

Aspectos generales

Título:	Envoltura celular bacteriana: estructura, plasticidad y evolución
Programas de posgrado o planes de estudio en donde se ofertará adicionalmente:	Posgrado en Ciencias Bioquímicas y Posgrado en Ciencias Biológicas
Área del conocimiento:	Biología celular
Semestre:	2025-2
Modalidad:	Tópico selecto
Horario:	viernes de 10 am a 1 pm
No. sesiones:	16
Horas por sesión:	3.0
Total alumnos PDCB:	5
Total alumnos:	10
Videoconferencia:	Si
Lugar donde se imparte:	Centro de Ciencias Genómicas (CCG)-UNAM Cuernavaca.
Informes:	alex@ccg.unam.mx

Métodos de evaluación

MÉTODO	PORCENTAJE	NOTAS
Discusión crítica de los artículos revisados en clase	60%	Participación activa en clase, selección y presentación de artículos científicos
Trabajo final individual o por equipo	40%	Escribir un artículo de divulgación relacionado con el tema 1 impartido por el Dr. Alejandro García de los Santos. El manuscrito será sometido a Ciencia UNAM de acuerdo al formato establecido en https://ciencia.unam.mx/contenido/colabora ,

Contribución de este curso/tópico en la formación del alumnado del PDCB:

1. Actualizar sus conocimientos sobre este tema fundamental de Biología Celular bacteriana que va más allá de los esquemas básicos que aparecen en la mayoría de los libros de texto.
2. Ampliar sus conocimientos sobre la estructura y función de las envolturas celulares de Gram positivas, Gram negativas y bacterias con modelos alternativos. Conocer su ubicación en una filogenia de bacterias que permita comprender las hipótesis sobre el origen y diversificación de las envolturas celulares
3. Estudiar la estructura, función y evolución de las nano-máquinas implicadas en el tránsito de macromoléculas a través las membranas, la adherencia y la locomoción.
4. Actualizar sus conocimientos en la biosíntesis de ácidos grasos, lípidos y biogénesis de membranas. Conocer la diversidad de los lípidos que forman las membranas de células bacterianas, así como el papel de los aminolípidos en la remodelación de membranas y adaptación bacteriana.

Profesor (a) responsable

Nombre:	García De Los Santos Alejandro
Teléfono:	(777) 56 22 76 91
Email:	alex@ccg.unam.mx

Profesores (as) participantes

PARTICIPANTE	ENTIDAD O ADSCRIPCIÓN	SESIONES
--------------	-----------------------	----------

GARCIA DE LOS SANTOS ALEJANDRO Responsable	Centro de Ciencias Genómicas	Clase 1 (enero 31) Introducción al tópico. La trascendencia de la tinción de Gram. (1) Ubicación taxonómica y filogenia de las bacterias a revisar en clases. Clase 2 (febrero 7) Phylum Firmicutes (Bacillota) Gram positivas (monodermos) (2–4) Clase 3 (febrero 14) Phylum Firmicutes (Bacillota) Gram negativas (didermos) y evolución ¿Pérdida o ganancia de pared y membrana externa? (5) Clase 4 (febrero 21) Phylum Tenericutes/ Clase Mollicutes/Mycoplasma (bacterias sin pared celular) (6, 7) Clase 5 (febrero 28) Variantes fenotípicas de resistencia Gram positivas/Gram negativas sin pared celular (L-form bacteria)(8, 9) Clase 6 (marzo 7) Phylum Actinobacteria/Orden Corynebacterales/ Familia Mycobacteriaceae Gram positivos con pared celular atípica y membrana externa (10, 11) Clase 7 (marzo 14) Estructura y ensamblado de las dobles membranas y la pared celular de bacterias Gram negativas (12). Clase 8 (marzo 21) Resistencia a antimicrobianos (13) Clase 9 (marzo 28) Polímeros capsulares, biopelículas y resistencia a antibióticos (14) sesión 10 (abril 4) Vesículas extracelulares: biogénesis, estructura y función (15)
GEIGER OTTO Integrante	Centro de Ciencias Genómicas	Clase 15 (mayo 16) Esfingolípidos bacterianos y su papel en señalización (25)
LÓPEZ LARA ISABEL MARÍA Integrante	Centro de Ciencias Genómicas	Clase 14 (mayo 9) Biosíntesis y función de lípidos de membrana en bacterias (24) Clase 16 (mayo 23) Remodelación y reciclado de lípidos de membrana en bacterias (26)
SOTO GUZMÁN JOSÉ EDUARDO Integrante	Centro de Ciencias Genómicas	Clase 11 (11 abril) Vía general de secreción Sec y Tat a través de la membrana interna(16–18) Clase 12 (abril 25) Nano-maquinarias bacterianas de secreción (19–21) Clase 13 (mayo 2) Nano-maquinarias bacterianas de adherencia y locomoción: fimbria, pili y flagelo. (22, 23)

Introducción

En el año 1884 (hace 140 años) el bacteriólogo danés llamado Hans Christian Gram encontró una técnica basada en la tinción o no tinción de las bacterias, con la cual se clasificó a estos microorganismos en dos grandes grupos: bacterias Gram positivas y bacterias Gram negativas. El siglo pasado, con el desarrollo de poderosas técnicas de microscopía y de análisis bioquímico se logró definir con gran detalle la diferencia estructural entre ambos tipos de bacterias. Las bacterias con atípica tinción de Gram, llevaron a la identificación de arquitecturas alternativas de sus envolturas celulares. Hoy en día, con la ayuda de los “omas” se enfrenta el reto de identificar los genes que modelan y remodelan la composición de la pared, las membranas bacterianas y sus proteínas asociadas incluyendo flagelo, fimbrias, pili, sistemas de transporte y secreción. Adicionalmente, el entendimiento de la síntesis y composición de la envoltura celular es relevante para el diseño de vacunas y antimicrobianos eficaces, así como para mejorar procesos biotecnológicos y de Biología sintética como la expulsión de metabolitos y la construcción de células sintéticas.

Temario

El Dr. Alejandro García de los Santos, (CCG-UNAM) impartirá 10 clases.

Tema I. Análisis estructural, taxonómico y evolutivo de la envoltura celular de bacterias.

En cada clase revisaremos uno o varios subtemas. Entre paréntesis está el número de las referencias que deben consultar los alumnos antes de clase. Otros artículos se seleccionarán sobre la marcha dependiendo de los intereses de los alumnos y la publicación de nuevos artículos.

Clase 1 (2025/31/01)

Subtemas:

1. Introducción al tópico: ¿Por qué y para qué estudiar la envoltura celular de las bacterias?
2. La trascendencia de la tinción de Gram. (1)
3. Ubicación taxonómica y filogenética de las bacterias a revisar en clases.

Clase 2 (2025/02/07)

Subtemas:

Phylum Firmicutes (Bacillota) Gram positivas (monodermos) (2–4)

Clase 3 (2025/02/14)

Subtema:

Phylum Firmicutes (Bacillota) Gram negativas (didermos) y evolución
¿Pérdida o ganancia de pared y membrana externa? (5)

Clase 4 (2025/02/ 21)

Subtema:

Phylum Tenericutes/ Clase Mollicutes/Mycoplasma (bacterias sin pared celular) (6, 7)

Clase 5 (2025/02/28)

Subtema:

Variantes fenotípicas de resistencia Gram positivas/Gram negativas sin pared celular (L-form bacteria)(8, 9)

Clase 6 (2025/03/07)

Subtema:

Phylum Actinobacteria/Orden Corynebacterales/ Familia Mycobacteriaceae
Gram positivos con pared celular atípica y membrana externa (10, 11)

Clase 7 (2025/03/14)

Subtema:

Estructura y ensamblado de las dobles membranas y la pared celular de bacterias Gram negativas (12).

Clase 8 (2025/03/21)

Subtema:

Resistencia a antimicrobianos (13–15)

Clase 9 (2025/03/28)

Subtema:

Polímeros capsulares, biopelículas y resistencia a antibióticos (14)

Clase 10 (2025/04/04)

Subtema:

Vesículas extracelulares: biogénesis, estructura y función (15)

El Dr. José Eduardo Soto Guzmán, CCG-UNAM, impartirá el tema II en tres clases:

Tema II. Transporte de proteínas a través de la envoltura celular bacteriana.

Clase 11 (2025/04/11)

Subtema:

Vía general de secreción Sec y Tat a través de la membrana interna(16–18)

Clase 12 (2025/04/25)

Subtema:

Nano-maquinarias bacterianas de secreción (19–21)

Clase 13 (2025/05/02)

Subtema:

Nano-maquinarias bacterianas de adherencia y locomoción: fimbria, pili y flagelo.
(22, 23)

La Dra. Isabel María López Lara (CCG-UNAM) impartirá 2 clases y el Dr. Otto Geiger (CCG-UNAM) impartirá 1 clase del tema III.

Tema III. Lípidos de las membranas celulares y su papel en señalización y adaptación bacteriana.

Clase 14 (2025/05/09)

Subtema impartido por la Dra. Isabel María López Lara:

Biosíntesis y función de lípidos de membrana en bacterias (IMLL) (24)

Clase 15 (2025/05/16)

Subtema impartido por el Dr. Otto Geiger

Esfingolípidos bacterianos y su papel en señalización (25)

Clase 16 (2025/05/23)

Subtema impartido por la Dra. Isabel María López Lara.

Remodelación y reciclado de lípidos de membrana en bacterias (IMLL) (26)

Bibliografía

1. Canteley JB, Doern CD. 2015. "A defective and imperfect" Method: H. Christian Gram and the history of the gram stain. *Pediatric Infectious Disease Journal*. Lippincott Williams and Wilkins <https://doi.org/10.1097/INF.0000000000000749>.
2. Antunes LC, Poppleton D, Klingl A, Criscuolo A, Dupuy B, line Brochier-Armanet C, Beloin C, Gribaldo S. 2016. Phylogenomic analysis supports the ancestral presence of LPS-outer membranes in the Firmicutes <https://doi.org/10.7554/eLife.14589.001>.
3. Rajagopal M, Walker S. 2017. Envelope structures of gram-positive bacteria *Current Topics in Microbiology and Immunology*. Springer Verlag.
4. Choi JK, Poudel S, Yee N, Goff JL. 2024. Deeply branching Bacillota species exhibit atypical Gram-negative staining. *Microbiol Spectr* <https://doi.org/10.1128/spectrum.00732-24>.

5. Lithgow T, Stubenrauch CJ, Stumpf MPH. 2023. Surveying membrane landscapes: a new look at the bacterial cell surface. *Nat Rev Microbiol* 21:502–518.
6. May M. 2019. *Mollicutes Reference Module in Life Sciences*. Elsevier.
7. Field CJ, Bowerman KL, Hugenholtz P. 2024. Multiple independent losses of sporulation and peptidoglycan in the Mycoplasmatales and related orders of the class Bacilli. *Microb Genom* 10.
8. Roberts DM, Errington J, Kawai Y. 2021. Characterization of the L-form switch in the Gram-negative pathogen *Streptobacillus moniliformis*. *FEMS Microbiol Lett* <https://doi.org/10.1093/femsle/fnab156>.
9. Wohlfarth JC, Feldmüller M, Schneller A, Kilcher S, Burkolter M, Meile S, Pilhofer M, Schuppler M, Loessner MJ. 2023. L-form conversion in Gram-positive bacteria enables escape from phage infection. *Nat Microbiol* <https://doi.org/10.1038/s41564-022-01317-3>.
10. Abrahams KA, Besra GS. 2021. Synthesis and recycling of the mycobacterial cell envelope. *Curr Opin Microbiol*. Elsevier Ltd <https://doi.org/10.1016/j.mib.2021.01.012>.
11. Orgeur M, Sous C, Madacki J, Brosch R. 2024. Evolution and emergence of *Mycobacterium tuberculosis*. *FEMS Microbiol Rev* 48.
12. Fivenson EM, Dubois L, Bernhardt TG. 2024. Co-ordinated assembly of the multilayered cell envelope of Gram-negative bacteria. *Curr Opin Microbiol* 79:102479.
13. Saxena D, Maitra R, Bormon R, Czekanska M, Meiers J, Titz A, Verma S, Chopra S. 2023. Tackling the outer membrane: facilitating compound entry into Gram-negative bacterial pathogens. *npj Antimicrobials and Resistance* 1:17.
14. Gao S, Jin W, Quan Y, Li Y, Shen Y, Yuan S, Yi L, Wang Y, Wang Y. 2024. Bacterial capsules: Occurrence, mechanism, and function. *NPJ Biofilms Microbiomes* 10:21.
15. Margutti P, D'Ambrosio A, Zamboni S. 2024. Microbiota-Derived Extracellular Vesicle as Emerging Actors in Host Interactions. *Int J Mol Sci* 25:8722.
16. Natale P, Brüser T, Driessen AJM. 2008. Sec- and Tat-mediated protein secretion across the bacterial cytoplasmic membrane—Distinct translocases and mechanisms. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes* 1778:1735–1756.
17. Knyazev DG, Kuttner R, Zimmermann M, Sobakinskaya E, Pohl P. 2018. Driving Forces of Translocation Through Bacterial Translocon SecYEG. *J Membr Biol* 251:329–343.
18. Palmer T, Stansfeld PJ. 2020. Targeting of proteins to the twin-arginine translocation pathway. *Mol Microbiol* 113:861–871.
19. Green ER, Meccas J. 2016. Bacterial Secretion Systems: An Overview, p. 213–239. In *Virulence Mechanisms of Bacterial Pathogens*. ASM Press, Washington, DC, USA.
20. Filloux A. 2022. Bacterial protein secretion systems: Game of types. *Microbiology (N Y)* 168.
21. Costa TRD, Felisberto-Rodrigues C, Meir A, Prevost MS, Redzej A, Trokter M, Waksman G. 2015. Secretion systems in Gram-negative bacteria: structural and mechanistic insights. *Nat Rev Microbiol* 13:343–359.
22. Nakamura S, Minamino T. 2019. Flagella-Driven Motility of Bacteria. *Biomolecules* 9:279.
23. Ramirez NA, Ton-That H. 2020. Bacterial Pili and Fimbriae, p. 1–13. In *Encyclopedia of Life Sciences*. Wiley.
24. Gullett JM, Rock CO. 2021. Fatty acid and phospholipid biosynthesis in prokaryotes, p. 85–120. In *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes*. Elsevier.
25. Olea-Ozuna RJ, Poggio S, Bergström E, Osorio A, Elufisan TO, Padilla-Gómez J, Martínez-Aguilar L, López-Lara IM, Thomas-Oates J, Geiger O. 2024. Genes required for phosphosphingolipid formation in *Caulobacter crescentus* contribute to bacterial virulence. *PLoS Pathog* 20:e1012401.
26. Zavaleta-Pastor M, Sohlenkamp C, Gao J-L, Guan Z, Zaheer R, Finan TM, Raetz CRH, López-Lara IM, Geiger O. 2010. *Sinorhizobium meliloti* phospholipase C required for lipid remodeling during phosphorus limitation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:302–307.

Observaciones

Proceso de evaluación:

Para obtener el 60% de la calificación se evaluarán la discusión crítica de los artículos revisados en clase y la presentación clara y detallada de temas frente a grupo.

Para obtener el restante 40% de la calificación, los alumnos escribirán a lo largo del semestre un artículo de divulgación relacionado con alguno de los temas del tópico. Este ejercicio pretende reafirmar los conocimientos obtenidos en clase y fomentar la habilidad de los estudiantes para poder transmitir de manera clara y detallada conceptos biológicos complejos. El artículo es un ensayo corto (700 a máximo 1,300 palabras) sin tecnicismos, dirigido a los estudiantes y profesores de bachillerato y licenciatura. Revisaremos la pertinencia de los temas propuestos y sus avances en horario de clase en fechas por definir. Todos los alumnos deben enviar su propuesta (descripción en 150 palabras) a Ciencia UNAM de acuerdo al formato establecido en <https://ciencia.unam.mx/contenido/colabora> a más tardar el último día de abril de 2025.

Todos los artículos de la bibliografía serán revisados en clase y seleccionaremos otros más conforme se vayan publicando a partir de septiembre 2024 a mayo 2025.

El curso será presencial y acepto alumnos que se integren por Zoom.