y limitaciones del esquema vigente de evaluación y acreditación de la educación superior con la participación de los titulares y representantes de organismos, asociaciones y colegios con experiencia probada en el ámbito de la evaluación y acreditación de políticas, instituciones, programas y procesos de la educación superior.

4. Encuesta a las comunidades de las instituciones de educación superior pertenecientes al Sistema Educativo Nacional, a efecto de recopilar y sistematizar, a través de medios digitales, los conocimientos y percepciones que existen acerca de los avances, contribuciones, debilidades y retos de los esquemas e instrumentos vigentes en materia de evaluación y acreditación de la educación superior, así como de aspectos clave que deben considerarse para construir el SEAES.

5. Consulta a expertos y especialistas en planeación y evaluación de la educación superior, con el objetivo de establecer mesas para escuchar, dialogar y deliberar con quienes, debido a su formación, trayectoria, interés o actividad profesional, cuenten con experiencia y conocimientos relevantes sobre los procesos de planeación, evaluación, certificación y acreditación de la educación superior, por lo que sus aportaciones resulten de gran valía para el diseño, construcción y operación del SEAES.

Posteriormente, el 30 de noviembre de 2021, en la segunda sesión del Conaces, se dieron a conocer los resultados de la Convocatoria y se acordó celebrar una sesión extraordinaria, el mes de diciembre, para presentar la propuesta para el diseño del SEASE.

Por ello, el 1 diciembre de 2021, el Comité Técnico desarrolló el guión para la elaboración de la propuesta, y el día 10 de ese mes se presentó al Secretariado Técnico Conjunto el primer borrador para su retroalimentacion.

La propuesta para el diseño del SEAES constó de seis apartados:

I. Elementos del diagnóstico: definicion del problema y principales fortalezas, debilidades y áreas de oportunidad del modelo vigente de evaluación y acreditación de la educación superior.
II. Marco de referencia jurídico.
III. Orientaciones generales de política.
IV. Ejes, objetivos estratégicos, estrategias y líneas de acción.
V. Organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior.
VI. Etapas de consolidación y desarrollo.

Asimismo, se presentaron conclusiones y recomendaciones, entre las que destacan que el SEAES debe:

1. Contribuir a la consolidación de una cultura de evaluación institucional promoviendo su carácter obligatorio, que apoye la toma de decisiones de las IES, subsistemas y la educación superior.
2. Orientar el concepto de calidad hacia los nuevos retos de la educación superior y a las consideraciones generales que emanan del marco jurídico correspondiente: obligatoriedad, gratuidad, equidad, inclusión, pertinencia social, equidad de género, interculturalidad, interdisciplinariedad e internacionalización solidaria.
3. Generar políticas y mecanismos para garantizar que el sistema de evaluación y acreditación opere con rigor técnico, en un marco ético y de sustentabilidad y respete las características de los sistemas y subsistemas.
4. Dar prioridad a la formación integral de los estudiantes, analizando su aprovechamiento, deserción, reprobación, efectividad de las tutorías, eficiencia terminal y titulación.
5. Propiciar esquemas de evaluación del profesorado que revaloricen la función de los académicos en la docencia de excelencia, la investigación, así como el trabajo cooperativo.
6. Apoyarse en un sistema único de información, flexible y abierto, integrado por una nueva generación de criterios e indicadores pertinentes, así como mecanismos formales y transparentes con enfoque cuantitativo y cualitativo que atiendan referentes internacionales.
7. Integrar padrones de evaluadores altamente capacitados en procesos de evaluación y acreditación con amplia trayectoria académica, conocimiento disciplinar y ética profesional.
8. Implantar una política pública y mecanismos para la certificación de competencias pedagógicas y disciplinares de los académicos y evaluadores.
9. Integrarse como un organismo público especializado con autónomía técnica para la toma de decisiones en la gestión administrativa, con representación colegiada, que se refleje a nivel estatal con la misma forma jurídica.
10. Establecer programas o fondos de financiamiento ordinarios y extraordinarios enfocados en fortalecer la calidad de los programas educativos de las IES.

La propuesta para el diseño del SEAES, del 16 de diciembre, es resultado del esfuerzo y trabajo colegiado del Secretariado Técnico Conjunto, del Comité Técnico, de las instituciones de educación superior y de todas y todos quienes participamos con entusiasmo y profesionalismo con ideas, conocimientos y experiencias, para diseñar, proponer y articular estrategias y acciones en materia de evaluación y acreditación.

Sin duda, las bases están sentadas para la integración del Sistema Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior para contribuir, con las universidades e instituciones de educación superior, a la mejora continua de la educación y al máximo logro en la formación integral de las y los estudiantes de nuestro país como seres humanos, ciudadanos y profesionistas.

LAS SERPINAS, ¿ALIADOS MOLECULARES O ENEMIGOS FURTIVOS?

LUIS JESÚS CORTEZ-DE LA FUENTE*, JOSÉ PRISCO PALMA-NICOLÁS*

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
Contacto: luisjcortezdlf88@hotmail.com

Serpina, un concepto que podría resultar lejano a nuestra concepción, pero demasiado cercano para el cuerpo humano. Resulta ser un acrónimo en inglés para designar a una de las familias más grandes de inhibidores de proteasas de serina, llamadas así ya que el aminoácido serina, junto con el aspartato y la histidina, forman una triada catalítica. Se encuentran prácticamente en todos los organismos, cerca de 1,500 secuencias se han identificado, de las cuales 36 tienen origen humano (Heit *et al.*, 2013).

Son muy importantes porque participan en diferentes procesos fundamentales para la fisiología y homeostasis del cuerpo humano: coagulación, inflamación, fibrinólisis (prevención de trombos), respuesta inmune, condensación de cromatina (división celular), supresión de tumores y apoptosis (muerte celular) (Heit *et al.*, 2013) (figura 1).

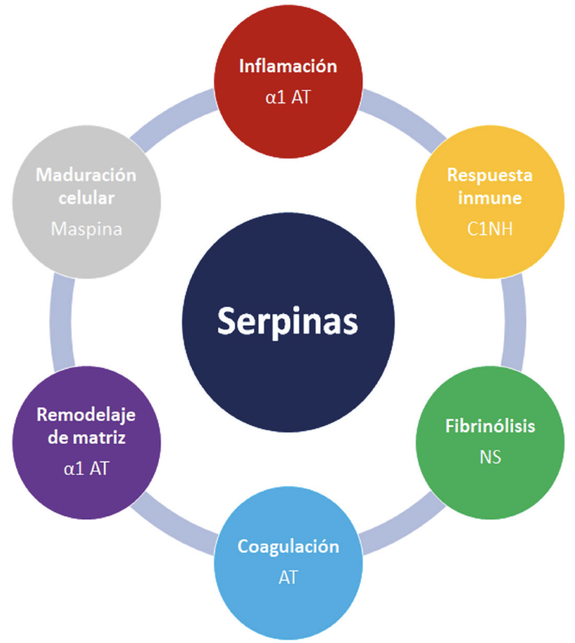


Figura 1. Algunos ejemplos de serpinas y su participación en la regulación de la homeostasis. α1 anti-tripsina (α1AT), inhibidor de esterasa C1 (C1NH), neuroserpina (NS), antitrombina (AT).

ESTRUCTURA Y MECANISMO DE INHIBICIÓN

Contrario a otros inhibidores, tienen un mecanismo de acción bastante complejo, el cual depende de la estabilidad y los diferentes tipos de interacción que se llevan a cabo entre la serpina y su molécula objetivo. Las serpinas son largas cadenas peptídicas constituidas por aproximadamente 400 aminoácidos; su peso molecular varía entre los 40 y 100 kilodaltons (kDa), debido a la diferencia en su perfil de glicosilaciones. Por otro lado, su estructura secundaria está integrada por siete a nueve hélices-alfa y tres láminas-beta (Gettins, 2002).

La conformación en la que encontramos a las serpinas en el organismo (nativa) no es del todo estable, por lo que se le suele denominar como estructura metaestable. Los principales motivos estructurales de una serpina son un dominio lámina beta A constituido de cinco hebras y un dominio flexible denominado lazo centro reactivo (RCL), los cuales se encuentran altamente conservados en esta familia. El RCL tiene un sitio que puede ser cortado (P1-P1'), el cual está localizado cerca del extremo C-terminal de la secuencia de aminoácidos. El mecanismo de inhibición requiere de un cambio en la conformación de la serpina nativa (metaestable) a una de mayor estabilidad (figura 2).

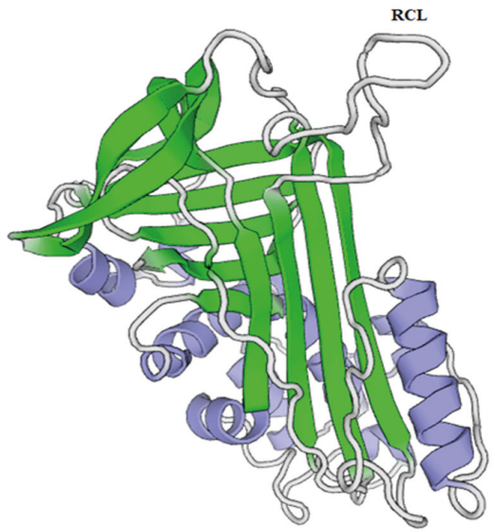


Figura 2. Modelo tridimensional de una serpina. El dominio centro reactivo tipo lazo (RCL) se encuentra expuesto en la conformación metaestable de la serpina, el dominio de láminas beta se ubica en color verde, mientras que las hélices alfa en violeta.

Para explicar el mecanismo de inhibición, se puede recurrir a una analogía, siendo la serpina una trampa para osos a nivel molecular. El RCL actúa como cebo y a la vez como un seguro, el dominio de láminas-beta como un cerrojo, mientras que la proteasa de serina representa una presa. Cuando la "presa" muerde el "cebo", el "seguro" que mantenía la trampa abierta se libera y se introduce dentro del "cerrojo", lo que desencadena que la "trampa para osos" se mantenga cerrada, atrapando a la "presa" y dejándola sin escapatoria (figura 3). Estos eventos culminan con la formación de un complejo serpina-proteasa de serina estable y una proteasa de serina imposibilitada, ya que es incapaz de disociarse de la trampa para osos.

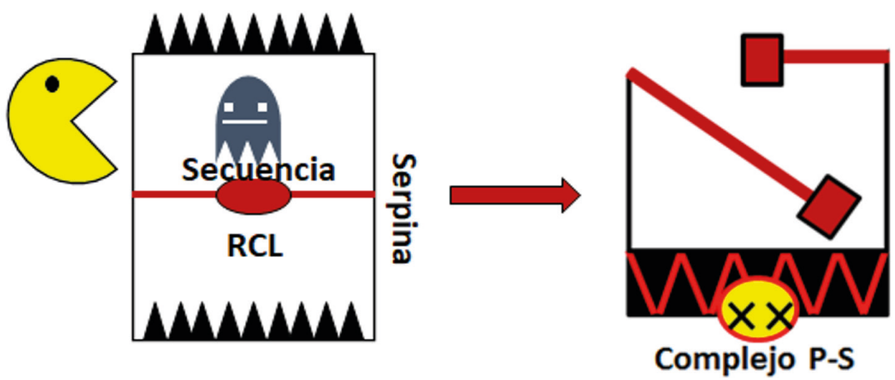
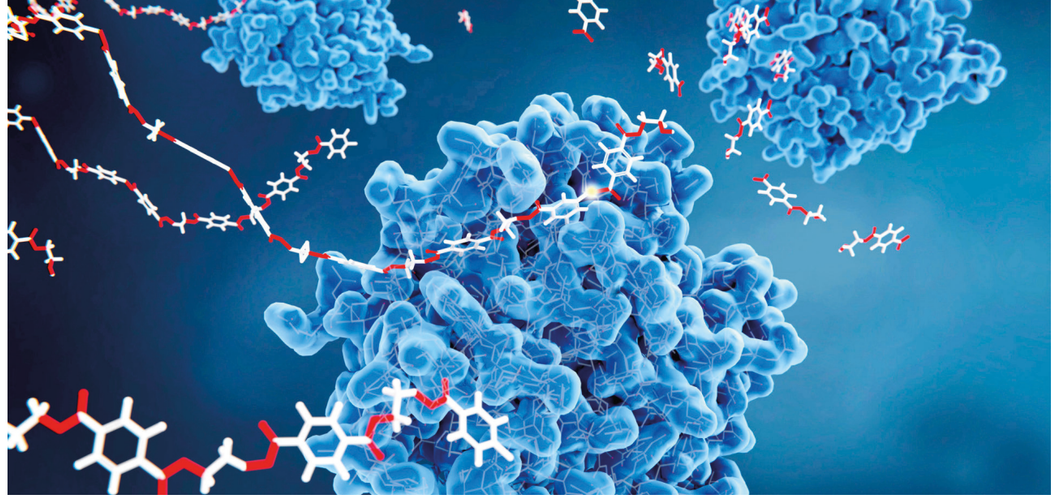


Figura 3. Representación gráfica del mecanismo de inhibición de las serpinas. En la analogía de la trampa para osos, dentro de la secuencia del RCL se encuentra el "cebo", el cual será cortado por la proteasa de serina (depredador), esto acciona la trampa cambiando su conformación, de manera que se forma el complejo proteasa-serpina, el cual es irreversible.



FUNCIÓN BIOLÓGICA DE LAS SERPINAS

Como ya se mencionó, la familia de las serpinas es muy grande y bastante variada, tanto en estructura como en función. Dentro de las más importantes se encuentran la alfa-1 antitripsina y la neuroserpina, las cuales participan en los procesos de inflamación y axogénesis y sinaptogénesis (formación de red neuronal), respectivamente; cualquier anomalía en su estructura resultaría en serpinopatías muy graves.

Alfa-1 antitripsina (α1AT) es una glicoproteína de 52 kDa codificada por el gen SERPINA1 (Heit *et al*., 2013). Es producida por macrófagos, enterocitos, epitelio de la córnea, células alveolares e incluso células cancerígenas, pero principalmente en los hepatocitos (70-80%). En eventos infecciosos o inflamatorios, los niveles de α1AT pueden incrementarse en respuesta a citocinas inflamatorias sintetizadas por los macrófagos como IL-6, IL-1 o TNF-alfa (Knoell *et al*., 1998). Como inhibidor de proteasas de serina, α1AT tiene la facultad de suprimir la actividad de la elastasa, catepsina G y proteinasa G derivados de los gránulos de los neutrófilos; triptasa y quimasa de mastocitos, granzima B de linfocitos y matriptasa de las células epiteliales (Bergin *et al*., 2012).

Una de sus funciones biológicas más importantes es la protección que brinda contra el daño colateral ocasionado por la elastasa de los neutrófilos (NE). NE es una enzima proteolítica muy destructiva que degrada la matriz extracelular y modula la inflamación y el remodelado de los tejidos (Polverino *et al*., 2017). Si no es inhibida apropiadamente por la α1AT, podría tener consecuencias irreversibles en los tejidos, como el pulmonar, y afectar la capacidad aeróbica del individuo afectado.

La neuroserpina (NS) es una glicoproteína de 55 kDA codificada por el gen SERPINI1 y es sintetizada en el hígado y por las neuronas de los sistemas nervioso central y periférico (Heit *et al*., 2013; Caccia *et al*., 2010). Tiene un rol sumamente importante en el desarrollo del sistema nervioso, ya que participa en la generación de los axones, la formación de sinapsis (conexiones neuronales), así como la plasticidad sináptica. La NS es capaz de inhibir el activador plasminogénico tipo-tejido (tPA), una proteasa de serina muy importante en el proceso de fibrinólisis (degradación de trombos). También participa en la protección contra la isquemia cerebral, al prevenir la muerte de las células neuronales.

SERPINOPATÍAS

Las serpinas juegan un papel muy importante en diversos procesos fisiológicos, así como en la regulación de la homeostasis, por lo que cualquier disrupción en su estructura o alguna deficiencia en sus funciones podrían ser letales. Cualquier mutación en su secuencia aminoacídica puede resultar en un mal plegamiento de la proteína o en la formación de estructuras inestables con pobre o nula capacidad inhibitoria. La serpina producto de cualquier mutación puede presentar dos caminos: ser secretada como una enzima con actividad biológica limitada o, en su defecto, ser retenida en el retículo endoplásmico, formando polímeros de serpinas.

Existen muchos mecanismos moleculares involucrados en la formación de estos polímeros, pero lo más común es la formación de uniones-beta por medio de puentes de hidrógeno entre los lazos peptídicos y las láminas beta de dos serpinas.

La deficiencia de α1AT es definida como un desorden hereditario autosómico que ocasiona la producción de la serpina de forma poco eficiente. El gen SERPINA1 es susceptible a mutaciones que afectan la estabilidad conformacional de la estructura del dominio de las láminas-beta, lo que resulta en la polimerización de α1AT. Esto se traduce en una disminución de su actividad inhibitoria en el torrente sanguíneo y en la acumulación de polímeros de α1AT no funcionales en el hígado. Estos agregados se vuelven tóxicos para los hepatocitos, produciendo cirrosis hepática; y la pérdida del efecto antinflamatorio de ATT puede predisponer enfisema pulmonar en fumadores (Ekeowa *et al*., 2009). La enfermedad de la obstrucción pulmonar crónica (COPD) y la cirrosis hepática son las serpinopatías más asociadas con la deficiencia de α1AT, y en menor medida pancreatitis, paniculitis, glomerulonefritis y enfermedades vasculares diversas. La COPD se caracteriza por destrucción alveolar, sobreproducción de moco e inflamación crónica.

Las mutaciones en NS conducen a enfermedades severas degenerativas, resultando en muerte neuronal y demencia, un cuadro patológico conocido como encefalopatía familiar con cuerpos de inclusión (FENIB). Es interesante que los polimorfismos S49P y H338R en el gen SERPINI1 sean homólogos con los encontrados en α1AT (S53F y H338R) que ocasionan daño hepático, lo que sugiere un mecanismo molecular de acción similar (Roussel *et al*., 2011). La FENIB se caracteriza por inclusiones neuronales eosinofílicas de NS en la capa más profunda de la corteza cerebral y en la *substancia nigra*. Estos cuerpos de inclusión se forman por el entrecruzamiento de los polímeros de NS, los cuales comparten ciertas similitudes con las estructuras que se forman cuando hay deficiencia de α1AT.

CONCLUSIÓN

Las serpinas forman parte de una familia de inhibidores de proteasas de serina muy poco conocida. Su importancia radica en la participación que tienen en procesos fisiológicos como la inflamación, respuesta inmune, coagulación, entre otros. Dentro de las serpinas más estudiadas se encuentra la Alfa-1 antritripsina, que permite la regulación de los procesos inflamatorios, y la neuroserpina, la cual se encuentra involucrada en la generación de nuevas conexiones nerviosas. Es evidente la importancia de las serpinas, por lo que son aliadas moleculares que permiten el control de la homeostasis. Sin embargo, la otra cara de la moneda radica en las mutaciones que estos inhibidores pudieran presentar, como es el caso de una inflamación exacerbada en la α1AT, o demencia en el caso de NS. Si bien las serpinopatías son poco frecuentes, el estudio en este campo poco explorado podría mejorar el diagnóstico oportuno de este tipo de enfermedades y el desarrollo de tratamientos más eficaces contra estas anormalidades.

REFERENCIAS

Bergin, D.A., Hurley, K., Mcelvaney, N.G., *et al.* (2012). Alpha-1 antitrypsin: a potent anti-inflammatory and potential novel therapeutic agent. *Arch Immunol Ther Exp (Warsz)*. 60:81-97.

Caccia, S., Ricagno, S., y Bolognesi, M. (2010). Molecular bases of neuroserpin function and pathology. *Biomol Concepts*. 1:117-30.

Ekeowa, U.I., Gooptu, B., Belorgey, D., *et al.* (2009). Alpha1-Antitrypsin deficiency, chronic obstructive pulmonary disease and the serpinopathies. *Clin Sci (Lond)*. 116:837-50.

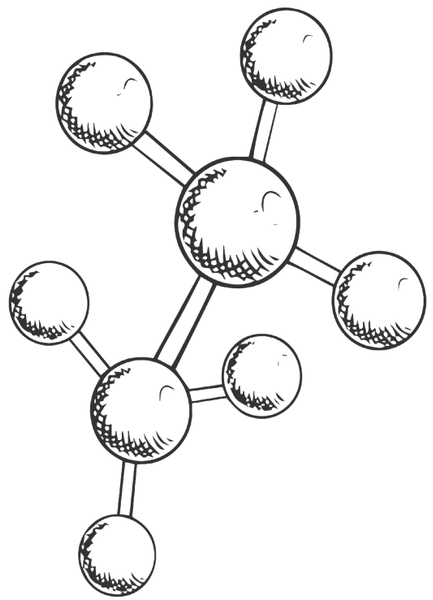
Gettins, P.G. (2002). Serpin structure, mechanism, and function. *Chem Rev*. 102:4751-804.

Heit, C., Jackson, B.C., Mcandrews, M., *et al.* (2013). Update of the human and mouse SERPIN gene superfamily. *Hum Genomics*. 7(1):22.

Knoell, D.L., Ralston, D.R., Coulter, K.R., *et al.* (1998). Alpha 1-antitrypsin and protease complexation is induced by lipopolysaccharide, interleukin-1 β, and tumor necrosis factor-α in monocytes. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 157:246-255.

Polverino, E., Rosales-Mayor, E., Dale, G.E., *et al.* (2017). The Role of Neutrophil Elastase Inhibitors in Lung Diseases. *Chest*. 152:249-262.

Roussel, B.D., Irving, J.A., Ekeowa, U.I., *et al.* (2011). Unravelling the twists and turns of the serpinopathies. *FEBS J*. 278:3859-67.



Un recorrido por la micología clásica, los modelos murinos y la micología moderna.

Entrevista con la Dra. Gloria M. González

MARÍA JOSEFA SANTOS CORRAL*



Gloria M. González tiene una licenciatura en Química farmacobióloga por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Una maestría y un doctorado en Ciencias, con especialidad en Microbiología Médica, por la Facultad de Medicina de la UANL, universidad en la que es profesora titular desde 1983. Sus áreas de investigación son micología médica, diagnóstico molecular, infecciones fúngicas y factores de virulencia en hongos, sobre las que ha escrito más de 130 artículos en revistas indizadas, varios capítulos de libros, además de formar alumnos de licenciatura, maestría y doctorado.

Como parte de su trabajo ha desarrollado modelos murinos con diferentes infecciones fúngicas para determinar nuevas terapias que puedan utilizarse en los humanos. Desde 1983 es la responsable del Laboratorio de Micología Médica del Centro Regional de Control de Enfermedades Infecciosas del Departamento de Microbiología. En 2012 fue nombrada secretaria Académica del área básica del Posgrado en Ciencias en la Subdirección de Estudios de Posgrado, y a partir de 2013 es jefa del Departamento de Microbiología de la Facultad de Medicina de la UANL.

*Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx

¿Cómo transita desde su licenciatura a la especialidad en Microbiología?

Estudie Química farmacobióloga en la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en cuyo plan de estudios se incluían cuatro o cinco unidades de aprendizaje sobre Microbiología, y ahí aprendí acerca de la diversidad del mundo microbiano: bacterias, virus, hongos, protozoarios y helmintos. Desde ese tiempo me gustó mucho la Microbiología Médica. Sin embargo, al titularme encontré, como muchos egresados en aquel entonces, hace 30 o 40 años, un fuerte atractivo en trabajar profesionalmente, aunque sabía que quería seguir estudiando y hacer un posgrado. Quería vivir la profesión, la situación real, lo que ocurre en el laboratorio clínico con las muestras de los pacientes porque siempre me gustó esa área. Sin embargo, cuando eres inquieta y te haces muchas preguntas, los estudios de licenciatura suelen ser insuficientes.

Me di cuenta de que si continuaba con la misma vida profesional, me centraría más en una rutina de los procedimientos diagnósticos y menos en enfrentar retos. Así que la alternativa que tenía entonces era hacer más o menos lo mismo por muchos años, o dar un gran salto y enfrentarme al cambio, así es que decidí "lanzarme". Tuve muchos cuestionamientos de mis amigos y compañeros de trabajo, pues insistentemente me preguntaban si valía la pena dejar un trabajo estable. Pero al final son las propias decisiones las que cuentan, y la mía era volver a ser estudiante, atreverme a dejar atrás las comodidades de las costumbres, estar dispuesta a aprender más, a especializarme, a encontrar respuesta a los problemas. Comencé otra etapa de mi vida, ahora viviendo en Monterrey e iniciando los estudios de la Maestría en Ciencias, con especialidad en Microbiología, en la Facultad de Medicina, en la UANL, donde estuve muy contenta, como siempre cuando fui estudiante; por suerte, ahora, como investigadora, sigo estándolo.



Insistentemente me preguntaban si valía la pena dejar un trabajo estable.

¿Cómo descubre su vocación por la investigación de infecciones fúngicas?

Cuando terminé la maestría, una profesora del Departamento de Microbiología que trabajaba el área de micología se jubiló y de esa manera llegué al área en el mismo Departamento, puedo decir entonces que llegué por accidente. Empecé a prepararme más en la micología médica, hallé el mundo de los hongos como un campo apasionante y encontré que no había muchas personas trabajando e investigando sobre el tema a nivel nacional, e incluso a nivel mundial. En verdad hay pocos micólogos médicos. A la vez comencé a dar clases en pregrado en las licenciaturas de Médico cirujano y partero y Químico clínico biólogo, y me gustó mucho esa experiencia, nunca he dejado de dar clases en pregrado.

Tiempo después inicié el doctorado en Ciencias, con especialidad en Microbiología Médica, en la misma Facultad de Medicina, donde tuve la fortuna de que me dieran tres años de permiso para irme al *Health Science Center at San Antonio,* en Texas, y ahí realicé toda la parte experimental de mi trabajo doctoral. Estuve en los laboratorios de los doctores Micheal G. Rinaldi, Deanna Sutton y Annette Fothergill, aprendiendo sobre la identificación fenotípica de hongos causantes de enfermedades en los seres humanos y lo relacionado con las pruebas de susceptibilidad *in vitro* con antifúngicos, que en ese momento estaban siendo sometidas a estandarización por el *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI).

En ese tiempo las características de la colonia de los hongos, así como las características microscópicas de las mismas, eran fundamentales para la identificación de estos microorganismos. Estos procedimientos conformaron la micología clásica o fenotípica durante muchas décadas. Los cultivos en placas Petri con agar glucosa Sabouraud, agar Micosel, etcétera, y procedimientos de cardaje, cinta adhesiva y microcultivos a partir de la colonia fúngica era lo usual. El microscopio era un equipo central e indispensable para la identificación de los hongos.

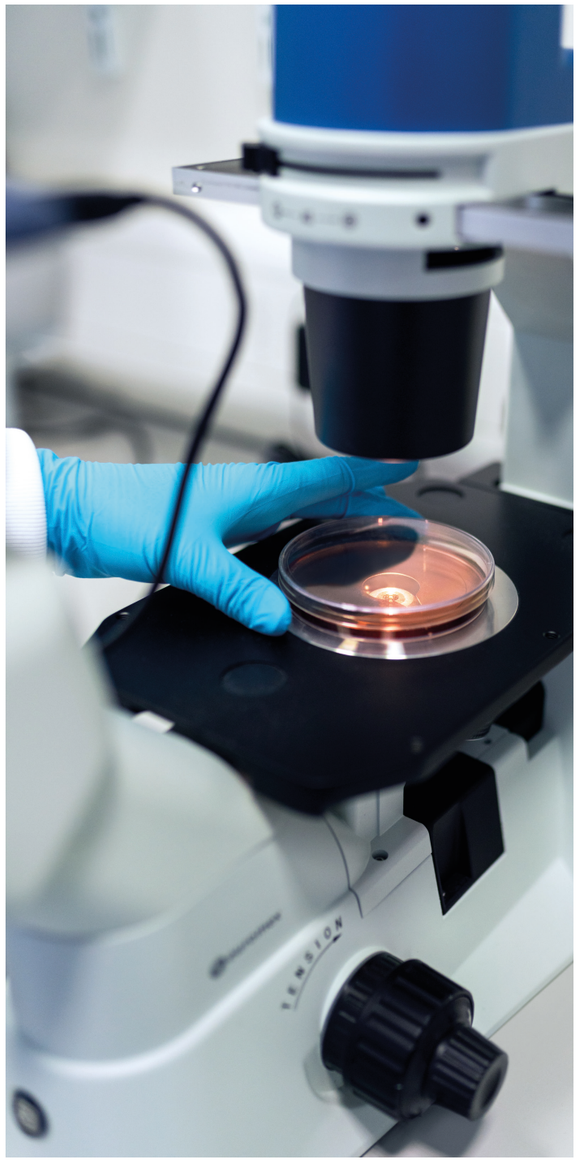
Al mismo tiempo que aprendía los procedimientos de identificación precisa de los hongos, estuve trabajando en el laboratorio del Dr. John R. Graybill, experto en el diseño de modelos murinos para evaluar la eficacia terapéutica de antifúngicos. Participé en el diseño de modelos murinos de coccidioidomicosis, aspergilosis, fusariosis y otros para evaluar la eficacia terapéutica de medicamentos como el posaconazol, voriconazol, caspofungina, anfotericina B liposomal, que desde hace tiempo son medicamentos que se utilizan en los humanos para tratar ciertas enfermedades fúngicas. Gracias a estos estudios se pueden salvar las vidas de muchas personas. Ese tiempo en Texas fue fundamental en mi formación profesional, en esos laboratorios tuve un recibimiento excelente desde el primer día de mi estancia y con el tiempo la relación de trabajo se fortaleció muchísimo, tanto que, aunque el permiso inicial era por dos años, pedí una extensión para quedarme un tercero, tanto mi universidad como en el extranjero me lo concedieron.

Además, tuve la oportunidad de aprender las estrategias para solicitar financiamiento para proyectos de investigación en el sistema estadounidense, el envío de información concerniente a potencia de nuevos medicamentos a la *Food and Drug Administration* (FDA), presentando resultados de mis investigaciones en múltiples congresos internacionales, aparte de practicar el arte de la publicación, que es muy estimulante, por supuesto siempre asesorada por mis mentores.

Aunque fue difícil tomar la decisión de regresar a mi país, regresé. Seguí dando clases en el pregrado y llevé a cabo muchos cursos de actualización de educación continua de micología médica diagnóstica, siempre ubicada en la UANL. Empecé a tener estudiantes de maestría que querían trabajar en micología médica y conforme obtuve fuentes de financiamiento también tuve estudiantes de doctorado y de esta forma empecé mi carrera como investigadora, la cual lleva ya varias décadas. Ha sido difícil esta carrera porque vivimos en un país que no tiene como prioridad la investigación. Proyectos que son sometidos a financiamiento no resultan aprobados con explicaciones del veredicto como que los hongos no son causa importante de morbi-mortalidad en los seres humanos. Pero a pesar de ello sigues, porque te gusta la investigación y mucho.

Tuve la oportunidad de hacer estancias adicionales cortas en otros laboratorios que enriquecieron mis conocimientos. Una de ellas fue en el *California Institute for Medical Research, Div. Infectious Diseases and Geographic Medicine, Stanford University*, en California, un laboratorio referente en el diseño de modelos murinos de infecciones fúngicas para evaluar eficacia terapéutica de nuevos medicamentos, así como estudios de patogénesis fúngica, bajo la asesoría de los doctores David Stevens y Karl V. Clemons. Otra de mis estancias fue en la *Michigan State University, Medical Technology Program, Div. Microbiology and Molecular Genetics*, en Lansing, Michigan, con el Dr. Leonel Mendoza, donde adquirí conocimientos básicos en Biología Molecular aplicada al diagnóstico de hongos.

Llegado a este punto, quiero comentar que hace aproximadamente dos décadas empezó a transformarse la micología convencional o fenotípica y comenzó a ser necesaria (ahora es indispensable) la confirmación de la identificación de un hongo mediante procedimientos de Biología Molecular. Con esto los micólogos tuvimos la necesidad de adquirir nuevos conocimientos para estar vigentes en esta nueva manera de hacer diagnóstico en las enfermedades micóticas. Las pruebas de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) para detectar ácidos nucleicos específicos del hongo resultaron muy satisfactorias y, aunque la formación de micólogos en la actualidad requiere una formación fenotípica como la que teníamos hace tiempo, la tendencia en la micología moderna requiere de una gran cantidad de conocimientos en los procedimientos de la Biología Molecular. Hoy por hoy el microscopio tiene un papel importante en la formación de nuevos micólogos, no tengo la menor duda. Sin embargo, el termociclador, el fotodocumentador, el secuenciador y otros equipos son también muy importantes en el enfoque que tiene la micología moderna para la confirmación o identificación de los hongos.





¿Qué desafíos encuentra en el desarrollo de modelos murinos?

Los desafíos son muy grandes y costosos. Podemos comenzar comentando que para trabajar en modelos murinos con enfermedades infecciosas, se debe contar con un laboratorio que tenga la infraestructura adecuada para manejar apropiadamente a los animales, para que los resultados que se obtengan de esos experimentos sean confiables y con toda la seguridad para quienes trabajan en el bioterio. Parámetros como la temperatura, humedad, CO_2, ciclos de luz y oscuridad, nivel de ruido, alimento, agua, limpieza, cambios de lecho, deben permanecer inalterados a lo largo del tiempo que dura el estudio.

En este punto quiero comentar que los primeros estudios en murinos, realizados en la Facultad de Medicina, los hicimos en un bioterio muy básico. Posteriormente la Dra. Mariana Elizondo (profesora del Departamento de Microbiología) sometió un proyecto en una convocatoria de infraestructura por parte del Conacyt que resultó aprobado y logramos tener un equipamiento de otro nivel. Por otro lado, gracias a los esfuerzos del Dr. Miguel Ángel Becerril García (profesor del Departamento de Microbiología), para que el nuevo bioterio funcionara adecuadamente y apegado a normas oficiales, es que ahora tenemos un laboratorio de Microbiología experimental autorizado por Sader/Senasica (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) para uso en investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, pruebas de laboratorio y enseñanza.

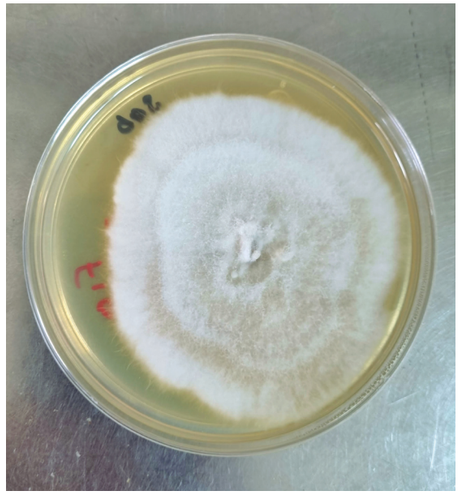
Otro desafío en el trabajo con modelos murinos es que se requiere personal entrenado en el manejo de animales y esto es algo que no les gusta a muchas personas. Así que cuando encuentras a personas con el carácter para trabajar esto, ya tienes mucho avance para llevar a cabo tus estudios de investigación.

Ahora bien, si ya cuentas con la infraestructura y el personal de apoyo está entrenado para manejar ratones, el siguiente paso es el reto más grande. Desarrollar el modelo murino con un microorganismo fúngico de tu interés. El diseño dependerá del objetivo del estudio: evaluar eficacia terapéutica, estudiar respuesta inmune, investigar patogenicidad, valorar virulencia, evaluar una prueba diagnóstica, evaluar una vacuna, etcétera. Ya en este punto entra una cantidad de variables que hay que definir, como la vía de administración, la concentración del inóculo, el volumen a inocular, el uso de inmunosupresión o si se va a trabajar con ratones inmunocompetentes, la cepa de ratones, la duración del modelo, los días para realizar el sacrificio, la forma de proceder en el sacrificio, los órganos por extraerse, las consideraciones acerca de la moribundez, etcétera. Son muchas variables, es mucho el trabajo por realizar, pero si se logra el desarrollo de un modelo, es un gran logro porque se podrá hacer un sinnúmero de estudios que proporcionarán información muy valiosa acerca de una nueva terapia antifúngica, de una vacuna experimental, de una nueva prueba diagnóstica, de patogenicidad de un hongo y muchas otras cosas más.

¿Cómo nutre la Microbiología al avance de la medicina?

La historia de la Microbiología tiene un largo camino, y en esta entrevista voy a cometer una injusticia enorme al mencionar muy poquísimas personas en la evolución de la Microbiología hasta una ciencia. En forma muy general podría decir que Anthony van Leeuwenhoek, si bien no fue el primero en descubrir los microbios, sí fue al menos la primera persona en ver un microorganismo (los denominó animáculos) y, sobre todo, documentar sus observaciones. Él diseñó su propio microscopio, muy simple, por cierto, ya que sólo tenía una sola lente, hecha a mano por él. Posteriormente vinieron muchos debates sobre el origen de los microbios, inicialmente se pensó que procedían de la materia orgánica en descomposición. Hasta que Louis Pasteur acabó con el mito de la generación espontánea y expuso la llamada teoría germinal de las enfermedades infecciosas, según la cual toda enfermedad infecciosa tiene como origen un microorganismo con capacidad de propagación entre personas. Por otro lado, Robert Koch fue el primero en demostrar la relación entre *Bacillus anthracis* y el carbunco. Koch fundó la Escuela de Microbiología en Berlín y Pasteur el Instituto Pasteur en París, y así la Microbiología empezó a funcionar como una ciencia. Se aislaron diversos agentes patógenos causantes de enfermedades, como tuberculosis, cólera, difteria, tétanos, peste, sífilis, etcétera.

En la actualidad, y en el momento de ejercer nuestra función docente, abordamos la Microbiología en cinco ramas: generalidades (Microbiología básica), bacteriología, virología, micología y parasitología, y de esta manera enseñamos para cada microorganismo las características morfológicas y fisiológicas, la patogenia, la epidemiología, la enfermedad o las enfermedades que producen, el diagnóstico de laboratorio, el tratamiento, prevención y control. Es importante que nuestros estudiantes conozcan y entiendan todo este conocimiento sobre los microbios y su diversidad. Para las generaciones presentes de expertos en el área de Microbiología, continua el reto que tuvieron muchísimos microbiólogos en el pasado, de descubrir nuevos gérmenes y las enfermedades que producen,



investigar nuevas opciones terapéuticas, nuevos enfoques en la elaboración de vacunas, la innovación de nuevas pruebas diagnósticas más sensibles y específicas, otras medidas para el control de las enfermedades infecciosas, etcétera.

Aunque en el presente encontramos tanto debate en el tema de vacunas, debemos reconocer que la vacunación es una excelente estrategia que ha salvado millones de vidas. Quiero comentar muy brevemente el ejemplo que se tiene con la erradicación de la viruela, esto es una prueba fehaciente de lo que puede conseguirse cuando se trabaja siguiendo un objetivo común. Para otras enfermedades infecciosas no se ha logrado la erradicación, pero su incidencia ha disminuido bastante por la intervención de las vacunas, por ejemplo: poliomielitis, tétanos, sarampión, difteria, tosferina, meningitis epidémica, enfermedad por rotavirus, enfermedad por virus del papiloma humano, etcétera.

Por todo este conocimiento que se desprende de la Microbiología es que es una unidad de aprendizaje importante en la carrera de Medicina. Tiene un impacto social impresionante.



¿Cómo integra la doctora González su red de trabajo desde la transdisciplina?

Parte de las habilidades que uno adquiere al estudiar un posgrado es conocer personas que también tienen conocimientos especializados en tu área y en muchas otras. Esto ayuda a ir formando grupos de investigación donde cada uno tiene mucho que aportar.

Sabemos que en el mundo de los hongos microscópicos hay una gran cantidad de problemas con la salud humana. Uno que nos ha interesado muchísimo es el de la resistencia primaria o secundaria de los hongos frente a los antifúngicos convencionales utilizados en el tratamiento de las enfermedades micóticas. Hoy por hoy es un problema real, aunque no sea reconocido por algunas autoridades académicas. Teniendo un problema al centro, empiezo a pensar en la integración de un grupo considerando a los especialistas en diferentes áreas del conocimiento y cómo podría ser el abordaje individual de cada participante para solucionar el problema y cuál sería el abordaje multidisciplinario como un grupo de expertos. De esta manera vamos conformando el grupo de investigación con micólogos, biólogos moleculares, inmunólogos, biólogos celulares, morfólogos clínicos, etcétera.

Formar grupos de investigación implica diseñar reglas muy claras desde el inicio y después lo principal es seguirlas. Ser muy disciplinados y comprometidos con lo que nos corresponde hacer. El respeto entre todos los integrantes del grupo hace una relación laboral duradera.

¿Qué retos encuentra para combinar las tareas académico-administrativas con el trabajo científico y la transferencia de conocimiento?

Conforme vas teniendo años de trabajo en una institución es frecuente que te soliciten la participación en algunas áreas administrativas. Al principio ves esas oportunidades no con tanto agrado. Sin embargo, te das cuenta que desde ahí puedes direccionar tu labor como docente o como investigador. Por ejemplo, me ha tocado ir a defender el posgrado básico de la facultad ante Conacyt y hemos obtenido el nivel de competencia internacional para nuestros programas de Maestría y Doctorado en Ciencias. Esto implicó organizar una gran cantidad de información y presentarla ordenadamente. Parámetros como admisión de estudiantes, instrumentos utilizados para su ingreso, eficacia terminal, tasa de graduación, núcleo académico básico, publicaciones, patentes, etcétera, deben poder ser visualizados claramente por los revisores.

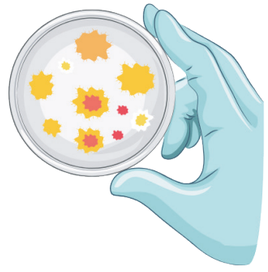
He participado, además, en la actualización y seguimiento de los reglamentos que rigen el posgrado básico en la subdirección de posgrado. La clave para hacer todo esto es administrar muy bien tu tiempo y hacerte de un equipo de trabajo que permita delegar algunas cuestiones.

La clave para hacer todo esto es administrar muy bien tu tiempo y hacerte de un equipo de trabajo que permita delegar algunas cuestiones.

¿Qué le ha dado la doctora González a la UANL y ésta que le ha dado a la doctora González?

La UANL me dio un lugar donde me especialicé. Me ha dado permisos y becas para salir al extranjero y prepárame en el área de micología médica. Me ha dado un trabajo con un salario que me permite vivir bien. En los casi 39 años que tengo trabajando en la Facultad de Medicina no he aspirado a estar en otro lado. La UANL me permitió hacer investigación y me otorgó proyección. Me dio un laboratorio, personal de apoyo, me permitió participar en la formación de recursos humanos especializados. Me ha dado mucho. Yo, por mi parte, he tratado de dar mi mejor esfuerzo y mi mejor intención en mi labor. En suma, tratar de hacer las cosas bien y ahí vamos. Termino la entrevista con una cita de Anthony van Leeuwenhoek, acuñada en junio de 1716:

"El trabajo que llevo haciendo de un tiempo a esta parte no lo hice para conseguir las alabanzas que recibo ahora, sino fui impulsado por la curiosidad de conocer, la que me parece tener en mayor medida que otros hombres. Y, además, siento la obligación de que cuando encuentro algo notable veo que he de registrarlo por escrito para comunicárselo a las personas inteligentes".



La UANL me permitió hacer investigación y me otorgó proyección…

Sustentabilidad ecológica

Gestión ambiental y cultura de la responsabilidad empresarial

PEDRO CÉSAR CANTÚ-MARTÍNEZ*



* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: cantup@hotmail.com

Durante el presente siglo XXI se han producido grandes cambios sociales y de carácter empresarial, en estos últimos las empresas se han visto obligadas y comprometidas a alcanzar los objetivos financieros inherentes a su génesis, así como el logro de la sostenibilidad social y ambiental (Cantú-Martínez, 2021). Esta visión de las compañías se constituye en "la creación de una nueva frontera de la empresa, [una especie de] revolución silenciosa" (HCGlobal Group, 2009:1), ya que éstas pueden convertirse en entes transformadores del ámbito social y en dispositivos clave para evitar los efectos del deterioro ambiental, los cuales se ciernen propiamente por la búsqueda de satisfacer y resolver las demandas sociales.

Es así que las nuevas condiciones de mercado en el mundo requieren de las empresas un nuevo componente, durante su planeación y actividad productiva, que genere espacios para la creación de nuevos modelos de negocio soportados en la innovación (Martínez y Roca, 2013). Este componente puede concebirse como aquel proceso prolífico que "conserve y enriquezca en vez de destruir las bases naturales en las que inevitablemente se asienta la actividad humana" (Calva, 2007:11). Esencialmente, esto es parte del concepto de desarrollo sustentable que promueve el uso de los recursos naturales de forma más eficaz, con la finalidad de mejorar la calidad de vida, tanto de las generaciones presentes como de aquéllas que aún no cuentan con una voz.

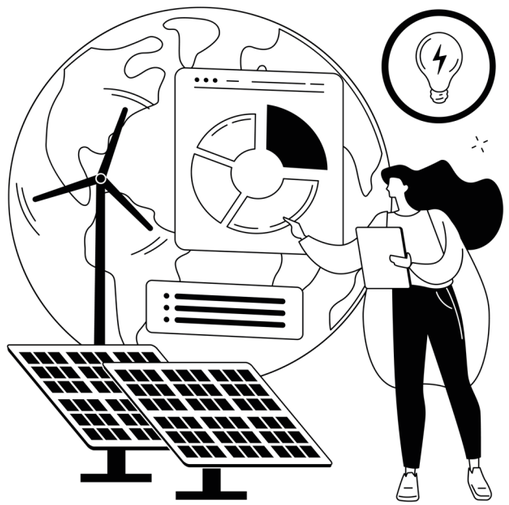
Sin embargo, muchas de las estrategias actuales, que comúnmente se adoptan para conseguir la sustentabilidad empresarial, ya sea mediante el consumo o la producción sustentable, son especialmente iniciativas colectivas voluntarias, ya que las empresas pueden elegir participar en ellas o no, y abandonarlas en cualquier momento, de acuerdo al marco regulatorio legal y al país en que se encuentren (Küçüksayraç, 2015). Esto se debe a que las regulaciones existentes y la demanda del mercado suelen ser distintas entre las naciones, lo que desestimula el impulso, cada vez más relevante, de desarrollar prácticas empresariales con diseño para la sustentabilidad.

En este manuscrito se tiene como objetivo comentar qué es una empresa sustentable, así como interiorizar con el contexto de la cultura de responsabilidad empresarial, la gestión ambiental en las empresas y finalizar con algunas consideraciones respecto al tema.

¿QUÉ ES UN EMPRESA SUSTENTABLE?

En este inicio del siglo XXI se debe seguir trabajando para estimular un crecimiento de carácter económico, con matices incluyentes de carácter social y ambiental. Este desarrollo económico permitirá que muchos países logren la cohesión y bienestar social esperado, además del acceso a una gestión ambiental conveniente para el presente y para el futuro. En este sentido, la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2014:1):

> promueve un enfoque sostenible basado en las personas para el desarrollo de empresas. En las empresas y en el mundo laboral, las esferas social, económica y ambiental del desarrollo sostenible interactúan de forma inseparable. Las empresas sostenibles alinean el crecimiento empresarial y la creación de empleos productivos y de trabajo decente con objetivos de desarrollo sostenible.



Este mismo organismo internacional ha indicado que los medios para favorecer el desarrollo de empresas sustentables radican fundamentalmente en contar con fuentes de financiamiento, suficiente infraestructura, estabilidad política y social en las naciones, además de poseer una normativa jurídica y administrativa clara y enfocada a la sustentabilidad, pero también la disposición de mano de obra calificada que les permita acceder y garantizar su funcionabilidad. De esta manera, se señala, se busca respaldar a los empresarios –inicialmente a los ya existentes– y posteriormente a los que potencialmente puedan contribuir a este desarrollo económico sustentable.

Sin lugar a dudas, este escenario promovería prácticas empresariales responsables y sustentables, tanto en el lugar de trabajo como en el entorno, y en la vertiente o giro económico en que se inserten. Por consiguiente, se busca favorecer "lo relativo a la creación de empresas, y fomentar lugares de trabajo sostenibles y responsables que combinen una mayor productividad y menos emisiones ambientales con mejores condiciones de trabajo y relaciones laborales" (OIT, 2014:2). De esta manera, las empresas sustentables toman un rol sumamente clave como estrategia global para alcanzar el propósito del desarrollo sustentable; desarrollo que promulga la prosperidad social y económica, además del equilibrio ecológico y la búsqueda del bien común (Velázquez y Vargas, 2012; Cantú-Martínez, 2022).

Por lo tanto, una empresa sustentable tiene como propósito la mejoría de las condiciones socioeconómicas donde se encuentra asentada y, adicionalmente, gestiona y conserva los recursos naturales, tanto desde sus operaciones internas como de las implicaciones externas que pueden llegar a causar. Actualmente, el concepto de empresa sustentable está fuertemente ligado a la noción de responsabilidad social, que incentiva la generación de valores y prácticas empresariales responsables. De esta forma, la sustentabilidad se erige como un imperativo para la continuidad de orden empresarial en cualquier lugar del mundo.

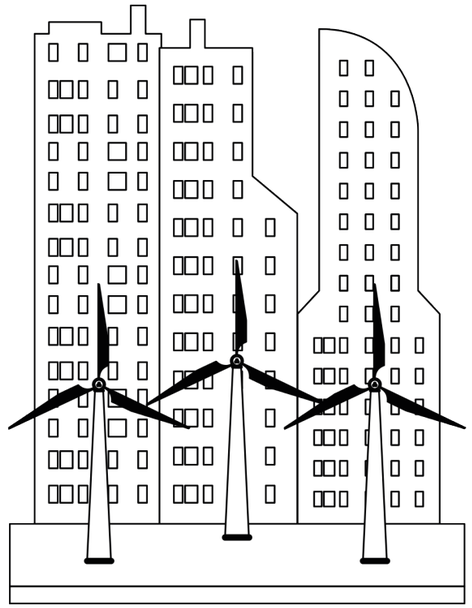
CULTURA DE RESPONSABILIDAD EMPRESARIAL

Si la cultura de responsabilidad empresarial se logra consolidar en todas las organizaciones productivas, éstas serán, de acuerdo al contexto internacional, mucho más competitivas. La característica que distinguirá a estas empresas de otras será la amalgama de esta responsabilidad empresarial con la cultura empresarial, que originará una filosofía que involucra el compromiso con los rubros social y ambiental, que también se puede denominar como responsabilidad social empresarial o responsabilidad social corporativa (Ordoñez, 2015). De acuerdo con esto, Carro-Suárez, Sarmiento-Paredes y Rosano-Ortega (2017) comentan que en la cultura empresarial existen cuatro postulados que convergen para la consolidación de esta cultura de responsabilidad empresarial: el involucramiento, la adaptabilidad, la misión y la consistencia.

El involucramiento se refiere al empoderamiento que debe haber en el capital humano y de las competencias que deben coexistir en derredor de la planta de empleados y trabajadores que integran la organización. En tanto, la adaptabilidad responde a las cualidades que una empresa debe ostentar para responder a los cambios –de manera oportuna– y a las propias exigencias del mercado en que se encuentra incidiendo. Mientras la misión detalla el propósito que define el rumbo de la empresa y las metas que se persiguen por el establecimiento; además define el rasgo que se desea alcanzar con el emprendimiento empresarial. Finalmente, la consistencia demarca el compromiso por la planta laboral, la cual es coherente con los valores centrales de la organización empresarial.

El cumplimiento de estos cuatro atributos sólo se podrá constatar mediante el análisis de las derivaciones y secuelas que inciden en la sociedad por su actividad productiva, y que deberán valorarse en el marco de las dimensiones económica, social y ambiental, cuyos resultados podrán ser diferentes según la envergadura de las compañías empresariales (Hillary, 2000; Williams y Schaefer, 2013). Por lo cual, la cultura de la responsabilidad empresarial se yergue en un término que está en constante cambio, acorde a los procesos de globalización social y económica, desarrollo tecnocientífico y lo relativo a la protección del ambiente. Así, la cultura de responsabilidad empresarial es un objeto de análisis inter, trans y multidisciplinario, en la cual concurren diferentes puntos de vista sobre la conceptualización de cultura de responsabilidad empresarial.

Por otra parte, la cultura de responsabilidad empresarial va de la mano con los preceptos de la sustentabilidad, la cual, desde su origen en 1998, ha reconfigurado el sistema de valores prevalecientes en la sociedad y en todas las organizaciones productivas en el mundo. Así, la sustentabilidad, de manera importante, promueve el balance entre los aspectos económicos, sociales y ambientales, y además persigue sostener el bienestar del ser humano (Severino, 2017).





LA GESTIÓN AMBIENTAL EN LAS EMPRESAS

La gestión ambiental se ha convertido en un elemento sumamente relevante en el marco de la cultura de la responsabilidad empresarial, ya que con ello la empresa se encamina a la implementación de acciones dirigidas a proteger y preservar el ambiente y a la mejora de las condiciones de vida de la sociedad en la cual se haya incluida, para con esto incorporar de manera efectiva los aspectos inherentes al desarrollo sustentable (Cuevas, Rocha y Soto, 2016). Por lo cual, la gestión ambiental involucra el empleo de recursos financieros y de carácter organizacional, para cumplir con la agenda que en materia ambiental y de sustentabilidad existe en el plano internacional.

Particularmente, se marca una pauta –en este sentido– a partir de 1999, cuando, mediante el pacto global, la Organización de las Naciones Unidas, encabezada por Kofi Anam, indica que el propósito fundamental y creciente –en ese momento– sería desarrollar una economía con carácter global y sustentable (Ordoñez, 2015). Dicho en otras palabras, con esto se da comienzo a la incorporación de la responsabilidad empresarial, y de forma adjunta al empleo de la gestión ambiental. Es así que la vinculación existente entre la gestión ambiental y la cultura de responsabilidad empresarial se ha constituido en una de las fortalezas más importantes para todos los emprendimientos empresariales, ya que con ello les ha permitido ajustarse a los cambios acelerados en los escenarios sociales, económicos y políticos en materia de productividad.

De hecho, Huerta y García (2009:16) aseveran que "lo más apropiado en la actualidad es contar con una estrategia empresarial que incluya, además de todos los componentes tradicionales, los aspectos ambientales como parte crítica del éxito de la firma". El establecimiento de un sistema de gestión ambiental involucra el conocimiento e identificación de todos aquellos procesos que se encuentren generando un efecto ambiental perjudicial, con la finalidad de implementar una serie de procedimientos para controlar o anular dicho impacto; para lograr esto el sistema de gestión ambiental debe ser permanente y continuo.

Con estas actuaciones, las empresas manifiestan ante la sociedad una actuación responsable y ética, por ende, tienen mayores posibilidades de ampliar su eficiencia productiva, competitividad en los mercados y dar validez a sus actividades. La orientación de estas acciones involucra la generación de conocimiento, con el objetivo de abonar a su permanencia como empresa y contribuir a la conservación del medio natural. Entre las pautas para alcanzar esto se encuentra el cumplimiento que deben hacer las empresas de las políticas y normas en materia ambiental, privilegiar la mejora continua, priorizar la prevención por sobre la corrección en los procesos productivos, impulsar la incorporación de tecnología limpia, así como auditar de manera permanente sus métodos y técnicas de manufactura, entre otros aspectos relevantes (Aguilera y Santana, 2017).

CONSIDERACIONES FINALES

A manera de reflexión final, la cultura de la responsabilidad empresarial, aunada a la gestión ambiental, se erigen como un proceso con cualidades distintivas, como la interacción, la colaboración, la creatividad y la innovación. Que, sin lugar a dudas, comprometen a las empresas en un accionar institucional que asume responsabilidad en el corto, mediano y largo plazo con los objetivos del desarrollo sustentable.

La preparación de un plan de desarrollo empresarial en derredor de estos dos elementos –la gestión ambiental y cultura de responsabilidad empresarial– se constituye además en la base para restablecer la imagen empresarial, generar espacios de diálogo y rendición de cuentas ante la sociedad civil y ante las instancias gubernamentales. La finalidad de esto es dar a conocer la misión, visión y valores que ostentan, con el propósito de crear una identidad ante la sociedad y promover su deber con la sustentabilidad, en la que confluye la prosperidad social y la conservación de la naturaleza.

REFERENCIAS

Aguilera, C.A., y Santana, R. G. (2017). *Fundamentos de la gestión ambiental*. Ecuador: Universidad ECOTEC.

Calva, J. (2007). *Sustentabilidad y desarrollo ambiental*. México: Porrúa.

Cantú-Martínez, P. C. (2021). Econegocios y sustentabilidad. *Ciencia UANL*. 24(110):56-61.

Cantú-Martínez, P. C. (2022). Sustentabilidad y responsabilidad social. *Ciencia UANL*. 25(111):64-70.

Carro-Suárez, J., Sarmiento-Paredes, S., y Rosano-Ortega, G. (2017). La cultura organizacional y su influencia en la sustentabilidad empresarial. La importancia de la cultura en la sustentabilidad empresarial. *Estudios Gerenciales*. 33:352365.

Cuevas, I.Y., Rocha, L., y Soto, M. del R. (2016). Incentivos, motivaciones y beneficios de la incorporación de la gestión ambiental en las empresas. *Universidad & Empresa*. 18(30):121-141.

HCGlobal Group. (2009). *Emprendimiento social y su sustentabilidad*. Santiago. HCG-G.

Hillary, R. (Ed.) (2000). *Small and Medium-Sized enterprises and the Environment: Business Imperatives*. Sheffield: Greenleaf Publishing.

Huerta, E., y García, J. (2009). Estrategias de gestión ambiental: una perspectiva de las organizaciones modernas. *Clío América*. 3(5):1530.

Küçüksayraç, E. (2015). Design for sustainability in companies: strategies, drivers and needs of Turkey's best performing businesses. *Journal of Cleaner Production*. 106:455-465.

Martínez, J., y Roca, J. (2013). *Economía ecológica y política ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.

OIT. (2014). *Empresas sostenibles: creación de más y mejores empleos*. Ginebra. Departamento de Empresas-Organización Internacional del Trabajo

Ordoñez, J.P. (2015). *Responsabilidad social en la cultura empresarial; factor competitivo*. Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada.

Severino, P. (2017). Responsabilidad social empresarial y conductores de valor: análisis de empresas chilenas que publican informes de sustentabilidad. *Multidiscip. Bus. Rev*. 10(1):2034.

Velázquez, L.V., y Vargas, J.G. (2012). La sustentabilidad como modelo de desarrollo responsable y competitivo. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*. 11:97-107.

Williams, S., y Schaefer, A. (2013). Small and medium sized enterprises and sustainability: managers' values and engagement with environmental and climate change issues. *Business Strategy and the Environment*. 22:173-186.

De miradas, microbios, pilas y envolturas

LUIS ENRIQUE GÓMEZ VANEGAS*



Yo no sé si a ti te haya pasado, pero en mi generación era muy común que nuestras madres nos intimidaran con una mirada, suficiente para saber que no estábamos actuando como se esperaba de nosotros en una situación concreta, sobre todo en público. Y es que entre humanos, la comunicación no verbal puede transmitir señales sociales con mucha claridad, como, por ejemplo, mirar a los ojos de alguien mientras se habla, para hacer que la persona observada se sienta aludida. Algo que hacían las mamás para decirnos que no nos iba a ir bien al regresar a casa. Pero, ¿sentiríamos lo mismo si fuera un androide quien nos mira a los ojos? En una investigación se ha explorado esta cuestión mediante experimentos con sujetos humanos y la presencia de un robot con cara humanoide.

El equipo internacional del Real Instituto de Tecnología en Suecia, llevó a cabo experimentos en los cuales pares de sujetos de estudio, uno que dominaba el idioma sueco y otro que estaba aprendiéndolo, jugaban a un juego de palabras suecas. El juego era dirigido por un robot humanoide que ejercía, por así decirlo, de maestro de ceremonias. En realidad, el robot era virtual. Su rostro era una proyección animada sobre una máscara de plástico especialmente diseñada para esta función.

Aunque lo natural sería que el participante con buen conocimiento del idioma sueco interviniera muchas más veces que el sujeto que todavía estaba aprendiéndolo, lo cierto es que el robot fue capaz de provocar la participación del jugador con menor fluidez, dirigiendo su mirada de forma natural hacia él y esperando silenciosamente a que se arriesgara a intentarlo.

La mirada del robot puede modificar la dinámica del grupo, es decir, los papeles que adoptan las personas en una situación; muestra, además, que incluso cuando hay un desequilibrio en las habilidades requeridas para la actividad, la mirada de un robot puede seguir influyendo en cómo contribuyen los participantes. Los autores tienen ahora claro que los robots podrían desempeñar un papel productivo en el ámbito educativo.



Algo que no tienen los androides, pero sí es muy "humano", es la colonia de miles de especies bacterianas diferentes que habitan el intestino, conformando lo que se conoce como flora (o microbioma) intestinal. La mayoría son beneficiosas, pero algunas pueden ser perjudiciales. Un nuevo estudio, llevado a cabo por especialistas del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), ha revelado que estas poblaciones bacterianas pueden cambiar radicalmente en el transcurso de la vida de su anfitrión, mediante la transferencia horizontal de genes entre bacterias. Los investigadores también han demostrado, en el estudio titulado "Elevated rates of horizontal gene transfer in the industrialized human microbiome", y publicado en la revista académica *Cell*, que este tipo de transferencia de genes se produce con mayor frecuencia en los microbiomas de las personas que viven en sociedades industrializadas, posiblemente en respuesta a sus dietas y estilos de vida específicos.

Una consecuencia inesperada de que muchos humanos vivamos en ciudades puede ser la de que hayamos creado condiciones muy propicias para que las bacterias que habitan en nuestros intestinos intercambien genes entre sí.

El estudio es el primer trabajo importante del GMbC (Global Microbiome Conservancy), un consorcio que está recogiendo en todas partes del mundo muestras del microbioma de poblaciones humanas poco representadas, en un esfuerzo orientado a preservar las especies bacterianas que corren el riesgo de perderse a medida que la humanidad se expone más y más a las dietas y estilos de vida industrializados.

La mayoría de las especies que han encontrado en poblaciones rurales y aisladas son variedades que no se verían en el mundo industrializado. La composición del microbioma cambia por completo, y junto con esto, la cantidad de especies diferentes disminuye. Esta menor diversidad del microbioma industrializado podría ser un reflejo de una mala salud intestinal.

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: luis.gomezv@uanl.mx



Bueno, ahora sabemos que hay diferencias en los estómagos de las personas del campo y los que viven en las grandes urbes, pero qué pensarías si te dijera que hay otro tipo de flora "especial" en las personas inteligentes. Sí, así me quedé yo cuando lo leí. Sabemos ya que la flora o microbiota intestinal humana está compuesta por billones de microbios (esencialmente bacterias, virus y hongos) que residen en el tracto digestivo. Esto no lo sabíamos, pero déjame decirte que hay un "eje intestino-cerebro", una compleja red que conecta la función intestinal con los centros emocionales y cognitivos del cerebro.

Este sistema de comunicación bidireccional está regulado por la actividad neuronal, las hormonas y el sistema inmunitario; las alteraciones en el eje pueden provocar trastornos en la respuesta al estrés y en muchos otros comportamientos, incluyendo cosas como el grado de excitación emocional o incluso las capacidades cognitivas de orden superior, incluyendo la de tomar decisiones.

Estudios anteriores han asociado diversos trastornos en la microbiota intestinal con trastornos de salud mental como la depresión, el trastorno bipolar y la esquizofrenia, así como con rasgos de personalidad y de otro tipo considerados ingredientes esenciales para un buen desarrollo del potencial intelectual de la persona.

Por otra parte, investigaciones recientes han relacionado el microbioma intestinal con el comportamiento social, incluyendo el hallazgo de que las personas con redes sociales más grandes tienden a tener microbiotas intestinales con mayor biodiversidad.

El nuevo estudio, titulado "Association of Loneliness and Wisdom With Gut Microbial Diversity and Composition: An Exploratory Study", publicado en *Frontiers in Psychiatry*, y realizado por científicos de la Universidad de California en San Diego, Estados Unidos, se hizo sobre 187 participantes, con edades de entre 28 y 97 años. En estas personas se tuvo en cuenta su nivel de soledad, así como de sabiduría, compasión y compromiso social. El estudio se realizó analizando la microbiota intestinal mediante muestras fecales.

La diversidad microbiana intestinal se midió de dos maneras: la diversidad alfa, que se refiere a la riqueza ecológica de las especies microbianas dentro de cada individuo, y la diversidad beta, que se refiere a las diferencias en la composición de la comunidad microbiana entre individuos.

Los niveles más bajos de soledad y los niveles más altos de sabiduría, compasión y compromiso social estaban asociados a una mayor riqueza filogenética y diversidad del microbioma intestinal. El grupo de investigación desconoce por ahora qué mecanismos pueden relacionar de una forma tan llamativa esos parámetros de personalidad con el nivel de biodiversidad del microbioma intestinal.

Una hipótesis plausible es que una flora intestinal sana y diversa puede amortiguar los efectos negativos del estrés crónico o ayudar a mantener comportamientos sociales que promuevan la sabiduría y otros resultados positivos.



Pero una de las cosas que te provoca estrés, dolor de estómago, cabeza y además te hace perder la "sabiduría", es sin duda quedarte sin batería, cuando no estás cerca de una fuente de energía donde recargar tus *gadgets*. Pues déjame decirte que desde los hornos de microondas hasta las conexiones Wi-Fi, las ondas de radio que se propagan por el ambiente no son sólo señales de energía consumida, sino también fuentes de energía en sí mismas.

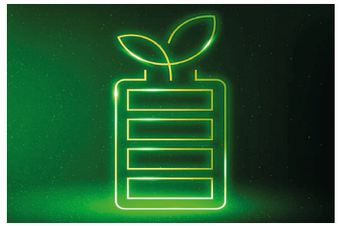
De hecho, un equipo de la Universidad Estatal de Pensilvania en Estados Unidos, ha desarrollado una forma de recoger energía de las ondas de radio para alimentar dispositivos ponibles, el estudio aparece en la revista académica *Materials Today Physics*, bajo el

título “Stretchable wideband dipole antennas and rectennas for RF energy harvesting”.

Los dispositivos portátiles de suministro eléctrico que actualmente energizan a los dispositivos ponibles destinados a monitorizar la salud tienen inconvenientes. Los basados en la energía solar, por ejemplo, sólo pueden suministrar electricidad cuando están expuestos al sol; los triboeléctricos sólo pueden hacerlo cuando el cuerpo está en movimiento.

Con la esperanza de lograr un buen modo de complementar el servicio prestado por esos dispositivos de suministro de electricidad, realizándolo cuando éstos no puedan, los investigadores desarrollaron un sistema de antenas de tipo dipolo estirables y de banda ancha capaces de transmitir de forma inalámbrica los datos que se recogen de los sensores de monitorización de la salud.

El sistema consta de dos antenas metálicas estirables integradas en una estructura con grafeno conductor y un revestimiento metálico. El diseño le permite conservar sus funciones de frecuencia incluso cuando se estira, se dobla y se retuerce. Además, está conectado a un circuito rectificador estirable, conformando así una antena rectificada, o “rectena”, capaz de convertir la energía de las ondas electromagnéticas ambientales en electricidad que puede utilizarse para energizar dispositivos inalámbricos o para recargar dispositivos de almacenamiento de energía, como baterías y supercondensadores.



Si bien el artilugio anterior puede tardar en cargar, lo hace de manera constante, lo que le da un plus, pero no lo ubica, aún, a la altura de las baterías de litio. Es más, creo que es muy difícil para todos imaginar nuestra vida cotidiana sin las baterías de iones de litio. Dominan el mercado de las baterías de pequeño formato para dispositivos electrónicos portátiles, y también se utilizan habitualmente en vehículos eléctricos. Sin embargo, las baterías de iones de litio plantean una serie de problemas graves, entre ellos un posible riesgo de incendio y un notable descenso de rendimiento a bajas temperaturas, así como un considerable impacto ambiental al eliminarlas.

Los químicos han estado explorando algunas clases de polímeros con nitroxilo al buscar materiales para el almacenamiento electroquímico de energía. Estos polímeros se caracterizan por su alta densidad de energía y una rápida velocidad de carga y descarga. Uno de los retos para la aplicación de esta tecnología es la insuficiente conductividad eléctrica. Esto dificulta mucho la recogida de carga incluso con aditivos altamente conductores.

Buscando soluciones para superar este problema, el grupo del Departamento de Electroquímica de la Universidad Estatal de San Petersburgo, en Rusia, sintetizó un polímero basado en el complejo Ni-Salen. Las moléculas de este metalopolímero actúan como un hilo molecular, cuya arquitectura permite alcanzar un alto rendimiento de capacitancia en un amplio rango de temperaturas.

Una batería fabricada con el nuevo polímero se cargará unas diez veces más rápido que una batería tradicional de iones de litio. Esto ya se ha demostrado mediante una serie de experimentos. Sin embargo, en esta fase, todavía está rezagada en términos de capacidad: entre un 30 y un 40% menos que en las baterías de iones de litio.

Ya se ha fabricado el cátodo (electrodo positivo) de la nueva batería. Ahora es necesario el electrodo negativo, el ánodo. La nueva batería es capaz de funcionar a bajas temperaturas y será una excelente opción cuando la recarga rápida sea crucial. Su uso es seguro: no hay nada que pueda suponer un peligro de combustión, a diferencia de las baterías basadas en cobalto que son de uso muy común hoy en día. También contiene una cantidad notablemente inferior de metales capaces de causar daños al medio ambiente.



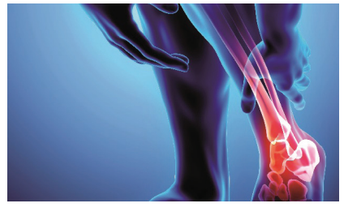
Podemos decir que estos avances nos hacen pensar en un mejor medio ambiente, sobre todo pensando en energías sustentables, y en la facilidad para generarlas, puesto que las células fotovoltaicas más populares en la actualidad, basadas en la tecnología del silicio, son rígidas, requieren una sofisticada y costosa infraestructura para fabricarlas y tienen elevados costes de eliminación cuando llegan al final de su vida útil.

Pero una alternativa para sustituir al silicio en el futuro son las células solares “de plástico”, en las que una mezcla de dos semiconductores orgánicos, un donante y un aceptor de electrones, absorbe la energía de la luz y la convierte en energía eléctrica. El uso de sustancias orgánicas aporta varias ventajas, como una tecnología más sencilla, menor inversión en producción y en la eliminación, flexibilidad mecánica y acceso a la diversidad química de los materiales orgánicos.

Sin embargo, los materiales orgánicos tienen una física más compleja que la de los materiales inorgánicos cristalinos (como el silicio), sobre todo en lo que respecta a los procesos de transferencia de carga en las interfaces donante-aceptor, que provocan pérdidas de eficiencia. Tras cuatro años de trabajo, un equipo del Instituto de Fotónica y Nanotecnología de Milán, en Italia, ha conseguido crear células solares con nuevos materiales en los que se minimizan las pérdidas relacionadas con las interfaces. Examinando a fondo estos materiales mediante pulsos láser ultracortos, han identificado las razones físicas de este excepcional rendimiento, gracias a lo cual han podido presentar un modelo general de optimización válido para otras combinaciones de materiales.

Las futuras células fotovoltaicas fabricadas con tecnología orgánica serán una fuente de energía más barata y con menor impacto medioambiental. Además, podrán incorporarse a diversos objetos cotidianos, como ventanas, coches o incluso ropa, gracias a su flexibilidad mecánica.

La principal fuente de energía de la Tierra es la luz solar, que proporciona diariamente unas 100 veces más energía de la que necesita la humanidad, lo que sitúa a las tecnologías fotovoltaicas entre las más prometedoras para el futuro. Los detalles técnicos de los avances logrados se han publicado bajo el título de “Adjusting the energy of interfacial states in organic photovoltaics for maximum efficiency”, en la revista académica *Nature Communications*.



Bueno, hoy en día el factor tiempo es muy importante, pues vivimos en una sociedad que cada día está más acelerada. Incluso, se está tratando de acelerar la recuperación en diversos padecimientos. Al respecto, los resultados de unas pruebas sugieren que un nuevo compuesto es capaz de reducir ¡a la mitad! el tiempo de recuperación de lesiones musculares.

Un equipo de la Universitat Politècnica de València (UPV) y el Centro de Investigación Biomédica en Red de Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN), en España, ha diseñado y caracterizado, a nivel preclínico, un nuevo biomaterial para el tratamiento y recuperación de lesiones musculares. Se trata de un hidrogel de alginato cargado con boro, que se administraría con una inyección subcutánea. Según las pruebas llevadas a cabo hasta ahora –en modelo animal–, es capaz de regenerar el músculo dañado de forma muy rápida, en concreto, en la mitad del tiempo que tarda en regenerarse de forma natural.

El avance podría aplicarse también para la prevención y tratamiento de la atrofia muscular asociada al envejecimiento. Los resultados del trabajo de estos investigadores españoles han sido publicados en la revista *Materials Science & Engineering C.*

La clave del alto rendimiento de este biomaterial reside en la liberación de boro con el que se carga el hidrogel de una forma sencilla, que a su vez estimula a las integrinas –proteínas presentes en todas las células del cuerpo y fundamentales en la adhesión de las células a la matriz extracelular–, lo que produce una correcta formación de los tejidos.

Según los investigadores, la estimulación simultánea de las integrinas que se unen a la fibronectina y del transportador del ion boro (NaBCl) mejora significativamente la regeneración muscular a nivel anatómico. Y lo hace porque induce un mayor

número de adhesiones y de mayor tamaño en las células musculares no diferenciadas, que son las que participan en la regeneración muscular tras una lesión, lo que favorece en último término la formación de los miotubos diferenciados que son necesarios para la creación correcta de las nuevas fibras musculares que regeneran.



Y si de reducir los tiempos y los padecimientos se trata, a ver qué te parece lo que te presento a continuación. Mediante el empleo de nanotecnología y con la colaboración de universidades, una empresa argentina de base tecnológica especializada en la industria del plástico ha desarrollado materiales que reducen el tiempo de permanencia de microorganismos sobre superficies, incluyendo el coronavirus culpable de la COVID-19.

La iniciativa ha sido una de las seleccionadas en la convocatoria para Empresas de Base Tecnológica (EBT) COVID-19 realizada por la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (Agencia I+D+i).

El material se puede aplicar a los productos cotidianos sin que pierdan sus propiedades originales. El objetivo es crear espacios más seguros en ambientes de masiva circulación de personas como oficinas, escuelas, transporte público, hospitales y otros ámbitos.

El material desarrollado se llama Nairo.Care y contiene nanopartículas de cobre que eliminan los patógenos. La empresa fabricó diversas formulaciones de esas nanopartículas para usar como aditivo en múltiples productos, como textiles, artículos de limpieza, pellets de polietileno, pinturas y plásticos de PVC. Con esta gran variedad de aplicaciones se pueden conferir propiedades antimicrobianas a suavizantes de ropa, lustramuebles, juguetes, muebles de jardín, manteles, uniformes, guardapolvos y una infinidad de productos cotidianos.

En pruebas de laboratorio, el polímero germicida mostró eliminar 99.99% del coronavirus canino y la bacteria *Escherichia coli* tras cinco minutos de exposición. Por otra parte, un ensayo de citotoxicidad documentó su inocuidad en humanos.

Además de cuidar la salud, otra ventaja que tiene este material es que evitará la necesidad de tener que sanitizar superficies o productos de forma continua.



Ahora, eso de tener plásticos antimicrobianos está muy bien, pero, sí, hay un pero, y todos los sabemos muy bien, el uso de materiales como el plástico en envoltorios y otros envases para alimentos ha generado muchos problemas medioambientales. Por eso es imperativo buscar alternativas más sostenibles y menos contaminantes.

Siguiendo la tendencia de buscar alternativas a esos materiales, científicos de la India y Rusia han creado películas alimentarias comestibles, oh, sí, así como lo lees, comestibles, para envasar fruta, verdura, carne y mariscos, entre otras clases de comida, el estudio se presenta en el *Journal of Food Engineering*, bajo el título de "Structural studies and bioactivity of sodium alginate edible films fabricated through ferulic acid crosslinking mechanism". Las películas están compuestas por ingredientes naturales, y son seguras tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Además, las películas son solubles en agua y se disuelven casi en 90% en 24 horas.

El equipo de la Universidad Federal de los Urales en Rusia ha creado tres tipos de películas alimentarias basadas en el alginato de sodio, un biopolímero de uso común y presente de manera natural en las algas. El alginato de sodio es comestible y se emplea como espesante y estabilizador, sus moléculas tienen propiedades que permiten la formación de películas.

Las moléculas de alginato de sodio fueron complementadas por el grupo de Aluru con un antioxidante natural, el ácido ferúlico. Su presencia hace que la película no sólo sea fuerte, sino también homogénea, más rígida y capaz de prolongar la vida útil de los productos alimentarios. El ácido ferúlico tiene una amplia gama de propiedades farmacológicas, en particular, antiinflamatorias, antitumorales, antitóxicas, hepato y cardioprotectoras, antivirales y antibacterianas, lo que se debe principalmente a las propiedades antioxidantes de este ácido.

Los alimentos se mantienen frescos durante más tiempo gracias a los componentes antioxidantes que ralentizan los procesos de oxidación. Además, es posible añadir a las películas agentes antivirales naturales, que también prolongarán la vida útil de los alimentos.

Y lo más importante, no se requiere ningún equipamiento especial para la producción de estas películas. A escala industrial, pueden ser creadas por los fabricantes de productos alimentarios.



Vaya, eso sí me parece digno de resaltar, el que podamos reducir el uso de plástico y que además nos podamos comer la envoltura de los alimentos, pero ¿qué hacemos con los deshechos que ya tenemos encima? Ahhh, pues muy fácil, un grupo de científicos se ha dado a la tarea de utilizar ciertos materiales reciclados para crear un mortero de cemento destinado a la construcción de viviendas, una estrategia sostenible que además consigue un producto de alta eficiencia, como demuestran los resultados que encontraron al analizar el comportamiento frente al fuego de algunos morteros de cemento en cuya composición hay lanas minerales procedentes del reciclaje de residuos de construcción y demolición.

Los resultados muestran que la incorporación de estas fibras recicladas puede ser una alternativa sostenible a las comerciales que se utilizan actualmente. Además, mejoran el comportamiento mecánico-térmico tras el incendio y evitan el comportamiento explosivo de los morteros, lo que mejora de forma notable este tipo de materiales.

El nuevo marco legislativo de economía circular de la Comunidad Europea ha impulsado a las instituciones europeas y a los Estados miembros a potenciar el reciclado y la valorización de los residuos, con objeto de minimizar el consumo de materias primas, reduciendo al mínimo los residuos destinados a vertedero.

El grupo de investigación de Tecnología Edificatoria y Medioambiente (Tema) de la Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), en España, lleva años ensayando morteros ecoeficientes que disminuyen el impacto ambiental de los materiales empleados en el sector de la construcción. Este grupo desarrolló el primer mortero sostenible que incorporó residuos de fibras como subproducto para su fabricación. Además, en otro estudio, los miembros de este grupo demostraron que los morteros con fibras recicladas ofrecen valores de resistencia, absorción y permeabilidad muy similares a los que tienen los morteros con las fibras comerciales; valores que superan los mínimos exigidos por la normativa actual.

En el más reciente estudio realizado por estos expertos, han obtenido resultados que indican que estos morteros reciclados tienen un buen comportamiento frente al fuego, ya que la incorporación de estos residuos de fibras permite mantener propiedades mecánicas adecuadas para su uso, que evitan, además, el comportamiento de desprendimiento explosivo de los morteros.

También se ha demostrado que los morteros de cemento con residuos de lanas minerales no arden, por lo que no aportan más carga al fuego y no liberan gases ni humos asfixiantes en caso de incendio.

El estudio se titula "Analysis of fire resistance of cement mortars with mineral wool from recycling" y aparece en la revista académica *Construction and Building Materials*.

FUENTES

NCYT de Amazings.
UC San Diego Health Sciences.
Universitat Politècnica de València.
Agencia CyTA-Leloir.
Universidad Federal de los Urales.
Universidad Politécnica de Madrid.

COLABORADORES

Alexandra M. Montoya
Bióloga, maestra en Ciencias, con orientación en Microbiología Industrial, y doctora en Ciencias, con orientación en Microbiología Médica, por la UANL. Su línea de investigación es la virulencia y resistencia antifúngica de hongos patógenos oportunistas. Miembro del SNI, nivel I.

Armando Jesús Martínez
Licenciado en Biología por la UV. Doctor en Ecología y Ciencias por el Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. Docente e investigador del Instituto de Neuroetología, Centro de Investigaciones Biomédicas-UV y FQFB-UV. Cuenta con perfil Prodep. Su línea de investigación la desarrolla sobre las aplicaciones bioestadísticas en distintos entornos biológicos, además de ecología funcional, interacciones intra e interespecíficas, ecología del comportamiento y neuropsicología. Miembro del SNI, nivel I.

Edmont Celis-López
Licenciado en Química Farmacéutica Biológica por la UV. Maestro y doctor en Neuroetología por el Instituto de Neuroetología-UV. Su línea de investigación es en neurociencias cognitivas y biología de la conducta.

Elvia Cruz-Huerta
Licenciada en Nutrición y maestra en Ciencias Alimentarias por la UV. Doctora en Bioquímica, Biología Molecular y Biomedicina por la Universidad Complutense de Madrid, España. Profesora investigadora en el Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos UV. Sus intereses científicos se centran en el análisis de proteínas y péptidos bioactivos derivados de diferentes fuentes alimentarias tanto de origen animal como vegetal.

Gloria María González
Licenciada en Química Farmacéutica Bióloga por la UAT. Maestra y doctora en Ciencias, con orientación en Microbiología, por la UANL. Su línea de investigación es la virulencia y resistencia antifúngica de hongos patógenos oportunistas. Miembro del SNI, nivel III, y de la AMC.

Guillermo Mayares Villegas
Médico interno de pregrado en Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán". Segundo lugar en el concurso Knowledge Games durante las II Jornadas Académicas de la Universidad de Westhill. Miembro del Student Interest Group in Neurology-UAM.

Ingrid Sosa-García
Licenciada en Química Farmacéutica Biológica por la UV. Estudiante del Doctorado en Ciencias Biomédicas del Instituto de Ciencias Biomédicas-UV. Su línea de investigación es en neuropsicología y biología de la conducta.

Joan E. Rodríguez-Grimaldo
Licenciado en Biotecnología Genómica por la UANL. Ha participado en proyectos relacionados con la detección de patógenos en vectores y con la respuesta inmune humoral. Actualmente cursa la Maestría en Ciencias con Orientación en Microbiología Médica en la FM-UANL.

Luis Enrique Gómez Vanegas
Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Corrector de la revista *Ciencia UANL* y de *Entorno Universitario*, de la Preparatoria 16-UANL.

Luis Jesús Cortez de la Fuente
Biólogo y maestro en Ciencias, con orientación en Microbiología Médica, por la UANL. Trabajó en el Centro Regional de Control de Enfermedades Infecciosas del Departamento de Microbiología. Doctorante, con orientación en Microbiología Médica, en la FM-UANL.

María Erika Ortega Herrera
Psicóloga, maestra en Psicología de la Salud y doctora en Psicología por la UUV. Adscrita al Instituto de Investigaciones Psicológicas-UV. Su línea de investigación se centra en el estudio de temas vinculados con estrés en su relación con el proceso salud-enfermedad, síndrome de burnout, estudio de variables psicológicas de personalidad (modelos salutogénicos) y su relación con enfermedades crónico-degenerativas.

María Josefa Santos Corral
Doctora en Antropología Social. Su área de especialidad se relaciona con los problemas sociales de transferencia de conocimientos, dentro de las líneas de tecnología, cultura y estudios sociales de la innovación. Imparte las asignaturas de ciencia y tecnología para las RI en la Licenciatura de Relaciones Internacionales y Desarrollo Científico Tecnológico y su Impacto Social en la Maestría de Comunicación.

Mariel Maldonado
Bióloga y doctora en Ciencias Biomédicas por la UNAM. Investigadora en ciencias médicas C en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias "Ismael Cosío Villegas".

Melissa del Carmen Martínez Torres
Licenciada en Letras Hispánicas por la UANL. Editora responsable de la revista *Ciencia UANL*.

Pedro César Cantú-Martínez
Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Doctor Honoris Causa, con la Mención Dorada Magisterial, por el OIICE. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista *Salud Pública y Nutrición* (*RESPyN*). Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Rogelio G. Garza Rivera
Ingeniero mecánico electricista y con posgrado en Enseñanza de las Ciencias, con especialidad en Física, por la UANL. Profesor de tiempo completo adscrito a la FIME-UANL. Doctor Honoris Causa por el Consejo Iberoamericano en honor a la Calidad Educativa, en Lima, Perú. Exrector de la UANL.

Lineamientos de colaboración
Ciencia UANL

La revista *Ciencia UANL* tiene como propósito difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial.

En sus páginas se presentan avances de investigación científica, desarrollo tecnológico y artículos de divulgación en cualquiera de las siguientes áreas: ciencias exactas, ciencias de la salud, ciencias agropecuarias, ciencias naturales, humanidades, ciencias sociales, ingeniería y tecnología y ciencias de la tierra. Asimismo, se incluyen artículos de difusión sobre temas diversos que van de las ciencias naturales y exactas a las ciencias sociales y las humanidades.

Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje claro, didáctico y accesible, correspondiente al público objetivo; no se aceptarán trabajos que no cumplan con los criterios y lineamientos indicados, según sea el caso se deben seguir los siguientes criterios editoriales.

Criterios generales

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiendo por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no haya sido publicada o enviada a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores (tres para los artículos de divulgación), en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación. Una vez entregado el trabajo, no se aceptarán cambios en el orden y la cantidad de los autores.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas, incluyendo tablas, figuras y referencias. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de cada autor de máximo 100 palabras, código identificador ORCID, ficha de datos y carta firmada por todos los autores (ambos formatos en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.
- Material gráfico incluye figuras, dibujos, fotografías, imágenes digitales y tablas, de al menos 300 DPI en formato .jpg o .png y deberán incluir derechos de autor, permiso de uso o referencia. Las tablas deberán estar en formato editable.
- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos: título del trabajo, autor(es), código identificador ORCID, institución y departamento de adscripción laboral de cada investigador (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios) y dirección de correo electrónico para contacto.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias utilizadas en el texto; éstas deberán citarse en formato Harvard.
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, además de cinco ideas y cinco palabras clave.

Criterios específicos para artículos de difusión

- El artículo deberá ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- Deberá considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deberán contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deberán presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- Sólo se aceptarán modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que aunadas a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.

Criterios específicos para artículos de divulgación

- Los contenidos científicos y técnicos tendrán que ser conceptualmente correctos y presentados de una manera original y creativa.
- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un interés que rebase los límites de una institución o programa particular.
- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.
- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, posteriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. El formato no maneja notas a pie de página.
- En el caso de una reseña para nuestra sección *Al pie de la letra*, la extensión máxima será de dos cuartillas, deberá incluir la ficha bibliográfica completa, una imagen de la portada del libro, por la naturaleza de la sección no se aceptan referencias.

Notas importantes

- Sólo se recibirán artículos por convocatoria, para mayor información al respecto consultar nuestras redes sociales o nuestra página web: http://cienciauanl.uanl.mx/
- Todas las colaboraciones, sin excepción, deberán pasar por una revisión preliminar, en la cual se establecerá si éstas cumplen con los requisitos mínimos de publicación que solicita la revista, como temática, extensión, originalidad y estructuras. Los editores no se obligan a publicar los artículos sólo por recibirlos.
- Una vez aprobados los trabajos, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.
- Todos los artículos de difusión recibidos **serán sujetos al proceso de revisión *peer review*** o **revisión por pares**, del tipo **doble ciego**; los documentos se envían sin autoría a quienes evalúan, con el fin de buscar objetividad en el análisis; asimismo, las personas autoras desconocen el nombre de sus evaluadores.
- Bajo ningún motivo serán aceptados aquellos documentos donde pueda ser demostrada la existencia de transcripción textual, sin el debido crédito, de otra obra, acción denominada como plagio. Si el punto anterior es confirmado, el documento será rechazado inmediatamente.

Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:
revista.ciencia@uanl.mx
o bien a la siguiente dirección:
Revista Ciencia UANL. Dirección de Investigación, Av. Manuel L. Barragán, Col. Hogares Ferrocarrileros, C.P. 64290, Monterrey, Nuevo León, México.
Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:
Tel: (5281)8329-4236. http://www.cienciauanl.uanl.mx/



Julio-agosto 2022

Año 25, número 114

La excelencia por principio la educación como instrumento

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

9 772007 117173 14

RevistaCienciaUANL revistaciencia_uanl RevistaCIENCIAUANL

Indexada en: PERIÓDICA biblat Bibliografía Latinoamericana Actualidad Iberoamericana Indice Internacional de Revistas

CONACYT ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

CUIDEN

Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal latindex

CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICA"