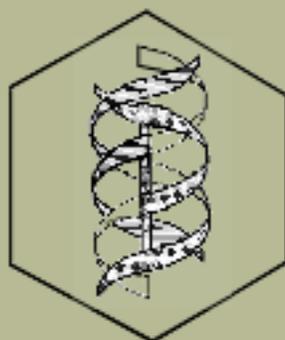


# REB 2015

REVISTA DE EDUCACIÓN BIOQUÍMICA



Órgano de información de la  
**Asociación Mexicana de  
Profesores de Bioquímica, A.C.**

Departamento de Bioquímica  
Facultad de Medicina  
UNAM

Facultad de Medicina



Sociedad Mexicana de  
Bioquímica, A.C.

EDITADO DESDE 1982 COMO BOLETÍN DE EDUCACIÓN BIOQUÍMICA

VOL. 34

No. 4

DICIEMBRE 2015

# COMITÉ EDITORIAL

## EDITOR EN JEFE

### JOSÉ VÍCTOR CALDERÓN SALINAS

Departamento de Bioquímica  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

## EDITORES

### RAFAEL CAMACHO CARRANZA

Instituto de Investigaciones Biomédicas  
Departamento de Medicina, Genómica y Toxicología Ambiental  
Universidad Nacional Autónoma de México

### ALICIA GAMBOA DE BUEN

Instituto de Ecología  
Universidad Nacional Autónoma de México

### MARCO ANTONIO JUÁREZ OROPEZA

Facultad de Medicina  
Universidad Nacional Autónoma de México

### MARÍA ESTHER REVUELTA MIRANDA

Sección Bioquímica y Farmacología Humana  
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

### ROCÍO SALCEDA SACANELLES

Instituto de Fisiología Celular  
Universidad Nacional Autónoma de México

### YOLANDA SALDAÑA BALMORI

Facultad de Medicina  
Universidad Nacional Autónoma de México

### KARLA GUADALUPE CARVAJAL AGUILERA

Instituto Nacional de Pediatría

### VÍCTOR M. VALDES LÓPEZ

Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional Autónoma de México

### ÁNGEL ZARAIN HERZBERG

Facultad de Medicina  
Universidad Nacional Autónoma de México

## EDITORES FUNDADORES

### GUILLERMO CARVAJAL SANDOVAL

Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias  
e Instituto Politécnico Nacional

### JESÚS MANUEL LEÓN CÁZARES

Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad Autónoma de Querétaro

### ENRIQUE PIÑA GARZA

Facultad de Medicina  
Universidad Nacional Autónoma de México

### YOLANDA SALDAÑA BALMORI

Facultad de Medicina  
Universidad Nacional Autónoma de México

### SERGIO SÁNCHEZ ESQUIVEL

Instituto de Investigaciones Biomédicas  
Universidad Nacional Autónoma de México

## CORRESPONSALES

### ROCÍO SALCEDA SACANELLES

**Coordinadora**  
Instituto de Fisiología Celular  
Universidad Nacional Autónoma de México

### ALEJANDRO MARTÍNEZ MARTÍNEZ

Instituto de Ciencias Biomédicas  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua

### SERGIO SÁNCHEZ-ARMÁSS ACUÑA

Departamento de Fisiología y Farmacología  
Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

### MARTHA ANGÉLICA QUINTANAR ESCORZA

Departamento de Bioquímica  
Facultad de Medicina Humana, Universidad Juárez del Estado de Durango

### MARÍA MALDONADO VEGA

Departamento de Investigación. Centro de Innovación Aplicada en  
Tecnologías Competitivas, AC. León, Gto., Mexico

Publicación incluida por el Centro de Información Científica y Humanística de la Universidad Nacional Autónoma de México en la base de datos Periódica, Iresie, Redalyc, Latindex y Scielo.

**REVISTA DE EDUCACIÓN BIOQUÍMICA (REB)** La REB es una revista dedicada a la divulgación, difusión, discusión, análisis y presentación de resultados derivados de investigaciones originales en temas relevantes en el campo de la bioquímica y áreas afines. La REB es una publicación trimestral. La presentación y disposición en conjunto y de cada página de la Revista de Educación Bioquímica son propiedad del editor. Derechos reservados © Asociación Mexicana de Profesores de Bioquímica, A.C. Queda estrictamente prohibida la reproducción parcial o total por cualquier sistema o método mecánico o electrónico sin autorización por escrito del editor. Certificados de: Licitud de Título: 12000; Licitud de Contenido: 8397, expediente No. 1/432"2"/15792; Reserva al título en Derechos de Autor No. 04-2002-030616225500-102. (ISSN: 1665-1995); Reserva de título en Derechos de Autor para publicación electrónica No. 04-2005-092612014100-203 (ISSN: 187-3690). Diseño: Celia Virginia Sánchez Meza; UNAM-Departamento de Bioquímica y Facultad de Medicina. Distribución electrónica: Departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina, UNAM (<http://bq.unam.mx/wikidep/pmwiki.php/Reb/HomePage>). Correspondencia: Comité Editorial, Apartado Postal 70-281, Coyoacán, C. P. 04510, México, D. F. Correo electrónico: reb@bq.unam.mx.

El contenido de los artículos y las opiniones expresadas en ellos son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente las del Comité Editorial.

## CONTENIDO

### COMITÉ EDITORIAL

#### EDITORIAL

EL CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN  
MEXICANA DE PROFESORES DE  
BIOQUÍMICA, UNA EXPERIENCIA LLENA DE  
INSPIRACIÓN DOCENTE  
Erika Torres Ochoa.....91

#### ARTÍCULOS

MAPAS BIBLIOMÉTRICOS COMO  
HERRAMIENTA EN LA ORGANIZACIÓN Y  
ANÁLISIS EN CIENCIA  
Raúl Sampieri Cabrera y  
Miguel Ángel Trejo Rodríguez.....93

MOTILIDAD DE LAS BACTERIAS MARINAS  
DEL GÉNERO VIBRIO  
Yael González Tinoco y  
Georges Dreyfus.....98

### OTRAS COMUNICACIONES

CRUCIBIOQ  
FOSFORILACIÓN OXIDATIVA  
Yolanda Saldaña Balmori.....109

CONVOCATORIA AL XXIV CONGRESO  
Asociación Mexicana de Profesores  
de Bioquímica, A. C.....112

SOLUCIÓN AL CRUCIBIOQ  
FOSFORILACIÓN OXIDATIVA  
Yolanda Saldaña Balmori.....114

ÍNDICE ANUAL DE LA REVISTA DE  
EDUCACIÓN BIOQUÍMICA 2015.....115

INSTRUCCIONES PARA LOS  
COLABORADORES DE LA REVISTA DE  
EDUCACIÓN BIOQUÍMICA.....117

## EDITORIAL

# EL CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE PROFESORES DE BIOQUÍMICA, UNA EXPERIENCIA LLENA DE INSPIRACIÓN DOCENTE

La Asociación Mexicana de Profesores de Bioquímica, A. C., organiza anualmente el Congreso de Educación Bioquímica. La reunión académica se lleva a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México. Este Congreso representa un foro excepcional para la discusión de temas relacionados con la educación y particularmente de la enseñanza de la bioquímica en nuestro país.

Desde 1976 la Asociación se ha esforzado por crear un foro de discusión en relación con las estrategias de enseñanza-aprendizaje, inquietudes, preocupaciones, experiencias, sobre la educación Bioquímica en México. Un aspecto relevante del congreso son las conferencias magistrales, con la participación de reconocidos especialistas experimentados en los últimos avances de temas centrales de la bioquímica y los distintos aspectos docentes incluyéndose la evaluación.

La experiencia de participar en este evento resulta muy formativo. Asisten docentes del área de bioquímica y áreas afines de distintas entidades del país; los profesores presentan trabajos relacionados con la investigación docente y la enseñanza de la bioquímica. Como ejemplo, en la reunión del 2015 correspondiente al XXIII Congreso de la Asociación de Profesores de Bioquímica, A.C., participaron profesores provenientes, de la Ciudad de México, además de; universidades estatales de: Oaxaca, Baja California; Baja California Sur, Nuevo León y Michoacán. Una de las conferencias magistrales trató la importancia del reforzamiento de las ciencias básicas y el diseño para realizar la carga curricular con el apoyo de éstas ciencias.

Las presentaciones versaron acerca de las habilidades de enseñanza-aprendizaje, inquietudes por las nuevas herramientas tecnológicas aplicadas a la enseñanza de la bioquímica en particular, además, temas de particular relevancia como la autoevaluación por medio de las competencias.

Es evidente en el tiempo, que los alumnos demuestran dificultad para comprender algunos temas, lo que disminuye el interés por la materia; es por ello que se deben probar variadas e inspiradoras estrategias, para que cada profesor utiliza para lograr el objetivo, la enseñanza.

Asimismo, en el Congreso se promueve entre los asistentes el involucrarse en la temática y el ejercicio, para desarrollar el ingenio que les permita encontrar herramientas útiles para los estudiantes, con la finalidad de hacer suyo el conocimiento. Este foro permite ampliar nuestro panorama respecto a cómo abordar los problemas de la educación bioquímica dentro del aula.

La participación en este Congreso permite la actualización en temas básicos de la bioquímica y áreas afines, conocer o profundizar en el conocimiento de nuevas herramientas tecnológicas, así como, el enriquecer nuestro conocimiento a través de compartir experiencias con profesores de distintas generaciones favoreciéndose la reflexión de nuestra función formadora de recursos humanos.

Es indiscutible que un foro especializado en el enfoque de la educación de una ciencia básica, como es la bioquímica permite reflexionar sobre los avances en las áreas temáticas de conocimiento de la misma. Es decir, los conceptos teóricos evolucionan de acuerdo con las nuevas tecnologías, se pueden explicar conceptos y dinámica que antes resultaban inimaginables con las herramientas del pasado. Por ejemplo, ahora con las investigaciones de los transcriptomas es posible identificar las rutas metabólicas que se manifiestan en un momento específico; o bien, es posible saber el mecanismo de acción de biomoléculas en su tiempo limitado de vida media. Por esta razón, aunque el conocimiento pudiese considerarse el mismo, las estrategias de enseñanza aprendizaje evidentemente evolucionan.

El contar por un lado con la experiencia de docentes con más de 30 años de experiencia y con jóvenes introduciéndose en esta labor, se promueve la formación de un grupo heterogéneo favorable, diverso, el cual permita desarrollar nuevas estrategias para hacer accesible el conocimiento de la bioquímica.

Por lo anterior, reitero que el participar en este foro enriquece todos los aspectos, tanto para los docentes, como para los estudiantes. Para los docentes, por la presentación de alternativas de

estrategias de enseñanza aprendizaje. Para los estudiantes, amplía el panorama sobre la situación de la educación superior en nuestro país donde ellos son los principales protagonistas y beneficiados.

M. en C. Erika Torres Ochoa  
Departamento Académico de Biología Marina  
Universidad Autónoma de Baja California Sur  
Correo E: [etorres@uabcs.mx](mailto:etorres@uabcs.mx)

# MAPAS BIBLIOMÉTRICOS COMO HERRAMIENTA EN LA ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS EN CIENCIA\*

**Raúl Sampieri Cabrera y Miguel Ángel Trejo Rodríguez**

Departamento de Ciencias Biológicas, Sección de Bioquímica y Farmacología Humana, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, Av. 1º de Mayo s/n Col. Santa Ma. Las Torres, Cuautitlán Izcalli, CP 54740. Correo E: migueltrejolf@gmail.com

## RESUMEN

El presente trabajo busca destacar la importancia de los mapas bibliométricos o mapas de ciencia como herramienta para la organización y análisis de la información científica, estos pueden ser usados en proyectos de investigación desde pregrado hasta posgrado, de ellos podemos decir que son diagramas que representan palabras, ideas, tareas, u otros conceptos ligados y dispuestos radialmente alrededor de una palabra clave o de una idea central. Son una herramienta útil para la organización de la información científica y su posterior análisis, por lo que su uso se debe aplicar a todas las áreas del saber. Implementar el uso de esta herramienta en estudiantes de pregrado y posgrado, así como en investigadores permitirá la generación, visualización, estructura y clasificación taxonómica de las ideas, así como ayuda interna para el estudio, organización, solución de problemas y toma de decisiones.

## ABSTRACT

This paper highlights the importance of the bibliometric maps or science maps as a tool to organize and analyze scientific information, this tool can be used by bachelor student or Ph.D Student. Bibliometric maps are diagrams representing words, ideas, task or another concepts linked and arranged radially around a keyword or central idea. This maps are a useful tool for the organization of scientific information and its subsequent analysis, so it's use should be applied to all areas of knowledge. Its implementation as a student or even in researches allow to generate, visualize, structure and classify every idea. Also the map will help for the study, organization, troubleshooting and taking decisions.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo, el hombre se ha preocupado por organizar la información que crea con el fin de poder tener una estructura cuando realiza una búsqueda. A partir de esta premisa surge un área encargada de esto, la bibliometría, que ha estado históricamente vinculada a la idea de que es posible representar el conocimiento humano a través de la cuantificación de los documentos en los que éste se expresa y de los elementos que los componen (1).

La bibliometría es una parte de la cienciometría que aplica métodos matemáticos y estadísticos a toda la literatura de carácter científico y a los autores que la producen, con el objetivo de estudiar y analizar la actividad científica. Esta tiene a su vez

campos mayores: estudios de citas (co-citación, citación de revistas) y distribuciones bibliométricas; estas últimas más reconocibles cuando son referidas a los autores que cuando lo son a los temas (2). Por otro lado la cienciometría estudia la producción científica con el fin de mediarla y analizarla. Para poder mediar la producción científica se recurre a la cibermetría, que es el estudio de los aspectos cuantitativos de la construcción y uso de los recursos de información, estructuras y tecnologías en el conjunto de dibujo a Internet en enfoques bibliométricos e informáticos (3).

Los estudios cuantitativos de la ciencia han desarrollado métodos y herramientas para una mejor comprensión y organización de los campos de la ciencia y su evolución. Los mapas bibliométricos o

## PALABRAS

### CLAVE:

Mapas bibliométricos, bibliometría, cibermetría, cienciometría.

## KEY WORDS:

Bibliometric Maps, Bibliometrics, Cybermetrics, Scientometrics.

mapas de ciencia se han convertido recientemente en herramientas viables que ofrecen una vista preliminar general de los campos científicos.

Podemos definir a los mapas bibliométricos como diagramas que representan las palabras, ideas, tareas, u otros conceptos ligados y dispuestos radialmente alrededor de una palabra clave o de una idea central (4).

Estos mapas son una poderosa herramienta para el estudio de la estructura y dinamismo de un campo científico. Los investigadores pueden utilizar los mapas bibliométricos para obtener mayor información de su línea de investigación (5).

Se distinguen varios tipos de mapas bibliométricos, cada uno visualiza la estructura de un campo científico desde diferentes puntos de vista, algunos muestran la relación entre autores o revistas basados en co-citación; otros muestran la relación entre palabras o palabras clave basadas en la co-ocurrencia (4).

Los mapas de la ciencia más conocidos son aquellos basados en los datos bibliográficos, a los cuales se denominan mapas bibliométricos de la ciencia; como supone la literatura científica, sirven para representar la actividad de una disciplina. Un mapa basado en los datos de la publicación científica dentro de un campo de la ciencia puede considerarse como un elemento para representar la estructura de la disciplina o ciencia (2).

Dependerá de la información (elementos del registro bibliográfico) utilizada para construir el mapa para determinar qué tipo de estructura será generada y lo bien construida que quede, es decir, hasta qué punto la estructura es reconocida por el experto de campo (4).

## OBJETIVO

Destacar la importancia de los mapas bibliométricos como herramienta de organización y análisis de la información científica para establecer la historia del arte acerca de un tema de interés.

## METODOLOGÍA

Para recolectar la historia del arte del tema de investigación se realizó una búsqueda que contemplara determinar cómo ha sido tratado el tema, cómo se encuentra en el momento de realizar la investigación y cuáles son las tendencias.

Por otro lado para la elaboración de los mapas bibliométricos se realizó una búsqueda especializada del tema de investigación en la base de datos Web of Science, filtrando por autores más citados, tema, palabras claves, año y revistas. Se seleccionaron los artículos en un intervalo de 100-300 artículos según

su citación, posteriormente la información referencial de la búsqueda fue exportada en un documento de texto e importada al Software Matheo Analyzer® para la construcción de los mapas bibliométricos.

## RESULTADOS

Se muestran cuatro mapas bibliométricos resultado de la búsqueda, selección, análisis y organización de la información referencial.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se sabe la información científica fluye a una velocidad nunca antes vista. En la actualidad se vive conectado las 24 horas del día con bombardeos constantes de información relevante y no relevante sobre múltiples temas. Las ciencias biológicas no escapan a esta tendencia mundial. Se publican decenas de artículos día a día en diferentes revistas y bases de datos, los que continúan alimentando el conocimiento científico (5).

Actualmente el mundo vive conectado entre sí por medio de internet y a través de múltiples dispositivos electrónicos, lo que hace posible consultar cualquier tipo de información en el momento en que se requiera y donde quiera que se esté. Sin embargo una correcta selección y filtración de la información, así como su organización permite el entender a los circuitos de palabras que nos hacen generar información conectada y no aislada, para evaluar todas las posibilidades de un tema (6).

Es por ello que los mapas bibliométricos son una herramienta útil que ofrece conocer la producción científica de los investigadores, la actividad científica de un país, los autores más productivos, cómo se dispersa la literatura científica y el envejecimiento de la ciencia, en otras palabras la línea de vida de un artículo, autor o tema (7).

La construcción de mapas bibliométricos se puede generar a través de diferentes tópicos como seguimiento de autores, temas, año de publicación, país y revista. Se muestra un mapa construido a partir de la correlación entre autores (Fig. 1), esto nos brinda conocer los grupos de investigación en el estudio de un tema, así como el seguimiento de sus obras y el número de citas de sus artículos, las cuales se destacan de color rojo intenso siendo este marcador de mayor número de citas, un color rojo menos intenso indica un número de citas moderado y un color blanco indica citas menores, este parámetro es de suma importancia puesto que se relaciona con el impacto del trabajo en la comunidad científica. La selección de los autores se realiza mediante la base de datos Web of Science, utilizando como filtro los autores más citados, en el ejemplo de la

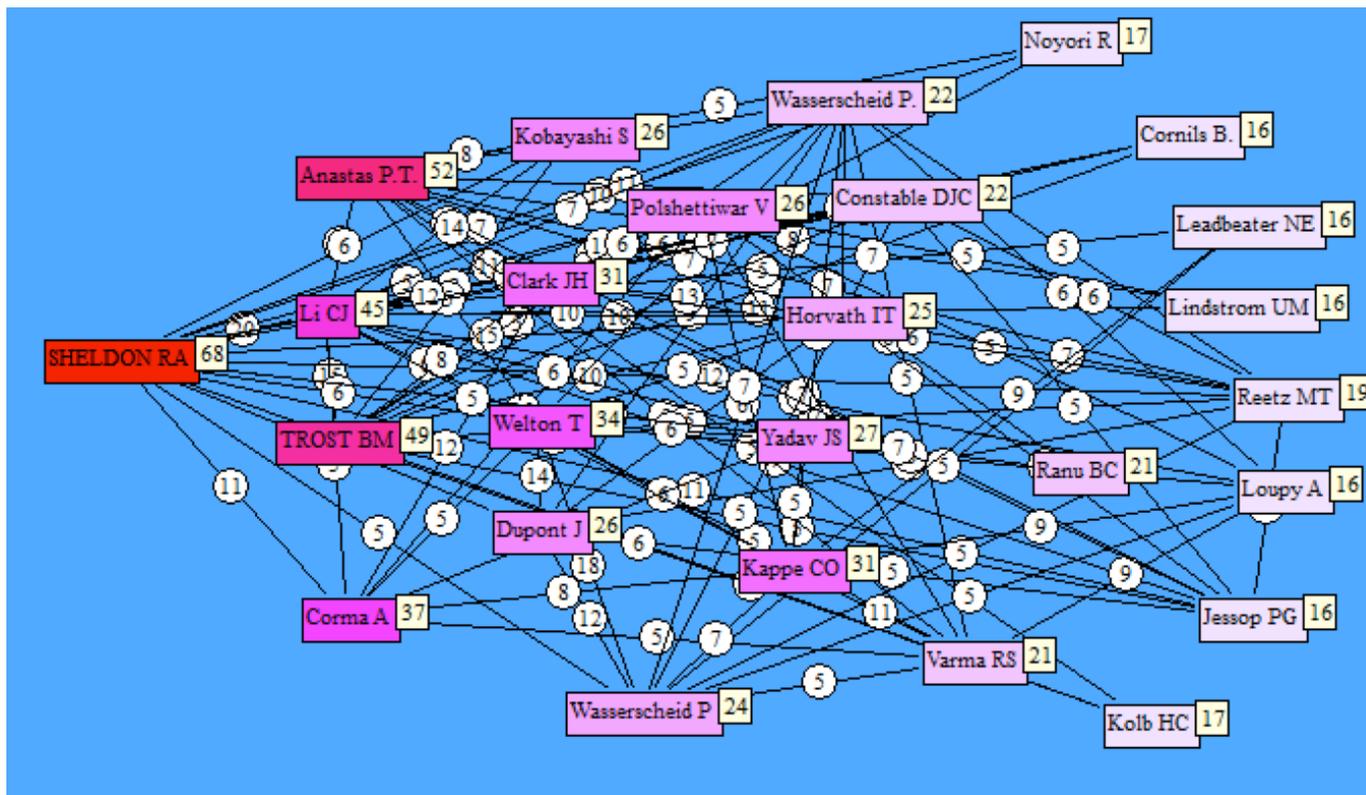


Figura 1. Mapa bibliométrico realizado usando como búsqueda a los autores más citados.

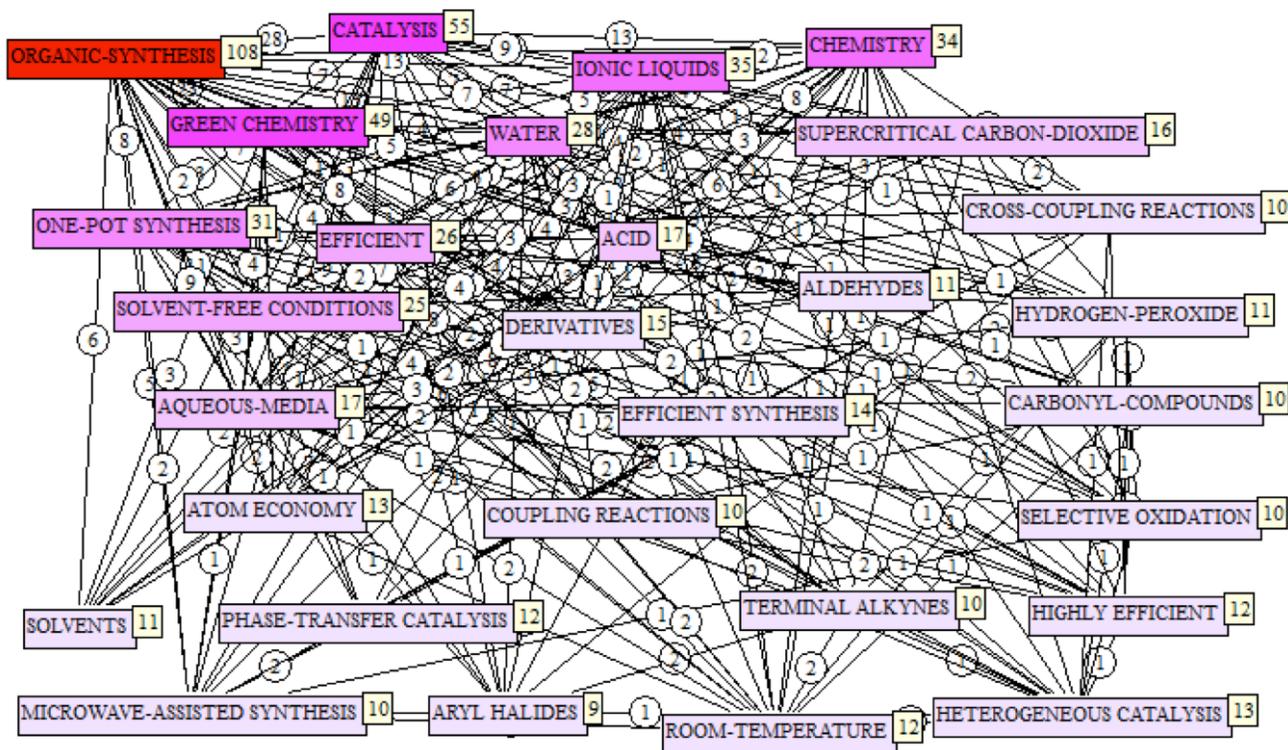
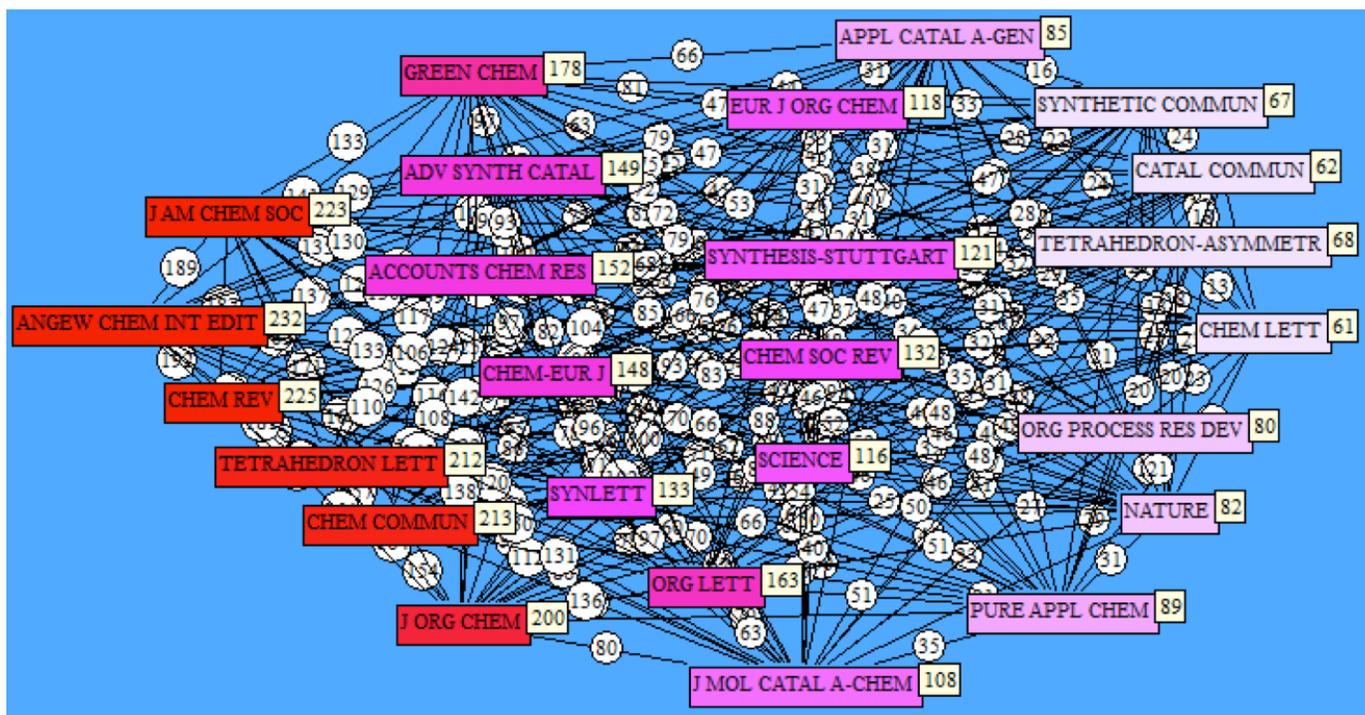


Figura 2. Mapa bibliométrico realizado usando como búsqueda a tópicos del tema de estudio.



**Figura 3.** Mapa bibliométrico realizado usando como búsqueda a revistas cuyo materia publicado tiene incidencia sobre el tema de estudio

fig 1, se muestra en color rojo intenso a Sheldon el cual ha publicado 68 artículos del tema de interés.

Por otro lado, se construyó un mapa a partir de los tópicos implicados en la búsqueda de un tema en específico (Fig. 2), con este podemos destacar que tópicos nos servirán para hacer una búsqueda refinada del tema, estos temas son seleccionados de acuerdo a su relación con el tema central, en nuestro ejemplo el tópico que más se correlaciona con el tema central es síntesis orgánica, del cual encontramos 108 artículos.

Además ayuda a conocer cuál es la conexión entre los tópicos seleccionados (Fig. 3) que es un mapa construido a partir de palabras clave, en donde de igual forma el color rojo muestra que palabras son las que tienen mayor correlación en la búsqueda del tema seleccionado y va desvaneciendo el color conforme se haga menor. Con esto se puede saber exactamente la interrelación y la correlación de las palabras y tópicos que se utilizaron para realizar la búsqueda, obteniendo una estadística del rendimiento de la investigación.

También se muestra un mapa (Fig. 4) construido a partir de las revistas que contienen una mayor

cantidad de artículos relacionados con el tema de búsqueda, además se puede observar el número de citas de los artículos publicados en cada revista, lo que permite hacer una relación eficaz para analizar y detectar cómo se está llevando a cabo la correspondencia entre los artículos.

La importancia práctica de esta herramienta se ve reflejada en la selección y evaluación de documentos, descripción, análisis y evaluación de la actividad científica y sus actores (7).

## CONCLUSIÓN

La elaboración de mapas bibliométricos a partir de diferentes parámetros de búsqueda resulta en una mayor organización de la información referencial y lo que es más importante muestra una correlación entre los parámetros de búsqueda que crea circuitos de información y con ello la capacidad de integración y análisis de la misma, lo que deja en los investigadores un amplio panorama de la basta información con la que cuentan para analizar un problema y poder ofrecer una solución al mismo.





# MOTILIDAD DE LAS BACTERIAS MARINAS DEL GÉNERO *VIBRIO*\*

Yael González Tinoco y Georges Dreyfus

Departamento de Genética Molecular, Instituto de Fisiología Celular,  
Universidad Nacional Autónoma de México. Apdo. Postal 70-243, C.P. 04510,  
Coyoacán, México, D.F. Correo E: ytinoco@email.ifc.unam.mx, ó gdreyfus@ifc.unam.mx

## RESUMEN

El flagelo bacteriano es un organelo de locomoción ampliamente utilizado entre los organismos procariontes, constituye una ventaja adaptativa y es un factor muy importante tanto para la colonización de nichos como para la patogénesis. El flagelo es un heteromultímero formado por alrededor de 30 diferentes proteínas y está dividido en tres subestructuras: filamento, gancho y cuerpo basal. En este trabajo de revisión, describiremos la estructura, biogénesis y funcionamiento del flagelo de las bacterias marinas del género *Vibrio* y explicaremos cómo se desplazan en medio líquido haciendo uso del flagelo polar, cuya rotación está acoplada a un flujo de iones sodio ( $\text{Na}^+$ ) y cómo algunas otras especies del género como *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio parahaemolyticus* o *Vibrio shilonii*, son capaces de expresar, adicionalmente al desplazarse en medio sólido, un sistema de flagelos laterales cuya rotación está acoplada a un flujo de protones ( $\text{H}^+$ ).

## ABSTRACT

The bacterial flagellum is a locomotion organelle widely used by prokaryote organisms, it constitutes an adaptive advantage and is a very important colonization and pathogenesis factor. The flagellum is a heteromultimeric complex formed by nearly 30 different proteins and is divided in three substructures: the filament, the hook and the basal body. In this review, we will describe how the *Vibrio* marine bacteria move through liquid media by means of the polar flagellum, whose rotation is sodium ( $\text{Na}^+$ ) driven and how some other species like *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio parahaemolyticus* or *Vibrio shilonii* are able to express, additionally on solid media, a lateral flagella system whose rotation is proton ( $\text{H}^+$ ) driven.

La locomoción es una característica ampliamente distribuida entre los organismos pertenecientes a los dominios *Bacteria* y *Archaea*, que les proporciona una clara ventaja para sobrevivir. Esta capacidad motil ha sido tema de estudio por mucho tiempo y está documentado que los microorganismos han desarrollado varias formas para desplazarse en un ambiente líquido, viscoso o sobre superficies (1). Una de estas formas de locomoción es el flagelo. El flagelo bacteriano es el organelo encargado de la motilidad de las células en su medio, es una estructura proteínica compleja y eficiente que participa también en procesos como la formación de biopelículas y la virulencia en es-

## PALABRAS

### CLAVE:

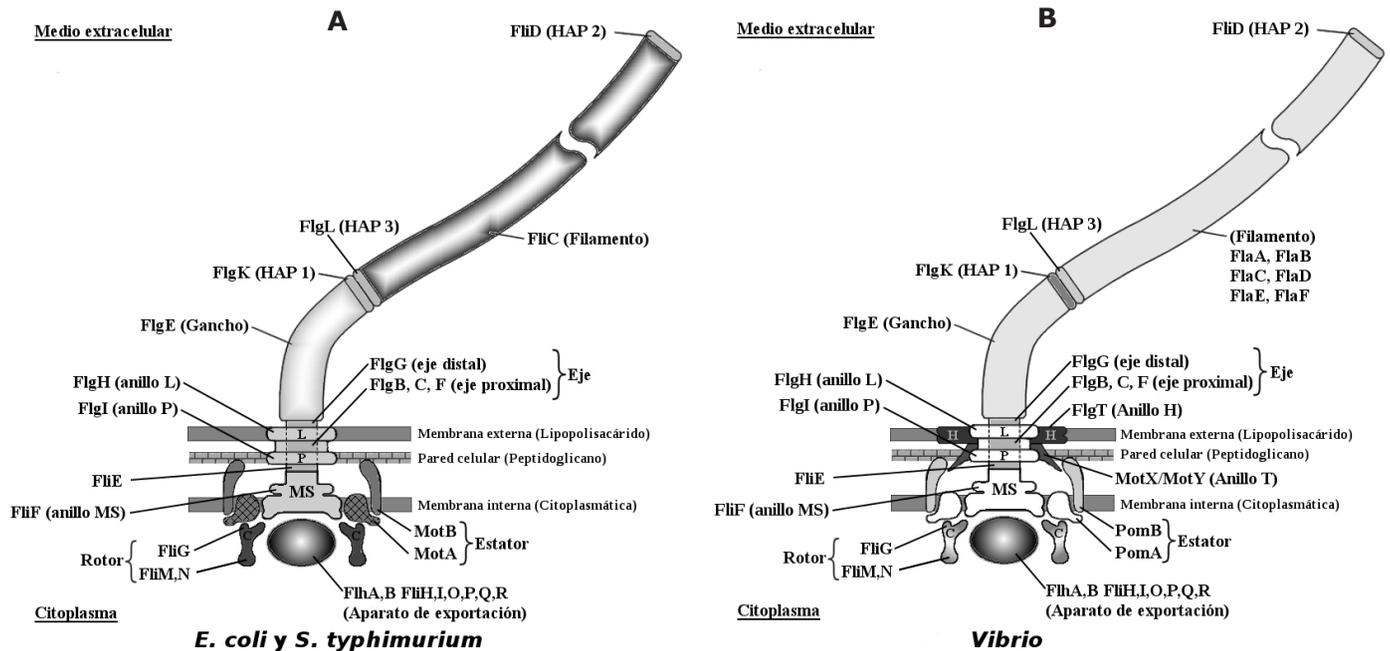
Flagelo polar, motilidad, *Vibrio*, flagelos laterales, patogénesis.

## KEY WORDS:

Polar flagellum, motility, *Vibrio*, lateral flagella, pathogenesis.

pecies patógenas (2). La motilidad celular o nado se basa en el movimiento rotatorio del filamento flagelar, que funciona como una hélice impulsando a la bacteria.

Los miembros del género *Vibrio* son bacterias Gram-negativas pertenecientes al grupo de las  $\gamma$ -proteobacterias, presentan forma de bacilo, no forman esporas y son motiles mediante un flagelo ubicado en uno de los polos del cuerpo celular; estos microorganismos son comunes en los ambientes marinos y estuarios. Se sabe que algunas especies del género como *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. cholerae* o *V. alginolyticus* son peligrosos patógenos causantes de gastroenteritis



**Figura 1.** Esquema comparativo de la estructura del flagelo. En el panel A se muestra la estructura del flagelo de *E. coli* o *S. typhimurium*; en el panel B se muestra la estructura del flagelo polar en el género *Vibrio*. En ambos esquemas se observa la localización de las tres subestructuras principales del flagelo. El filamento constituido por las diferentes flagelinas (FlaA hasta FlaF) en el caso del género *Vibrio*, y por FliC en el caso de *E. coli* y *S. typhimurium*. El gancho formado por la proteína FlgE, es el intermediario flexible entre el filamento y el cuerpo basal. El filamento está unido al gancho mediante las proteínas accesorias HAP 1 y HAP 3; el extremo distal del filamento, está rematado por la proteína HAP 2, la cual está involucrada en la polimerización de las flagelinas y en la elongación del flagelo. El cuerpo basal está formado por los anillos MS, L y P los cuales proporcionan soporte a un eje. En la familia Vibrionaceae, las proteínas accesorias del motor de iones sodio ( $\text{Na}^+$ ), MotX y MotY forman el anillo T (3) mientras que FlgT forma el anillo H (4). Asociados al anillo MS, en la parte inferior del cuerpo basal, están el anillo C o "switch" flagelar y el aparato de exportación.

y septicemia en humanos, esto debido al consumo de alimentos del mar crudos o mal cocinados. En estas bacterias el flagelo se considera como un factor de virulencia, debido a que participa de manera significativa en el proceso de invasión al hospedero; es por ello que el estudio del flagelo y la motilidad basada en este organelo, es importante para ayudar a comprender el curso de la patogénesis en este grupo de microorganismos (5).

### Estructura del flagelo polar en la familia Vibrionaceae

Los sistemas flagelares más estudiados son los de *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium*; en estos modelos experimentales, el flagelo está formado por un filamento el cual está unido a la célula mediante una sección denominada gancho, a su vez, el gancho recibe la torca (fuerza de torsión o rotación) generada por un motor rotatorio. Este complejo proteínico atraviesa la membrana interna, la pared celular y la membrana externa

(Fig 1). Cabe mencionar que la ultra estructura básica del flagelo se ha descrito en varios trabajos mediante distintas técnicas de microscopía (6).

a) El Filamento. Esta es una estructura helicoidal de localización extracelular, de forma tubular, hueca, de entre 10 y 15 nm de diámetro por casi 4000 nm de largo y está construida a partir de monómeros de una proteína conocida como flagelina (FliC); cada filamento puede contener hasta 20,000 subunidades de flagelina. En las especies del género *Vibrio*, el filamento flagelar es un heteropolímero constituido por 4 a 6 diferentes flagelinas (FlaABCDFE); el número de estas flagelinas varía de acuerdo con la especie. Todas las flagelinas están presentes en el filamento de manera simultánea y algunas se hallan en mayor proporción que otras. El flagelo polar, en el género *Vibrio*, está recubierto por una membrana lipídica la cual se ha descrito como una extensión de la membrana celular externa. Esta cubierta incrementa el grosor del

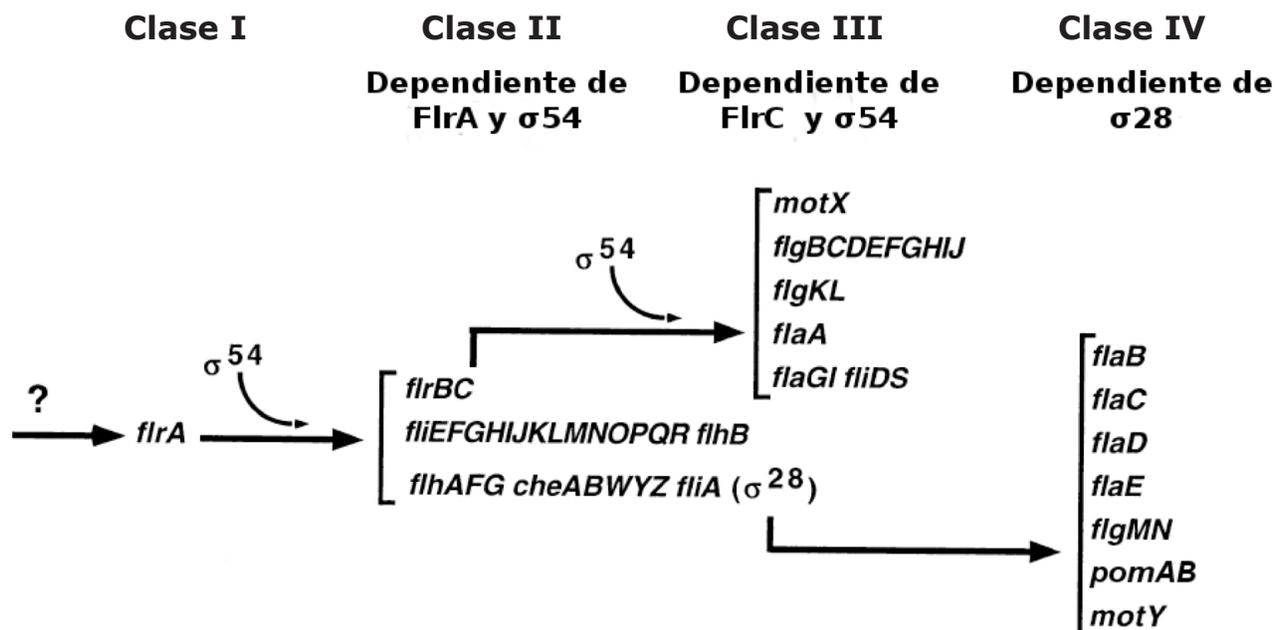
flagelo polar en un 50%, llevándolo hasta un diámetro de 30 a 35 nm; la función de la cubierta flagelar no es del todo clara. El extremo distal del filamento de *Vibrio* está rematado por la proteína FlaH, también conocida como HAP 2 (por sus siglas en inglés "Hook Associated Protein"), la cual está involucrada en la polimerización de las flagelinas (5).

- b) El Gancho. Tanto en *E. coli* o *S. typhimurium* como en el género *Vibrio*, el gancho es una estructura que presenta una forma curva y su función es la de proporcionar una unión flexible entre el filamento y el cuerpo basal; el gancho está formado por monómeros de la proteína FlgE. El gancho y el filamento se encuentran unidos, mediante las proteínas FlgK (HAP 1) e FlgL (HAP 3) (7).
- c) El Cuerpo Basal. En *E. coli* o *S. typhimurium*, este es un complejo integrado por varios anillos que rodean y dan soporte a un eje. Los anillos se denominan de acuerdo a su asociación con las diferentes capas de la envoltura celular: el anillo MS recibe su nombre debido a que su región inferior se encuentra embebida en la membrana plasmática y la región que se encuentra mirando al periplasma es supramembranal; el anillo MS está constituido por la proteína FliF y actúa como base para el eje al cual está unido mediante la proteína adaptadora FliE. El anillo P se encuentra en el periplasma, su nombre deriva de la asociación que tiene con la pared celular de peptidoglicano; está conformado por la proteína FlgI. El anillo L es el más distal de los componentes del cuerpo basal, se halla embebido en la membrana de lipopolisacáridos o membrana externa (característica del grupo de las bacterias Gram-negativas) y FlgH es la proteína que lo constituye. Los anillos rodean y dan soporte a un eje cuya porción proximal (la más cercana al anillo MS) está formada por las proteínas FlgB, FlgC y FlgF. La porción distal del eje (la más alejada del anillo MS) sobre la cual se monta el gancho, está formada por la proteína FlgG. Dentro del género *Vibrio*, el cuerpo basal del flagelo polar cuenta con estructuras adicionales que no se hallan en el cuerpo basal descrito para *E. coli* o *S. typhimurium*: el anillo T y el anillo H. El anillo T, con su forma de media luna, se ubica bajo el anillo P en el espacio periplásmico y está formado por las proteínas MotX y MotY; el anillo T está involucrado en el reclutamiento de los complejos estatores PomAB en torno al rotor y posiblemente también en el rodamiento del eje (3). El anillo H, formado por la proteína FlgT, está situado en la porción distal del complejo en

la base del gancho. El anillo H está involucrado en la sujeción y estabilización del flagelo polar al cuerpo celular; en ausencia de FlgT, tanto el anillo H como el anillo T no se forman, el flagelo polar es incapaz de rotar y finalmente se desprende del cuerpo celular (4, 8).

De manera general, el cuerpo basal recibe el impulso del motor para transmitirlo al eje, al gancho y luego al filamento. El motor flagelar opera mediante un mecanismo rotatorio reversible y está dividido en dos secciones: el rotor y el estator. El rotor es una estructura en forma de campana llamada anillo C (por mirar hacia el citoplasma) el cual está unido de manera no covalente a la parte inferior del anillo MS y está conformado por las proteínas FliG, FliM y FliN. El anillo C es también conocido como el "switch" flagelar debido a que está asociado con el cambio de dirección en la rotación del filamento. El estator es el elemento fijo del motor y está formado por varios complejos de las proteínas transmembranales MotA y MotB (en *S. typhimurium* o *E. coli*), que rodean al anillo C; cada uno de estos complejos estatores, está conformado por cuatro subunidades de MotA y dos subunidades de MotB. Dentro del género *Vibrio*, el estator del flagelo polar está constituido por las proteínas homólogas PomA y PomB (por sus siglas en inglés "Polar flagellum motility"). Ambas proteínas interactúan entre sí para formar un complejo compuesto por cuatro subunidades de PomA y dos subunidades de PomB (7, 9).

Ubicado dentro del anillo C y en el centro del anillo MS, se encuentra un sistema de secreción tipo III también conocido como aparato de exportación flagelar. Este sistema tiene la función de translocar a los componentes axiales del flagelo (proteínas del eje, el gancho, las proteínas de unión HAP y las flagelinas del filamento), desde el citoplasma a través de la membrana interna, la pared celular y la membrana externa; el aparato de exportación flagelar está conformado por las proteínas transmembranales FlhA, FlhB, FliO, FliP, FliQ y FliR así como por los componentes citosólicos FliH, FliI y FliJ. Los componentes transmembranales forman la puerta de exportación dentro del anillo MS mediante la interacción de FlhA y FliF, mientras que los elementos citosólicos son requeridos para guiar a los componentes axiales del flagelo o sustratos, que serán translocados hacia la puerta de exportación y para facilitar su entrada inicial en el poro de la misma. La actividad de ATPasa de FliI es necesaria para liberar a los sustratos dentro de la puerta de exportación flagelar, FliH es un regulador negativo para la ATPasa FliI y FliJ es una chaperona general que



**Figura 2.** Ruta de biogénesis flagelar en las bacterias del género *Vibrio*. El ensamblaje del flagelo tiene una organización jerárquica bajo la cual la expresión y la producción de proteínas estructurales y reguladoras, están gobernadas por puntos de control de un modo tal que el ensamblaje de un segmento no puede iniciar sino hasta que el segmento previo ha sido concluido. La cascada inicia con la activación del gen de Clase I *flrA*; la activación de los genes de Clase II, que incluye a los genes que codifican para el aparato de exportación (*FlhAB*, *FliHIJOPQR*) y el anillo C (*FliGMN*), es dependiente de *FlrA* y el factor  $\sigma^{54}$ . A su vez la activación de los genes de Clase III, donde están los genes correspondientes al cuerpo basal, el gancho (*FlgE*) y parte del anillo T (*MotX*), es dependiente del producto de gen *flrC* y también del factor  $\sigma^{54}$ . Finalmente los genes de Clase IV son dependientes del factor  $\sigma^{28}$ , el cual a su vez es un gen de Clase II; en los genes de Clase IV se encuentran aquellos que codifican para las flagelinas (*FlaABCDEF*), las proteínas del estátor (*PomAB*). La imagen fue tomada y modificada de la referencia (10).

previene la agregación prematura de los sustratos flagelares próximos a ser exportados (11).

### Ensamblaje y regulación de la biogénesis flagelar

Debido a que el ensamblaje y el funcionamiento del flagelo son costosos para la célula en términos energéticos, es necesario un control estricto de la biogénesis y de la actividad de este organelo. La biogénesis del flagelo polar tiene una organización jerárquica bajo la cual la expresión y la producción de proteínas estructurales y reguladoras, están gobernadas por puntos de control de un modo tal que el ensamblaje de un segmento no puede iniciar sino hasta que el segmento previo ha sido concluido. El flagelo se ensambla desde el interior de la células hacia el exterior, comenzando con el cuerpo basal, el anillo C y el aparato de exportación, después el gancho y finalmente el filamento; los complejos del estátor se ensamblan una vez que el cuerpo basal está completo. Los genes que participan en la construcción del flagelo en *S. typhimurium*, están ordenados de manera jerárquica en tres clases.

El operón maestro (*flhDC*) pertenece a la clase temprana que activa la expresión de los genes de clase media; en esta clase están los genes que codifican para los componentes del cuerpo basal, el gancho y el factor  $\sigma^{28}$  que controla la expresión de los genes de clase tardía. En esta última clase se encuentran los genes que codifican para el filamento y los complejos estatores; los genes que codifican para los complejos estatores se expresan al final de la cascada de biogénesis flagelar, debido a que es necesario que toda la estructura esté completa antes de poder comenzar a rotar. En esencia, el proceso de la biogénesis flagelar es el mismo en el género *Vibrio* pero con algunas diferencias. El flagelo polar de la familia *Vibrionaceae* requiere de dos factores de transcripción, la proteína RpoN (factor  $\sigma^{54}$ ) para los genes tempranos y la proteína *FliA* (factor  $\sigma^{28}$ ) para los genes tardíos. Los genes que participan en la biogénesis del flagelo polar están agrupados en cuatro clases (Fig 2). El proceso comienza con la transcripción del activador maestro de Clase I *flrA*, cuyo producto se une al factor de transcripción  $\sigma^{54}$  para activar los genes de la Clase II. Aunque las señales que inician la

transcripción del gen *flrA* aun no son del todo claras, se piensa que hay una relación entre el ciclo celular y la síntesis flagelar, esto debido a que el flagelo polar es constitutivo y está presente en todo momento durante la vida libre de la bacteria. Los genes de la Clase II codifican para el anillo MS, el anillo C o "switch" flagelar, el aparato de exportación y los factores reguladores FlrB, FlrC y FliA ( $\sigma^{28}$ ). Cuando el ensamblaje del anillo MS, el anillo C y el aparato de exportación concluye, el sistema de dos componentes FlrB/FlrC se activa; la cinasa sensora de histidina FlrB transfiere un grupo fosfato al regulador de respuesta FlrC el cual a su vez inicia la transcripción, dependiente de  $\sigma^{54}$ , de los genes de Clase III. En el grupo de genes de la Clase III están los que codifican para el cuerpo basal, una flagelina mayoritaria o principal FlaA, el remate del filamento FliD (HAP 2) y un componente del anillo T, MotY. La transcripción de los genes de Clase IV es dependiente de FliA (factor  $\sigma^{28}$ ); dentro de este grupo están los genes que codifican para las flagelinas adicionales (FlaB-CDE), el regulador negativo FlgM (factor anti- $\sigma^{28}$ ), la otra parte del anillo T, MotX, los componentes del complejo estator PomA y PomB así como para las proteínas encargadas de la quimiotaxis. Al mismo tiempo que se inicia la activación de los genes de Clase III por el sistema de dos componentes FlrB/FlrC, el factor FliA -que es una proteína de Clase II- inicia la síntesis de proteínas pertenecientes a la Clase IV como se mencionó antes. Entre estas proteínas está el factor anti- $\sigma^{28}$  o FlgM cuya función es la de secuestrar al factor  $\sigma^{28}$  a modo de una asa de regulación negativa hasta que el cuerpo basal y el gancho estén terminados. Una vez que el complejo del gancho y el cuerpo basal se completa, el aparato de exportación secreta a FlgM al medio extracelular dejando a FliA libre para iniciar la transcripción de los genes de Clase IV (5, 10).

### Funcionamiento del motor flagelar

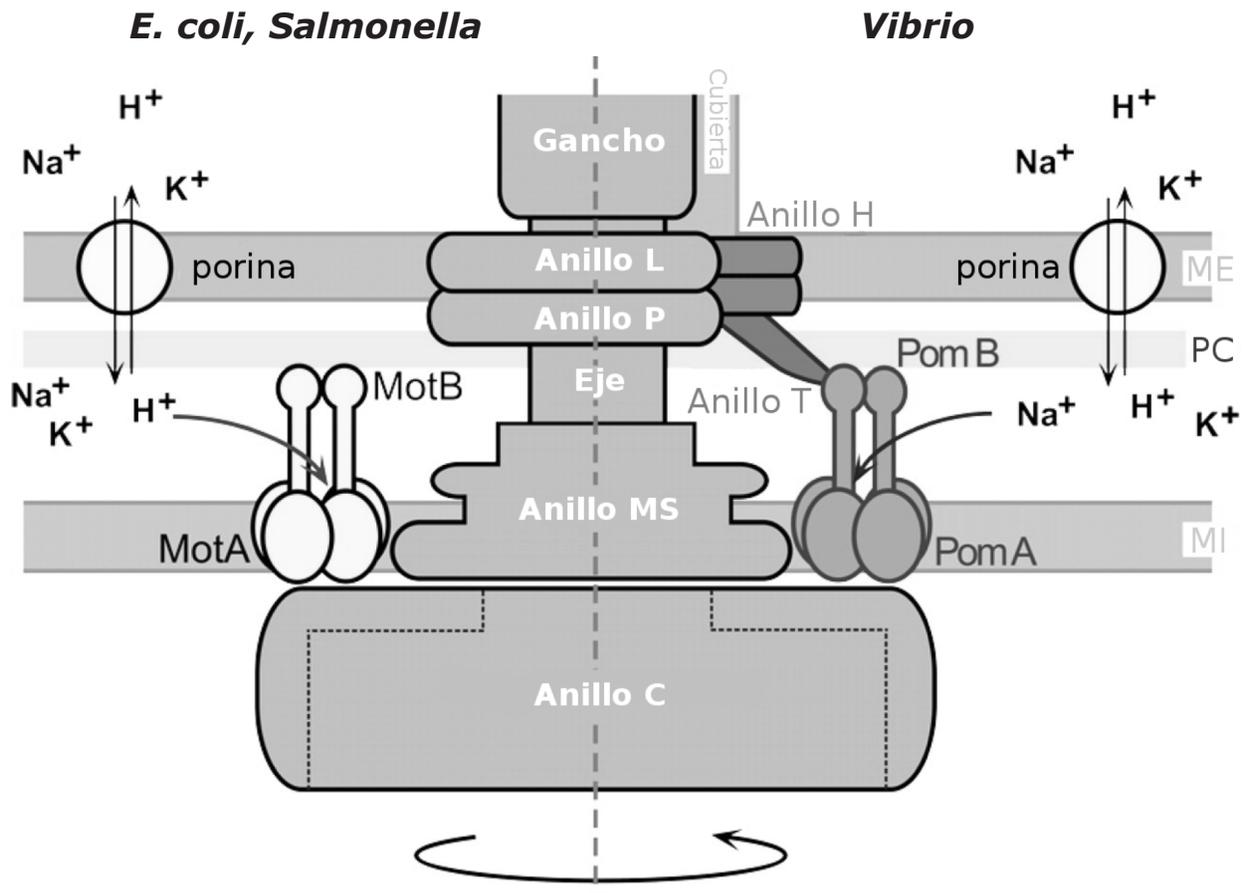
Se sabe que en *E. coli* y *S. typhimurium*, cada uno de los complejos MotA/MotB forma un canal que cruza la membrana interna de la célula; este canal, transloca protones ( $H^+$ ) desde el espacio periplásmico hasta el citoplasma, en favor de un gradiente electroquímico (fuerza protón motriz). El paso de los protones a través del canal formado por las proteínas MotA y MotB, está acoplado con la rotación del motor flagelar (7).

En las bacterias marinas como *V. cholerae*, *V. alginolyticus* o *V. parahaemolyticus*, el sistema de homeostasis mantiene el pH intracelular entre 8 y 9 por lo que la fuerza protón motriz ( $H^+$ ) es muy pequeña; para superar este problema, los

miembros de la familia *Vibrionaceae* recurren a un gradiente electroquímico de iones sodio ( $Na^+$ ) para generar la fuerza motriz que impulsa la rotación del flagelo polar. El paso de los iones, a través de la membrana interna, es conducido por el canal que forman las proteínas del estator PomA y PomB. Se piensa que el principio para el funcionamiento del motor impulsado por sodio, es el mismo que en el motor impulsado por protones (Fig 3): los iones sodio en el periplasma se unen a un residuo específico de aspartato en PomB, el Asp 24, para ser translocados al citoplasma. El paso de los iones sodio induce un cambio estructural en PomA que modifica su interacción con una de las proteínas del rotor, FliG. La interacción de los residuos cargados Lis284, Arg301, Asp308, Asp309 y Arg317 ubicados dentro del dominio carboxilo terminal de FliG con los residuos Arg88 y Glu96 (residuos cargados equivalentes a los de MotA) más otros residuos adicionales: Lis89, Glu97 y Glu99 en el asa citoplásmica de PomA, genera la rotación del flagelo polar. Sustituir estos residuos cargados por residuos sin carga, en forma individual, no altera de manera significativa la función del estator, sin embargo la rotación flagelar se interrumpe cuando los cinco residuos cargados son sustituidos por residuos sin carga de manera simultánea. Los fármacos bloqueadores de canales de sodio como el amiloride y su derivado, el fenamil son capaces de prevenir la generación del torque en el filamento polar al interrumpir el flujo de iones inhibiendo así el desplazamiento de las células (9).

### El nado direccionado o quimiotaxis

La rotación reversible del motor flagelar dependiente del mecanismo de "switch" contenido en el anillo C, es el principio de la quimiotaxis. En *E. coli*, la rotación flagelar en dirección opuesta a las manecillas del reloj (en inglés "counter-clockwise" o ccw) conduce a los filamentos a formar una trenza que impulsa a las células hacia el frente; por otro lado, la rotación en dirección de las manecillas del reloj (en inglés "clockwise" o cw) deshace la trenza flagelar permitiendo así la reorientación de las células. El paso del modo de nado (rotación ccw) al paro y reorientación (rotación cw) depende de la interacción del regulador de respuesta quimiotáctico CheY en su estado fosforilado con la proteína del "switch" flagelar FliM. Cuando el medio es homogéneo y hay una concentración decreciente de ligando en los complejos de quimiorreceptores en el polo celular, se inicia la auto fosforilación de la cinasa sensora CheA, la cual transfiere su grupo fosfato al regulador de respuesta CheY. En su estado fosforilado, CheY-P se une primero



**Figura 3.** Mecanismo de rotación flagelar en las bacterias entéricas (*E. coli*) y en las bacterias marinas (*V. alginolyticus*). En *E. coli*, el complejo del estátor MotA/B conduce un flujo de protones ( $H^+$ ) que se encuentra acoplado a la generación de la rotación en el complejo del rotor, el anillo C. En *V. alginolyticus*, el principio de la fuerza motriz es el mismo; un flujo de iones, en este caso de sodio ( $Na^+$ ), conducido desde el periplasma hasta el citoplasma por el complejo del estátor PomA/B también está acoplado a la generación del torque en el complejo del anillo C. Asimismo, el anillo T formado por las proteínas MotXY y el anillo H que incluye a la proteína FlgT, son necesarios para la rotación del filamento polar. Membrana externa (ME), Pared celular (PC) y Membrana interna (MI). La imagen fue tomada y modificada de la referencia (12).

al dominio amino terminal de FliM (FliM-N) y de manera sucesiva al dominio intermedio (FliM-M) desplazando -de manera competitiva- al dominio carboxilo terminal de FliG (FliG-C); este cambio de conformación en FliG altera de manera aun desconocida su interacción con MotA dando como resultado un cambio de sentido en la rotación flagelar, pasando del nado al paro y la reorientación. Bajo estas condiciones la frecuencia de paro y nado es semejante. Por otro lado, cuando existe en el medio un gradiente de sustancias favorables o nocivas, la concentración de ligando se incrementa en los complejos quimiorreceptores y la cinasa sensora CheA se desactiva; concomitantemente disminuye la concentración de CheY-P en el citoplasma, el dominio carboxilo terminal de FliG (FliG-C) regresa a su posición original con respecto

a MotA y a su sitio de interacción con el dominio intermedio de FliM (FliM-M). En esta situación, la frecuencia de paro disminuye y los episodios de nado se vuelven más prolongados, lo que permite a las células dirigirse hacia los atrayentes o alejarse de los repelentes (13).

### Un sistema de motilidad alternativo: Los flagelos laterales

Las bacterias son capaces de modular la expresión de sus genes para lidiar con los constantes cambios en el medio ambiente; condiciones como la concentración de nutrientes, la salinidad o la temperatura son percibidas por las células continuamente. Las respuestas que ofrecen frente a estos cambios pueden reflejarse en alteraciones

Tabla 1

Microorganismo	Flagelo polar recubierto <sup>1</sup>	Flagelos laterales desnudos (peritricos) <sup>2</sup>	Estilo de vida
<i>V. alginolyticus</i>	Monotrico	+	Patógeno
<i>V. anguillarum</i>	Monotrico	-	Patógeno
<i>V. cholerae</i>	Monotrico	-	Patógeno
<i>V. fischeri</i>	Lofotrico (2-8) <sup>3</sup>	-	Simbionte
<i>V. harveyi</i>	Monotrico	+	Patógeno
<i>V. parahaemolyticus</i>	Monotrico	+	Patógeno
<i>V. shilonii</i>	Monotrico	+	Patógeno
<i>V. vulnificus</i>	Monotrico	-	Patógeno

<sup>1</sup>Observado mediante microscopía electrónica de transmisión en cultivos de medio líquido.

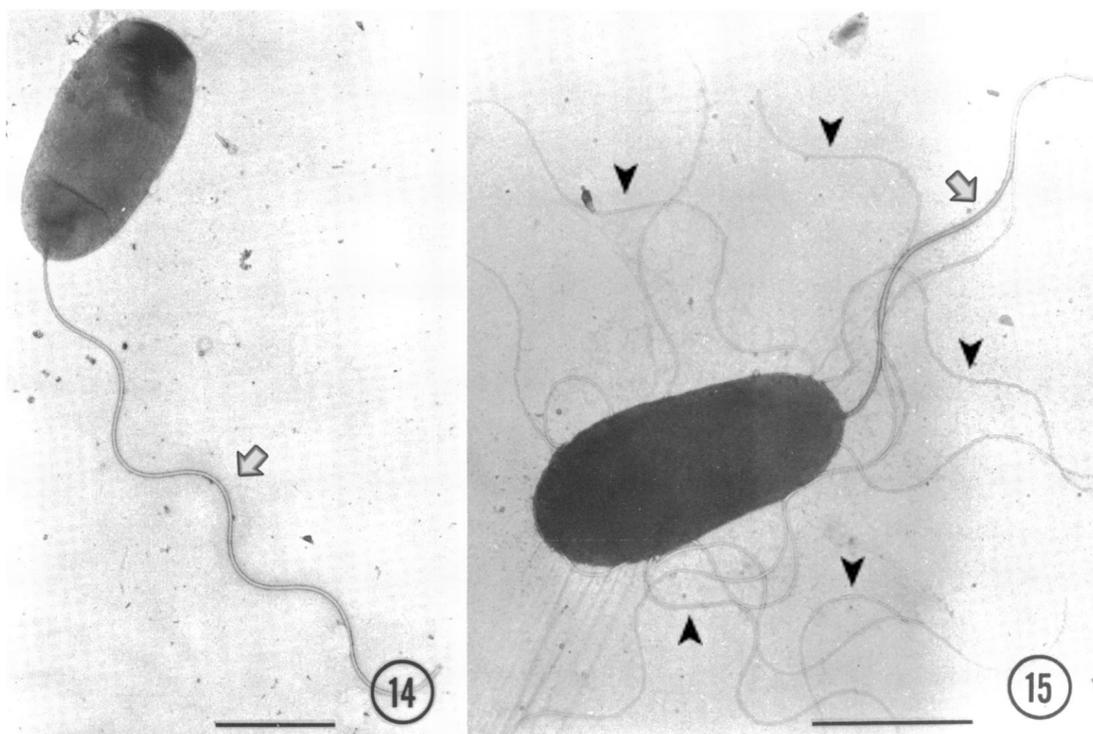
<sup>2</sup>Observado mediante microscopía electrónica de transmisión en cultivos de medio sólido. +, presencia de flagelos laterales; -, no se detectó la presencia de flagelos laterales.

<sup>3</sup>La distribución lofotrica se refiere a la presencia de varios flagelos concentrados en uno de los polos del cuerpo celular; *V. fischeri*, presenta entre 2 y 8 flagelos polares en este arreglo.

dramáticas de la conducta y la morfología de las bacterias; uno de los cambios más evidentes es la elongación de la célula y la aparición de múltiples flagelos sobre el cuerpo celular, cuando las bacterias crecen sobre superficies. Algunas especies del género *Vibrio* presentan dos tipos de flagelos: el flagelo polar único (monotrico) recubierto (Fla) y numerosos flagelos laterales desnudos (Laf) que recubren el cuerpo celular (distribución peritrica) (Fig 4). Entre estas especies *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi* y *V. shilonii* presentan un flagelo polar constitutivo y flagelos laterales inducibles. En contraste, otros miembros del género como *V. cholerae*, *V. anguillarum*, *V. fischeri* y *V. vulnificus*, no poseen un sistema de flagelos laterales (5, 8, 14) (Tabla 1). El flagelo polar es utilizado para el nado en medio líquido mientras que los flagelos laterales están adaptados para el desplazamiento sobre superficies o en medios de alta viscosidad. La expresión del flagelo polar es constitutiva y está presente en la célula todo el tiempo, por otro lado, la expresión de los flagelos laterales es inducible y se encuentra asociada con la alta densidad del medio. Cada uno de estos organelos de motilidad cuenta con su propio motor embebido en la membrana interna. Para ambos tipos de flagelo, la rotación se genera a partir de un gradiente iónico transmembranal de sodio (Na<sup>+</sup>) para el flagelo polar y de protones (H<sup>+</sup>) para los flagelos laterales (15). Otras bacterias que cuentan

con un sistema de flagelos laterales adecuados para el desplazamiento en medio sólido, incluyen a *Rhodospirillum centenum*, *Azospirillum brasilense* y *Aeromonas hydrophila* (16).

Se ha propuesto que la inducción de los flagelos laterales ocurre en respuesta directa a la inhibición de la rotación en el flagelo polar, en medios viscosos y al contacto con superficies. En *V. parahaemolyticus* el flagelo polar actúa como un sensor que detecta condiciones ambientales en las cuales la rotación del flagelo polar disminuye o es impedida. Otras condiciones que interfieren con la rotación del flagelo polar son los anticuerpos contra la superficie de las células, las mutaciones en algunos genes del sistema del flagelo polar y los bloqueadores de canales de sodio como el amiloride y el fenamil (8, 17). Trabajos con *V. parahaemolyticus* y *V. shilonii*, han confirmado que la expresión de los flagelos laterales se encuentra directamente asociada con el decremento en la rotación del flagelo polar; estos resultados se obtuvieron con el uso de agentes densificantes (18) y la presencia de fenamil en el medio de cultivo (17). La ultraestructura del cuerpo basal en los flagelos laterales fue visualizada y descrita recientemente, en la bacteria *V. shilonii* (19). Cabe mencionar que la ultraestructura del cuerpo basal en los flagelos laterales de *V. shilonii* es muy semejante a la ultraestructura del cuerpo basal en los flagelos peritricos descrita para *S. typhimurium* (20). (Fig 5).

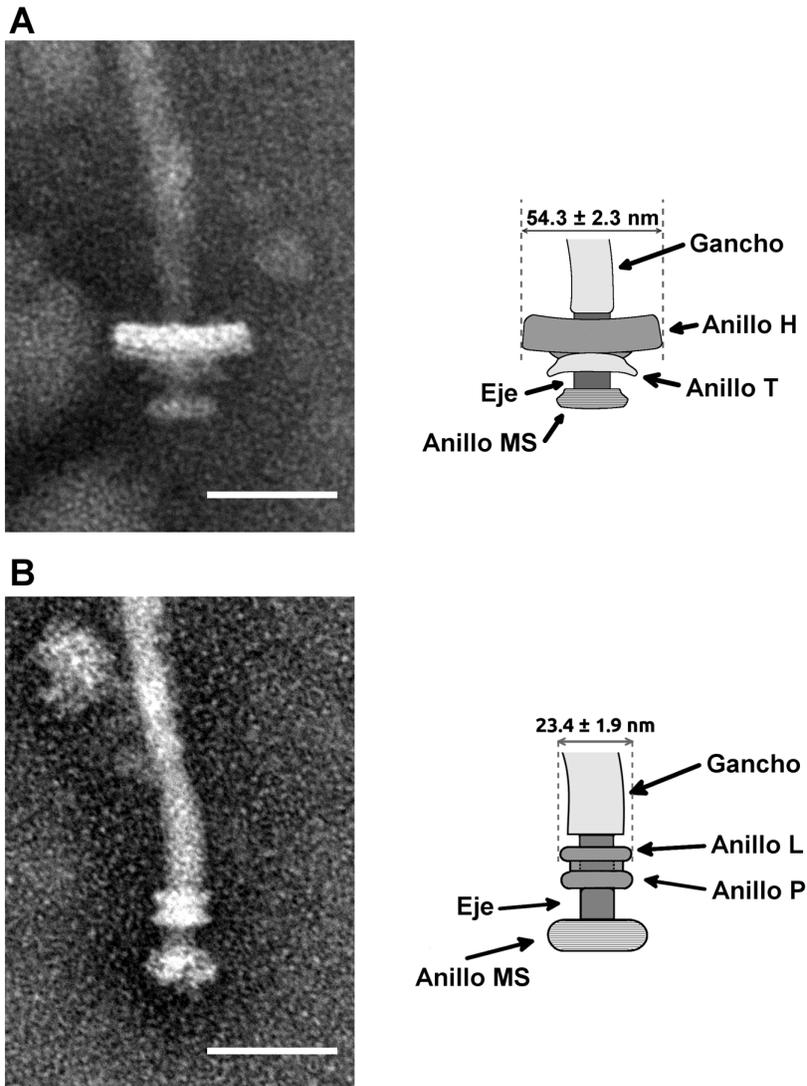


**Figura 4.** Los dos sistemas flagelares de *V. alginolyticus*. En el panel de la izquierda se muestra la imagen de microscopía electrónica de transmisión de una célula extraída de cultivo en medio líquido donde se observa un flagelo único en posición polar, por otro lado, en el panel de la derecha se muestra una imagen de microscopía electrónica de transmisión de una célula extraída de un cultivo en medio sólido la cual, además del flagelo polar, presenta múltiples filamentos que recubren el cuerpo celular; estos son los flagelos laterales. Las flechas grises en ambos paneles señalan al flagelo polar; las flechas negras en el panel derecho señalan a los flagelos laterales. Las barras de escala son equivalentes a 1  $\mu\text{m}$ . La figura fue tomada y modificada de la referencia (14).

### El papel del flagelo en la interacción bacteria-hospedero

La locomoción dependiente del flagelo, guiada por el sistema quimiotáctico, aleja a las bacterias de los ambientes nocivos para ellas y las dirige hacia los atrayentes; dichos atrayentes incluyen metabolitos, precursores u otros nutrientes disueltos en el medio, que las bacterias pueden interpretar como señales de proximidad hacia un hospedero potencial. Debido a que el flagelo participa de manera importante en la interacción bacteria-hospedero, este organelo es considerado como un factor de virulencia o como un determinante de simbiosis. Se sabe que una cepa isogénica mutante, incapaz de moverse o que expresa sus sistemas de motilidad de manera incompleta, está restringida en cierto grado, para la colonización, la capacidad de causar enfermedad o para ambas; evidencia de lo anterior, es la recuperación exclusiva de bacterias motiles en modelos *in vivo*, después de una infección con células motiles o con una mezcla de células motiles y no motiles. A continuación, se muestran algunos

ejemplos de cómo es que el flagelo contribuye al proceso invasivo en diferentes maneras. Una cepa mutante en el gen *motY* de *V. anguillarum*, la cual es incapaz de rotar el flagelo polar, exhibe una disminución de 750 veces en la capacidad de colonización al emplear un modelo experimental de trucha, con respecto de la cepa silvestre; esto se debe a que resulta imposible para las bacterias mutantes atravesar el tegumento del hospedero. Si esta barrera es superada, el flagelo ya no es necesario para continuar con la fase posterior de la infección; evidencia de ello es que, tanto la cepa mutante como la silvestre, tienen la misma capacidad de virulencia cuando estas se inyectan intraperitonealmente en el modelo *in vivo* (21). Empleando *V. vulnificus* con un modelo murino, se ha observado que la cepa mutante para el gen *flgE*, incapaz de construir un flagelo polar, muestra una disminución significativa en su capacidad de adherencia a las células del epitelio intestinal y en la formación de biopelículas, con respecto de la cepa parental (22). Cuando estas cepas se inyectan dentro del peritoneo, la dosis letal media (DL 50)

**Figura 5.**

Ultraestructura del cuerpo basal lateral. En el panel A se muestra la imagen de microscopía electrónica de transmisión correspondiente al cuerpo basal de un flagelo polar de la bacteria marina *V. shilonii* (5), junto con el esquema de sus componentes. El panel B muestra la imagen de microscopía electrónica de transmisión que corresponde al cuerpo basal de un flagelo lateral; asimismo, con la imagen se muestra un esquema donde se indican los componentes que se pueden distinguir por su posición dentro del complejo. Las barras de escala en las imágenes de microscopía electrónica son equivalentes a 50 nm. La imagen fue tomada y modificada de la referencia (19).

es de  $5.0 \times 10^5$  células para la cepa mutante y de  $4.4 \times 10^4$  células para la cepa silvestre. Las mutantes de *V. fischeri* incapaces de rotar o construir el flagelo polar, obtenidas mediante transposición, son incapaces de colonizar los órganos de luz de su hospedero, el calamar *Euprymna scolopes*. Aunque no existen experimentos de inoculación directa de las mutantes no móviles dentro de los órganos de luz, si se ha observado durante el curso de la infección, que más del 95% de las bacterias silvestres recuperadas de los órganos de luz, después de un tiempo de colonización de 24 horas, no presentan flagelos polares (23).

### Conclusiones y perspectivas

Como se mencionó con anterioridad, el género *Vibrio* contiene especies de importancia clínica para la salud pública como es el caso de *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* o *V. vulnificus*, los cuales son

causantes de graves enfermedades gastrointestinales. Asimismo especies como *V. anguillarum* o *V. harveyi* son los agentes causales de enfermedades en truchas y camarones respectivamente, que propician la pérdida considerable de estos recursos alimenticios (24). El estudio de las bacterias marinas de la familia *Vibrionaceae*, es importante desde el punto de vista de la motilidad, porque nos da una perspectiva nueva sobre la relación patógeno-hospedero y otra forma de abordar este tema.

Asimismo el estudio de la motilidad en este género de bacterias, como modelo experimental, supone retos interesantes. Uno de los problemas más longevos en el área es el mecanismo de transducción de la señal que conecta la disminución de la tasa de rotación del flagelo polar, con la expresión de los flagelos laterales. Actualmente, se sabe que cuando la rotación del flagelo polar disminuye por el contacto con una superficie, las células son capaces de percibir el cambio en el flujo de los iones sodio

(Na<sup>+</sup>) a través del motor flagelar; para avanzar un poco más en esta pregunta, se pueden utilizar otros compuestos eficaces en alterar la motilidad como la familia de análogos de la quinazolina-2,4-diamino (Q24DAs) (25) y determinar su capacidad para bloquear el flujo de iones sodio (Na<sup>+</sup>). Otro componente que podría estar involucrado en la detección del estrés sobre la rotación del flagelo, es una proteína transmembranal poco entendida, FliL (26).

Más que contestar preguntas, la intención de estas líneas es resumir, en la medida de lo posible, dar una panorámica general sobre el esquema que se tiene actualmente sobre la motilidad bacteriana en los miembros del género *Vibrio*. Está claro que pese al gran detalle con que se ha diseccionado el sistema flagelar de estas bacterias marinas, aún quedan muchas preguntas que podemos hacer a estos microorganismos. 

## REFERENCIAS

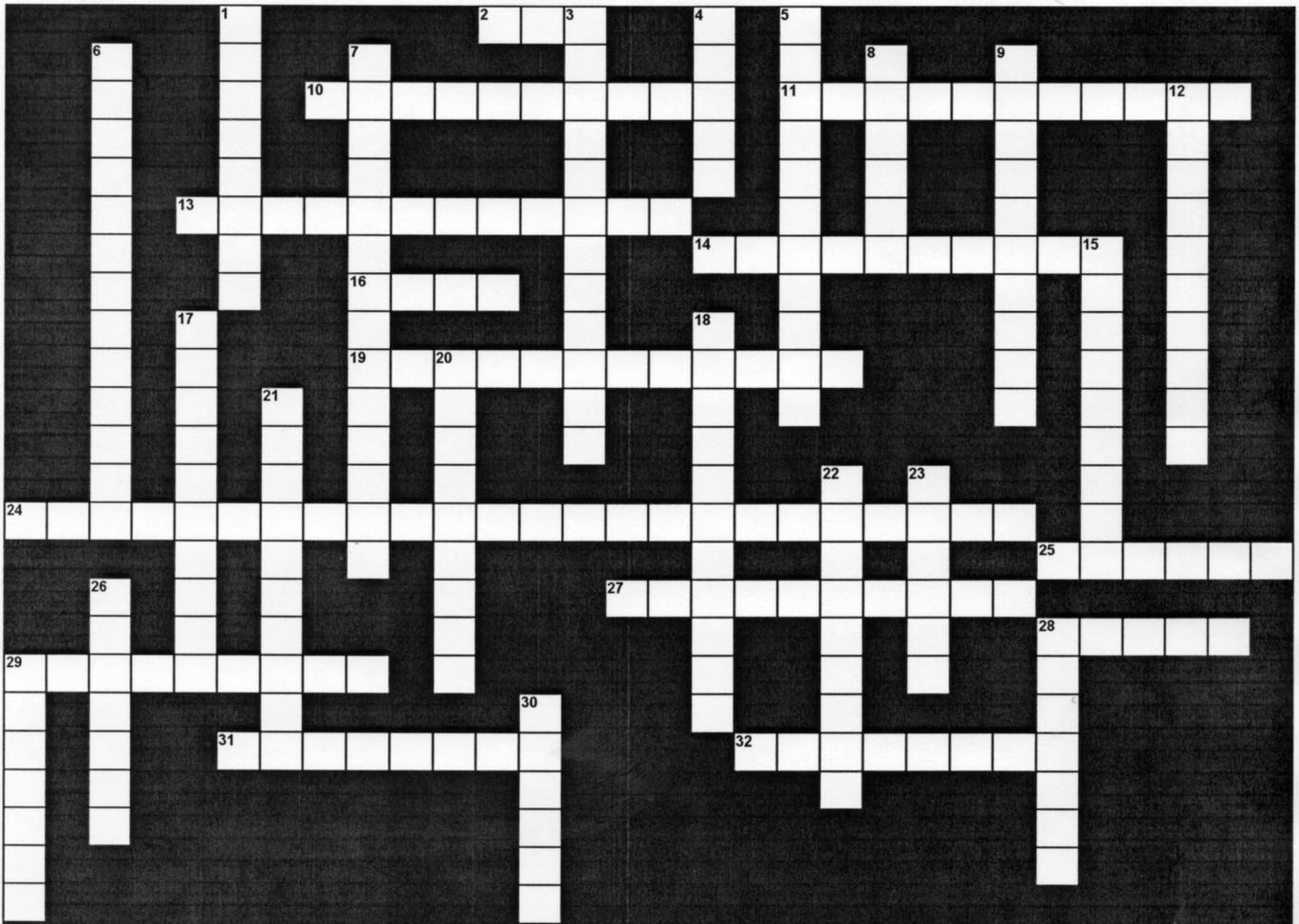
- Kearns DB (2010) A field guide to bacterial swarming motility. *Nat Rev Microbiol* 8:634–644. doi: 10.1038/nrmicro2405
- Kirov SM (2003) Bacteria that express lateral flagella enable dissection of the multifunctional roles of flagella in pathogenesis. *FEMS Microbiol Lett* 224:151–159. doi: 10.1016/S0378-1097(03)00445-2
- Terashima H, Fukuoka H, Yakushi T, Kojima S, Homma M (2006) The *Vibrio* motor proteins, MotX and MotY, are associated with the basal body of Na<sup>+</sup>-driven flagella and required for stator formation. *Mol Microbiol* 62:1170–1180. doi: 10.1111/j.1365-2958.2006.05435.x
- Terashima H, Koike M, Kojima S, Homma M (2010) The Flagellar Basal Body-Associated Protein FlgT Is Essential for a Novel Ring Structure in the Sodium-Driven *Vibrio* Motor. *J Bacteriol* 192:5609–5615. doi: 10.1128/JB.00720-10
- McCarter LL (2001) Polar Flagellar Motility of the *Vibrionaceae*. *Microbiol Mol Biol Rev* 65:445–462. doi: 10.1128/MMBR.65.3.445-462.2001
- Zhao X, Norris SJ, Liu J (2014) Molecular Architecture of the Bacterial Flagellar Motor in Cells. *Biochemistry (Mosc)* 53:4323–4333. doi: 10.1021/bi500059y
- Macnab RM (2003) How Bacteria Assemble Flagella. *Annu Rev Microbiol* 57:77–100. doi: 10.1146/annurev.micro.57.030502.090832
- González Y, Venegas D, Mendoza-Hernández G, Camarena L, Dreyfus G (2010) Na<sup>+</sup>- and H<sup>+</sup>-dependent motility in the coral pathogen *Vibrio shilonii*. *FEMS Microbiol Lett* 312:142–150. doi: 10.1111/j.1574-6968.2010.02110.x
- Yorimitsu T, Homma M (2001) Na<sup>+</sup>-driven flagellar motor of *Vibrio*. *Biochim Biophys Acta BBA - Bioenerg* 1505:82–93. doi: 10.1016/S0005-2728(00)00279-6
- Prouty MG, Correa NE, Klose KE (2001) The novel sigma<sup>54</sup>- and sigma<sup>28</sup>-dependent flagellar gene transcription hierarchy of *Vibrio cholerae*. *Mol Microbiol* 39:1595–1609.
- Macnab RM (2004) Type III flagellar protein export and flagellar assembly. *Biochim Biophys Acta BBA - Mol Cell Res* 1694:207–217. doi: 10.1016/j.bbamcr.2004.04.005
- Yonekura K, Maki-Yonekura S, Homma M (2011) Structure of the Flagellar Motor Protein Complex PomAB: Implications for the Torque-Generating Conformation. *J Bacteriol* 193:3863–3870. doi: 10.1128/JB.05021-11
- McCarter LL (2006) Motility and Chemotaxis. *Biol. Vibrios*. ASM, Press, pp 115–132.
- Allen RD, Baumann P (1971) Structure and arrangement of flagella in species of the genus *Beneckea* and *Photobacterium fischeri*. *J Bacteriol* 107:295–302.
- Atsumi T, McCarter L, Imae Y (1992) Polar and lateral flagellar motors of marine *Vibrio* are driven by different ion-motive forces. *Nature* 355:182–4.
- Merino S, Shaw JG, Tomás JM (2006) Bacterial lateral flagella: an inducible flagella system. *FEMS Microbiol Lett* 263:127–135. doi: 10.1111/j.1574-6968.2006.00403.x
- Kawagishi I, Imagawa M, Imae Y, McCarter L, Homma M (1996) The sodium-driven polar flagellar motor of marine *Vibrio* as the mechanosensor that regulates lateral flagellar expression. *Mol Microbiol* 20:693–699. doi: 10.1111/j.1365-2958.1996.tb02509.x
- Belas R, Simon M, Silverman M (1986) Regulation of lateral flagella gene transcription in *Vibrio parahaemolyticus*. *J Bacteriol* 167:210–8.
- González Y, Camarena L, Dreyfus G (2015) Induction of the lateral flagellar system of *Vibrio shilonii* is an early event after inhibition

- of the sodium ion flux in the polar flagellum. *Can J Microbiol* 61:183–191. doi: 10.1139/cjm-2014-0579
20. Aizawa SI, Dean GE, Jones CJ, Macnab RM, Yamaguchi S (1985) Purification and characterization of the flagellar hook-basal body complex of *Salmonella typhimurium*. *J Bacteriol* 161:836–849.
  21. Larsen MH, Boesen HT (2001) Role of flagellum and chemotactic motility of *Vibrio anguillarum* for phagocytosis by and intracellular survival in fish macrophages. *FEMS Microbiol Lett* 203:149–152. doi: 10.1111/j.1574-6968.2001.tb10833.x
  22. Lee J-H, Rho JB, Park K-J, Kim CB, Han Y-S, Choi SH, Lee K-H, Park S-J (2004) Role of Flagellum and Motility in Pathogenesis of *Vibrio vulnificus*. *Infect Immun* 72:4905–4910. doi: 10.1128/IAI.72.8.4905-4910.2004
  23. Josenhans C, Suerbaum S (2002) The role of motility as a virulence factor in bacteria. *Int J Med Microbiol* 291:605–614. doi: 10.1078/1438-4221-00173
  24. Thompson FL, Austin B, Swings J (2006) *The Biology of Vibrios*. American Society of Microbiology.
  25. Rasmussen L, White EL, Pathak A, Ayala JC, Wang H, Wu J-H, Benitez JA, Silva AJ (2011) A High-Throughput Screening Assay for Inhibitors of Bacterial Motility Identifies a Novel Inhibitor of the Na<sup>+</sup>-Driven Flagellar Motor and Virulence Gene Expression in *Vibrio cholerae*. *Antimicrob Agents Chemother* 55:4134–4143. doi: 10.1128/AAC.00482-11
  26. Suaste-Olmos F, Domenzain C, Mireles-Rodríguez JC, Poggio S, Osorio A, Dreyfus G, Camarena L (2010) The Flagellar Protein FliL Is Essential for Swimming in *Rhodobacter sphaeroides*. *J Bacteriol* 192:6230–6239. doi: 10.1128/JB.00655-10

# CRUCIBIOQ<sup>®</sup>

## FOSFORILACIÓN OXIDATIVA

Yolanda Saldaña Balmori  
Correo E: balmori@laguna.fmedic.unam.mx



### HORIZONTALES

- 2** Siglas de la molécula que está formada por una base púrica la adenina, una molécula de ribosa y tres grupos fosfato, tiene dos enlaces de alta energía debido a que con su hidrólisis da lugar a la variación negativa de la energía libre; es el principal transductor de energía en la célula ya que se emplea para impulsar un gran cantidad de reacciones biosintéticas.
- 10** Estas entidades están dedicadas al transporte de electrones poseen un grupo prostético hemo semejante al que tienen la mioglobina, la hemoglobina y la catalasa; el hierro presente en este grupo es reducido y oxidado alternativamente a medida que los electrones son transportados.
- 11** La adenin-nucleótido \_\_\_\_\_ es la enzima encargada de transportar ADP hacia la matriz mitocondrial y posterior a su fosforilación exportarlo como ATP.

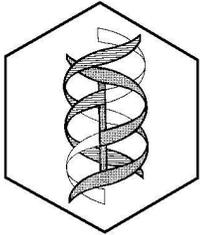
- 13** La proteína \_\_\_\_\_ se une a un GTP y bloquea el paso de  $H^+$  lo que favorece la formación de un potencial transmembranal negativo en el interior de la mitocondria, esto conduce a que la energía se disipe en forma de calor propiciando la termogénesis.
- 14** Ya que el NADH no puede atravesar la membrana interna mitocondrial, razón que le impediría ser oxidado por el sistema de transporte de electrones, existe la presencia de dos mecanismos denominados \_\_\_\_\_ que permiten la oxidación de NADH en el citosol; una de ellas es la del glicerol-3-fosfato ya que esta molécula transfiere los electrones del NADH desde el citoplasma a la mitocondria reduciendo el FAD a  $FADH_2$ .
- 16** Siglas de la entidad que es el aceptor inicial de los electrones que son transferidos a través de los diferentes complejos hacia el oxígeno, existe una diferencia de potencial de 1.14 V.
- 19** Así se denomina al control ejercido cuando la ATP sintetasa se inhibe por una concentración elevada de ATP y se activa por el consumo de oxígeno.
- 24** Cuando el aceptor de un par de electrones es esta molécula y una vez que han emigrado a través de la cadena respiratoria, se calcula que se producen 1.5 ATP.
- 25** En la \_\_\_\_\_ mitocondrial se encuentran las enzimas solubles del metabolismo oxidativo, sustratos y cofactores, así como DNA, RNA y ribosomas con capacidad de sintetizar algunas proteínas.
- 27** La observación y trabajos de investigación han ayudado al conocimiento del llamado \_\_\_\_\_ electrónico ya que agentes como la rotenona, que ha sido utilizada como insecticida y el amital, un barbitúrico, bloquean el complejo I; la antimicina A, un antibiótico, bloquea al complejo III y el cianuro bloquea el complejo IV.
- 28** Este metal forma parte de la citocromo c-oxidasa, la enzima que oxida al citocromo c y transporta electrones a través de los citocromos  $a$  y  $a_3$ , su deficiencia en lactantes puede ocasionar anemia y miocardiopatía debido a que hay alteración en la síntesis de ATP y a que el corazón demanda una gran cantidad de energía.
- 29** Tipo de fosforilación en el que hay un acoplamiento entre el transporte de electrones a través de los complejos I - IV que liberan energía libre y el mecanismo de síntesis de ATP a partir de ADP y Pi
- 31** El ATP forma un complejo con este ion, su deficiencia altera todo el metabolismo ya que no puede ni sintetizarse ni utilizarse el nucleótido trifosforilado.
- 32** Estas partículas subatómicas son bombeadas desde la matriz mitocondrial hacia el espacio intermembranal por los complejos I, III y IV, el aceptor final es el oxígeno que con la participación de cuatro electrones da lugar a dos moléculas de agua.

## VERTICALES

- 1** Los trabajos de este investigador le permitieron en 1961 plantear la teoría quimiosmótica en la que propuso que la cadena de transporte de electrones asociada con las crestas mitocondriales genera una fuerza protón motriz ocasionada por las diferencias eléctricas y de pH en la membrana y que esa fuerza permite que una ATPasa catalice la síntesis de ATP; hasta 1978 recibió el Premio Nobel en Química.
- 3** Dentro de este grupo de sustancias se encuentran el 2,4-dinitrofenol y el carbonil-cianuro trifluoro-metoxifenilhidrazona (FCCP), estos agentes permiten que los protones del exterior de la membrana emigren por una vía no usual a la matriz, ocasionando que el potencial transmembranal se abata y no haya síntesis de ATP, lo que conduce a un desacoplamiento del proceso.
- 4** El metabolismo \_\_\_\_\_ es la cantidad de calor liberado por un individuo en reposo durante un tiempo determinado; en el hombre adulto de 70 kg es de aproximadamente 7,500 kJ y en la mujer de 5,400 kJ al día.
- 5** En este orgánulo se realiza el metabolismo oxidativo en los eucariotos, su nombre se debe a las raíces griegas *mitos* = filamento y *chondros* = gránulo.
- 6** Teoría propuesta por Peter Mitchell en la que menciona que a medida que los electrones son transportados, los protones son transferidos por los participantes de la cadena respiratoria al lado externo de la membrana interna mitocondrial, lo que genera un gradiente que propiciará la síntesis de ATP.
- 7** Las enfermedades \_\_\_\_\_ son alteraciones ocasionadas por mutaciones en el DNAmT y por mutaciones del DNA nuclear, se caracterizan

por presentar generalmente encefalopatías y pueden verse afectados músculo, hígado riñón, corazón, entre otros órganos o tejidos; el diagnóstico se realiza apoyándose en una biopsia muscular.

- 8** La \_\_\_\_\_ de transporte de electrones está constituida por cuatro complejos además de la coenzima Q y el citocromo c; su función es la de transferir los electrones que provienen de coenzimas reducidas hasta el aceptor final que es el oxígeno.
- 9** Partículas subatómicas que son transportados a través de una serie de complejos situados en la membrana interna mitocondrial, en este proceso se produce una disminución del potencial de óxido-reducción, este proceso es utilizado por el oxígeno para producir energía.
- 12** Es un radical libre que se genera en la cadena de transporte de electrones debido a que la molécula de oxígeno que es el aceptor final de electrones y protones para producir agua, es un birradical ya que tiene dos electrones no apareados en su órbita externa y que tienen un mismo giro paralelo, esto impide que capte dos electrones simultáneamente, sino que lo hace uno a uno.
- 15** La ATP \_\_\_\_\_ se ubica en la membrana interna mitocondrial está constituida por un dominio catalítico hidrofílico ( $F_1$ ) unido a un dominio hidrofóbico inserto en la membrana interna ( $F_0$ ), el paso de protones a través de ella desde el espacio intermembranal, ocasiona una diferencia de potencial que se emplea para sintetizar ATP a partir de ADP y  $P_i$ .
- 17** La coenzima Q dentro de la cadena respiratoria se le encuentra en tres formas diferentes: como \_\_\_\_\_ que es la forma totalmente oxidada, como ubisemiquinona que está parcialmente reducida y en la forma de ubiquinol (hidroquinona), totalmente reducida.
- 18** Los electrones viajan a través de la cadena de transporte desde los \_\_\_\_\_ de reducción estándar más bajos (-0.32 V) del NADH, hacia los más altos (+0.82 V) del oxígeno.
- 20** El complejo llamado \_\_\_\_\_ deshidrogenasa participa en la transferencia de los electrones que desde un metabolito del ciclo de los ácidos tricarboxílicos son transportados por FAD hacia la ubiquinona (UQ), además de los liberados por una enzima de la  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos acoplada también al FAD.
- 21** La mayor parte de este tipo de energía se origina gracias a las reacciones de oxido-reducción en las mitocondrias.
- 22** El primero de éstos \_\_\_\_\_ recibe a los electrones provenientes de los sustratos y los cede a la ubiquinona; está constituido por lo menos de 25 polipéptidos diferentes, una molécula de FMN y varios centros de hierro-azufre que pueden tener dos o cuatro átomos de hierro unidos al azufre de cisteínas proteínicas.
- 23** Es el elemento traza más abundante en el humano, forma parte de los citocromos, flavoproteínas, catalasa, peroxidasa, todas estas moléculas están involucradas en el transporte de electrones mediante sus transiciones oxidado-reducido, además de participar en la hemoglobina y mioglobina, entre otras moléculas.
- 26** La citocromo \_\_\_\_\_ llamada también complejo IV, es la que reúne a 4 electrones y  $4H^+$  con una molécula de oxígeno para dar lugar a la síntesis de dos moléculas de  $H_2O$ .
- 28** Así se llaman las invaginaciones de la membrana interna mitocondrial, son entidades que aumentan el área de superficie, en ellas se encuentran las proteínas transportadoras de electrones, la ATP sintetasa y proteínas que son transportadoras específicas
- 29** El uso de este elemento químico permite que los organismos aerobios generen la mayor parte de la energía necesaria para su desarrollo y sobrevivencia, aunque también debido a su alta reactividad es capaz de generar algunos metabolitos tóxicos.
- 30** Proteína formadora de poros en la membrana mitocondrial externa, a través de ella se transportan iones, moléculas pequeñas y proteínas de menos de 10,000 Da ya que las moléculas más grandes son transportadas por las translocasas de la membrana mitocondrial interna y externa.



## La Asociación Mexicana de Profesores de Bioquímica, A.C.

### CONVOCA

A LOS PROFESORES A PARTICIPAR EN EL

## XXIV CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE PROFESORES DE BIOQUÍMICA, A.C.

**Que se llevará a cabo los días 30 y 31 de Mayo de 2016 en el Auditorio “Doctor Fernando Ocaranza” de la Facultad de Medicina, UNAM, Ciudad Universitaria. México D. F**

*En busca de fortalecer la enseñanza de la Bioquímica y compartir experiencias docentes, este Congreso es parte de las actividades de la Semana de Educación Bioquímica que junto con el XLIII Taller de Actualización Bioquímica se realiza en la Facultad de Medicina de la UNAM con el apoyo del Departamento de Bioquímica. El eje temático central es “Educación Bioquímica en el siglo XXI”, integrando participaciones en las que la academia nacional comparta sus experiencias en el aula y en el campo temático a tratar en los diversos*

*niveles educativos y profesionales del País, además de otros temas relacionados con la enseñanza; por tal motivo se hace esta atenta invitación a participar*

### BASES

**1.-** Podrán participar los(as) profesores(as) que imparten Bioquímica o áreas afines del nivel medio, medio superior, superior y posgrado, además de alumnos en grupo de trabajo presidido por los profesor(es) participante(s).

**2.-** Los trabajos a exponer deberán ser propuestas en las que se haga énfasis en los aspectos pedagógicos sobre los aprendizajes o contenidos de los programas vigentes, asociados con la realización de actividades frente a grupo, teóricas, experimentales, metodologías de aprendizaje, evaluación, planeación educativa, resultados educativos, competencias, materiales didácticos, tesis, investigación educativa, entre otras.

**3.-** Cada trabajo a participar tendrá un autor y hasta 3 coautores, mismos que serán considerados como participantes y deberán inscribirse al Congreso y asistir, otorgándose los reconocimientos personales respectivos como ponentes y asistentes, siempre y cuando se cumpla con los requisitos de pago de inscripción al Congreso.

**4.-** La participación puede ser como ponente-asistente y únicamente como asistente, existiendo dos opciones para realizar su pago, consistentes en:

Depósito bancario de \$1000.00 (un mil pesos 00/100 MN) para profesores y \$500.00 (quinientos pesos 00/100 MN) para alumnos, en:

a.- Sucursal Bancomer al número de cuenta: **0133718123** a nombre de la **Asociación Mexicana de Profesores de Bioquímica A.C.** Enviar copia del documento bancario emitido por banco al hacer el depósito,

a la siguiente dirección electrónica: [esther.revuelta@yahoo.com.mx](mailto:esther.revuelta@yahoo.com.mx) **Requisito para enviarle la carta de aceptación.** (Conservar el documento original para presentarlo al inicio del Congreso en su inscripción).

b.- Pago personal (sólo para los asistentes, no ponentes) en efectivo los días 30 y 31 de Mayo de 2015, durante el XXIV Congreso de la Asociación Mexicana de Profesores de Bioquímica A.C.

La aportación económica incluye: inscripción al Congreso, renovación anual e incorporación como integrante a la Asociación de los nuevos participantes. Se entregará constancia de asistencia al Congreso y por ponencia en cada trabajo.

**5.-** Para participar como ponente, se deberá enviar a más tardar **el 10 de Abril de 2016:**

a.- El resumen del trabajo a presentar a la dirección: [esther.revuelta@yahoo.com.mx](mailto:esther.revuelta@yahoo.com.mx) elaborado de acuerdo al formato indicado en esta convocatoria (punto No. 8). Existe la posibilidad de aprobar un máximo de 5 trabajos para su presentación por autor.

Las presentaciones orales corresponderán a lo establecido en los Ejes Temáticos a tratar en este Congreso. Otros aspectos relacionados con la bioquímica se presentarán en cartel.

### EJES TEMÁTICOS DEL CONGRESO:

**A.- Educación del milenio, Investigación educativa en Bioquímica y áreas afines.**  
**B.- Didáctica y enseñanza en la Bioquímica.**  
**C.-Otros.**

**6.-** Las memorias del XXIV Congreso de la AMPBQ A.C están en proceso de registro del ISSN (International Standard Serial Number, Número Internacional Normalizado de Publicaciones Seriadadas).

Con este logro los autores de los trabajos incluidos en las Memorias, tienen el derecho de

cuando mencionen su trabajo incluir al ISSN de la Memoria.

**7.-** Los trabajos aprobados para participar en el Congreso, se podrán presentar en una de las dos posibles modalidades: ponencia (25 min. de exposición y 5 min. para preguntas) y en cartel.

**8.-** Para registrar ponencias y carteles se deberán entregar por escrito vía correo electrónico a la siguiente dirección: [esther.revuelta@yahoo.com.mx](mailto:esther.revuelta@yahoo.com.mx) el resumen del trabajo con una extensión de 4 a 6 cuartillas, de acuerdo a las especificaciones siguientes:

Documento elaborado en Word versión 2003, 2007, letra Arial 12, interlineado 1.5 en formato de ensayo, citando las fuentes de información de la que se extraen las ideas o que dan fundamento al texto elaborado.

Su documento tendrá el siguiente contenido:

**a.- ENCABEZADO:** Centrado en mayúsculas y minúsculas, (letra Arial 14 negrita, interlineado 1.5) que contenga: Título del trabajo a presentar; Autores (Apellidos, nombres); Institución de procedencia; Dirección de la Institución; Direcciones electrónicas de los autores del trabajo.

**b.- RESUMEN**

**c.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS REFERENTES AL TEMA A PRESENTAR.**

**d.- OBJETIVO(S)**

**e.- METODOLOGÍA**

**f.- RESULTADOS**

**g.- DISCUSIÓN O ANÁLISIS DE RESULTADOS**

**h.- CONCLUSIONES**

**i.- REFERENCIAS.**

**9.-** En caso de enviar más de un trabajo, uno de ellos será elegido para presentación oral y los demás en cartel.

**10.-** Los carteles se colocarán al inicio de la sesión y el o los autores deberán permanecer frente a ellos para su explicación, durante la franja horaria en que sea programado.

**11.-** El registro se llevará a cabo a partir de la publicación de esta convocatoria hasta el 10 de abril de 2016, otorgándosele el orden de presentación conforme a la recepción de los trabajos, cubriéndose inicialmente los orales, serán aceptados para su presentación en cartel los trabajos que así lo soliciten, o bien los que excedan una vez cubiertas los espacios para presentaciones orales.

**12.-** Los trabajos serán revisados y en su caso, aceptados por el Comité Científico del Congreso. Debido al registro ISSN de las Memorias del Congreso, se hace énfasis en la calidad de los trabajos, existiendo la posibilidad de solicitar a los autores modificaciones y adecuaciones a los resúmenes de sus ponencias.

**13.-** Los resultados de aceptación de trabajos a participar se dará a conocer por escrito en documento enviado por la Presidenta de la AMPB A.C. por correo electrónico del 25 al 30 de Abril de 2016.

**14.-** Cualquier situación no prevista en la convocatoria presente será resuelta por el Comité Organizador.

#### **INFORMES**

**-María Esther Revuelta Miranda.**

**Presidenta AMPB, A.C.**

**FES-Cuautitlán UNAM. Sección Bioquímica y Farmacología Humana. Campo I.**

**Teléfono 044 55 1683-9732.**

**[esther.revuelta@yahoo.com.mx](mailto:esther.revuelta@yahoo.com.mx)**

**-Juan Manuel Torres Merino.**

**Secretario-Tesorero AMPB, A.C.**

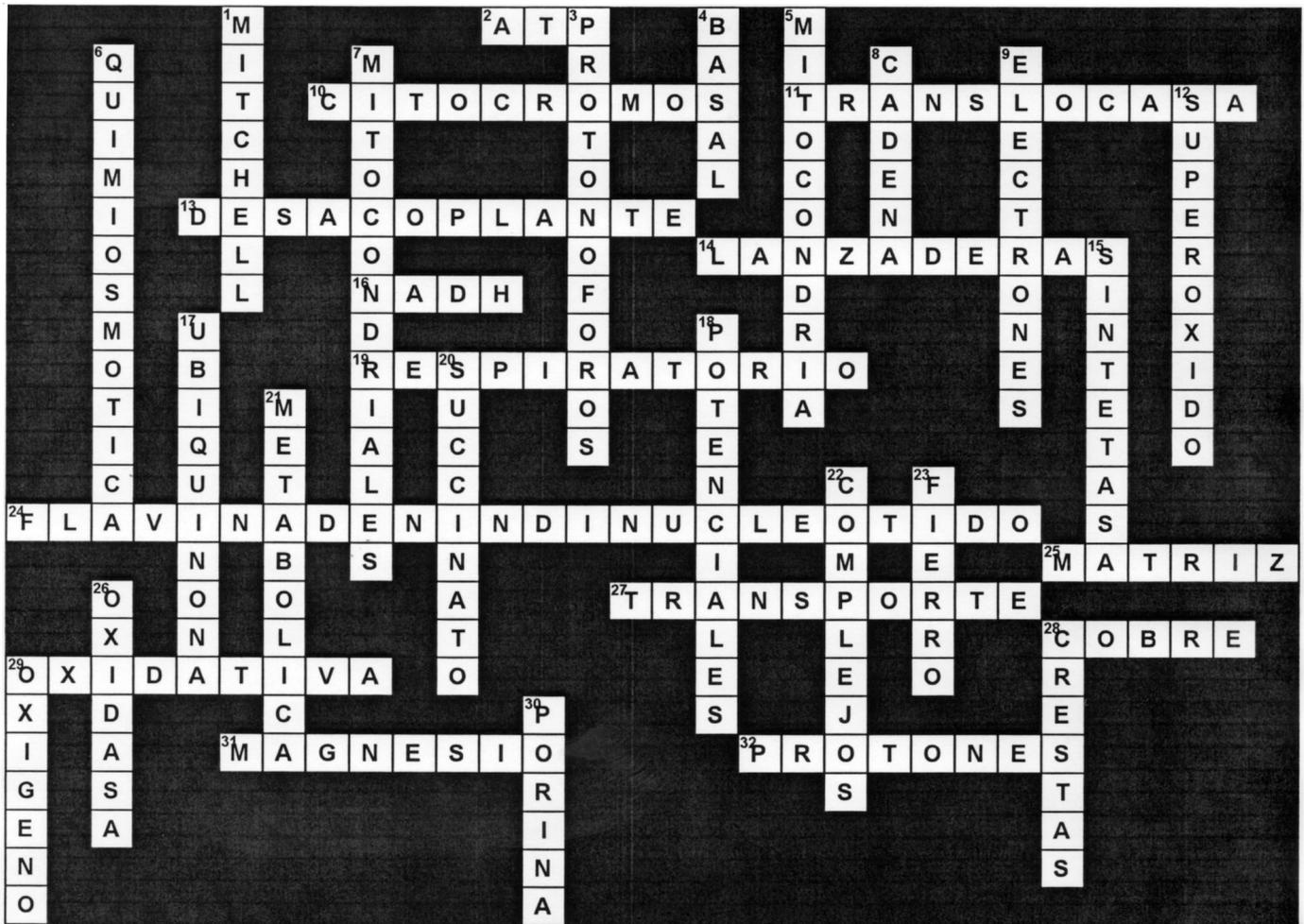
**FES-Cuautitlán UNAM. Sección Bioquímica y Farmacología Humana .Campo I.**

**Teléfono 044 55 2086-2611.**

**[torresmerino\\_manuel@yahoo.com.mx](mailto:torresmerino_manuel@yahoo.com.mx)**

# SOLUCIÓN AL CRUCIBIOQ<sup>®</sup> FOSFORILACIÓN OXIDATIVA

Yolanda Saldaña Balmori  
Correo E: balmori@laguna.fmedic.unam.mx



# ÍNDICE ANUAL DE LA REVISTA DE EDUCACIÓN BIOQUÍMICA 2015

## AUTORES DE EDITORIALES

**Camacho Carranza Rafael, Calderón Salinas José Víctor.** (2015) ¿Competencia o Deslealtad? REB 34 (3):65

**Flores Barajas María Concepción y Rodríguez Reyes E Rosalba.** (2015) El Indispensable uso racional de los Bioindicadores en programas de vigilancia epidemiológica. REB 34 (1):2-3

**Salceda Sacanelles Rocío.** (2015) Los antioxidantes no son una panacea. REB 34 (2):38

**Torres Ochoa Erika.** (2016) El Congreso de la Asociación Mexicana de Profesores de Bioquímica, una experiencia llena de inspiración docente. REB 34 (4):91-92

## AUTORES DE LOS ARTÍCULOS

**Chávez-Jacobo Víctor M, Ramírez-Díaz Martha I, Silva-Sánchez Jesús y Cervantes Carlos.** (2015) Resistencia bacteriana a quinolonas: determinantes codificados en plásmidos. REB 34 (1):4-9

**Coutiño Rodríguez Elda María del Rocío** (2015) Plata coloidal: xenobiótico, antígeno y disruptor hormonal. REB 34 (1):10-25

**Gesto Borroto Reinier, Arredondo Peter Raúl.** (2015) Las hemoglobinas de las bacterias. REB 34 (3):66-71

**González Tinoco Yael y Dreyfus Georges.** (2015) Motilidad en las bacterias marinas del género *Vibrio*. REB 34 (4):98-108

**Ramírez-Cruz Nora Elena, Ilescas Ivan, Gallegos Belem, Solorzano Carlos, Perez Yobana y Hernández Cruz Pedro.** (2015) El papel de las plaquetas en enfermedades autoinmunes. REB 34 (2):49-58

**Reyes-Hernández Blanca Jazmín, Díaz de la Garza Rocío I y Dubrovsky Joseph G.** (2015) Folatos: su síntesis, metabolismo, transporte y

papel en el desarrollo de plantas. REB 34 (2):39-48

**Sampieri Cabrera Raúl, Trejo Rodríguez Miguel Ángel.** (2015) Mapas bibliométricos como herramienta para la organización y análisis de información científica. REB 34 (4):93-97

**Velázquez Flores Miguel Ángel, Chan Torrano Rodrigo y Ruiz Esparza Garrido Ruth.** (2015) La calreticulina es un componente central en la regulación de diferentes procesos fisiológicos y patológicos en la célula. REB 34 (3):72-80

## AUTORES DE OTRAS COMUNICACIONES

**Asociación Mexicana de Profesores de Bioquímica, A. C.** (2015) Convocatoria al XXIV Congreso. REB 34 (4):112-113

**Hernández-Reséndiz Ileana, Belmont-Díaz Javier y Rodríguez-Enríquez Sara.** (2015) Aplicación de la ecuación Integrada de Michaelis-Menten para el cálculo de los parámetros cinéticos de la celobiosa deshidrogenasa en presencia de  $Fe^{3+}$ . Problema Bioquímico y su Respuesta REB 34 (3):84-85 y 87

**Romero García Tatiana y Rueda Angélica.** (2015) Determinación de la actividad de ATPasa de la bomba SERCA en homogenados de tejido muscular. Problema Bioquímico y su Respuesta. REB 34 (1): 29-30 y 32-33

**Saldaña Balmori Yolanda.** (2015) Equilibrio ácido-base. CRUCIBIOQ y su Solución. REB 34 (1):26-28 y 31

**Saldaña Balmori Yolanda.** (2015) Glucogénesis y glucogenólisis. CRUCIBIOQ y su solución. REB 34 (2):59-62

**Saldaña Balmori Yolanda.** (2015) Funciones de los nucleótidos. CRUCIBIOQ y su Solución. REB 34 (3):81-83 y 86

**Saldaña Balmori Yolanda.** (2015) Fosforilación oxidativa. CRUCIBIOQ y su Solución. REB 34 (4):109-111 y 114

**Sociedad Mexicana de Bioquímica, A. C.** (2015) Convocatoria para presentar candidaturas de socios numerarios para la Mesa Directiva. REB 34 (1):34

### TÍTULOS DE EDITORIALES

**Antioxidantes no son una panacea. Los.** (2015) Salceda Sacanelles Rocío. REB 34 (2):37-38

**¿Competencia o deslealtad?** (2015) Camacho Carranza Rafael, Calderón Salinas José Víctor. REB 34 (3):65

**Congreso de la Asociación Mexicana de Profesores de Bioquímica, una experiencia llena de inspiración docente. El** (2016) Torres Ochoa Erika. REB 34 (4):91-92

**Indispensable uso racional de los bioindicadores en programas de vigilancia epidemiológica. El** (2015) Flores Barajas María Concepción y Rodriguez Reyes E Rosalba. REB 34 (1):1-3

### TÍTULOS DE LOS ARTÍCULOS

**calreticulina es un componente central en la regulación de diferentes procesos fisiológicos y patológicos en la célula. La** (2015) Velázquez Flores Miguel Ángel, Chan Torrano Rodrigo, Ruiz Esparza Garrido Ruth. REB 34 (3):72-80

**Folatos: su síntesis, metabolismo, transporte y papel en el desarrollo de plantas.** (2015) Reyes-Hernández Blanca Jazmín, Díaz de la Garza Rocío I y Dubrovsky Joseph G. REB 34 (2):39-38

**hemoglobinas de las bacterias. Las** (2015) Gesto Borroto Reinier, Arredondo Peter Raúl. REB 34 (3):66-71

**Mapas bibliométricos como herramienta para la organización y análisis de información científica.** (2015) Sampieri Cabrera Raúl, Trejo Rodríguez Miguel Ángel. REB 34 (4):93-97

**Motilidad en las bacterias marinas del género Vibrio.** (2015) González Tinoco Yael y Dreyfus Georges. REB 34 (4):98-108

**papel de las plaquetas en enfermedades autoinmunes. El** (2015) Ramírez-Cruz Nora Elena,

Ilescas Ivan, Gallegos Belem, Solorzano Carlos, Perez Yobana y Hernández Cruz Pedro. REB 34 (2):49-58

**Plata coloidal: xenobiótico, antígeno y disruptor hormonal.** (2015) Coutiño Rodríguez Elda María del Rocío. REB 34 (1):10-25

**Resistencia bacteriana a quinolonas: determinantes codificados en plásmidos.** (2015) Chávez-Jacobo Víctor M, Ramírez-Díaz Martha I, Silva-Sánchez Jesús y Cervantes Carlos. REB 34 (1):4-9

### TÍTULOS DE OTRAS COMUNICACIONES

**Aplicación de la ecuación Integrada de Michaelis-Menten para el cálculo de los parámetros cinéticos de la celobiosa deshidrogenasa en presencia de Fe<sup>3+</sup>. Problema Bioquímico y su Respuesta.** (2015). Hernández-Reséndiz Ileana, Belmont-Díaz Javier y Rodríguez-Enríquez Sara. REB 34 (3): 84-85 Y 87

**Convocatoria para presentar candidaturas de socios numerarios para la Mesa Directiva.** (2015) Sociedad Mexicana de Bioquímica, A. C. REB 34 (1):34

**Convocatoria al XXIV Congreso.** (2015) Asociación Mexicana de Profesores de Bioquímica, A. C. REB 34 (4):112-113

**Determinación de la actividad de ATPasa de la bomba SERCA en homogenados de tejido muscular. Problema Bioquímico y su Respuesta.** (2015) Romero García Tatiana y Rueda Angélica. REB 34 (1):29-30 y 32-33

**Equilibrio ácido-base. CRUCIBIOQ y su Solución.** (2015) Saldaña Balmori Yolanda. REB 34 (1): 26-28 y 31

**Fosforilación oxidativa. CRUCIBIOQ y su Solución.** (2015) Saldaña Balmori Yolanda. REB 34 (4):109-110 y 114

**Funciones de los nucleótidos. CRUCIBIOQ y su Solución.** (2015) Saldaña Balmori Yolanda. REB 34 (3):81-83 y 86

**Glucogénesis y glucogenólisis. CRUCIBIOQ Y su Solución.** (2015) Saldaña Balmori Yolanda. REB 34 (2):59-62

# INSTRUCCIONES PARA LOS COLABORADORES DE LA REVISTA DE EDUCACIÓN BIOQUÍMICA (REB)

**La REB es una revista dedicada a la divulgación, difusión, discusión, análisis y presentación de resultados derivados de investigaciones originales en temas relevantes en el campo de la bioquímica y áreas afines. La Revista está dirigida a investigadores, profesores y estudiantes de posgrado, licenciatura y educación media superior. Los trabajos que se someten a evaluación para su posible publicación no deben de haberse presentado total o parcialmente en otras publicaciones.**

**Se aceptan únicamente contribuciones originales con estricto contenido científico en forma de artículos de investigación, de revisión, de crítica, de análisis y otras comunicaciones que tengan que ver con diversas formas de estimular el aprendizaje de la bioquímica y sirvan de apoyo a investigadores, profesores y alumnos, tanto en aspectos de investigación, académicos y de actualización.**

I. Los artículos se deben ajustar a los siguientes lineamientos editoriales:

1) Portada. En el primer párrafo incluir el título, el cual debe de ser claro, simple, atractivo y evitar las abreviaturas o en su caso, definir las al inicio del texto. En el siguiente párrafo se anotarán los nombres completos de los autores, iniciando por el nombre propio completo. La afiliación de los autores se escribirá en el siguiente párrafo, indicando departamento, institución, ciudad, estado y país y la dirección de correo electrónico del autor responsable. La afiliación de los autores se indicará con números entre paréntesis. Se proporcionará un título breve con un máximo de 60 caracteres.

2) Resumen. Se deberán incluir dos resúmenes, uno en idioma español y uno en inglés (Abstract) de no más de 350 caracteres.

3) Palabras clave. Se deberá proporcionar de tres a seis palabras clave en idioma español y en inglés.

4) Texto. El artículo deberá ser escrito en el procesador de textos "Word", con una extensión máxima recomendada de 15 cuartillas a doble espacio, en "Times New Roman 12" como fuente de la letra, sin formato de texto, tabuladores o pies de página. Las figuras y tablas se presentarán separadas del texto.

5) Referencias. Se indicarán en el texto con números entre paréntesis de acuerdo a su orden de aparición. Las referencias se enlistarán al final del trabajo y deben contener para los artículos: apellidos e iniciales de todos los autores, año

de publicación entre paréntesis, título completo del artículo y después de un punto, el nombre oficial de la revista abreviado como aparece en el Current Contents, número del volumen y antecedido por dos puntos, el número de la primera y última páginas, de acuerdo con el siguiente ejemplo: Martin GM, Austad SN, Johnson TE (1996) Generic analysis of ageing: role of oxidative damage and environmental stresses. *Nature Gen* 113:25-34. Los artículos en libros deberán citarse de la siguiente forma: Wood KJ (1992) Tolerance to alloantigens. En: *The Molecular Biology of Immunosuppression*. Editor: Thomson A W. John Wiley and Sons Ltd, Ann Arbor, Michigan, USA, pp 81-104. Los libros podrán incluir las páginas totales o las consultadas y se citarán de acuerdo con este ejemplo: Lehninger AL, Nelson DL, Cox MM (1993) *Principles of Biochemistry*. Worth Publishers, New York, NY, USA, p 1013.

6) Figuras y Tablas. Las figuras se pueden presentar en formato "jpg" o integradas en un archivo de "Power Point" o del mismo "Word" separadas del texto del artículo. Las figuras pueden presentarse en colores, con fondo y sombreado. Las tablas deben de estar en "Word" sin formatos especiales y separadas del texto del artículo. Las figuras y las tablas se deberán numerar con arábigos. Las leyendas y los pies de figuras se deberán presentar en una hoja aparte. Se deberá considerar que las figuras y las tablas se reducirán a la mitad o a un cuarto de las dimensiones de una hoja tamaño carta; las letras y números más pequeños no deben ser menores de dos milímetros después de la reducción. En caso de emplear figuras previamente publicadas, deberá darse el crédito correspondiente y en su caso

obtener el permiso para su publicación. Las figuras dentro del texto deberán mencionarse con minúsculas, la palabra entera y sin paréntesis; cuando se haga referencia a ellas deberá citarse con la abreviatura, la primera letra mayúscula y entre paréntesis (Fig. 2). Las tablas siempre llevarán la primera letra a mayúscula y entre paréntesis (Tabla 2).

7) Abreviaturas. Las abreviaturas seguirán las normas de la IUPAC, aquellas específicas o poco comunes deberán definirse entre paréntesis, la primera vez que se utilicen.

II. Otras comunicaciones incluyen: resúmenes de artículos científicos interesantes, relevantes o significativos, información científica o académica de interés general, avisos de reuniones académicas y cursos, problemas teóricos, ejercicios prácticos, juegos didácticos con orientación educativa, bolsa de trabajo o comentarios de artículos publicados previamente en la REB, cartas al editor, entre otras. Éstas deberán seguir los siguientes lineamientos:

- 1) El contenido deberá ser desarrollado en forma resumida y de una manera explícita.
- 2) Se aceptará un máximo de 10 referencias que se citarán entre paréntesis en el texto, como se indica en el inciso I-5. Se podrán incluir figuras o tablas, con las características que se indican en el inciso I-6.

Los manuscritos que no cumplan con las especificaciones de la Revista no serán aceptados de primera instancia para su revisión.

Los manuscritos serán evaluados por lo menos por tres revisores seleccionados por el Comité Editorial a quienes se les enviará el trabajo con los autores en anónimo y quienes en todo momento permanecerán anónimos para los autores y entre

ellos; los revisores opinarán sobre la relevancia del trabajo en un lapso no mayor a un mes. Las correcciones y sugerencias de los revisores serán enviadas con anonimato entre ellos al Editor en Jefe. El resultado de la evaluación puede ser: rechazado, enviado para correcciones o aceptado. Una vez obtenida una evaluación global, el Editor en Jefe enviará las evaluaciones al autor responsable para que corrija e incorpore en el manuscrito las diferentes observaciones o en su caso, indique su opinión a observaciones que considere discutibles en los dictámenes de los revisores. El manuscrito corregido por los autores deberá ser devuelto a la Revista, en un lapso no mayor a 30 días naturales; de otra forma se considerará como un manuscrito enviado por primera vez. De ser necesario el Comité Editorial podrá enviar nuevamente el manuscrito corregido a los revisores para tener una nueva ronda de revisión, todo ello continuando con el anonimato. Una vez aceptado el trabajo, las pruebas de galera, se enviarán al autor responsable.

Los archivos electrónicos se deberán enviar a la Revista de Educación Bioquímica como archivos adjuntos (reb@bq.unam.mx), con atención al Editor en Jefe y a partir de una dirección de correo electrónico que será considerada como la dirección oficial para la comunicación con los autores. El autor responsable deberá indicar plenamente su adscripción con teléfono, dirección electrónica y postal para comunicaciones posteriores. En el texto del mensaje enviado se deberá expresar la solicitud para considerar la posible publicación del artículo, el título del mismo, los nombres completos de los autores y su adscripción institucional, así como el número, tipo y nombre de los archivos electrónicos enviados. En el mismo texto se debe de aclarar que el trabajo no ha sido enviado a otra revista en su forma total o parcial, para su evaluación o que el mismo está en proceso de publicación en otra revista o en otro tipo de publicación. De igual manera se debe de aclarar que no existe conflicto de intereses entre los autores que envían el trabajo.