



Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Química Bioquímica y Farmacia

"2026 - Año de la Grandeza Argentina"
"150° Aniversario de la Creación
de la Escuela Normal Juan Pascual Pringles"

"50 años por la Memoria, la Verdad y la Justicia. Nunca más"



SAN LUIS, 16 DE SEPTIEMBRE DE 2026

VISTO:

El Expediente N° 16868/2025, mediante el cual se eleva la propuesta del Curso Optativo, que se dictara por única vez, Biorremediación de suelo y agua mediante herramientas Biotecnológicas y Asociaciones Simbióticas, para los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Biológicas, a llevarse a cabo, en la UNSL durante los meses de octubre y noviembre del presente año, y

CONSIDERANDO:

Que eleva dicha solicitud la Dra. Hilda Elizabeth PEDRANZANI (DU N° 13259537) y la Dra. Griselda Jorgelina DARUICH (DU 22140685), Equipo Docente Responsable del curso.

Que el mismo se dictara por única vez en los meses de octubre y noviembre del año 2026, con un crédito horario de ochenta (80) horas, con modalidad de clases teórico-prácticas.

Que la Comisiones de Carreras de la Licenciatura de Ciencias, dio tratamiento al tema, sugiriendo aprobar el mencionado curso.

Que la Comisión Interna permanente de Asuntos Académicos recomendó aprobar lo solicitado.

Que el Consejo Directivo en sesión Ordinaria de fecha NUEVE de junio del dos mil veinticinco (9/6/25) resolvió por unanimidad protocolizar el dictado de dicho curso.

El Consejo Directivo en su sesión Ordinaria del día TRES de agosto del corriente año (03/08/26), resolvió por unanimidad aprobar el curso optativo Biorremediación de suelo y agua mediante herramientas Biotecnológicas y asociaciones simbióticas.

Por ello, y en uso de sus atribuciones,

EL CONSEJO DIRECTIVO

DE LA FACULTAD DE QUÍMICA, BIOQUÍMICA Y FARMACIA

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º.-APROBAR y protocolizar el dictado del Curso Optativo: "Biorremediación de suelo y agua mediante herramientas Biotecnológicas y Asociaciones Simbióticas", que se dictara por única vez, para los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Biológicas, de la Facultad de Química Bioquímica y Farmacia.



"2026 - Año de la Grandeza Argentina"

"150° Aniversario de la Creación
de la Escuela Normal Juan Pascual Pringles"



Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Química Bioquímica y Farmacia

"50 años por la Memoria, la Verdad y la Justicia. Nunca más"

ARTÍCULO 2°.- Dejar constancia en el ANEXO único de la presente disposición de los restantes aspectos de este Curso Optativo.

ARTÍCULO 3°.- Comuníquese, notifíquese, insértese en el libro de Resoluciones de la Facultad, publíquese en el Digesto de la Universidad y archívese.

PRB

Documento firmado digitalmente según Ordenanza Rectoral N° 15/2021 por: Decano-Sebastián Antonio ANDUJAR- y Oscar PARRAVICINI – Secretario Académico.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
FACULTAD DE QUÍMICA, BIOQUÍMICA Y FARMACIA

“2026-Año de la Grandeza Argentina”

“2026 - 150° Aniversario de la Creación de la Escuela de
la Escuela Normal Juan Pascual Pringles”

"50 años por la Memoria, la Verdad y la Justicia. Nunca más"

ANEXO

Denominación del curso: BIORREMEDIACIÓN DE SUELO Y AGUA MEDIANTE HERRAMIENTAS BIOTECNOLÓGICAS Y ASOCIACIONES SIMBIÓTICAS.

Unidad Académica Responsable: FACULTAD DE QUÍMICA BIOQUÍMICA Y FARMACIA. UNSL

Categorización: OPTATIVO

Fecha de dictado del curso: Octubre—Noviembre, 2025 (Un día a la semana) Modalidad de dictado presencial y sincrónico: Debido a la situación económica se contempla la posibilidad de emplear para el dictado del curso herramientas de comunicación sincrónicas para los alumnos de localidades alejadas.

Crédito horario total: 80 horas (teóricos, prácticas de aula, prácticas de laboratorio, seminarios, autoestudio e informes)

Cupo máximo: 10 alumnos

Correlativas: Tener Primer año de la carrera aprobado

Equipo docente responsable:

-Dra. Hilda PEDRANZANI. Laboratorio de Fisiología Vegetal. Área de Ecología. Departamento de Biología. Facultad de Química Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis. Ejército de los Andes 950. San Luis. Email: hildaeliz@gmail.com

-Dra. Jorgelina DARUICH Laboratorio de Biología. Área Biología. Departamento de Biología. Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia Universidad Nacional de San Luis Ejército de los Andes 950. San Luis. Argentina Email: j-jorgelina@gmail.com

PROFESORES COLABORADORES DE TEORÍAS:

-Dr. Fabricio CASSAN Laboratorio de Fisiología Vegetal y de la Interacción PlantaMicroorganismo. Instituto de Investigaciones Agrobiotecnológicas [INIAB-CONICET] Departamento de Ciencias Naturales. FCEFQyN Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta 36, Km 601. Córdoba. Argentina. Email: fcassan@exa.unrc.edu.ar

-Dra. Marcela FRANCO CORREA PhD. Departamento de Microbiología Facultad de Ciencias Pontificia Universidad Javeriana Bogotá - Colombia Cra. 7 No. 42 - 46. Ed. Félix Restrepo S.J.



“2026-Año de la Grandeza Argentina”

“2026 - 150° Aniversario de la Creación de la Escuela de la Escuela Normal Juan Pascual Pringles”

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
FACULTAD DE QUÍMICA, BIOQUÍMICA Y FARMACIA

"50 años por la Memoria, la Verdad y la Justicia. Nunca más"

No. 44 Facultad de Ciencias, Piso 11 Of. 1.15 Tel: 0057-601- 3208320 ext. 4022
franco@javeriana.edu.com

-Dr. Miguel QUIÑONES Grupo de Interacciones Beneficiosas Planta-Microorganismo. Departamento de Suelo, Planta y Calidad Ambiental. Instituto de Ciencias Agrarias. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Serrano 115-dpdo. Madrid. España. Email: ma.quinones@csic.es

-Mg. Karina María RODRIGUEZ MORA Investigador Reforesta. Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII) Universidad de Costa Rica WXP4+J (San José, San Pedro; Costa Rica. Email: karina.rodriguez mora@ucr.ac.cr

-Dra. Luz Marina ZAPATA Facultad de Ciencias de la Alimentación (FCAI) de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER). Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Entre Ríos (ICTAER sede Concordia, doble dependencia CONICETUNER) Laboratorio de Análisis de Metales en Alimentos y Otros Sustratos (LAMASFCAI). Avenida Monseñor Tavella 1450 – 3200 – Concordia – Entre Ríos – Argentina. Email: luzmarina.zapata@uner.edu.ar

PROFESORES COLABORADORES DE PRÁCTICA:

-Dra. Andrea Mariela QUIROGA Departamento de Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (FICA). Grupo de Fisiología Vegetal. Departamento de Aromáticas y Jardinería. Facultad de Turismo y Urbanismo (FTU. Villa de Merlo). Universidad Nacional de San Luis. Campus Universitario Villa Mercedes. Ruta Provincial 55 S/N extremo Norte. Villa Mercedes, San Luis. Argentina. Email: amquir@yahoo.com.ar.

-Dra. María Cecilia PACHECO INSAUSTI Laboratorio de Bioquímica. Área de Bioquímica. Departamento de Bioquímica. Facultad de Química Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis. Ejército de los Andes 950. San Luis. Email: ceciliapachecoin@gmail.com

FUNDAMENTACIÓN:

La biorremediación es la utilización de organismos vivos como bacterias, hongos, algas y plantas para degradar, transformar y/o remover compuestos tóxicos contaminantes presentes en el agua, el suelo y el aire, convirtiéndolos en productos metabólicos inocuos o menos tóxicos. La simbiosis entre plantas y bacterias, en particular bacterias fijadoras de nitrógeno, es una



relación mutualista donde ambas especies se benefician. Las bacterias, como *Rhizobium*, fijan el nitrógeno atmosférico en compuestos utilizables por las plantas (amoniaco), mientras que las plantas proporcionan a las bacterias fuentes de carbono y un ambiente controlado para vivir. Este proceso, que ocurre en nódulos radiculares, es especialmente importante para las leguminosas y puede mejorar la sostenibilidad agrícola. La biorremediación implica reducir la concentración y el efecto negativo de compuestos contaminantes en el ambiente, mediante la biodegradación o biotransformación realizada por bacterias, hongos, algas y/o plantas que tienen la capacidad adecuada. Se reconocen más de 180 géneros bacterianos y más de 140 géneros de hongos que degradan hidrocarburos. La eficiencia de biodegradación se incrementa regulando parámetros físicos, químicos o biológicos para mejorar el desarrollo y actividad de los microorganismos degradadores. Ejemplos de tratamientos exitosos son: bioventeo (se incrementa la aireación), bioestimulación (se adicionan nutrientes), bioaumentación (se introducen microorganismos degradadores), y fitorremediación (se introducen plantas y su microflora). Estos temas se tratarán en las jornadas de trabajo tratando de dar una visión amplia a los estudiantes sobre el uso de estas tecnologías amigables con el ambiente para producir en agricultura y sanear suelos y aguas. Por otra parte, las microalgas (nombre con el que se conoce a las algas unicelulares) han mostrado muy buenas capacidades de remoción de metales. El uso de microalgas para la remediación presenta numerosas ventajas. Entre ellas se encuentran la facilidad y los bajos costos de cultivo. Sumado a esto, han demostrado ser particularmente eficientes para la remoción de metales en efluentes con bajas concentraciones (hasta 100 mg/L), situación en la cual los métodos tradicionales se tornan ineficientes. Se han identificado varias algas con alto potencial para remover varios tipos de contaminantes como, metales herbicidas y pesticidas. Los tratamientos de remediación con microalgas idealmente deberían ser utilizados para tratar los efluentes industriales o mineros previos al vuelco de los mismos. Primero ocurre una unión del metal a la pared celular. Ese proceso se llama adsorción, es rápido y sucede tanto en células vivas como muertas. Además, las algas representan una nueva modalidad de fertilización para cultivos proporcionando aumento de pigmentos fotosintéticos y biomasa vegetal. Las transformaciones de los ecosistemas de la Tierra inducidas por el hombre han afectado fuertemente los patrones de distribución de las simbiosis planta-hongo conocidas como micorrizas. Estos cambios han reducido en gran medida la vegetación que presenta una variedad particular de micorrizas, las ectomicorrizas, un tipo de simbiosis entre plantas y



hongos de importancia crucial para el almacenamiento de carbono en el suelo. El estudio, publicado en la revista Nature Communications, demuestra que la pérdida de la simbiosis ectomicorrícica ha reducido la capacidad de estos ecosistemas para secuestrar carbono en los suelos. La mayoría de las especies de plantas forman simbiosis con varios hongos, en los que los hongos proporcionan nutrientes a las plantas, mientras que las plantas proporcionan carbono a los hongos. Investigaciones anteriores han demostrado que estas relaciones aumentan el potencial de la vegetación para eliminar CO₂ de la atmósfera y secuestrar en los suelos. Las actividades humanas, como las prácticas agrícolas, han alterado entre el 50 y el 75 % de los ecosistemas terrestres de la Tierra, transformando áreas naturales con asociaciones de plantas micorrizas que antes eran fuertes secuestradoras de carbono en relaciones mucho más débiles.

OBJETIVOS:

- 1- Reconocer las funciones de las rizobacterias y su impacto en el crecimiento y regulación en plantas superiores.
- 2- Comprender la biodegradación microbiana de compuestos orgánicos y su versatilidad durante el proceso de los ciclos biogeoquímicos en el suelo.
- 3- Reconocer los beneficios de la simbiosis rizobio-leguminosas en la fisiología de la planta y el incremento en los mecanismos de tolerancia.
- 4- Comprender los aspectos fundamentales de la ecología de las algas, incluyendo su clasificación, requerimientos ecológicos, técnicas de muestreo y el uso de géneros bioindicadores, así como su potencial en aplicaciones biotecnológicas.
- 5- Evaluar la eficacia de tratamientos con microalgas en la reducción de contaminantes específicos, tales como metales pesados, herbicidas y pesticidas, presentes en efluentes industriales o agrícolas.
- 6 - Visualizar los cambios a diferentes niveles funcionales en las plantas en simbiosis con las micorrizas.
- 7- Interpretar los ejemplos de simbiosis con hongos-plantas, que mejoran su tolerancia al estrés abiótico son útiles para fitorremediación.

CONTENIDOS MÍNIMOS:



Las plantas relacionadas con la bacteria. Fitohormonas y mecanismos implicados en la promoción de crecimiento. Transformación microbiana y degradación de compuestos tóxicos. Biorremediación microbiológica. Aproximaciones biotecnológicas a la fitorremediación de suelos marginales utilizando la simbiosis leguminosa-rizobio. Micro algas indicadoras de contaminación en agua. Géneros bioindicadores de microalgas más comunes en agua. Introducción a las aplicaciones biotecnológicas. Microalgas como bioestimulantes y mecanismos de acción. Métodos de extracción de compuestos bioactivos. Microalgas en el tratamiento de aguas. Ecología de las Micorrizas Importancia de las micorrizas en los ecosistemas agrícolas. Simbiosis Plantas-Micorrizas en Agricultura Sustentable. Estudios de Forrajeras: parámetros de producción y mecanismos de acción

UNIDAD 1 Rizobacterias benéficas y su impacto en el crecimiento y regulación en plantas superiores Rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPR); rizobacterias biocontroladoras de patógenos (PGPB) y rizobacterias reguladoras de homeostasis en condiciones de estrés abiótico (PSHR). Principales mecanismos de promoción del crecimiento y de regulación del homeostasis: fijación biológica de nitrógeno; producción de fitohormonas y otros reguladores del crecimiento; solubilización de fosfatos, potasio y zinc; producción de sideróforos; síntesis de solutos compatibles y compuestos volátiles. El concepto de rizósfera y su importancia para el crecimiento y desarrollo vegetal. Aspectos básicos y tecnológicos. Dr. Fabricio Cassan 2 h.

UNIDAD 2: Biodegradación de compuestos orgánicos y versatilidad microbiológica. Transformación microbiana y degradación de compuestos orgánicos/químicos recalcitrantes y/o xenobióticos, Versatilidad microbiológica. Biorremediación microbiana de suelos contaminados con metales pesados, plaguicidas y petróleo. Hongos lignocelulolíticos. Compostaje. Proceso de biodegradación de material orgánico como los residuos de cosechas, Procedimiento del compostaje. La microbiología del compostaje. Dra. Marcela Franco Correa 2h

UNIDAD 3: Aproximaciones biotecnológicas a la fitorremediación de suelos marginales utilizando la simbiosis leguminosa-rizobio. El altramuz (*Lupinus spp.*) como sistema modelo para el estudio de interacciones planta-bacteria. Nódulos fijadores de nitrógeno, raíces proteoides y la interacción entre los metabolismos del N y el P. Cambio global y estreses abióticos. Metales pesados: el caso del mercurio. Mecanismos de tolerancia y acumulación. Fitorremediación. Perspectivas de futuro. Dr. Miguel Quiñones 2 hs



UNIDAD 4: Microalgas indicadoras de contaminación en Agua Ecología básica de las algas: las clases más representativas en ecosistemas lóticos y lénticos. Requerimientos generales para las algas. Técnicas de muestreo. Géneros bioindicadores de microalgas más comunes en agua. Introducción a las aplicaciones biotecnológicas. Dra. Jorgelina Daruich

UNIDAD 5: Microalgas en Agricultura y Biorremediación Microalgas como bioestimulantes. Concepto de bio estimula con vegetal y mecanismos de acción. Métodos de extracción de compuestos bioactivos. Formulación líquida y sólida. Microalgas en el tratamiento de aguas. Biorremediación de nutrientes: remoción de nitrógeno, fósforo y metales pesados. Captura de CO₂ y purificación de aire en tratamientos integrados. Sistema de cultivo para tratamiento de aguas. Mg. Karina Maria Rodriguez Mora Estudios de Casos: Fitorremediación de efluente de industria avícola, Fitorremediación de efluente de industria láctea. Dra. Luz Marina Zapata

UNIDAD 6: Biología y Ecología de las Micorrizas Importancia de las micorrizas en los ecosistemas agrícolas. Tipos de micorrizas. Micorrizas arbusculares y simbiosis mutualista. Fisiología de las micorrizas arbusculares: nutrición mineral de las plantas y acumulación y distribución de biomasa en plantas micorrizadas. Micorrizas y relaciones hídricas. Dra. Hilda Pedranzani

UNIDAD 7: Simbiosis Plantas-Micorrizas en Agricultura Sustentable. Estudios de casos: Digitaria eriantha L. y Medicago sativa L. y Cenchrus ciliaris L. Micorrización frente a estreses abióticos. Parámetros morfo-fisiológicos, hormonales y bioquímicos evaluados. Enzimas del estrés mitigadas por las micorrizas. El comportamiento de la prolina como mecanismo osmoprotector en la simbiosis. Planta-micorrizas. Malondialdehído como indicador del estrés y de la mitigación en plantas micorrizadas. Dra. Hilda Pedranzani

PRÁCTICA DE LOS ALUMNOS:

1-Supervisión y evaluación de Seminarios expuestos por alumnos con temáticas referidas a bacterias asociadas a plantas Dra. Cecilia Pacheco Insauti.

2-Supervisión y evaluación de Seminarios referidos a descontaminación de aguas por algas Dra. Marisa Mariela Garbero

3-Supervisión y evaluación de Seminarios referidos a simbiosis-planta-micorrizas Dra. Mariela Quiroga. SISTEMA DE EVALUACIÓN La evaluación será de carácter individual, a través de la realización de Trabajos Prácticos, presentación de Seminarios y la construcción de una matriz



de Autoevaluación. La autoevaluación es un instrumento que facilita atender, respetar y valorar los distintos ritmos de aprendizaje, según las diferentes características del alumno y atiende también a la distinta formación que poseen: capacidades, estilos de aprendizaje, estrategias cognitivas, experiencias y conocimientos previos, motivación, etc. Se trata de actividades que el docente diseña con el objetivo de evaluar y comprender cómo los alumnos van construyendo su conocimiento. A partir de instrumentos de evaluación como: cuestionarios, listas de control, escalas de estimación, protocolos, mapas conceptuales, se podrá recoger las informaciones relevantes sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje realizado.

BIBLIOGRAFÍA

Abdelfattah, A., Ali, S. S., Ramadán, H., El-Aswar, E. I., Eltawab, R., Ho, S. H., Elsamahy, T., Li, S., El-Sheekh, M. M., Schagerl, M., Kornaros, M., & Sun, J. (2023). Microalgae-based wastewater treatment: Mechanisms, challenges, recent advances, and future prospects. *Environmental Science and Ecotechnology*, 13, 100205. <https://doi.org/10.1016/J.ESE.2022.100205>

Agrios, G. 2005. Plant Pathology. Elsevier Academic Eds. 922 p

Brujin, F.J. 2013. Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere.

Buckley, D.H., Bender, D.A., Stahl, D.A., Martinko, J.M. and Madigan, M.T. 2014. Biología de los microorganismos. 14 ED. Pearson Ed. 1132 p.

Daruich, J. Gil, M. A. y Moreno, L.E. 2017. “Diatomeas empleadas en la evaluación de la calidad del agua en 3 cuencas de la provincia de San Luis (Argentina)”. *Natura Neotropicalis*.

Vol 2 (48) p 19-35. ISSN 0329–2177. **Daruich, J., Trípole, S, Gil, M.A. y Vallania, A. 2013.** “Algal and Cyanobacterial communities in two rivers of the province of San Luis (Argentina) subjected to anthropogenic influence”. *Acta Limnológica Brasiliensia*. N°1, Vol 25 p 79-90. ISSN 2179-975X.

Gil, M.A.; Daruich, G.J.; Ulacco, J.H. & Moreno, L.E. 2020. “Estudios sobre la calidad de los ambientes acuáticos de la Región de Cuyo con aplicación de indicadores bióticos: Antecedentes y Perspectivas”. Capítulo de libro: La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: Bases para la integridad ecológica/ Eduardo Dominguez [et al] compilado por Eduardo Dominguez; Adonis Giorgi, Nora Gómez, 1ª ed.



Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Eudeba. Libro digital, PDF. p: 132-146. Archivo digital de descarga. ISBN: 978-950-23-3006-8.

González EA, Pacheco Insausti MC, Zapico M, Achiary M, Pedranzani HE. 2023 Halotolerant *Sinorhizobium meliloti* Strain Confers Salinity Tolerance to *Medicago sativa* L. *Avances en Investigación Agropecuaria* 2023. 27: 197-207ISSNe 2683 1716 <http://doi.org/10.53897/RevAIA.23.27.70>

Guiry, M. D., & Guiry, G. M. 2024. *Advances in Algal Research. Journal of Phycology*, 45(3), 123-134

Hassan G.Dar. Soil Microbiology and Biochemistry New Delhi: NIPA. 2020. eBook

Huang, Q., Jiang, F., Wang, L., & Yang, C. (2017). Design of Photobioreactors for Mass Cultivation of Photosynthetic Organisms. *Engineering*, 3(3), 318–329. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.020>

Hurst, C., Knudsen, G., McInerney, M., Stetzenbach, L. And Walter, M. Editors. 2007. *Manual of Environmental Microbiology*. ASM Press. Washington, D.C. 894p.

Kurade, M. B., Kim, J. R., Govindwar, S. P., & Jeon, B. H. (2016). Insights into microalgae mediated biodegradation of diazinon by *Chlorella vulgaris*: Microalgal tolerance to xenobiotic pollutants and metabolism. *Algal Research*, 20, 126–134. <https://doi.org/10.1016/J.ALGAL.2016.10.003>

Lee R.E. (2008). *Phycology*. Cambridge: Cambridge University Press 4° Ed., pp 547.

Msaddak A, Mars M, Quiñones MA, Lucas MM, Pueyo JJ, 2023. Lupin, a unique legume that is nodulated by multiple microsymbionts: the role of horizontal gene transfer. *International Journal of Molecular Sciences*, 24:6496. DOI: 10.3390/ijms24076496

Muñoz Carabajal, Dana, Daruich, Griselda Jorgelina and Pedranzani, Hilda Elizabeth. 2024. Utilizing *Tetrademus obliquus* for Phycoremediation Enhanced Nitrogen and Phosphorus Removal in Urban Wastewater Treatment. *Journal of Global Ecology and Environment*. Volume 20, Issue 4, Page 169-179; ISSN: 2454-2644. <https://doi.org/10.56557/jogee/2024/v20i48955>

Núñez-Salazar, Y., Rodríguez-Mora, K., Jirón-García, E., & Villalta-Romero, F. (2024). Efecto de azitromicina sobre el crecimiento de *Chlorella sorokiniana*. *Revista Tecnología En Marcha*, 37(9), Pág. 63–72. <https://doi.org/10.18845/tm.v37i9.7610>



Paape T, Heiniger B, Santo Domingo M, Clear M, Lucas MM, Pueyo JJ. 2022. Genome-wide association study reveals complex genetic architecture of cadmium and mercury accumulation and tolerance traits in *Medicago truncatula*. *Frontiers in Plant Science*, 12:806949. DOI: 10.3389/fpls.2021.806949

Pacheco Insausti M.C., Zapico M. G, Gonzalez E.A., Fernández E., Gutiérrez ME., Stege P.W., Pedranzani HE 2022. Salt and Cadmium Stress Tolerance in Four Genotypes of *Medicago sativa* L. *Avances en Investigación Agropecuaria. AIA. 2022.* 26: 62-78 ISSN e - 2683 1716.

Pacheco-Insausti MC, Ponce IT, Quiñones MA, Pedranzani HE, Pueyo JJ. 2023. Effects of inoculation with stress-tolerant rhizobia on the response of alfalfa (*Medicago sativa* L.) to combined salinity and cadmium stress. *Plants* 12 (3972) 1-17.

Parmar, P., Kumar, R., Neha, Y., & Srivatsan, V. (2023). Microalgae as next generation plant growth additives: Functions, applications, challenges and circular bioeconomy based solutions. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1073546>

Pedranzani HE, Gutiérrez ME., Molina Arias S., Zapico M.G., Ruiz-Lozano JM. 2021. Arbuscular Mycorrhiza Interaction with *Medicago sativa* Plants: Study of Abiotic Stress Tolerance in Sustainable Agriculture. 10.53897/RevAIA.21.25.14 (03):26-40

Pedranzani HE. Barzana G., Gil R., Molina Arias S., Pacheco Insausti, MC; Ruiz Lozano JM. 2022. Jasmonates, Aquaporines and nutritional response in *Medicago sativa* L. in symbiosis with arbuscular mycorrhizae under abiotic stresses. *Annals Agricultural Sciences Research* .1:1-14. [www. Stechnolock.com](http://www.Stechnolock.com)

Pedranzani H. y Vigliocco A. (2017). Chapter 15: Evaluation of jasmonic acid and salicylic acid levels in abiotic stress tolerance: Past and present 2017. In book: *Mechanisms Behind Phytohormonal Signalling and Crop Abiotic Stress Tolerance* Edition: Nova Science Publishers: Publisher: Series: Environmental Science, Engineering and Technology Editors: Vijay Pratap Singh, Samiksha Singh and Sheo Mohan Prasad

Preethi K. Advancement in Soil Microbiology. Delve Publishing. 2019. eBook.

Probir, D. (2019). Potential Applications of Algae-Based Bio-fertilizer. In Q.-S. V. A. P. R. G. B. Wu (Ed.), *Soil Biology Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment* (Vol. 55). Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4>



“2026-Año de la Grandeza Argentina”

“2026 - 150° Aniversario de la Creación de la Escuela de la Escuela Normal Juan Pascual Pringles”

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
FACULTAD DE QUÍMICA, BIOQUÍMICA Y FARMACIA

"50 años por la Memoria, la Verdad y la Justicia. Nunca más"

Pueyo JJ, Quiñones MA, Coba de la Peña T, Fedorova EE, Lucas MM. 2021. Nitrogen and phosphorus interplay in lupin root nodules and cluster roots. *Frontiers in Plant Science*, 12:644218. DOI: 10.3389/fpls.2021.644218 **Quiñones MA, Fajardo S, Fernández-Pascual M, Lucas MM, Pueyo JJ. 2021.** Nodulated white lupin plants growing in contaminated soils accumulate unusually high mercury concentrations in their nodules, roots and especially cluster roots. *Horticulturae*, 7:302. DOI: 10.3390/horticulturae7090302

Quiñones MA, Lucas MM, Pueyo JJ. 2022. Adaptive mechanisms make lupin a choice crop for acidic soils affected by aluminum toxicity. *Frontiers in Plant Science*, 12:810692. DOI: 10.3389/fpls.2021.810692

Ramya V. P. Soil and Applied Microbiology. 2020. Ebook

Sylvia, D., Hartel, P., Fuhrmann, J. and Zuberer, D. 2005. Principles and Applications of Soil Microbiology. Second edition. Pearson Prentice Hall. 640 p.

Taiz, L. 2010. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Publishers. 782 p **Walter N. 1975.** Soil Microbiology. London. 262 p.

Hoja de firmas