

Aspectos generales

Título:	Interacciones planta-microorganismo: principios básicos de las interacciones benéficas.
Semestre:	2026-1
Sede:	Instituto de Biotecnología
Horario:	Martes y Jueves de 10:00 a 12:00 h
No. sesiones:	32
Duración de la sesión:	2.00
Cupo total:	10
Observaciones:	El curso está diseñado en cuatro módulos: Módulo I. Revisión de conceptos básicos de fisiología, bioquímica y biología molecular de plantas Modulo II. Revisión de conceptos básicos que permitan al estudiante entender desde la perspectiva fisiológica, bioquímica y molecular diferentes procesos biológicos que ocurren en las interacciones benéficas planta-microorganismo. Módulo III. Presentación y revisión de diferentes tipos de interacciones benéficas planta-microorganismo e introducción a las tecnologías actualmente disponibles para estudiar interacciones benéficas planta-microorganismo Módulo IV. Avances y perspectivas del uso y comercialización de microorganismos benéficos en la agricultura Es recomendable tener conocimientos generales de Microbiología, Fisiología Vegetal, Bioquímica, Biología Celular y Biología Molecular.

Tutor responsable

Nombre:	KARINA ALEJANDRA BALDERAS RUÍZ
Entidad:	Instituto de Biotecnología
Email:	karina.balderas@ibt.unam.mx
Teléfono:	7773291777

Métodos de evaluación

MÉTODO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Examen	3	50%
Participación en clase	4	50%

Integrantes

INTEGRANTE	ROL	HORAS	ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA
KARINA ALEJANDRA BALDERAS RUÍZ	Responsable	14.00	
SALVADOR BARRERA ORTIZ	Responsable	6.00	
ANGEL ARTURO GUEVARA GARCÍA	Profesor invitado (MDCBQ)	4.00	
CLAUDIA MARTINEZ ANAYA	Profesor invitado (MDCBQ)	4.00	
LUZ DE MARIA BRETON DEVAL	Profesor invitado (MDCBQ)	4.00	
MARIO ALBERTO SERRANO ORTEGA	Profesor invitado (MDCBQ)	4.00	
MAURICIO ALBERTO TRUJILLO ROLDAN	Profesor invitado (MDCBQ)	4.00	
NORMA ADRIANA VALDEZ CRUZ	Profesor invitado (MDCBQ)	4.00	
CLAUDIA MARINA LÓPEZ GARCÍA	Profesor invitado (Externo)	6.00	
GABRIEL GUILLEN SOLÍS	Profesor invitado (Externo)	6.00	
MANUEL MÉNDEZ GÓMEZ	Profesor invitado (Externo)	4.00	
SERGIO DE LOS SANTOS VILLALOBOS	Profesor invitado (Externo)	4.00	
		64/64	

Introducción

Las interacciones entre las plantas y los microorganismos son diversas y complejas, ocurren en el suelo a nivel de raíz (rizósfera), en la parte aérea (filósfera), así como en la parte interna de la planta (endósfera). Existe una gran cantidad de microorganismos (bacterias, hongos, protistas, algas y nemátodos) capaces de colonizar las plantas (microbiota) estableciendo relaciones que pueden ser benéficas, neutrales o patogénicas. El estudio de las interacciones benéficas resulta de particular interés debido a que la actividad biológica de los microorganismos puede favorecer uno o varios de los siguientes procesos: biofertilización, biorremediación, bioestimulación y/o bioprotección. Estos procesos dan como resultado el mejoramiento de la fertilidad del suelo, la producción agrícola, la calidad nutricional del producto agrícola, así como la disminución o eliminación del uso de productos químicos destinados para el control de plagas y enfermedades de las plantas. Por estas razones el estudio de las interacciones benéficas planta-microorganismo ha sido de interés para el área de ciencia básica como de ciencia aplicada con el objetivo de entender este tipo de interacciones y aplicar el conocimiento generado con el fin de implementar y/o mejorar uso de microorganismos benéficos como práctica agrícola sustentable para mejorar la productividad de las plantas. Este tópico se oferta para dar los principios básicos a estudiantes cuyos proyectos de investigación estén relacionados con el estudio de microorganismos benéficos y/o estudio de interacciones planta-microorganismo.

Objetivos

Transmitir conocimiento al estudiante para apoyarlo a comprender desde la perspectiva fisiológica, bioquímica y molecular los principales procesos involucrados en los diferentes tipos de interacciones planta-microorganismo, con énfasis en las interacciones benéficas.

Presentar de manera general las tecnologías que actualmente están disponibles para estudiar interacciones planta microorganismo desde la perspectiva de la biología molecular.

Presentar algunos de los avances y perspectivas del uso y comercialización de microorganismos benéficos para entender la aportación del conocimiento generado al desarrollo de prácticas agrícolas sustentables.

Temario

Interacciones planta-microorganismo: principios básicos de las interacciones benéficas

1. MODULO I

- 1.1. La planta (Dr. Ángel Arturo Guevara García, Sesión 1: 12 de Agosto) (2 horas)
 - 1.1.1. *A. thaliana* como modelo de estudio de las interacciones planta-microorganismo.
 - 1.1.2. Características generales
 - 1.1.3. Líneas mutantes
 - 1.1.4. Líneas reporteras
 - 1.1.5. La base de datos TAIR
 - 1.1.6. Otras plantas utilizadas como modelos de estudio
- 1.2. Reguladores de crecimiento vegetal (fitohormonas) en las interacciones planta-microorganismo (Dr. Ángel Arturo Guevara García, Sesión 2: 14 de Agosto) (2 horas)
 - 1.2.1. Etileno
 - 1.2.2. Ácido Salicílico
 - 1.2.3. Ácido Jasmónico
 - 1.2.4. Auxinas
 - 1.2.5. Citocininas

2. MODULO II

- 2.1. La planta y su microbioma (Dr. Sergio de los Santos Villalobos, Sesión 3 y 4: 19 y 21 de Agosto)(4 horas)
 - 2.1.1. Microbioma de la planta
 - 2.1.1.1. Rizósfera

- 2.1.1.2. Filósfera
- 2.1.1.3. Endósfera
- 2.1.2. Factores que dan estructura al microbioma de la planta
- 2.2. Interacciones planta-microorganismos benéficos (Dra. Karina Alejandra Balderas Ruíz, Sesión 5, 6, 7, 8: 26, 28 de Agosto y 2, 4 de Septiembre) (8 horas)
 - 2.2.1. Superficie celular de los microorganismos y sistemas de secreción de los microorganismos benéficos
 - 2.2.2. Biopelícula
 - 2.2.3. Compuestos antimicrobianos
 - 2.2.4. Compuestos volátiles
 - 2.2.5. Comunicación planta-microorganismos
- 2.3. Señalización de la interacción planta-microorganismo (Dr. Salvador Barrera Ortiz, Sesión 9, 10 y 11: 9, 11 y 18 de Septiembre) (6 horas)
 - 2.3.1. La señalización en bacterias
 - 2.3.1.1. Los sistemas de dos componentes
 - 2.3.1.2. Sensores y reguladores
 - 2.3.1.3. Variaciones de los sistemas de dos componentes
 - 2.3.1.4. Autorregulación transcripcional de los sistemas de dos componentes
 - 2.3.2. *Quorum sensing*: comunicación célula a célula
 - 2.3.2.1. *Quorum sensing* en bacterias Gram positivas
 - 2.3.2.2. *Quorum sensing* en bacterias Gram negativas
 - 2.3.2.3. Comunicación interespecie entre bacterias
 - 2.3.3. *Quorum quenching*

Primer examen: 12 de septiembre

3. MODULO III

- 3.1. Inducción de la inmunidad de las plantas (Dr. Mario Alberto Serrano Ortega, sesión 12 y 13: 23 y 25 de Septiembre) (4 horas)
 - 3.1.1. Evolución vegetal: la historia de un ménage à trois entre las plantas y los microorganismos.
 - 3.1.2. Mejoramiento de nuestros alimentos en la era genómica
 - 3.1.3. Generalidades de las defensas vegetales ante el ataque de los patógenos
 - 3.1.4. Generalidades de la fitopatogénesis causada por *Botrytis cinerea*
- 3.2. Función de efectores proteicos en la interacción planta-microorganismo y respuesta hipersensible (Dra. Claudia Martínez Anaya, sesión 14 y 15: 30 de Septiembre y 2 de octubre) (4 horas)
 - 3.2.1. Efectores proteicos en la interacción planta-microorganismo
 - 3.2.1.1. Descripción de efectores
 - 3.2.1.2. Biología de sistemas en la interacción planta-microorganismos mediada por efectores
 - 3.2.1.3. Función de efectores en relaciones patogénicas y mutualistas
 - 3.2.1.4. Métodos para la identificación y caracterización de efectores
 - 3.2.2. Respuesta hipersensible
 - 3.2.2.1. Vías de señalización dependientes de receptores NLR
 - 3.2.2.2. Tipos de NLRs

3.2.2.3. Interacción efector-NLR

3.2.2.4. Estructura y función de resistosomas

3.3. Control biológico: una aplicación de los principios básicos de la interacción planta-microorganismo (Dra. Claudia Marina López García, sesión 16, 17 y 18: 7, 9 y 14 de Octubre) (6 horas)

3.3.1. Generalidades del control biológico

3.3.2. Plagas y enfermedades vegetales

3.3.3. Estrategias del control biológico

3.3.4. Planteamiento y manejo del control biológico

Segundo examen: 20 de Octubre

3.4. Bacterias fijadoras de nitrógeno (Dr. Mauricio A. Trujillo Roldán / Dra. Norma Adriana Valdez Cruz, sesión 19 y 20: 16 y 21 de Octubre) (4 horas)

3.4.1. Fijación biológica del nitrógeno.

3.4.2. Mecanismos de comunicación de bacterias fijadoras y raíces

3.4.3. Producción y utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno

3.5. Hongos micorrícicos (Dr. Rodolfo Ángeles Argaíz, M. en C. Alberto Campos López, sesión 21 y 22: 23 y 28 de Octubre) (4 horas)

3.5.1. Hongos micorrícicos arbusculares

3.5.2. Hongos ectomicorrícicos

3.5.3. Estadios pre-simbióticos de la relación hongo – raíz

3.5.4. Producción y formulación de hongos ectomicorrícicos

3.6. Bacterias biorremediadoras (Dra. Luz de María Bretón, sesión 23 y 24: 30 de Octubre y 4 de Noviembre) (4 horas)

3.6.1. Generalidades de la contaminación en suelos y la fitorremediación

3.6.2. Los microorganismos en la fitorremediación

3.6.3. Mecanismos usados por los microorganismos en la Fitorremediación

3.6.4. Bioaumentación de procesos de fitorremediación

3.6.5. Microorganismos genéticamente modificados en la fitorremediación

3.6.6. Evaluación de la fitorremediación

3.7. La interacción planta-microorganismo durante el estrés por sequía (Dr. Manuel Méndez Gómez, sesión 25 y 26: 6 y 11 de noviembre) (4 horas)

3.7.1. Respuestas moleculares de las plantas al estrés abiótico

3.7.2. Papel de los microorganismos benéficos en la respuesta vegetal al estrés por sequía

3.8. Tecnologías para estudiar interacciones planta-microorganismo (Dr. Gabriel Guillen Solis, sesión 27, 28 y 29: 13, 18 y 20 de Noviembre) (6 horas)

3.8.1. Genómica

3.8.2. Proteómica

3.8.3. Transcriptómica

3.8.4. Metabolómica

4. MODULO IV

4.1. Avances y perspectivas del uso y comercialización de microorganismos benéficos en la agricultura (Dra. Karina Alejandra Balderas Ruíz, sesión 30, 31 y 32: 25 y 27 de Noviembre y 2 de Diciembre) (6 horas)

- 4.1.1. Manufactura
- 4.1.2. Pruebas de campo
- 4.1.3. Registro de Bioproductos
- 4.1.4. Bioproductos de nueva generación

Tercer examen: 4 de diciembre

Bibliografía

Bibliografía

1. Alam, S.N., Khalid, Z., Patel, M., Kumari, P., Kumar, A., Singh, B. & Guldhe, A. (2022). Chapter 3: Role of genetic engineering in microbe assisted phytoremediation of polluted sites. Eds: Baudhdh, K. & Ma, Y. <. 63-84. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823443-3.00008-9>
2. Ángeles-Argáiz, R.E., Carmona-Reyes, I.A., Quintero-Corrales, C.A., Medina-Macías, F.J., Blancas-Cabrera, A., Valdez-Cruz, N.A., Ulloa, M., Trujillo-Roldán, M.A., Garibay-Orijel, R. (2020). From field sampling to pneumatic bioreactor mycelia production of the ectomycorrhizal mushroom *Laccaria trichodermophora*. *Fungal Biology*, 124 (1-2): 205-218. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2020.02.003>.
3. Atalah, J., Hopkins, G. A., Fletcher, L. M., Castinel, A., & Forrest, B. M. (2015). Concepts for biocontrol in marine environments: is there a way forward. *Management of Biological Invasions*, 6(1): 1-12. <http://dx.doi.org/10.3391/mbi.2015.6.1.01>
4. Bentham, A. R. De la Concepcion, J. C., Mukhi, N., Zdrza?ek, R. Draeger, M., Gorenkin, D., Hughes, R. K. & Banfield, M. J. (2020) A molecular roadmap to the plant immune system. *Journal of Biological Chemistry*, 295 (4): 14916-14935. <https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.010852>
5. Berg, G., Zachow, C., Müller, H., Phillips, J., & Tilcher, R. (2013). Next-generation bio-products sowing the seeds of success for sustainable agriculture. *Agronomy*, 3: 648-656. <https://doi.org/10.3390/agronomy3040648>
6. Bhardwaj, D., Ansari, M.W., Sahoo, R.K. et al. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microb Cell Fact*, 13: 66. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66>
7. Boro, M., Sannyasi, S., Chettri, D., & Verma, A. K. (2022). Microorganisms in biological control strategies to manage microbial plant pathogens: a review. *Archives of Microbiology*, 204(11), 666. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-03279-w>
8. Campos-López, A., Uribe-López, J.A., Cázares-Ordoñez, V., Garibay-Orijel, R., Valdez-Cruz, N.A., Trujillo-Roldán, M.A. (2022). Quercetin and 1-methyl-2-oxindole mimic root signaling that promotes spore germination and mycelial growth of *Gigaspora margarita*. *Mycorrhiza*, 32: 177–191. <https://doi.org/10.1007/s00572-022-01074-5>
9. Carrasco-Espinosa, K., García-Cabrera, R.I., Bedoya-López, A., Trujillo-Roldán, M.A., Valdez-Cruz, N.A. (2015). Positive effect of reduced aeration rate on growth and stereospecificity of DL malic acid consumption by *Azospirillum brasilense*: improving the shelf life of a liquid inoculant formulation. *Journal of Biotechnology*, 195: 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2014.12.020>
10. Caseys, C., Shi, G., Soltis, N. Gwinner, R., Corwin, J. Atwell, S. & Kliebenstein, D. J. (2021). Quantitative interactions: the disease outcome of *Botrytis cinerea* across the plant kingdom, *G3 Genes|Genomes|Genetics*, 11 (8): jkab175, <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkab175>
11. Ceulemans, E., Ibrahim, H. M., De Coninck, B., & Goossens, A. (2021). Pathogen effectors: exploiting the promiscuity of plant signaling hubs. *Trends in Plant Science*, 26 (8): 780-795. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.01.005>
12. Chieba, M. & Gachomo, E.W. (2023). The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. *BMC Plant Biol*, 23: 407. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04403-8>
13. Enespa, & Chandra, P. (2022). Tool and techniques study to plant microbiome current understanding and future needs: an overview. *Communicative & Integrative Biology*, 15(1): 209–225. <https://doi.org/10.1080/19420889.2022.2082736>
14. Ferrante, R., Campagni, C., Vettori, C., Checcucci, A., Garosi, C., & Paffetti, D. (2024). Meta-analysis of plant growth-promoting rhizobacteria interaction with host plants: implications for drought stress response gene expression. *Frontiers in Plant Science*, 14: 1282553. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1282553>
15. Gamalero, E., Bona, E., & Glick, B.R. (2022). Current techniques to study beneficial plant-microbe interactions. *Microorganisms*, 10(7): 1380. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071380>
16. García-Cabrera, R.I., Valdez-Cruz, N.A., Blancas-Cabrera, A., Trujillo-Roldán, M.A. (2020). Oxygen transfer affect polyhydroxybutyrate production and oxidative stress response in submerged cultures of *Rhizobium phaseoli*. *Biochemical Engineering Journal*, 162: 107721. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2020.107721>
17. Groisman, E. A. (2016). Feedback control of two-component regulatory systems. *Annual review of Microbiology*, 70: 103-124. <https://doi.org/10.1146%2Fannurev-micro-102215-095331>
18. Gupta, A., Rico-Medina, A., & Caño-Delgado, A. I. (2020). The physiology of plant responses to drought. *Science (New York, N.Y.)*, 368 (6488): 266–269. <https://doi.org/10.1126/science.aaz7614>
19. Huang, S., Jia, A., Ma, S., Sun, Y., Chang, X., Han, Z., & Chai, J. (2023). NLR signaling in plants: from resistosomes to second messengers. *Trends in Biochemical Sciences*, 48 (9): 776–787. <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2023.06.002>
20. Jonathan D.G. Jones, J. D. G., Staskawicz, B. J. & Dangl, J. L. (2024). The plant immune system: From discovery to deployment. *Cell*, 187 (9): 2095-2116. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.03.045>
21. Kanja, C., & Hammond?Kosack, K. E. (2020). Proteinaceous effector discovery and characterization in filamentous plant pathogens. *Molecular Plant Pathology*, 21 (10): 1353-1376. <https://doi.org/10.1111/mpp.12980>
22. Laub, M.T., & Goulian, M. (2007). Specificity in two-component signal transduction pathways. *Annual Review of Genetics*, 41: 121-145. <https://doi.org/10.1146/annurev.genet.41.042007.170548>
23. Law, J. W. F., Ser, H. L., Khan, T. M., Chuah, L. H., Pusparajah, P., Chan, K. G., ... & Lee, L. H. (2017). The potential of *Streptomyces* as biocontrol agents against the rice blast fungus, *Magnaporthe oryzae* (*Pycularia oryzae*). *Frontiers in Microbiology*, 8: 215552. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00003>
24. Leung, K. et al. (2020). Next-generation biological control: the need for integrating genetics and genomics. *Biol. Rev.*, 95: pp. 1838–1854. <https://doi.org/10.1111/brv.12641>
25. Lugtenberg, B. (2016). Principles of plant-microbe interactions. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-08575-3>
26. Mason, P. (2021). Biological Control: Global impacts, challenges and future directions of pest management. Estados Unidos: CSIRO PUBLISHING.

27. Méndez-Bravo, A., Herrera-Cornelio, L. C., García-Toscano, D. F., Kiel- Martínez, A. L., Guevara-Avendaño, E., Ramírez-Vázquez, M., ... & Reverchon, F. (2023). Beneficial effects of selected rhizospheric and endophytic bacteria, inoculated individually or in combination, on non-native host plant development. *Rhizosphere*, 26: 100693. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100693>
28. Morales-García, Y. E. *et al.* (2019). Bacterial mixtures, the future generation of inoculants for sustainable crop production. In: Maheshwari, D., Dheeman, S. (eds) Field crops: Sustainable management by PGPR. *Sustainable Development and Biodiversity*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30926-8_2
29. Mukherjee, S., & Bassler, B. L. (2019). Bacterial quorum sensing in complex and dynamically changing environments. *Nature reviews. Microbiology*, 17(6): 371–382. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0186-5>
30. Nadarajah, K. & Abdul Rahman, N.S.N. (2021). Plant–Microbe Interaction: Aboveground to belowground, from the good to the bad. *Int. J. Mol. Sci.*, 22: 10388. <https://doi.org/10.3390/ijms221910388>
31. Navarrete, A. A., de Cássia Bonassi, R., Américo-Pinheiro, J. H. P., Vazquez, G. H., Mendes, L. W., de Souza Loureiro, E., Kuramae, E. E., & Tsai, S. M. (2021). Methods to Identify Soil Microbial Bioindicators of Sustainable Management of Bioenergy Crops. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*, 2232, 251–263. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1040-4_19
32. Nayeri, S., Dehghanian, Z., Lajayer, B., Thomson, A., Astatkie, T. & Price G.W. (2023). CRISPR/Cas9 mediated genetically edited ornamental and aromatic plants: A promising technology in phytoremediation of heavy metals. *Journal of Cleaner Production*, 428: 139512. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139512>
33. Poupin, M.J., Ledger, T., Roselló-Móra, R. *et al.* (2023). The Arabidopsis holobiont: a (re)source of insights to understand the amazing world of plant–microbe interactions. *Environmental Microbiome*, 18: 9. <https://doi.org/10.1186/s40793-023-00466-0>
34. Trivedi, P., Leach, J.E., Tringe, S.G. *et al.* (2020). Plant–microbiome interactions: from community assembly to plant health. *Nat Rev Microbiol*, 18: 607–621. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0412-1>
35. Trujillo-Roldán, M.A., Valdez-Cruz, N.A., Gonzalez-Monterrubio, C., Acevedo-Sánchez, E.V., Martínez-Salinas, C., García-Cabrera, R.I., Gamboa-Suasnavart, R.A., Marín-Palacio, L.D., Villegas, J., Blancas-Cabrera, A. (2013). Scale-up from shake flasks to pilot-scale production of the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense* for preparing a liquid inoculant formulation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97: 9665–9674. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5199-9>
36. Waters, C. M., & Bassler, B. L. (2005). Quorum sensing: cell-to-cell communication in bacteria. *Annual review of cell and Developmental Biology*, 21: 319–346. <https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.21.012704.131001>
37. Yang, B., Yang, S., Zheng, W. *et al.* (2022). Plant immunity inducers: from discovery to agricultural application. *Stress Biology*, 2 (5). <https://doi.org/10.1007/s44154-021-00028-9>