



Universidad Nacional de San Luis
Rectorato

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

SAN LUIS, 20 SET. 2021

VISTO:

El Expediente EXP-USL: 5745/2021 mediante el cual se solicita la protocolización del Curso de Posgrado: PLANTAS Y MICROORGANISMOS: AGRICULTURA SUSTENTABLE Y BIORREMEDIACIÓN;

CONSIDERANDO:

Que el Curso de Posgrado se propone dictar en el ámbito de la Facultad de Química Bioquímica y Farmacia del 1 de octubre al 3 de diciembre 2021 con un crédito horario de 60 horas presenciales y bajo la coordinación de la Dra. Daniela CURVALE.

Que la Comisión Asesora de Posgrado de la Facultad de Química Bioquímica y Farmacia recomienda aprobar el curso de referencia.

Que el Consejo de Posgrado de la Universidad Nacional de San Luis en su reunión del 24 de agosto de 2021 analizó la propuesta y observa que el programa del curso, bibliografía, metodología de evaluación y docentes a cargo, constituyen una propuesta de formación de posgrado de calidad en su campo específico de estudio.

Que, por lo expuesto, el Consejo de Posgrado aprueba la propuesta como Curso de Posgrado, según lo establecido en Ordenanza CS N° 35/16.

Que la RCS N° 400/20 contiene las decisiones y propuestas de funcionamiento de las actividades de posgrado en el marco de la situación sanitaria vigente COVID – 19, y que esta actividad se enmarca en las acciones orientadas a continuar y sostener el dictado de las actividades previstas en cronogramas de estudiantes y propuestas.

Que corresponde su protocolización.

Por ello y en uso de sus atribuciones

EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º.- Protocolizar el dictado del Curso de Posgrado: PLANTAS Y MICROORGANISMOS: AGRICULTURA SUSTENTABLE Y BIORREMEDIACIÓN del 1 de octubre al 3 de diciembre de 2021 en el ámbito de la Facultad de Química Bioquímica y Farmacia con un crédito horario de 60 presenciales.

ARTÍCULO 2º.- Protocolizar el cuerpo docente constituido por: responsables Dra. Hilda PEDRANZANI (DNI N° 13.259.537) y Dra. Liliana VILLEGAS (DNI N° 23.483.923) ambas de la Universidad Nacional de San Luis, colaboradores Dr. Fabricio CASSAN (DNI N° 23.436.617) de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Mg. Marcela FRANCO CORREA (CC 52646650) de Pontificia Universidad Javeriana – Bogotá – Colombia, Dra. Daniela Alejandra CURVALE (DNI N° 28.838.110) de la Universidad Nacional de San Luis, Dr. Cesar Iván GONZALEZ (DNI N° 28.793.409) de la Universidad Nacional de Entre Ríos, Dra. María Elena HIDALGO (DNI N° 00697563-L España) de la Universidad de Valladolid,

Cpde. RESOLUCIÓN R N° **1493**

PN Victor A. Montenegro
Rector - UNSL

Dra. Nora Reyes
Secretaría de Posgrado
UNSL



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

Dra. María Verónica PEREZ CHACA (DNI N° 22.142.466) de la Universidad Nacional de San Luis, Dra. Analía ALVAREZ (DNI N° 26.408.611) de la Universidad Nacional de Tucumán y Auxiliar Lic. María Cecilia PACHECO INSAUSTI (DNI N° 30.313.153) de la Universidad Nacional de San Luis.

ARTÍCULO 3°.- Aprobar el programa del Curso de referencia, de acuerdo al ANEXO de la presente disposición.-

ARTÍCULO 4°.- Comuníquese, insértese en el Libro de Resoluciones, publíquese en el Digesto Electrónico de la UNSL y archívese.-

RESOLUCIÓN R N° 1493

Mss

Dra. Nora Reyes
Secretaría de Posgrado
UNSL

CPN Victor A. Morifigo
Rector - UNSL



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

ANEXO

IDENTIFICACIÓN DEL CURSO

UNIDAD ACADÉMICA RESPONSABLE: Facultad de Química Bioquímica y Farmacia

DENOMINACIÓN DEL CURSO: PLANTAS Y MICROORGANISMOS: AGRICULTURA SUSTENTABLE Y BIORREMEDIACIÓN

CATEGORIZACIÓN: Capacitación.

FECHA DE DICTADO DEL CURSO: del 1 de octubre al 3 de diciembre de 2021

MODALIDAD DE DICTADO: Presencial

Debido a la situación epidemiológica por COVID 19 y de acuerdo a lo establecido por Res. Rectoral N° 400/20 se contempla la posibilidad de emplear para el dictado del curso herramientas de Comunicación sincrónicas.

CRÉDITO HORARIO TOTAL: 60 horas

COORDINADORA: Dra. Daniela CURVALE (DNI N° 28.838.110)

EQUIPO DOCENTE

RESPONSABLES: Dra. Hilda PEDRANZANI y Dra. Liliana VILLEGAS

COLABORADORES: Dr. Fabricio CASSAN, Mg. Marcela FRANCO CORREA, Dra. Daniela Alejandra CURVALE, Dr. Cesar Iván GONZALEZ, Dra. María Elena HIDALGO, Dra. María Verónica PÉREZ CHÁCA y Dra. Analía ALVAREZ

AUXILIAR: Lic. María Cecilia PACHECO INSAUSTI

PROGRAMA ANALÍTICO

FUNDAMENTACIÓN:

Este curso aborda dos ejes, (MÓDULOS) por un lado la acción beneficiosa de la simbiosis planta-microorganismo en relación a la agricultura sustentable y por otro lado la acción beneficiosa en la bioremediación de ambientes contaminados por xenobióticos

Los microorganismos son los seres más numerosos que existen en la Tierra, son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas y mantienen una interacción continua con las plantas. En la zona cercana a las raíces de las plantas, se pueden encontrar por gramo de suelo hasta 106 hongos y 109 bacterias, los cuales en su mayoría son benéficos para su crecimiento, nutrición, y defensa contra enfermedades. El estudio de los microorganismos asociados a las plantas es de gran importancia para identificar aquellos microbios que podrían utilizarse en biotecnología para contribuir a un manejo ambiental sustentable. En la planta habitan microorganismos de vida libre trabajando para su beneficio. Incrementan el nitrógeno en el suelo transformando el nitrógeno del aire, mientras que algunos hongos incrementan la disponibilidad de fósforo. Otras bacterias pueden sintetizar y degradar los reguladores del crecimiento vegetal (fitohormonas). Por ejemplo, algunas bacterias secretan auxinas que estimulan el crecimiento de las plantas, mientras que otros reducen la presencia de etileno,

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N°

1493

FN Víctor A. Morfígo
Rector - UNSL

Dra. Nora Reyes
Secretaría de Posgrado
UNSL



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

que en grandes cantidades puede dañarles. Hoy en día estos microorganismos son una alternativa biotecnológica para reducir el uso de fertilizantes sintéticos, con el fin de establecer una agricultura amigable al ambiente. Otro ejemplo de simbiosis es la micorriza, que se refiere a la asociación mutualista entre un hongo y una planta. En esta simbiosis, la planta pasa azúcares al hongo, que no los puede producir él mismo ya que no es capaz de fotosíntesis. A cambio, el hongo provee agua y nutrimentos a la planta. Estos hongos se pueden usar como inóculo para ayudar el desarrollo de plantas jóvenes en invernadero. Algunos microorganismos asociados a las plantas producen biopelículas de protección o sustancias inhibitoras que la protegen del ataque de patógenos. Hasta hace poco, la única forma eficaz de controlar plagas y enfermedades era la aplicación de agroquímicos, cuyos efectos secundarios causan graves problemas ambientales y de salud humana. Una alternativa biotecnológica al uso de plaguicidas es el control biológico, mediante el cual se utilizan microorganismos para combatir los fitopatógenos.

PN Víctor A. Morán
Rector - UNSL

La biorremediación implica reducir la concentración y/o 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 de los Fila Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes y Proteobacteria y más de 140 géneros de hongos de los Fila Ascomycota y Basidiomycota 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 alumnos sobre el uso de estas biotecnologías amigables con el ambiente para producir en agricultura y saneas suelos y aguas.

OBJETIVOS

- 1- Reconocer los factores de estrés abiótico en plantas y los mecanismos de respuesta a nivel morfológico, fisiológico y molecular.
- 2- Estudiar los mecanismos de respuesta al estrés oxidativo por metales pesados en plantas. Evaluación de los parámetros pro-oxidantes y anti-oxidantes.
- 3- Reconocer los beneficios de la simbiosis rizobio-leguminosas en la fisiología de la planta y el incremento en los mecanismos de tolerancia.
- 4- Visualizar los cambios a diferentes niveles funcionales en las plantas en simbiosis con las micorrizas, que mejoran su tolerancia al estrés abiótico
- 5- Reconocer la contaminación utilizando bioindicadores de metales pesados en un ambiente natural.
- 6- Conocer la diversidad de mecanismos de mitigación de contaminación por metales pesados que poseen los microorganismos autóctonos.
- 7- Comprender la biodegradación de compuestos orgánicos y su versatilidad

Dra. Nora Reyes
Secretaria de Posgrado
UNSL

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N° 1493



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

- 8- Entender conceptos de hígado verde en plantas y profundizar los mecanismos que las plantas y su potencial uso en biorremediación.
- 9- Conocer cómo se realiza la implementación *in situ* de humedales artificiales para el tratamiento de efluentes industriales

CONTENIDOS MINIMOS

Módulo 1

Las plantas frente al estrés abiótico. Sensibilidad y tolerancia. : Estrés oxidativo y respuestas antioxidantes en las plantas : Rizobacterias benéficas y su impacto en el crecimiento y desarrollo vegetal Simbiosis Leguminosas Rizobios: importancia en la agricultura sustentable y probable incremento de tolerancia a estreses ambientales Micorrizas en simbiosis con plantas: beneficios en la fisiología de la planta y su uso en agricultura sustentable.

Módulo 2

Metodología de detección de contaminación en agua y suelo. Interacción Microorganismos-metales pesados, una alternativa de remediación eco-amigable. Biodegradación de compuestos orgánicos. Principios básicos y aplicaciones de la Fitorremediación. Humedales artificiales como herramienta válida de fitorremediación

PROGRAMA DETALLADO:

MODULO 1 AGRICULTURA SUSTENTABLE

UNIDAD 1: Las plantas frente al estrés abiótico. Sensibilidad y tolerancia.

Respuestas generales a los estreses ambientales. Tolerancia y sensibilidad. Respuestas a nivel morfológico, anatómico, de pigmentos fotosintéticos y osmolitos compatibles. Modulación de Fitohormonas frente a distintos estreses en las plantas. Rutas de transducción de señales involucradas en las respuestas a estreses abióticos. Importancia de las asociaciones simbióticas con bacterias y hongos para tolerar el estrés ambiental. Dra. Hilda Pedranzani. 2h

UNIDAD 2: Estrés oxidativo y respuestas antioxidantes en las plantas.

Definición de estrés oxidativo. Efecto del estrés por metales pesados a nivel celular. Determinación de especies activas del oxígeno (ROS) y su efecto sobre macromoléculas. El rol de las ROS como moléculas señales. Determinación del efecto bioquímico y molecular de los metales pesados sobre el sistema de defensa antioxidante enzimático y no-enzimático en plantas. Dra. Verónica Pérez Chaca 2h

UNIDAD 3: Rizobacterias benéficas y su impacto en el crecimiento y desarrollo vegetal

Rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPR); rizobacterias biocontroladoras de patógenos (PGPB) y rizobacterias reguladoras de homeostasis vegetal en condiciones de estrés abiótico (PSHR). Principales mecanismos de promoción del crecimiento y regulación de homeostasis: fijación biológica de nitrógeno; producción de fitohormonas y otros reguladores del crecimiento vegetal (auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, ácido abscísico, óxido nítrico y poliaminas); solubilización de fosfatos y de potasio; producción de

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N° **1493**

PN Víctor A. Morifino
Rector
UNSL

Nora Reyes
Dra. Nora Reyes
Secretaría de Posgrado
UNSL



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

sideróforos; actividad ACC deaminasa; 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 4: Simbiosis Leguminosas Rizobios: importancia en la agricultura sustentable y probable incremento de tolerancia a estreses ambientales

Las leguminosas capaces de establecer simbiosis con determinadas bacterias del suelo que llevan a cabo la fijación biológica de nitrógeno. Importancia de la simbiosis rizobio-leguminosa en el marco de una agricultura sostenible y su importancia en la respuesta a estreses abióticos. Caso: Incremento de la tolerancia a estreses, que incluyen la selección de variedades de leguminosas y cepas de rizobios tolerantes. Dra. Elena Hidalgo

UNIDAD 5: Micorrizas en simbiosis con plantas: beneficios en la fisiología de la planta y su uso en agricultura sustentable.

Simbiosis en plantas. Micorrizas. Clasificación según su tipo de colonización en las plantas. Beneficios en las plantas. Enraizamiento, Nutrición de las plantas (P y N), Protección de las plantas frente a estreses bióticos y abióticos, Conservación del suelo y Diversidad y sucesión vegetal. Conductancia estomática, eficiencia fotosintética y biomasa. Procesos involucrados en el efecto de las Micorrizas sobre las relaciones hídricas. Síntesis de osmolitos compatibles e intervención de las acuaporinas y enzimas antioxidantes. Casos prácticos en forrajeras y especies de importancia para producción de biodiesel. Dra. Hilda Pedranzani 2h

MODULO 2- BIORREMEDIACION

Unidad 6: Metodología de detección de contaminación en agua y suelo

Concepto de Ecotoxicología. Metodología de detección de contaminación en agua y suelo. Ciclo biogeoquímico de metales tóxicos (Cadmio, Plomo, Arsénico). Bioindicadores. Determinación de metales tóxicos (As, Pb y Cd) en agua, suelos, plantas y lombrices. Métodos de muestreo. Validación. Metales disponibles y biodisponibles. Modelo de Sauvé. Identificación de la contaminación en suelo y agua con valoración en el concepto de sustentabilidad. Dra. Daniela Curvale 2h

UNIDAD 7: Interacción Microorganismos-metales pesados, una alternativa de remediación eco-amigable

Conceptos de nivel de fondo, especiación, movilidad y biodisponibilidad de metales pesados. Microorganismos de suelos y función. Distintas interacciones de metales pesados y microorganismos; biotransformación, bioacumulación, bioabsorción. Biorremediación *ex situ* e *in situ* utilizando microorganismos. Herramientas proteómicas para el estudio de los mecanismos de resistencia en microorganismos. Biosurfactantes microbianos en procesos de biorremediación y su posible aplicación en una actividad agrícola eco-amigable: ventajas y desventajas. Dra. Liliana Villegas 2 h.

UNIDAD 8: Biodegradación de compuestos orgánicos.

Transformación microbiana y degradación de compuestos orgánicos químicos tóxicos. Versatilidad microbiológica. Biorremediación microbiana de suelos contaminados con

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N° **1493**

N Victor A. Morán
Rector - UNSL

Dra. Nora Reyes
Secretaria de Posgrado
UNSL



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

petróleo. Reducción microbiológica de bifenilos policlorados. Degradación de organopolucionantes por hongos ligninolíticos. Compostaje. Proceso de biodegradación de material orgánico residuo de cosechas. Procedimiento del compostaje. La microbiología del compostaje. Dra. Marcela Correa 2h

UNIDAD 9: Principios básicos y aplicaciones de la Fitorremediación.

Célula vegetal: modelo del hígado verde, vías de detoxificación celular de contaminantes orgánicos e inorgánicos y transformación enzimática. Transporte. Tecnologías de fitorremediación, tipos, alcances y aplicaciones. Inóculos microbianos, bacterias rizosféricas y endófitas. Enmiendas orgánicas. Especies vegetales utilizadas en remediación ambiental. Agrominería. Opciones blandas de remediación (OBR), aplicaciones a campo. Evaluación de la eficiencia de la remediación, bioensayos de eco-toxicidad. Disposición final de la biomasa vegetal. Dra. Analía Álvarez 2 h.

Unidad 10: Humedales artificiales como herramienta válida de fitorremediación. Humedales artificiales: componentes y tipos, ámbitos de aplicación. Sistema constructivo: evaluación y selección de zona constructiva, consideraciones generales, sistemas híbridos. Diseño de humedales artificiales: modelos de diseño, evaluación de rendimiento, operación, mantenimiento y monitoreo. Dr. César González 2 h.

TRABAJOS PRÁCTICOS:

- 1- Mapa Conceptual funcional del estrés en Plantas y los mecanismos morfológicos, fisiológicos, moleculares y antioxidantes o estrategias que desarrollan las plantas para su defensa. Dra. Hilda Pedranzani- Lic. Cecilia Pacheco
- 2- Video hidroponía miniaturizada con contaminantes, Tabla de datos. Analizar los efectos en plantas de alfalfa, realizar gráficos y analizar los mismos. Lic. Cecilia Pacheco
- 3- Cuadros comparativos de tres trabajos que utilizan procesos de biorremediación con plantas y microorganismos simultáneamente. Realización de un Graphical Abstract. Dra. Liliana Villegas y Dra. Analía Álvarez
- 4- Casos de estudio de humedales artificiales: realización de videos explicativos del caso en estudio y análisis de sugerencias. Dr. Cesar González

SISTEMA DE EVALUACIÓN:

La evaluación será de carácter individual.

Mediante la realización de Trabajos Prácticos y Presentación de Seminarios y 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 consiguiendo los aprendizajes (cuestionarios, listas de control, escalas de estimación, protocolos, mapas

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N° **1493**

✓
Dra. Víctor A. Morillo
Rector - UNSL

Nora Reyes
Dra. Nora Reyes
Secretaría de Posgrado
UNSL



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

conceptuales, para recoger las informaciones relevantes sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje realizado) Calatayud Salomon A. (2002, 2004, 2007)

BIBLIOGRAFÍA

- Agostini, E.; Talano MA.; González PS., Wevar-Oller AL; Medina MI. 2011. Phytoremediation of phenolic compounds: recent advances and perspectives. In "Handbook of phytoremediation", Chapter 1, pp 1-50. F. Columbus Ed. Nova Science Publishers INC. New York. USA
- Agostini, E; Talano MA; Gonzalez PS; Wevar- Oller AL; Medina MI. 2013. Application of hairy roots for phytoremediation: what makes them an interesting tool for this purpose? Applied Microbiology and Biotechnology. 97:1017-1030.
- Ali H; Khan E; Sajad MA. 2013. Phytoremediation of heavy metals- concepts and applications. Chemosphere 91: 869-881.
- Aparicio JD, Garcia-Velasco N, Urionabarrenetxea E, Soto M, Álvarez A, Polti MA. 2019. Evaluation of the effectiveness of a bioremediation process in experimental soils polluted with chromium and lindane. Ecotoxicol Environ Saf. Oct 15;181:255-263. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.06.019.
- Baoune H, Aparicio JD, Acuña A, El Hadj-Khelil AO, Sanchez L, Polti MA, Alvarez A. 2019. Effectiveness of the Zea mays-Streptomyces association for the phytoremediation of petroleum hydrocarbons impacted soils. Ecotoxicol Environ Saf. 30;184:109591. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.109591
- Bashan Y, de-Bashan LE. 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth-a critical assessment. Adv Agron 108:77-136.
- Bashan Y, Salazar BG, Moreno M, Lopez BR, Linderman RG. 2012. Restoration of eroded soil in the Sonoran Desert with native leguminous trees using plant growth-promoting microorganisms and limited amounts of compost and water. J Environ Manag 102:26-36.
- Bonilla JO, Callegari E, Esteves C y Villegas LB. 2020. Intracellular proteomic analysis of *Streptomyces* sp. MC1 when exposed to Cr(VI) by gel-based and gel-free methods. Current Microbiology. <https://doi.org/10.1007/s00284-019-01790-w>
- Bonilla JO, Callegari EA, Paez MD, Gil RA, Villegas LB. 2021. Characterization of copper stress response in *Fusarium tricinctum* M6: A metal-resistant microorganism isolated from an acid mine drainage-affected environment. J Hazard Mater. En prensa. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125216>.
- Bonilla, J.O., E.A. Callegari, C.D. Delfni, M.C. Estevez and L.B. Villegas. 2016. Simultaneous chromate and sulfate removal by *Streptomyces* sp. MC1. Changes in intracellular protein profile induced by Cr(VI). J. Basic. Microbiol. 56: 1212-1221.
- Briat, J-F, Lebrun M. 1999. Plant responses to metal toxicity. Plant Biology and Pathology. 322: 43-54.

PN Víctor A. M...
Rector UNSL

Dra. Nora Neyra
Secretaria de Posgrado
UNSL



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

- Brix, H., 1994. Functions of macrophytes in constructed wetlands. *Wat. Sci. Tech.* 29: 71-78.
- Cassán F, Díaz-Zorita M. 2016. *Azospirillum* sp. in current agriculture: from the laboratory to the field. *Soil Biol Biochem* 103:117-130.
- Castro Luna, A., Ruiz O. M., Quiroga M., Pedranzani H. 2014. Effect of salinity and drought stress on germination biomass and growth in three varieties of *Medicago sativa* L. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria.* 18 (1):156-168.
- Castro MF, Bonilla JO, Delfini CD, Villegas LB 2018. Bioremediation of Heavy Metals by Cells or Metabolites Microbial Immobilized. En *Strategies for Bioremediation of Organic and Inorganic Pollutants* (Eds. Fuentes MS, Colin VL, Saez JM), ISBN: 978-1-138-62637-9, CRC Press Taylor & Francis Grupo, U.S.A.
- Chen, H.H. and Murata, N. 2002. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Current Opinion in Plant Biology*, 5:250-257-
- Coba de la Peña T, Pueyo JJ. 2012. Legumes in the reclamation of marginal soils: from cultivar and inoculant selection to transgenic approaches. *Agronomy for Sustainable Development* 32: 65-91.
- Colin, V.L., Castro M.F., Amoroso M.J. and Villegas L.B. 2013. Production of bioemulsifiers by *Amycolatopsis tucumanensis* DSM 45259 and their potential application in remediation technologies for soils contaminated with hexavalent chromium. *J. Hazard Mater.* 261: 577-583.
- Da Conceição Gomes MA, Hauser-Davis RA, Nunes de Souza A, Vitória AP (2016) Metal phytoremediation: General strategies, genetically modified plants and applications in metal nanoparticle contamination. (2016) *Ecotoxicology and Environmental Safety*, (134) 133-147.
- Dai, J.; Becquer, T.; Rouiller, J. H.; Reversat, G.; Bernhard-Reversat, F.; Nahmani, J. y Lavelle, P. 2004. Heavy metal accumulation by two earthworm species and its relationship to total and DTPA-extractable metals in soils. *J. Soil Bio. y Biochem.* 36:91 - 98.
- Das, P., Samantaray S. and Rout G. 1997. Studies on cadmium toxicity in plants: A review. *Environmental Pollution* 98(1), 29-36.
- EPA. 1992. Guide to site and soil description for hazardous waste site characterization. Vol 1: metals.
- Falco, Liliana B.; Momo, Fernando R. y Mischis, Catalina C. 2007. *Ecología y Biogeografía de las Lombrices de Tierra en la Argentina. "Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecología"* Editores Geroge G. Brown y Carlos Frago. Londrina.
- Foyer, CH, Lopez- Delgado H, Dat JF, Scott IM. 1997. Hydrogen peroxide and glutathione associated mechanisms of acclamatory stress tolerance and signaling. *Physiologia Plantarum* 100: 241-254.

CPN Víctor A. Moránigo
Rector - UNSL

Dra. Nora Reyes
Secretaría de Posgrado
UNSL

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N°

1493



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

- Gabrielli, M., Sanita di Toppi L. 1999. Response to cadmium in higher plants. *Environmental and experimental Botany* 41, 105-130, 1999.
- Garbero, M., A. Andrade, H. Reinoso, B. Fernández-Muñíz, C. Cuesta, V. Granda, C. Escudero, G. Abdala H. Pedranzani, 2012 Short-term cold stress differentially affect growth, anatomy and hormone levels in two cultivars of *Digitariaeriantha*. *ActaPhysiologiaePlantarum* (November 2012), 34 (6): 2079-2091
- Garbero, M., H. Pedranzani, F. Zirulnik, A. Molina, M.V. Pérez-Chaca, A. Vigliocco, G. Abdala 2011. Short term cold stress in two cultivars of *Digitariaeriantha*: effects on stress-related hormones and antioxidants defense system. *ActaPhysiologiaePlantarum* 14: (32): 635-644.
- García de la Torre VS, Coba de la Peña T, Lucas MM, Pueyo JJ. 2013. Rapid screening of *Medicago truncatula* germplasm for mercury tolerance at the seedling stage. *Environmental and Experimental Botany* 91: 90-96.
- Gerhardt KE, Gerwing PD, Greenberg BM. (2017) Opinion: Taking phytoremediation from proven technology to accepted practice. *Plant Science* 256: 170-185.
- Gerhardt, KE; Huang, XD; Glick, BR; Greenberg, BM. 2009. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: potential and challenges. *Plant Sci.*, 176, 20-30.
- Hageman, R.H., Reed A.J. 1980. Nitrate reductase from higher plants. *Methods in Enzymology* 69C: 270-280.
- Hasanuzzaman M, Fujita M 2013. Heavy metals in the environment: current progress, toxic effects on plants and phytoremediation. En *Phytotechnologies: remediation of environmental contaminants*. Anjum NA; Pereira M.E.; Ahmad I; Duarte AC; Umar S; Khan N.A. eds. Cap 2: 7-74. CRC Press- Taylor and Francis Group, Boca Ratón, USA.
- Ibañez S.G.; WevarOller AL, Paisio C.E., Sosa Alderete LG; González PS, Medina MI, Agostini E. 2017. "The challenge of remediating metals using phytotechnologies". En *Heavy metals in the environment: Microorganisms and Bioremediation*. CRC Press Taylor and Francis. Editor: Donati E. 370 pag. ISBN-10: 1138035807; ISBN-13: 979-1138035805.
- Ibañez SG, Paisio CE, WevarOller AL, Talano MA, González PS, Medina MI, Agostini E, Book: *Phytoremediation: management of environment contaminants, "Overview and new insights of genetically engineered plants for improving phytoremediation"*, Editorial Springer. Volume 1, Ansari AA, Gill SS, Gill R, Lanza GR, Newman L. (eds) 2015, 99-113. ISBN 978-3-319-10394-5.
- Kotrba, P. 2013 Transgenic Approaches to Enhance Phytoremediation of Heavy Metal-Polluted Soils. *Plant Based Remediation Processes. Soil Biology* 35: 239-271.
- Labra-cardón D, Guerrero-Zúñiga L, Rodríguez-Tovar A, Montes-Villafán S, Pérez-Jiménez S, Rodríguez Dorantes A. 2012. Respuesta de crecimiento y tolerancia a metales pesados de *Cyperus elegans* y *Echinochloa polystachya* inoculadas con una rizobacteria aislada de un suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*. 28. 7-16.

CPN Víctor A. Meriño
Rector - UNSL

Dra. Nora Reyes
Secretaría de Posgrado
UNSL

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N° 1493



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

- Mischis, C. C. 2004. Lombrices de tierra de Argentina: Aspectos faunísticos y biogeográficos - Avances en Taxonomía de Lombrices de Tierra. Editoras Ana G. Moreno y Sonia Borges. Editorial Complutense. 1º Edición- Madrid.
- Nakano, Y and Asada K. 1992. Ascorbate peroxidase – a hydrogen peroxide scavenging enzyme in plants. *Physiol Plant*, 85: 235- 241.
- Neill, SJ, Desikan R, Clarke A, Hurst R, Hancock J. 2002. Hydrogen peroxide and nitric oxide as signaling molecules in plants. *Journal of experimental botany*, 53, 372: 1237- 1247.
- Nonnoi F, A. Chinnaswamy, V.S. García de la Torre, T. Coba de la Peña, M.M. Lucas and J.J. Pueyo, 2012. Metal tolerance of rhizobial strains isolated from nodules of herbaceous legumes (*Medicago* spp. and *Trifolium* spp.) growing in mercury-contaminated soils. *Applied Soil Ecology* 61: 49-59.
- Nwaichi, E.O. and Dhankher, O.P. 2016. Heavy Metals Contaminated Environments and the Road Map with Phytoremediation. *Journal of Environmental Protection*, 7, 41-51. <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2016.71004>
- Olgún y Sanchez Galván 2012. Heavy metal removal in phytofiltration and phycoremediation: the need to differentiate between bioadsorption and bioaccumulation. *New Biotechnol* 30: 3-8.
- Pedranzani, H. Vigliocco, A. 2017. Evaluation of Jasmonic acid and Salicylic Acid levels in abiotic stress tolerance. Past and present. In: *Mechanisms Behind Phytohormonal Signalling and Crop Abiotic Stress Tolerance*. Editors: Vijay Pratap Singh, and others. Chapter 15: 329-349.
- Pedranzani, H.E., Rodríguez Rivera, M., Gutiérrez M., Porcel R., House B., Ruiz Lozano, JM. 2015. Differential Effects of Cold Stress on the Antioxidant Response of Mycorrhizal and Non-Mycorrhizal *Jatropha curcas* (L.) Plants. *Mycorrhizza* 26(2) 2:12 • DOI: 10.1007/s00572-015-0653-4 •
- Pedranzani, H.E., Tavecchio N., Gutiérrez M., Garbero M., Porcel R., Ruiz Lozano, JM. 2016. Differential Effects of Cold Stress on the Antioxidant Response of Mycorrhizal and Non-Mycorrhizal *Jatropha curcas* (L.) Plants. *Journal of Agricultural Science*; 9 (8) 1-9. DOI : 10.5539/jas.v7n8p35.
- Pérez Chaca, MV., Rodríguez Serrano, M. Sandalio LM., Molina, AS Pedranzani H., Zirulnik F. Romero-Puertas M.C. 2014. Cadmium induces two waves of reactive oxygen species in glycine max L. roots. *Plant, Cell & Environment*, doi: 10.1111/pce.12280, 2014.
- Peco JD., Higuera P., Campos JA., Olmedilla A., Romero-Puertas MC., Sandalio LM. 2020. Deciphering lead tolerance mechanisms in a population of the plant species *Biscutella auriculata* L. from a mining area: Accumulation strategies and antioxidant defenses. *Chemosphere*. Volume 261.
- Quiñones M, Coba T, Ruiz-Díez B, Ochoa-Hueso RS, García de la Torre V, Cordero I,

CPN Víctor A. Martínez
Rector - UNSL

Nora Reyes
Dra. Nora Reyes
Secretaria de Posgrado
UNSL

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N° **1493**



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

- Nonnoi F, Felipe M, Rincón A, Manrique E, Fernández-Pascual M, Lucas M.M, Herrera-Cervera JA, José Y, Pueyo J. 2011. Estrategias para mejorar la tolerancia a estreses abióticos de la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa. Capítulo 8.
- Redondo FJ, Coba de la Peña T, Lucas MM, Pueyo JJ. 2012. Alfalfa nodules elicited by a flavodoxin-overexpressing *Ensifer meliloti* strain display nitrogen-fixing activity with enhanced tolerance to salt stress. *Planta* 236: 1687-1700.
- Redondo FJ, T. Coba de la Peña, C.N. Morcillo, M.M. Lucas and J.J. Pueyo. 2009. Overexpression of flavodoxin in bacteroids induces changes in antioxidant metabolism leading to delayed senescence and starch accumulation in alfalfa root nodules. *Plant Physiology* 149: 1166-1178.
- Rulli MM, Alvarez A, Fuentes MS, Colin VL. 2019. Production of a microbial emulsifier with biotechnological potential for environmental applications. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 174:459-466. doi: 10.1016/j.colsurfb.2018.11.052.
- Rulli MM, Villegas LB, Colin VL. 2020. Treatment of sugarcane vinasse using an autochthonous fungus from the northwest of Argentina and its potential application in fertigation practices. *J Environ Chem Eng* 8:104371. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104371>
- Sanitá de Toppi L, Gabrielli R. 1999. Response to cadmium in higher plants. *Environmental and Experimental Botany*: 41: 105- 130.
- Sauvé, S.; Dumestre, A.; McBride, M.; y Hendershot, W. 1998. Derivation of soil quality criteria using predicted chemical speciation of Pb²⁺ and Cu²⁺. *Environmental Toxicology and Chemistry* 17 (8): 1481-1489.
- Sauvé, S.; McBride, M. y Hendershot, W. 1998. Soil solution speciation of lead (II): Effects of organic matter and pH *Soil Science Society of America Journal* 62 (3):618-621.
- Sauvé, S.; McBride, M.B. y Hendershot, W.H. 1997. Speciation of lead contaminated soils. *Environmental Pollution*, 98(2): 149-155.
- Sauvé, S.; Novel, W.; McBride, M.B. y Hendershot, W.H. 2000. Speciation and Complexation of Cadmium in Extracted Soil Solutions. *Environ. Sci. Technol.*, 34: 291-296.
- Sayadi, M.H., Kargar, R., Doosti, M.R., Salehi, H. (2012). Hybrid constructed wetlands for wastewater treatment: A worldwide review. *Proc. Int. Acad. Eco. Env. Sci.* 2(49): 204-222.
- Schützendübel, A, Polle 2002.A. Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. *Journal of Experimental Botany* 53, 372: 1351-1365.
- Shvaleva A, T. Coba de la Peña, A. Rincón, C.N. Morcillo, V.S. García de la Torre, M.M. Lucas and J.J. Pueyo. 2010. Flavodoxin overexpression reduces cadmium-induced damage in alfalfa root nodules. *Plant and Soil* 326: 109-121.
- Simon Sola MZ, Pérez Visñuk D, Benimeli CS, Polti MA, Alvarez A.J. 2017. Cr(VI) and lindane removal by *Streptomyces* M7 is improved by maize root exudates. *Basic Microbiol.* 57(12):1037-1044. doi: 10.1002/jobm.201700324

CPN Víctor A. Morfígo
Rector UNSL

Dra. Nora Reyes
Secretaría de Posgrado
UNSL



Universidad Nacional de San Luis
Reintegrada

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

- Stefanakis, Alexandros I. (2018). Constructed Wetlands for industrial wastewater treatment. Ed.: John Wiley and Sons. ISBN: 978-1-119-26834-5
- Umezawa, T., Fujita, M., Fujita, Y., Yamaguchi-Shinozaki, K. And Shinozaki, K. 2006. Engineering drought tolerance in plants: discovering and tailoring genes to unlock the future. *Current Opinion in Biotechnology*, 17:113-122.
- Van Gestel, C.A.M. 2012. Soil ecotoxicology: State of the art and future directions. *ZooKeys*; 176:275-296
- Vázquez-Nuñez E, Peña-Castro JM., Fernández-Luqueño F, Cejudo E, de la Rosa-Alvarez MG., García-Castañeda MC.(2018) A Review on Genetically Modified Plants Designed to Phytoremediate Polluted Soils: Biochemical Responses and International Regulation. *Pedosphere* 28(5): 697-712.
- Verdoy D, T. Coba de la Peña, F.J. Redondo, M.M. Lucas and J.J. Pueyo. 2006. Transgenic *Medicago truncatula* plants that accumulate proline display nitrogen-fixing activity with enhanced tolerance to osmotic stress. *Plant, Cell and Environment* 29: 1913-1923.
- Verma V., Ravindran P., Kumar P.P. 2016. Plant hormone-mediated regulation of stress responses. *BMC Plant Biology* 16: 86.
- Villegas LB, Martínez MA, Rodríguez A, Amoroso MJ 2014. Microbial consortia, a viable alternative for cleanup of contaminated soils. En: *Current Status of Bioremediation in Latin American Countries: Perspective of a Region in Progress*. Springer. Editores: Polti y Alvarez. ISBN 978-3-319-05737-8.
- Vishwakarma K., Upadhyay N., Kumar N., Yadav G., Singh J., Mishra R.K., Kumar V., Verma R., Upadhyay R.G., Pandey M., Sharma S. 2017. Abscisic acid signaling and abiotic stress tolerance in plants: A review on current knowledge and future prospects *Front. Plant Sci.* 8:161.
- Vranová E, Inzé D, Van Breusegem F. 2002. Signal transduction during oxidative stress. *Journal of Experimental Botany* 53, 372: 1227- 1236.
- Vymazal, J. 2011. Constructed wetlands for wastewater treatment: five decades of experience. *Environ. Sci. Technol.* 45: 61-69.
- Wani, S.H., Kumar V., Shriram V., Kumar S.S. 2016. Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. *The Crop Journal* 4: 162-176.
- Wu, H., Zhang, J., Ngo, H.H., Guo, W., Hu, Z., Liang, S., Fan, J., Liu, H. (2015). A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: Design and operation. *Bior. Tech.* 175: 594-601.
- Zhang, D.Q., Jinadasa, K.B.S.N., Richard, M.G., Liu, Y., Ng, W, J., Tan, S, K., 2014. Application of constructed wetlands for wastewater treatment in developing countries e A review of recent developments (2000 - 2013). *Journal of Environmental Management.* 141 p. 116 - 131

PN Víctor A. Morfago
Rector - UNSL

Dra. Nora Keys
Secretaría de Posgrado
UNSL

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N° **1493**



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

- Zhu, J.-K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review in Plant Biology, 53:247-273.

OTRAS

IHOBE (Seguridad pública de gestión ambiental). 1998. Manual práctico para la investigación de la contaminación del suelo. Seguridad pública de gestión ambiental. Gobierno Vasco, España.

ISO 17402:2008. Soil quality requirements and guidance for the selection and application of methods for the assessment of bioavailability of contaminants in soil and soil materials.

ISO 1212. ISO 11268-2. Soil quality – Effects of pollutants on earthworms – Part 2. Determination of effects on reproduction of *Eisenia foetida*/*Eisenia andrei*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

ISO. 2008. ISO 17512-1. Soil quality – Avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behavior – Part 1: Test with earthworms (*Eisenia foetida* and *Eisenia andrei*). Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

NMX-AA-051-SCFI-2001. Water analysis - determination of metals by atomic absorption in natural, drinking, wastewaters and wastewaters treated - test method.

NOM-2007, NORMA Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Publicada en Boletín Oficial en 2007

OECD 1984. GUIDELINE FOR TESTING OF CHEMICALS/207. "Earthworm, Acute Toxicity Tests

USEPA (United State Environmental Agency). 2001. Residential lead hazard standards-TSCA section 403: office of pollution prevention and toxics. Environmental protection Agency, U.S.

CARACTERÍSTICAS DEL CURSO

DESTINATARIOS Y REQUISITOS DE INSCRIPCIÓN: Egresados con título universitario de grado de 4 años o más: Licenciados y Profesores de Biología, Licenciados en Biología Molecular, Lic. en Biotecnología, Ing. Agrónomos, Microbiólogos, Bioquímicos y Farmacéuticos, Químicos y otras disciplinas afines.

CUPO: Mínimo: 10 personas. Máximo: 30 personas

PROCESO DE ADMISIÓN: Los alumnos deberán enviar escáner del Título de grado y completar una ficha de inscripción en Posgrado de la FQByF. El listado de admitidos se realizará por orden de inscripción ya que se trata de un curso de capacitación y solo se exige el título de grado.

LUGAR DICTADO: Sala de Posgrado - FQByF

Victor A. Morfignó
Rector
UNSL

Nora Reyes
Dra. Nora Reyes
Secretaria de Posgrado
UNSL

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N° **1493**



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

Día	Tema	Docente responsable
1/10	Presentación del curso e integrantes. Teoría Unidad 1	Dra. Hilda Pedranzani
	SEMINARIOS Elección de temas para la exposición de seminarios a lo largo del curso. Según líneas de trabajo y/o intereses personales de los alumnos..	
7/10	Teoría Unidad 2	Dra. Verónica Pérez Chaca
	SEMINARIOS Autoevaluación Unidad 1	
15/10	Teoría Unidad 3	Dr. Fabricio Cassan
	SEMINARIOS Autoevaluación Unidad 2	
22/10	Teoría Unidad 4	Dra. Elena Hidalgo
	TRABAJO PRÁCTICO N°1 Autoevaluación Unidad 3	Dra. Hilda Pedranzani Lic. Cecilia Pacheco
29/10	Teoría Unidad 5	Dra. Hilda Pedranzani
	TRABAJO PRÁCTICO N°2 Autoevaluación Unidad 4	Lic. Cecilia Pacheco
05/11	Teoría Unidad 6	Dra. Daniela Curvale
	SEMINARIOS Autoevaluación Unidad 5	
12/11	Teoría Unidad 7	Dra. Liliana Villegas
	Teoría Unidad 8 Autoevaluación Unidad 6	Dra. Marcela Franco
19/11	Teoría Unidad 9	Dra. Analía Álvarez
	TRABAJO PRÁCTICO N°3 Autoevaluación Unidad 7	Dra. Analía Álvarez Dra. Liliana Villegas

PN Víctor A. Morfínigo
Rector - UNSL

Dra. Nora Reyes
Secretaría de Posgrado
UNSL

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N°

1493



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2021 - AÑO DE HOMENAJE AL PREMIO NOBEL
DE MEDICINA DR. CÉSAR MILSTEIN"

25/11	Teoría Unidad 10	Dr. Cesar González
	TRABAJO PRÁCTICO N°4 Autoevaluación Unidad 8	Dr. Cesar González
3/12	Autoevaluación Unidad 9	Dra. Liliana Villegas
	Autoevaluación Unidad 10	Dr. Cesar González

FECHA PREVISTA PARA ELEVAR LA NÓMINA DE ALUMNOS APROBADOS:
diciembre de 2021.

FINANCIAMIENTO DEL CURSO

COSTOS: insumos, materiales y reactivos

FUENTES DE FINANCIAMIENTO:

PROICO N° 02-3318 "Mitigación del estrés abiótico en plantas por asociación simbiótica y su posible uso en la fitorremediación". Universidad Nacional de San Luis. Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Secretaría de Ciencia y Técnica .Resol. CS 126/18. Directora: Hilda Pedranzani,

Proyecto PROICO 02-2918- UNSL. Extracción y caracterización de polisacáridos naturales con potencial uso en biotecnología. Universidad Nacional de San Luis. Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Secretaría de Ciencia y Técnica. Resol-CS N°126

Director: Dr. Martín Masuelli, co-director: Dra. Villegas Liliana.

ARANCEL GENERAL: \$5000 (pesos cinco mil).

BECA AL DOCENTE DE LA UNSL: se realizará un descuento del 20 % aproximadamente por lo que el arancel final será de \$4000 (pesos cuatro mil).

BECA AL ALUMNO DE LA UNSL: se realizará un descuento del 40 % aproximadamente por lo que el arancel final será de \$3000 (pesos tres mil).

Cpde. ANEXO RESOLUCIÓN R N° **1493**

mss

Dra. Nora Reyes
Secretaría de Posgrado
UNSL

CPN Víctor A. Morifigo
Rector - UNSL