



# Gaceta Biomédicas



Julio, 2021 Año 26 Número 7 ISSN 1607-6788

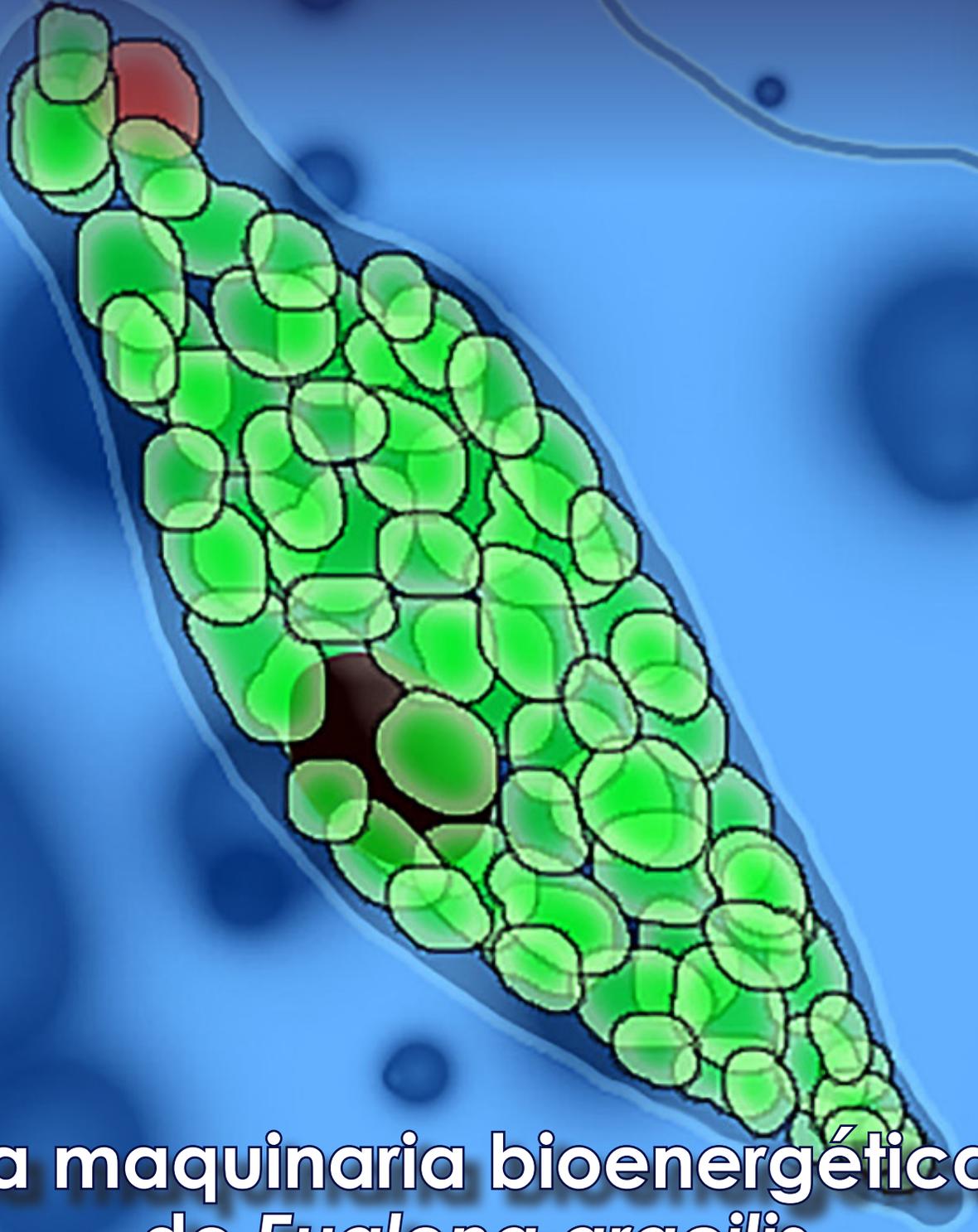


Imagen: Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0

## La maquinaria bioenergética de *Euglena gracilis*

P. 8



# CONTENIDO

JULIO, 2021 AÑO 26 NÚMERO 7

Rector  
**Dr. Enrique Luís Graue Wiechers**

Secretario General  
**Dr. Leonardo Lomelí Vanegas**

Secretario Administrativo  
**Dr. Luis Álvarez Icaza Longoria**

Coordinador de la Investigación Científica  
**Dr. William Lee Alardín**

Directora del IIBO  
**Dra. Imelda López Villaseñor**



Directora y Editora  
**Mtra. Sonia Olguín García**

Editor Científico  
**Dr. Edmundo Lamoyí Velázquez**

Reportera  
**Lic. Keninseb García Rojo**

**Gaceta Biomédicas**, Órgano Informativo del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. Es una publicación mensual, realizada por el Departamento de Prensa y Difusión del IIBO. Editores: Sonia Olguín y Edmundo Lamoyí. Oficinas: Segundo piso del Edificio de Servicios a la Investigación y la Docencia del IIBO, Tercer Circuito Exterior Universitario, C.U. Teléfono y fax: 5622-8901. Año 26, número 7. Certificado de Licitud de Título No. 10551. Certificado de Licitud de Contenido No. 8551. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del título 04-2018-092408590700 expedido por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. ISSN 1607-6788. Este número se terminó el 31 de julio del 2021.

Información disponible en:  
[http://www.biomedicas.unam.mx/buscar\\_noticias/gaceta\\_biomedicas.html](http://www.biomedicas.unam.mx/buscar_noticias/gaceta_biomedicas.html)  
Cualquier comentario o información, dirigirse a: Mtra. Sonia Olguín, jefa del Departamento de Prensa y Difusión, correo electrónico: [gaceta@ibiomedicas.unam.mx](mailto:gaceta@ibiomedicas.unam.mx)

Las opiniones expresadas en los artículos son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la Institución. Prohibida la reproducción total o parcial del contenido por cualquier medio impreso o electrónico, sin previa autorización. Ni el Instituto ni la **Gaceta Biomédicas** recomiendan o avalan los productos, medicamentos y marcas mencionados.

Universidades proponen principios para construir la Ley General de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) **3**

Balance negativo **6**

La maquinaria bioenergética de *Euglena gracilis* **8**

Nutrición materna: construyendo el camino para la salud y la enfermedad **10**

¿Cómo enviar archivos cifrados por correo electrónico? **12**

Consulta ediciones anteriores usando nuestro código QR



## Universidades proponen principios para construir la Ley General de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI)

Instituciones públicas y privadas convocaron al foro “Jornadas de Reflexión sobre el sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación”

Para construir un sistema de ciencia, tecnología e innovación que aspire a la transformación del país, se debe garantizar la participación amplia de la comunidad académica, del sector privado y social en la planeación, formulación y coordinación de la política de CTI; elaborar un programa de prioridades nacionales a partir de problemas que requieren una solución urgente; asegurar el financiamiento estable de la CTI a partir de un porcentaje incremental del gasto público anual; diseñar políticas de fomento de vocaciones científicas, y establecer mecanismos institucionales de comunicación pública de la ciencia que garanticen el Derecho Humano a acceder a los beneficios de esta, concluyeron los participantes del Foro Interuniversitario convocado por 10 instituciones académicas públicas y privadas que realizan actividades de ciencia, tecnología e innovación en el país.

En las 13 mesas de diálogo del foro “Jornadas de reflexión sobre el sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación que demanda el futuro”, realizadas de manera virtual, más de 100 participantes de 27 instituciones públicas y privadas dialogaron sobre el derecho humano a los beneficios de la CTI; gobierno y gobernanza del sistema de CTI; ciencia básica, ciencia aplicada e interdisciplina; libertad e investigación; la importancia de las universidades en la producción científica; fomento a la innovación; las bases del financiamiento a las actividades de CTI y política de evaluación.

Este diálogo, convocado por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), Universidad de Guadalajara, Universidad Veracruzana, Universidad del Valle de México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad Iberoamericana y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, se realizó en el marco del proceso de formulación de una iniciativa de Ley General de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación, cuyo anteproyecto fue elaborado por el CONACyT y aprobado por el Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación el 14 de diciembre de 2020.

“Estamos viviendo tiempos de cambio y los actores de las actividades de CTI quieren expresarse, quieren dar su punto de vista sobre qué cambios, hacia dónde debemos avanzar. Hay muchas opiniones y la necesidad de generar consensos (...).El objetivo del foro fue generar un diálogo

Continúa en la página 4>



**El doctor Enrique Graue Wiechers, rector de la UNAM, enfatizó en la necesidad de realizar un diálogo como este para mostrar que el conocimiento, la tecnología y la innovación son fundamentales para solucionar crisis y consolidar procesos de soberanía, desarrollo y bienestar.**

go entre voces plurales de la comunidad académica sobre las características que debe tener el sistema de ciencia, tecnología e innovación”, explicó la doctora Gabriela Dutrénit, investigadora de la UAM e integrante del comité organizador.

En el foro también se propuso que para fortalecer el sistema de CTI es necesario adoptar un federalismo abierto y constructivo que favorezca la distribución de competencias y la coordinación para el funcionamiento del sistema; asegurar la libertad de investigación con perspectivas de derechos humanos y equidad de género; eliminar cualquier discriminación en contra de las y los investigadores que trabajen en instituciones privadas, incluyendo los estímulos como miembros del Sistema Nacional de Investigadores; procurar una adecuada distribución de recursos para la CTI entre las secretarías de Estado y federaciones para asegurar la atención de las necesidades regionales, y asignar los recursos a partir de convocatorias regulares y transparentes.

Así mismo se discutió la necesidad de asegurar que el diseño de la política de CTI se lleve a cabo de forma coordinada entre universidades, institutos tecnológicos y centros públicos de investigación y que se articule con la Ley General de Educación Superior; establecer la autonomía de decisión operativa, técnica, administrativa y de gestión presupuestaria de los Centros Públicos de Investigación; establecer incentivos a la innovación tecnológica, y promover la coordinación público-privada para el fomento de empresas de base tecnológica, sistemas con productos agropecuarios, clústeres industriales y cadenas de suministro.

En la inauguración del Foro Interu-

versitario, el doctor Enrique Graue Wiechers, rector de la UNAM, enfatizó en la necesidad de realizar un diálogo como este para mostrar que el conocimiento, la tecnología y la innovación son fundamentales para solucionar crisis y consolidar procesos de soberanía, desarrollo y bienestar.

“Esta pandemia, todos lo sabemos, ha desvelado una enorme cantidad de problemáticas históricas y estructurales; entre ellas, por supuesto, la baja inversión en el sector CTI. La participación de los gobiernos y de los actores privados para dotar de recursos al sector, en nuestro modelo económico actual, es de vital importancia para detonar todo el sistema de ciencia, tecnología e innovación”, afirmó el rector Graue.

Por su parte, la doctora Sara Ladrón de Guevara, rectora de la Universidad Veracruzana, celebró la realización del foro cuando está en construcción, reflexión y discusión un proyecto de ley sobre CTI y destacó que la participación de varias instituciones importantes de educación superior públicas y privadas del país habla del interés, el compromiso y la responsabilidad que asumen frente al futuro de la ciencia, la tecnología y la innovación.

En su participación, la doctora Margarita Teresa de Jesús García Gasca, rectora de la Universidad Autónoma de Querétaro, señaló que el mal uso de recursos, malas decisiones, decisiones hegemónicas de pequeños grupos que eventualmente monopolizaron la ciencia en México durante algunos años, provocaron cambios en las decisiones sobre cómo se deben dirigir los caminos de la ciencia en México; sin embargo, consideró que antes de realizar modificaciones al sistema de CTI es necesario “hacer un buen diagnóstico, una

reflexión, un trabajo conjunto, plural, de diálogo, que nos permita saber qué funciona en México y qué no funciona”.

La Ley General de Educación Superior fue resultado de un consenso, expresó el doctor Héctor Raúl Solís Gadea, vicerrector de la Universidad de Guadalajara, por ello confió en que ocurra algo similar en los trabajos que se están realizando para generar la nueva ley de CTI; “que se tome en cuenta la voz de todos, porque en una sociedad democrática, sin gobernanza colaborativa, sin procesos horizontales de entendimiento, no podrá generarse la libertad”.

Así mismo, el doctor José Mustre de León, director del CINVESTAV, indicó que hay una relación íntima entre la ciencia, tecnología e innovación y la educación superior, pues prácticamente 75 por ciento de todos los productos de investigación que se generan en el país proceden de universidades; por ello, afirmó que es importante se tome en cuenta el punto de vista de estas instituciones de educación superior en la formulación de una ley de CTI.

En su oportunidad, el doctor Bernardo González-Aréchiga, Rector Institucional de la Universidad del Valle de México, afirmó que ante la próxima promulgación de una nueva ley se abre una oportunidad para renovar el andamiaje normativo y estructural del sistema de CTI del país y enriquecer la educación superior, pues la reforma constitucional se enfoca en dos objetivos fundamentales: garantizar el derecho de toda persona a gozar de los beneficios del desarrollo de la ciencia y la innovación tecnológica, y que el Estado debe apoyar la investigación e innovación científica, humanística y tecnológica, así como garantizar el acceso abierto a la información que derive de ella.

Agregó que “este nuevo entramado, amplio e incluyente de normas y diseño institucional, debe apoyar compromisos de largo plazo, como destinar 2 por ciento del gasto total de la federación a la ciencia, tecnología e innovación; impulsar el gasto en inversión en investigación y desarrollo experimental, tanto público como privado, para que llegue inicialmente a 1 por ciento del PIB y eventualmente a 2.5 por ciento”; así como asignar recursos a la educación para alcanzar, en 10 años, un índice de cinco investigadores por cada mil habitantes, pues mencionó que actualmente en México hay 0.7 investigadores por cada mil habitantes, mientras que en España hay 6.7 por la misma cantidad de personas, en Estados Unidos 8.5 y en Japón 10.

En seguida, el doctor David Alejandro Garza Salazar, rector del ITESM, afirmó que para mejorar la economía, la calidad de vida y el bienestar de los mexicanos en el futuro es necesario contar con una estrategia de ciencia, tecnología, innovación y emprendimiento que promueva la colaboración nacional e internacional; que impulse el enfoque en temáticas regionales y globales; que cuente con estímulos para desarrollar talento nacional y atraer el internacional; que facilite la creación de laboratorios nacionales, binacionales y multinacionales; que promueva la creación de empresas de base tecnológica con los incentivos y estímulos fiscales necesarios y que otorgue los estímulos requeridos para la inversión pública y privada en investigación y desarrollo tecnológico.

Afirmó que, es preocupante que en el contexto actual, el nuevo reglamento del Sistema Nacional de Investigadores excluya a los que están ad-

critos a universidades privadas, pues aunque representan solo 5 por ciento del total de sus integrantes, aportan 11 por ciento de publicaciones en la base de datos de Scopus, 8 por ciento de patentes y atienden a 10 por ciento de los estudiantes de posgrado del país. Además, resaltó que por cada peso que se recibe del sector público, las instituciones de educación privada aportan el equivalente y hasta el triple, con lo cual se multiplica la inversión pública.

El maestro Rogelio Guillermo García Garza Rivera, rector de la Universidad Autónoma de Nuevo León, afirmó que se requiere un incremento constante de inversión en CTI para alcanzar un verdadero desarrollo sostenible y equitativo, e impulsar la transformación de la sociedad. Ante el impacto de la pandemia, agregó, las instituciones educativas tuvieron que reflexionar, reconsiderar, repensar y replantear cómo y qué enseñar; cómo impulsar la innovación y hacia dónde dirigir la investigación científica.

“Consideramos que este es el momento oportuno para promover la innovación y el emprendimiento con base tecnológica, que convierta a nuestras universidades en semillero de talentos para el futuro digital y aumenten su capacidad de generar recursos propios. En ese sentido, si, por una parte, la educación superior es un derecho humano que promueve la movilidad social y la equidad, por otra parte, el desarrollo tecnológico debe promover una economía más productiva y sostenible y una mejor calidad de vida”, señaló el rector García Garza.

Sobre los retos que actualmente enfrenta la comunidad académica dedicada a actividades de CTI, el doctor

Saúl Cuautle Quechol, rector de la Universidad Iberoamericana, mencionó que se debe promover el desarrollo de políticas públicas que garanticen recursos para todas las instituciones y los investigadores; atender problemáticas relacionadas con el cambio climático y su impacto en la salud y el desarrollo sostenible; la construcción de una cultura científica en los gobiernos y ciudadanos; promover el desarrollo de más vocaciones científicas en los jóvenes, y eliminar antiguas y nuevas brechas sociales, económicas, culturales.

“El planeta lamentablemente ya no es el mismo que conocíamos apenas hace 18 meses. Las condiciones han cambiado y es claro que, en México, como en el resto del orbe, se requiere de un sistema de ciencia, tecnología e innovación que responda a un nuevo contexto (...). Nuestro rol como instituciones de educación superior será igualmente crucial y requiere reafirmar nuestro compromiso social, lo que implica consolidar nuestra estructura y garantizar las libertades académicas, diversificar la búsqueda de fondos para impulsar la investigación y seguir fomentando capital humano altamente especializado”, señaló el doctor Eduardo Peñalosa Castro, rector de la UAM.

Al término del foro, los organizadores anunciaron que las próximas acciones que realizarán las instituciones convocantes consistirán en integrar y difundir las memorias del evento con las ponencias y los comentarios de todos los participantes; así como elaborar una declaración conjunta que recoja los principales consensos que emergieron de la reunión para presentarla en otros foros, ante el Congreso de la Unión y el CONACYT. ■

# Balance negativo

Gerardo Gamba  
Departamento de Medicina Genómica  
y Toxicología Ambiental del IIBO, UNAM.



Ilustración: Creative Commons Attribution License (CC-BY)

Estoy preocupado. En los 30 años que llevo haciendo investigación científica en México no había sentido tan incierto el futuro. No soy partidario de ningún gobierno en particular. Todos tienen cosas buenas y malas. He sido crítico de todos. Lo que comento en estas líneas es con base en lo que percibo como investigador en la trincherera.



Vi nacer el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) cuando era residente de medicina interna. Con sus imperfecciones, pero fue un parteaguas que sirvió para estabilizar a la precaria comunidad de ciencia del país. El sexenio con más apoyo fue el del presidente Salinas. La comunidad científica fue sorprendida con recursos que entonces sobraban. Fui testigo y beneficiario. No había límite para solicitar proyectos, por lo que a mi regreso de Boston (1993), en un año obtuve financiamiento para tres diferentes. Gracias a eso pude iniciar un laboratorio que posteriormente ha obtenido recursos de diversos países, para beneficio de la ciencia y estudiantes mexicanos y ha contribuido con generación de conocimiento y formación de científicos. Sin el apoyo de CONACyT esto no hubiera sido posible.

En los siguientes años surgieron diversos programas para financiar investigación como los Fondos Sectoriales, Fronteras de la Ciencia, Problemas Nacionales, Laboratorios Nacionales e Infraestructura. Cada sexenio la comunidad científica ganaba algo que llegaba para quedarse. Así, sabíamos que una vez al año habría una convocatoria para proyectos de ciencia básica (SEP-CONACyT), otra para proyectos de investigación clínica (FOSSIS-CONACyT), otra de infraestructura, etc. Se tenía claro cuándo se publicaba la convocatoria y los resultados del SNI. Percibíamos al CONACyT como amigo de los científicos y podíamos hacer planes a mediano plazo. El gobierno de Peña Nieto en sus últimos dos o tres años redujo considerablemente los recursos, pero en el presente sexenio hemos perdido mucho de lo que ya habíamos ganado. Se eliminaron los fondos sectoriales. La investigación clínica y básica se quedaron sin apoyo. En tres años solo ha habido una convocatoria de Fronteras de la Ciencia y una de Infraestructura. Se lanzaron los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES), de los cuales, al menos en salud no se ha publicado ninguna convocatoria. Sin embargo, varios colegas han recibido enormes recursos por esta vía, en forma discrecional, sin haber concursado con nadie. Una condición fundamental de la ciencia es que debe ser competitiva y al parecer eso se está perdiendo.

En el Sistema Nacional de Investigadores se ha mencionado la intención de eliminar la meritocracia, lo cual sería enterrarlo. El año pasado en las evaluaciones hubo más solicitudes de apelaciones que nunca y en este año les voltearon la espalda a los colegas de instituciones no públicas. No habíamos visto tantos editoriales negativos sobre el CONACyT en revistas como *Science*. La relación de la comunidad científica con el Consejo se ha deteriorado. Dejamos de percibir al Consejo como nuestro aliado. No sabemos ni cómo, ni cuándo saldrán convocatorias, ni los montos que se tengan destinados. Los recursos en varios laboratorios se están agotando y eso los pone en riesgo de perder el prestigio internacional y la competitividad que requirió mucho esfuerzo e inversión para ganar. El abismo con quienes invierten en ciencia se hace cada vez mayor. Los nuevos investigadores, que son el futuro de la disciplina en nuestra nación, no tienen ni cómo arrancar.

Quien me conoce sabe que soy un optimista nato, pero llevo tiempo preocupado por el futuro de la ciencia en México. El efecto negativo se verá cuando quienes llevan en este momento la conducción ya no estén en poder de revertirlo o, peor aún, cuando ya ni siquiera estén en el mundo para enterarse. ■

Este artículo fue publicado el 5 de julio en el diario *La Crónica*, página 5, sección Columnistas.

# La maquinaria bioenergética de *Euglena gracilis*

Sonia Olguin

Las microalgas se encuentran entre los organismos más diversos del planeta, son organismos acuáticos que pueden ser de utilidad para reducir la degradación de los ecosistemas causada por la actividad humana, principalmente por la industria, que ha provocado la contaminación de los ambientes y cuerpos de agua, así como la acumulación de gases con efecto invernadero como es el CO<sub>2</sub>, principal producto de la combustión de materiales fósiles. Por su complejo metabolismo, estos organismos son capaces de asimilar muchos de los contaminantes llevando a cabo una biorremediación de los cuerpos de agua. Al ser productores primarios, pueden producir su propio alimento a partir de compuestos inorgánicos y luz, mediante el proceso de fotosíntesis fijando el CO<sub>2</sub> atmosférico en compuestos orgánicos, con una eficiencia de utilización de la luz solar de hasta 50 veces más grande que las plantas terrestres, lo que les confiere un papel primordial en la regulación del clima terráqueo.

Paralelamente a ese proceso, las microalgas producen muchos compuestos que pueden ser precursores de biocombustibles, bioetanol, vitaminas, pigmentos, así como nuevos compuestos con actividad farmacéutica útiles para el tratamiento de enfermedades de humanos y de animales. Por estas razones, el doctor Héctor Vicente Miranda Astudillo, investigador incorporado recientemente al Departamento de Biología Molecular y Biotecnología del Instituto de Investigaciones Biomédicas mediante el programa SIJA (Subprograma de Incorporación de Jóvenes Académicos de Carrera), está interesado en la caracterización bioquímica, estructural y funcional del metabolismo bioenergético de estos organismos, especialmente en microalgas secundarias como son el alga verde *Euglena gracilis* y la diatomea *Phaeodactylum tricornutum* mediante una aproximación experimental que incluye el estudio de la mitocondria y plástidos aislados, de secuencias transcritómicas y filogenómicas, así como determinaciones en células completas.

## Origen e interacciones de los organelos bioenergéticos

Los procesos bioenergéticos celulares en organismos eucariontes son la fosforilación oxidativa en la mitocondria y la fotosíntesis en el cloroplasto. Estos

procesos ocurren en dos organelos interdependientes pero que tienen un origen evolutivo relacionado pues provienen de series de eventos endosimbióticos; cuando un ancestro eucarionte engulle y fagocita a una  $\alpha$ -protobacteria que es capaz de realizar fosforilación oxidativa, nace el organelo conocido como mitocondria y a partir de esta endosimbiosis surgen todos los organismos eucariontes. Posteriormente, un linaje de estas células engulle a una cianobacteria que realiza fotosíntesis aeróbica y de ahí se genera el linaje con cloroplasto primario (*archaeplastida*) que va a dar origen a los tres principales linajes de las algas que conocemos actualmente: las clorofitas (algas verdes), las glaucofitas y las rodofitas (algas rojas); sin embargo, el proceso de los plástidos fue más complejo ya que no sólo fue una endosimbiosis primaria sino que se efectuaron procesos endosimbióticos y a partir de la fagocitosis de organismos pertenecientes a los linajes de algas verdes (*chlorophyta*) y rojas (*rhodophyta*) por otros organismos eucariontes, lo que dio origen a plástidos secundarios e incluso a plástidos terciarios cuando se da una tercera fagocitosis. Esta serie de sucesos representa uno de los ejemplos más espectaculares de innovación evolutiva, que dio lugar a una extensa variedad de relaciones entre el nuevo

organelo y el hospedero. Estos procesos endosimbióticos también originaron linajes importantes, ya sea ambientales o biotecnológicos, como son los euglenoides, los dinoflagelados, los apicomplexos y las diatomeas. Desde el punto de vista genético, estos organismos son tan diferentes unos de otros como las plantas terrestres de los animales.

La fotosíntesis y la respiración mitocondrial son los principales mecanismos de producción de NADH y ATP para sustentar los procesos celulares en organismos fotosintéticos. En el cloroplasto, la luz dirige el transporte lineal de electrones a partir del agua hacia el NADP<sup>+</sup> mediante dos fotosistemas (PSI y PSII) y la generación de un gradiente electroquímico de protones (fuerza protón motriz, PMF) a través de la membrana tilacoidal, que impulsa la síntesis de ATP mediante la ATP sintasa. En la mitocondria, el poder reductor (NADH, succinato, entre otros) provee de electrones a la cadena respiratoria y simultáneamente el transporte de electrones hacia el O<sub>2</sub> produce una PMF mediante la traslocación de protones hacia el espacio intermembranal. Esta PMF es utilizada por la ATP sintasa mitocondrial, que funciona como un motor molecular, para sintetizar ATP. A pesar de que estos dos procesos ocurren en diferentes organelos, se han descrito in-

teracciones entre ellos, principalmente entre plantas terrestres y las diatomeas. Los equivalentes reductores generados en la fotosíntesis son consumidos en la mitocondria, mediante las lanzaderas malato-oxalato o aspartato-oxalacetato. El oxígeno molecular producido en la fotosíntesis puede ser utilizado en la mitocondria y ésta puede proveer de CO<sub>2</sub> interno para la fijación fotosintética del carbono. La respiración mitocondrial proporciona ATP para la asimilación de carbono en condiciones en que la generación de ATP en el cloroplasto se encuentra comprometida. En el caso de las diatomeas, la respiración mitocondrial está involucrada en la optimización de la fotosíntesis, de hecho, se han descrito interacciones físicas entre el cloroplasto y la mitocondria.

Uno de los modelos de estudio de este grupo de investigación es *Euglena gracilis*, un alga verde secundaria, que proviene de una endosimbiosis de un ancestro euglenoide, que es a su vez un predecesor de los tripanosomas, y una prasinofita, un alga verde primaria. El cloroplasto de *E. gracilis* no posee la segregación de membranas característica de otros linajes fotosintéticos, esta separación de membranas está relacionada con la regulación de la fotosíntesis, en cambio, *E. gracilis* tiene largas membranas en donde se supone que conviven los dos fotosistemas y además cuenta con una membrana externa extra debido a la endosimbiosis secundaria. En el caso de las mitocondrias su morfología tampoco está conservada, muestra crestas mitocondriales discoideas que presentan un poco más de superficie para acomodar de manera distinta los complejos respiratorios.

## Los complejos de la fosforilación oxidativa y el OXPHOSoma mitocondrial

“Las proteínas integrales de membrana conforman el pilar de la maquinaria natural de conversión energética” expresó el académico, por lo que “los procesos bioenergéticos no pueden ser entendidos en su totalidad sin un conocimiento detallado de la estructura de los componentes aislados, así como de su interacción en asociaciones de mayor orden como supercomplejos, donde una correcta organización supramolecular es crucial para mantener la alta eficiencia en los procesos de transferencia de electrones” —añadió, lo anterior dio ori-



nales al compararlos con los complejos presentes en otros linajes.

En cuanto a la organización supramolecular, los investigadores analizaron cómo son los supercomplejos, y observaron asociaciones entre los complejos I, III y IV en la unidad estructural denominada “*respirasoma*”, la cual posee una ruta de biogénesis y estructura similares a los observados en otras especies indicando una conservación evolutiva a través de diversos linajes como son mamíferos, hongos y plantas, aunque son organismos evolutivamente distantes. El grupo del Dr. Miranda Astudillo y otros grupos que han estudiado la mitocondria y las asociaciones de estos complejos han identificado una posible unidad funcional superior que se ha denominado “*OXPHOSoma*” el cual contendría por lo menos a los complejos I, III, IV y V, que se han descrito en plantas, en mamíferos y el grupo del doctor Miranda Astudillo lo identificó en *Euglena gracilis*; “si esto se comprueba querrá decir que toda la unidad funcional trabaja como uno solo”, afirmó el ponente.

## Sistema de antenas atípico en el aparato fotosintético

En cuanto a los fotosistemas en *Euglena gracilis*, a partir de un análisis similar al explicado para los complejos respiratorios, concluyeron que este organismo carece de los genes que codifican para las antenas del fotosistema I (LHCI), y en su lugar un grupo de genes relacionado con la familia de antenas del fotosistema III (LHCII-like) ha suplido esta función, creando una antena de tamaño mayor a la descrita para otros organismos. Además, *E. gracilis* ha adquirido una antena libre adicional no referida en otras especies (LHCE), que se encuentra relacionada con la adaptación a la cantidad de luz, así como, a las características del espectro luminoso que recibe el cultivo, lo anterior se considera una ventaja en los proyectos de biorremediación.

Finalmente, el Dr. Miranda consideró a *E. gracilis* un buen candidato para proseguir en su estudio debido a que además de producir pigmentos, vitaminas, biodiesel, bioetanol, permite hacer experimentos de ciencia básica para, posteriormente, desarrollar diversas aplicaciones como la producción de biomoléculas de interés biomédico y biotecnológico, la línea de más reciente creación dentro de su grupo de investigación. ■

# Nutrición materna: construyendo el camino para la salud y la enfermedad

Keninseb García

La obesidad y la desnutrición de la madre involucran mecanismos que predisponen a sus hijos a desarrollar alteraciones metabólicas y subsecuentemente obesidad, por lo que la nutrición materna antes y durante el embarazo es crucial para programar la salud o la enfermedad de su descendencia, destacó la doctora Elena Zambrano González, investigadora del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán (INCMNSZ), en el seminario del Departamento de Biología Molecular y Biotecnología del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBO).

La investigadora adscrita al Departamento de Biología de la Reproducción del INCMNSZ explicó que el fenotipo de los individuos depende de la interacción entre factores genéticos y las condiciones del ambiente antes y después de su nacimiento. A esto se le conocía como programación intrauterina o programación del desarrollo, y la mayoría de los estudios estaban enfocados en los efectos negativos de la interacción entre genes y el ambiente, pero posteriormente se estableció el concepto de orígenes en el desarrollo de la salud y enfermedad (DOHaD, por sus siglas en inglés), para referirse al estudio del proceso mediante el cual un estímulo o reto produce una respuesta permanente en el fenotipo de cada individuo.

A este enfoque de estudio también se le conoce como “los primeros mil días de la vida”, que incluyen los nueve meses del embarazo y los primeros dos años de vida, porque ahora se sabe que los procesos que ocurren tanto en la vida fetal (270 días aproximadamente) como en la lactancia (los dos primeros años de vida) tienen la misma importancia para la programación del desarrollo.

De acuerdo con la ponente, la nutrición materna es uno de los factores que influyen de manera importante sobre la programación del desarrollo, pues se ha observado que tanto la obesidad como la desnutrición de la madre predisponen al desarrollo de enfermedades metabólicas en sus hijos y subsecuentemente a la obesidad.

Al respecto mencionó que en varios estudios epidemiológicos se ha demostrado la asociación que existe entre el peso al nacer y el índice de masa corporal en la vida adulta, pues las personas que presentan bajo o alto peso en el momento de su

nacimiento tienden a alcanzar mayor índice de masa corporal cuando son adultas. Este efecto podría deberse a que tanto en la desnutrición como en la obesidad materna hay una disminución del flujo sanguíneo uterino y placentario, debido al cual el feto en crecimiento recibe menos nutrientes, glucosa y oxígeno, y se produce una mayor concentración de especies reactivas de oxígeno y glucocorticoides como el cortisol, que es una de las hormonas más importantes para la programación del desarrollo.

Añadió que además de los factores hormonales en la programación del desarrollo se presenta un dimorfismo sexual, es decir que la programación puede afectar de forma diferente a los machos y a las hembras. Esto está determinado por el patrón de desarrollo genético, transcripcional y morfológico; por diferencias en el tiempo de desarrollo, y por el efecto de la exposición de hormonas esteroideas en útero y posnatalmente.

La ponente explicó que uno de los mecanismos de programación negativa son los cambios que ocurren en la expresión del ADN sin que haya cambios en su secuencia, conocidos como cambios epigenéticos, que pueden ocurrir a nivel traduccional, cuando micro ARNs de alrededor de 22 nucleótidos se unen o desestabilizan al ARN mensajero para interrumpir la traducción; o a nivel transcripcional, mediante acetilación, metilación o fosforilación de los nucleótidos del ADN o en las proteínas unidas a él, como las histonas.

Indicó que hay momentos específicos de la vida que son cruciales en términos de programación, debido a que se consideran periodos de mayor vulnerabilidad a los factores epigenéticos, como la formación de las células germinales en

un embrión en desarrollo, la fecundación y gestación, el desarrollo neonatal, la pubertad, menopausia y la edad madura, en los que la respuesta dependerá de la intensidad y el momento de exposición.

Destacó que la nutrición materna puede contribuir a la metilación de citosinas y a modificar el fenotipo de la descendencia, pues la vitamina B12 y el ácido fólico que contienen algunos alimentos son donadores del grupo metilo. Esto se ha demostrado en experimentos con ratones agouti, que presentan un color de pelo más oscuro cuando reciben una mayor cantidad de folatos a través de la placenta, procedentes del ácido fólico en la dieta de la madre, o en el fenotipo de las abejas, ya sea reina u obrera, el cual depende de la celda donde se ponga la larva y del tipo de alimento que reciba.

Aunado a esto, diversos estudios epidemiológicos con diferentes poblaciones también han mostrado los efectos de la nutrición materna en el fenotipo de su descendencia. Por ejemplo, se ha encontrado que los hijos de mujeres que estuvieron sometidas a restricción nutricional en la gestación durante la hambruna holandesa de 1944, el sitio de Leningrado de 1941 a 1944 o la Gran Hambruna China de 1958 a 1961, tenían una mayor predisposición a presentar obesidad, hipertensión, diabetes, alteraciones metabólicas, entre otros padecimientos, al llegar a la edad adulta.

La ponente apuntó que estos estudios epidemiológicos son muy valiosos, pero son asociaciones, que no contribuyen a explicar cuáles son los mecanismos de la programación y sus efectos en el desarrollo, pues no ocurre el mismo efecto en una mujer que sufre desnutrición o carencia de alimentos en un momento puntual de la gestación, que en una que tiene un historial crónico de desnutrición.

Por ello en su laboratorio se han desarrollado dos modelos animales de restricción proteínica y obesidad materna para estudiar los efectos de la nutrición de las madres durante el embarazo y la lactancia en el desarrollo de las crías, las cuales al destete son alimentadas con una dieta control, para garantizar que cualquier efecto observado en ellas pueda ser atribuido solamente a la nutrición materna y no a lo que ocurre en la vida posnatal.

## Restricción proteínica

En los modelos experimentales de ratas, el grupo de la doctora Zambrano encontró que las madres que recibieron una dieta restringida en proteínas tenían una mayor concentración de varias hormo-

nas esteroideas, como la corticosterona (equivalente al cortisol en humanos), progesterona, testosterona y estradiol al final de la gestación. Durante la lactancia, se observó una mayor concentración de corticosterona en la leche y en la sangre de las madres restringidas nutricionalmente, lo cual indicaba que la hormona secretada por la madre a causa del estrés pasaba a través de la leche y llegaba a la cría en un momento importante de la programación.

Además, las glándulas mamarias de las madres que recibieron la dieta restringida en proteínas estaban menos desarrolladas, producían menos leche y la que producían contenía una menor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, como el araquidónico, docosahexaenoico y eicosapentaenoico, que son necesarios para el desarrollo del cerebro, el sistema inmune y la vista del feto y el neonato.

Las madres que recibieron una dieta restringida en proteínas durante el embarazo producían menos ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga y una mayor cantidad de corticosterona, que pasaba a través de la placenta al feto y de la leche al neonato en crecimiento e impactaba negativamente el desarrollo de las crías; además presentaban una menor conectividad sináptica, que, asociado con las concentraciones altas de corticosterona, conducía a una mayor ansiedad y deficiencias en el aprendizaje, memoria y motivación al trabajo a lo largo de toda la vida, a pesar de que después del nacimiento recibieran una nutrición adecuada, detalló la investigadora.

Así mismo se observó que, las crías de madres con una dieta restringida durante el embarazo y lactancia e inclusive sólo durante el embarazo, presentaban un retraso o incluso no presentaban un pico en la secreción de leptina, una hormona que es importante para controlar la ingesta de alimentos y el gasto energético, se sintetiza principalmente en el tejido adiposo y que, en condiciones normales en las ratas, alcanza su máximo nivel de secreción entre los 10 y 14 días de edad, que es un momento del desarrollo muy importante para la diferenciación del centro del apetito en el hipotálamo.

Las crías de madres restringidas nutricionalmente durante la gestación tenían un menor peso al momento de nacer, pero cuando llegaban a la vida adulta pesaban mucho más que otras ratas relacionadas genéticamente cuyas madres había recibido una dieta normal en la gestación y mostraban una resistencia a la leptina y a la insulina. Al estudiar el

efecto transgeneracional de la restricción nutricional por la vía materna, se pudo observar un claro dimorfismo sexual en la programación, pues sólo las nietas de abuelas restringidas durante el embarazo y los nietos de abuelas restringidas en la lactancia presentaban resistencia a la insulina.

## Obesidad materna

Por otra parte, el grupo de la doctora Zambrano también diseñó un modelo para estudiar los mecanismos por los cuales la obesidad materna programa la fisiología de la descendencia de forma negativa, incrementando la predisposición al desarrollo de enfermedades metabólicas.

En este modelo de obesidad observaron que la glándula mamaria de las madres que habían sido alimentadas con una dieta alta en calorías y en grasa tenía un mayor porcentaje de grasa y menos tejido parenquimal en comparación con las ratas no obesas. La leche de estas ratas obesas era más espesa, se producía en menor cantidad, tenía un mayor contenido de grasa y ácido araquidónico, pero menos del docosahexaenoico y el eicosapentaenoico.

Cuando las crías de madres obesas eran jóvenes, tanto las hembras como los machos tenían un peso similar e ingerían la misma cantidad de alimento, pero los machos a edades más tempranas tenían una mayor cantidad de tejido adiposo en comparación con las hembras, que desarrollaban más tejido adiposo con la edad; ambos presentan mayor concentración de triglicéridos, pero los machos tenían mayores concentraciones de leptina.

Al analizar la distribución del tamaño de los adipocitos en los hijos de madres obesas para estudiar los diferentes fenotipos, encontraron que la dieta materna alta en grasas afectaba la distribución del tamaño de los adipocitos en su descendencia, pues las crías de madres obesas, tanto hembras como machos, tenían mayor cantidad de adipocitos de mayor tamaño que los hijos de madres no obesas.

Luego estudiaron la expresión de 84 genes relacionados con adipogénesis y encontraron que en los machos la mayoría de los genes estaban expresados a la baja y que estos estaban asociados a vías de proliferación; en las hembras estaban expresados a la alta los genes asociados con la acumulación de grasa.

Estos experimentos mostraron que la obesidad materna programa la expansión del tejido adiposo de la cría reduciendo la proporción de adipocitos pequeños

e incrementando la de los grandes, lo cual está asociado a un perfil metabólico adverso; estos efectos también presentan un dimorfismo sexual.

La investigadora mencionó que aunque la nutrición de la madre programa desde la vida fetal y neonatal a su descendencia para la vida adulta, el ambiente posterior también desempeña un papel importante para determinar su fisiología, pues en otro trabajo en que se alimentó con una dieta alta en grasa a las crías de madres con peso normal, obesas y desnutridas se observó que la programación potencia el efecto negativo de la nutrición materna de la vida posnatal de sus crías, ya que este segundo reto propiciaba que los hijos de madres alimentadas con dietas altas en grasa o con restricción de nutrientes tuvieran un peso mayor, más grasa corporal y un mayor índice de adiposidad que los que presentaban los hijos de madres alimentadas con una dieta normal.

## Nutrición materna y envejecimiento

De acuerdo con la doctora Zambrano, la mayoría de los estudios de programación del desarrollo se centran principalmente en lo que sucede en el curso de la vida temprana de los individuos y pocos se enfocan en cómo incide a mayor edad. En su laboratorio hallaron que la obesidad materna disminuye la vida media y la calidad de vida de las crías, porque en condiciones normales las ratas macho viven más de 850 días, pero los hijos de madres obesas no alcanzaban esa edad.

Esto coincide con lo que se ha observado respecto a la sobrevivencia en humanos de acuerdo al índice de masa corporal materno, en donde los hijos de madres obesas o con sobrepeso tienen una mortalidad mayor que los hijos de madres con bajo peso o un índice de masa corporal normal.

Por ello, la investigadora aseguró que el fenotipo sí es resultado de la interacción entre los genes y la programación del desarrollo, pero también influye en él nuestro estilo de vida; de manera que ninguna etapa de la vida debe considerarse demasiado tardía para poder prevenir o aminorar los problemas de salud de esta y las siguientes generaciones. ■



# ¿Cómo enviar archivos cifrados por correo electrónico?

Omar Rangel  
Sección de Cómputo, IIBO

Cada vez se vuelve más frecuente la necesidad de enviar información confidencial, privada o sensible a través del correo electrónico, dicha información puede ser desde un dato (un código, contraseña, número de cuenta, etc.) hasta una imagen o video, esto aunado al cumplimiento de la Ley de Protección de Datos Personales nos compromete a tomar las medidas necesarias para proteger esa información mientras se encuentra bajo nuestro resguardo o mientras la compartimos, siendo el cifrado la mejor opción para este fin. Cuando escuchamos el término de “cifrado de información” nos imaginamos que se requieren conocimientos avanzados de cómputo para implementarlo pero afortunadamente existen aplicaciones que nos facilitan esta tarea. A continuación revisaremos una aplicación que nos proporciona un nivel confiable de cifrado y que además es muy fácil de utilizar, se trata de AES Crypt.

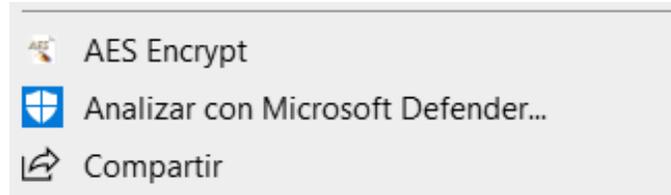
AES Crypt es un software gratuito de código abierto que implementa cifrado simétrico (es decir, que la información se cifra y se descifra con una misma contraseña), está basado en el estándar avanzado de cifrado AES-256 que utiliza una llave de cifrado de 256 bits lo que lo hace muy seguro y por lo que es el algoritmo de cifrado más utilizado en la industria.

Basta con descargar el instalador adecuado para nuestro sistema operativo desde la página oficial

<https://www.aescrypt.com/download/>

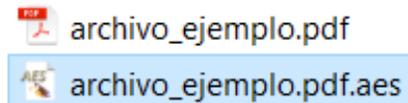
y después de algunos ‘clicks’ tendremos instalado el software AES Crypt en nuestra computadora.

Para fines prácticos, se mostrará el procedimiento en el sistema operativo Windows, pero el software está disponible también para Mac, Linux y dispositivos móviles. Una vez instalado el software, al hacer click derecho en el archivo que deseamos cifrar aparecerá en el menú contextual la opción “AES Encrypt”:



Posteriormente tendremos que establecer la contraseña para proteger el archivo cifrado y confirmarlo una segunda vez:

Inmediatamente se generará en el mismo sitio donde se encuentra el archivo original, un archivo con extensión “.aes” que será el archivo que podremos compartir o resguardar de forma segura.



Para descifrar el archivo es necesario tener instalado el software “AES Crypt” y basta con hacer click derecho sobre el archivo cifrado y seleccionar en el menú contextual la opción “AES Decrypt”, en ese momento el software solicitará la contraseña y una vez ingresada correctamente se mostrará el archivo original.



## Reforzando la seguridad

Es recomendable utilizar dos vías diferentes para hacer llegar al destinatario por separado el archivo y la clave de cifrado/descifrado con la finalidad de que si el mensaje es interceptado o la vía es comprometida, el atacante no cuente con el archivo y la clave de cifrado; por lo tanto es recomendable enviar el archivo cifrado por correo electrónico y la contraseña por mensaje de texto o llamada telefónica, incluso podría ser a una dirección de correo alterna del mismo destinatario.

Para el establecimiento de la contraseña de cifrado nos podemos auxiliar de herramientas generadoras de contraseñas, por ejemplo:

<https://www.eset.com/int/password-generator/>

Más información:  
<https://www.aescrypt.com>