



I. DATOS DEL PROGRAMA Y LA ASIGNATURA	
NOMBRE DEL PROGRAMA	MAESTRÍA EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Microbiología del suelo
CLAVE	9429

TIPO DE ASIGNATURA	OBLIGATORIA		OPTATIVA	X
--------------------	-------------	--	----------	---

TIPO DE ASIGNATURA	TEORICA	X	PRACTICA		TEORICA-PRACTICA	
--------------------	---------	---	----------	--	------------------	--

NÚMERO DE HORAS	48
NÚMERO DE CREDITOS	6
FECHA DE ULTIMA ACTUALIZACIÓN	03/DIC/2021

II. DATOS DEL PERSONAL ACADÉMICO			
RESPONSABLE DE LA ASIGNATURA	Dr. Macario Bacilio Jiménez (Titular)	CLAVE CVU	22402
PROFESORES PARTICIPANTES	Dra. Thelma Castellanos Cervantes (Suplente)	CLAVE CVU	3902
	Dra. Blanca Esthela Romero López	CLAVE CVU	102435 SNI-I

III. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DEL PROGRAMA DEL CURSO O ASIGNATURA
A) OBJETIVO GENERAL
<ol style="list-style-type: none"> 1. Proporcionar conceptos e ideas que permitan considerar al suelo y los microorganismos como un sistema biológico de gran impacto en la vida de las plantas. 2. Analizar la participación general de la planta y su influencia en los microorganismos del suelo. 3. Revisar la participación e influencia de los microorganismos en algunas características biológicas del suelo. 4. Proporcionar elementos teóricos que permitan comprender la importancia de los microorganismos en los procesos de transformación de la materia orgánica.

B) DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

TEMAS Y SUBTEMAS	TIEMPO (Horas)
<p>UNIDAD I Identificación y caracterización de la población microbiana del suelo.</p> <p>1.1. Bacterias. 1.2. Hongos. 1.3. Protistas</p>	3
<p>UNIDAD II El suelo como un hábitat para los organismos y sus reacciones.</p> <p>2.1. Aspectos estructurales del suelo. 2.2. Atmósfera del suelo. 2.3. Agua del suelo. 2.4. pH del suelo. 2.5. Temperatura del suelo. 2.6. Interacciones de factores ambientales.</p>	5
<p>UNIDAD III Presencia y distribución de los microorganismos del suelo</p> <p>3.1. Los microorganismos alrededor de la raíz 3.2. Distribución de los microorganismos en el perfil del suelo 3.3. Asociación de organismos dentro de las raíces de las plantas. 3.4. Influencia de las prácticas de manejo en los organismos del suelo</p>	6
<p>UNIDAD IV. Efecto de las plantas en la microflora del suelo. La rizósfera</p> <p>4.1. Arquitectura de la raíz. 4.2. Concepto de rizósfera y rizoplano. Relación R/S. 4.3. Química de la raíz. 4.4. Exudados radicales. 4.5. Sitios de liberación de los exudados.</p>	8
<p>UNIDAD V. Microflora del suelo y la descomposición de la materia orgánica.</p> <p>5.1. Orígenes de la materia orgánica en suelo. 5.2. Principales cambios químicos durante la descomposición de la materia orgánica muerta. 5.3. Las sustancias húmicas y su impacto en el suelo.</p>	6
<p>UNIDAD VI. Colonización de la raíz por microorganismos</p> <p>6.1. Factores que intervienen en el proceso de colonización de la raíz: 6.1.1. Microflora nativa del suelo. 6.1.2. Genotipo de la planta. 6.2. Etapas de colonización 6.3. Adhesión, moléculas involucradas. 6.4. Tejidos y sitios de inicio de la adhesión 6.5. Evaluación de la colonización.</p>	8
<p>UNIDAD VII. Efecto de los microorganismos sobre el crecimiento vegetal</p> <p>7.1. Uso de metabolitos microbianos como principales nutrientes: N, P. 7.2. Producción de sustancias reguladoras del crecimiento. 7.3. Supresión de patógenos vegetales. 7.4. Producción de sustancias fitotóxicas. 7.5. Producción de enzimas.</p>	8

7.6. Modificación de la estructura del suelo por los microorganismos.	
UNIDAD VIII. La comercialización de los microorganismos del suelo. 8.1. Impacto ecológico de los microorganismos introducidos. 8.2. Biocontrol: antagonismo, competencia, explotación, biorremediación.	4

IV. BIBLIOGRAFÍA
<p>UNIDAD I</p> <p>Geisen, S. Mitchell, E., Adl, S., Bonkowski, M., Dunthorn, M., Ekelund, F., Fernández, L., <i>et al.</i> (2018). Soil protists: a fertile frontier in soil biology research, <i>FEMS Microbiology Reviews</i>, 42(3) 293–323.</p> <p>Paul, E. (2014). <i>Soil microbiology, ecology and biochemistry</i>. Academic press.</p> <p>Singh, M., Singh, D., Gupta, A., Pandey, K. D., Singh, P. K., & Kumar, A. (2019). Plant growth-promoting rhizobacteria: application in biofertilizers and biocontrol of phytopathogens. In <i>PGPR amelioration in sustainable agriculture</i> (pp. 41-66). Woodhead Publishing.</p> <p>Van Elsas, J. D., Trevors, J. T., Jansson, J. K., & Nannipieri, P. (2006). <i>Modern soil microbiology</i>. CRC press.</p> <p>Xiong, W., Song, Y., Yang, K. <i>et al.</i> (2020). Rhizosphere protists are key determinants of plant health. <i>Microbiome</i> 8, 27</p> <p>UNIDADES II, III, IV y V</p> <p>Blaud, A., Chevallier, T., Virto, Pablo, A.L., N., Chenu, C., Brauman, A. 2014. Bacterial community structure in soil microaggregates and on particulate organic matter fractions located outside or inside soil macroaggregates. <i>Pedobiologia</i> 57:191–194. DOI:10.1016/j.pedobi.2014.03.005</p> <p>Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., and Kopriva, S. 2017. The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition—Current Knowledge and Future Directions. <i>Front. Plant Sci.</i> 8:1617. doi: 10.3389/fpls.2017.01617</p> <p>Villalobos, F.J. Elias Fereres Editors. <i>Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture</i> Springer International Publishing AG 2016 Cordoba, Spain.</p> <p>Pascale, A., Proietti, S., Pantelides, I.S. and Stringlis, I.A. 2020. Modulation of the Root Microbiome by Plant Molecules: The Basis for Targeted Disease Suppression and Plant Growth Promotion. <i>Front. Plant Sci.</i> 10:1741. doi: 10.3389/fpls.2019.01741</p> <p>Eva Oburger, David L. Jones. 2018. Sampling root exudates –Mission impossible? <i>Rhizosphere</i> 6:116-133. DOI:10.1016/j.rhisph.2018.06.004</p> <p>Moshe Silberbush 2013. Root Study: Why Is It behind Other Plant Studies? <i>American Journal of Plant Sciences</i>, 4, 197-202. doi: 10.4236/ajps.2013.42026.</p> <p>Sasse, J., Martinoia, E., and Northen, T. 2018. Feed Your Friends: Do Plant Exudates Shape the Root Microbiome? <i>Trends in plant science</i>, 23(1) http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2017.09.003.</p>

Yakov Kuzyakov, Y. 2010 Priming effects: Interactions between living and dead organic matter. *Soil Biology & Biochemistry* 42: 1363-1371. doi:10.1016/j.soilbio.2010.04.003

Joelle Sasse, J., Kosina, S.M., de Raad, M., Jorda, J.S., Whiting, K., Zhalnina, K., Northen, T.R. 2020. Root morphology and exudate availability are shaped by particle size and chemistry in *Brachypodium distachyon*. *Plant Direct*. 4:1–14. DOI: 10.1002/pld3.207

Vives Peris, V., de Ollas, C., Gomez-Cadenas, A., Perez-Clemente, R.M. 2020. Root exudates: from plant to rhizosphere and beyond *Plant Cell Reports* 39:3–17
<https://doi.org/10.1007/s00299-019-02447-5>

Plant exudates improve the mechanical conditions for root penetration through compacted soils. *Plant Soil*. 2017;421(1):19-30. doi: 10.1007/s11104-017-3424-5. Epub 2017 Sep 25. PMID: 31997836; PMCID: PMC6956916.

Oleghe, E., Naveed, M., Baggs, E.M., Hallett, P.D. 2017 Plant exudates improve the mechanical conditions for root penetration through compacted soils. *Plant Soil* 421:19–30 DOI 10.1007/s11104-017-3424-5

Prashar, P., Kapoor, N., Sachdeva S. 2013. Rhizosphere: its structure, bacterial diversity and significance *Rev Environ Sci Biotechnol* DOI 10.1007/s11157-013-9317-z

Nannipieri P. et al. (2008) Effects of Root Exudates in Microbial Diversity and Activity in Rhizosphere Soils. In: Nautiyal C.S., Dion P. (eds) *Molecular Mechanisms of Plant and Microbe Coexistence*. *Soil Biology*, vol 15. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-75575-3_14

Vancura, V., and Kung, F. 1987. Interrelationships between Microorganisms and plant in soils. [10.1097/00010694-199211000-00015](https://doi.org/10.1097/00010694-199211000-00015)

Pal, D., and Verna, S. *Molecular signals in plant-microbe communications*. CRC Press. Cardon Z. G. and Whitbeck J. L. *The rhizosphere. An ecological perspective*. 2007. Elsevier.

Gregory, P. *Plant Roots. Growth, activity and interaction with soils*. 2006. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0015br>

Foster, R. C. 1986. The ultrastructure of the rhizoplane and rhizosphere. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24:211-34. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.24.090186.001235>

Mohammad K. Hassan , John A. McInroy and Joseph W. Kloepper. 2019. The Interactions of Rhizodeposits with Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in the Rhizosphere: A Review. *Agriculture* 9: 1-13. <https://doi.org/10.3390/agriculture9070142>

Olanrewaju, O.S., Ayangbenro, A. S. Glick, B. R. Babalola, O. O.. 2018. Plant health: feedback effect of root exudates-rhizobiome interactions. *Applied Microbiology and Biotechnology* 103:1155–1166 doi: 10.1007/s00253-018-9556-6. Epub 2018 Dec 20.

Curl, E. A. And Truelove, B. *The Rhizosphere*.1986. Springer-Verlag.
<https://doi.org/10.1002/jpln.19871500214>

Stevenson, F. J. *Humus Chemistry. Genesis, composition, reaction*. 1994. Wiley. Sec. edition. ISBN 10: [0471092991](https://doi.org/10.1002/9780471092995) ISBN 13: [9780471092995](https://doi.org/10.1002/9780471092995)

UNIDADES VI, VII y VIII

Zhalnina, K., Louie, K.B., Hao, Z., [Mansoori](#), N., Nunes da Rocha, U., Shi, S., Cho, H., Karaos, U, Loqué, D., Bowen, B.P., Firestone, M.K., Northen, T.R., Brodie, E.L. 2018. Dynamic root exudate chemistry and microbial substrate preferences drive patterns in rhizosphere microbial community assembly. *Nat Microbiol* **3**, 470–480. <https://doi.org/10.1038/s41564-018-0129-3>

Smalla K, Wieland G, Buchner A, Zock A, Parzy J, Kaiser S, Roskot N, Heuer H, Berg G. 2001. Bulk and rhizosphere soil bacterial communities studied by denaturing gradient gel electrophoresis: plant-dependent enrichment and seasonal shifts revealed. *Appl Environ Microbiol*. Oct;67(10):4742-51. doi: [10.1128/AEM.67.10.4742-4751.2001](https://doi.org/10.1128/AEM.67.10.4742-4751.2001). PMID: [11571180](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11571180/); PMCID: [PMC93227](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC93227/).

Susan J. Grayston, Shenquiang Wang, Colin D. Campbell, Anthony C. Edwards. 1998. Selective influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry*. 30:369-378, ISSN 0038-0717, [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00124-7](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00124-7).

Michiels, K. W., Croes, C. L. and Vanderleyden, J. 1991 Two different modes of attachment of *Azospirillum brasilense* Sp7 to wheat roots. *J. Gen. Microbiol*. 137, 2241–2246.

Balsanelli, E., Tuleski, T.R., de Baura, V.A., Yates, M.G., Chubatsu, L.S., Pedrosa, F.de O., de Souza, E.M., Monteiro, R.A. 2013. Maize root lectins mediate the interaction with *Herbaspirillum seropedicae* via N-acetyl glucosamine residues of lipopolysaccharides. *PLoS One*. 9;8(10):e77001. doi: [10.1371/journal.pone.0077001](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077001). PMID: [24130823](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24130823/); PMCID: [PMC3793968](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC3793968/).

Bogino, P.C., Oliva, M.de L., Sorroche, F.G., Giordano, W. 2013. The role of bacterial biofilms and surface components in plant-bacterial associations. *Int J Mol Sci*. 14(8):15838-15859. doi:[10.3390/ijms140815838](https://doi.org/10.3390/ijms140815838)

Walpola, B. Ch., and Yoon, M.H. 2013. Phosphate solubilizing bacteria: Assessment of their effect on growth promotion and phosphorous uptake of mung bean (*Vignaradiata* [L.] R. Wilczek). *Chilean journal of agricultural research*, 73(3), 275-281. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392013000300010>

Spaepen, S., Bossuyt, S., Engelen, K., Marchal, K., Vanderleyden, J., 2014. Phenotypical and molecular responses of *Arabidopsis thaliana* roots as a result of inoculation with the auxin-producing bacterium *Azospirillum brasilense*. *New Phytol*. Feb;201(3):850-861. doi: [10.1111/nph.12590](https://doi.org/10.1111/nph.12590). Epub 2013 Nov 13. PMID: [24219779](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24219779/).

Smercina, D.,N., Evans, S.E., Friesen, M.L., Tiemann, L.K. 2019.To Fix or Not To Fix: Controls on Free-Living Nitrogen Fixation in the Rhizosphere. *Appl Environ Microbiol*. Mar 6;85(6):e02546-18. doi: [10.1128/AEM.02546-18](https://doi.org/10.1128/AEM.02546-18). Erratum in: *Appl Environ Microbiol*. 2019 Oct 30;85(22): PMID: [30658971](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30658971/); PMCID: [PMC6414387](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6414387/).

De Meyer, G., Bigirimana, J., Elad, Y. and Hofte, M. 1998 Induced systemic resistance in *Trichoderma harzianum* T39 biocontrol of *Botrytis cinerea*. *European Journal of Plant Pathology* 104, 279–286. <https://doi.org/10.1023/A:1008628806616>

Aznar. A., Chen, N.W., Rigault, M., et al. Scavenging iron: a novel mechanism of plant immunity activation by microbial siderophores. *Plant Physiol*. 2014;164(4):2167-2183. doi:[10.1104/pp.113.233585](https://doi.org/10.1104/pp.113.233585)

Alizadeh, H., Behboudi, K., Ahmadzadeh, M., Javan-Nikhah, M., Zamioudis, C., Pieterse, C.M., & Bakker, P.A. (2013). Induced systemic resistance in cucumber and *Arabidopsis thaliana* by the combination of *Trichoderma harzianum* Tr6 and *Pseudomonas* sp. Ps14. *Biological Control*, 65, 14-23.

Wilpiseski, R.,L., Aufrecht, J.A., Retterer, S.T., Sullivan, M.B., Graham, D.E., Pierce, E.M., Zablocki, O.D., Palumbo, A.V., Elias, D.A.. 2019. Soil Aggregate Microbial Communities: Towards Understanding Microbiome Interactions at Biologically Relevant Scales. *Appl Environ Microbiol*. Jul 1;85(14):e00324-19. doi: 10.1128/AEM.00324-19. PMID: 31076430; PMCID: PMC6606860.

Khan, N., Bano, A. 2019. Exopolysaccharide producing rhizobacteria and their impact on growth and drought tolerance of wheat grown under rainfed conditions. *PLoS One*. 2019 Sep 12;14(9):e0222302. doi: 10.1371/journal.pone.0222302. PMID: 31513660; PMCID: PMC6742399.

Park, Y.G., Mun, B. G., Kang, S.,M., Hussain, A., Shahzad, R., Seo, C.W., Kim, A.Y., Lee, S.U., Oh K.Y., Lee, D.Y., Lee, I.J., Yun, B.W. *Bacillus aryabhattai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. *PLoS One*. 2017 Mar 10;12(3):e0173203. doi: 10.1371/journal.pone.0173203. PMID: 28282395; PMCID: PMC5345817.

Nannipieri P. et al. (2008) Effects of Root Exudates in Microbial Diversity and Activity in Rhizosphere Soils. In: Nautiyal C.S., Dion P. (eds) *Molecular Mechanisms of Plant and Microbe Coexistence*. Soil Biology, vol 15. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-75575-3_14

Adicionalmente se podrán revisar artículos científicos recomendados por los profesores en algunos temas específicos o de interés de los alumnos

V. PROCEDIMIENTO O INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE.

Exposición de los temas por los profesores a través de materiales audiovisuales.

Exposición de videos y/o documentales.

Inducción a la reflexión de los alumnos por medio de preguntas y cuestionamientos sobre los temas y su relación con aspectos del suelo y las plantas.

Tareas y exposición de seminario por parte del alumno.

MODALIDADES DE EVALUACION DE LA ASIGNATURA

A. Asistencia a por lo menos 80% de las clases.

B. Tres exámenes: Tendrán el 80% del valor de la calificación.

C. Evaluación de la exposición y tareas: Tendrán el 20% del valor de la calificación.

A dará derecho a los exámenes.

La calificación final = B (Suma y promedio de tres exámenes= 80% de calificación) + **C** (20% de calificación obtenida de exposición (es) y tareas).