



ANEXO III: FORMULARIO DE PROYECTOS DE I+D

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

1. Título del Proyecto de I+D.

Biorremediación de metales pesados en un sistema hidropónico autosustentable de alto rendimiento controlado mediante el uso de herramientas de IoT e inteligencia artificial alimentado mediante fuentes de energía sustentables.

2. Departamento/Instituto de radicación:

Instituto de Ingeniería y Nuevas Tecnologías.

3. Línea de Investigación y Desarrollo de pertenencia:

(Marque con una cruz lo que corresponda)

Prioritaria	X	Complementaria	
-------------	---	----------------	--

Denominación:

- 2. Predicción y mitigación de impactos ambientales. Estudio de nuevas técnicas, modelizaciones.
- 7. Tecnología de inteligencia artificial, internet de las cosas (IoT), procesamiento de imágenes y "cloud computing", aplicadas a campos específicos de la ingeniería.
- 3. Desarrollos en energías convencionales, no convencionales y renovables.

4. Tipo de Proyecto:

(Marque con una cruz lo que corresponda)

Acreditable		Reconocimiento institucional	X
-------------	--	------------------------------	---

5- Período de vigencia:

01/03/2023 al 31/12/2024



6. Justificación del Proyecto

(Máximo 1600 palabras. Desarrolle el objeto y problema del Proyecto así como el interés, la relevancia del Proyecto)

El crecimiento demográfico en nuestro país provocó un aumento en la región metropolitana, la cual presenta una elevada concentración industrial y consecuentemente una gran densidad poblacional.

La actividad industrial, generalmente con escasa tecnificación, contribuye con la emisión de contaminantes metálicos a la fase líquida y eventualmente a la atmósfera como aerosoles.

La contaminación del medio ambiente por metales pesados constituye una amenaza para el hombre y los ecosistemas. Una de las técnicas que se utilizan para mitigar estos contaminantes es la biorremediación, la cual consiste en el uso de organismos vivos como los hongos, plantas o enzimas derivadas de ellos para eliminar contaminantes y toxinas del suelo y el agua. Un derivado de esta, es la fitorremediación, dicha técnica utiliza plantas para el tratamiento de efluentes y sitios contaminados.

Su escaso costo en comparación con otras técnicas y su bajo impacto ambiental con el agregado de su utilización en una gran cantidad de escenarios diferentes, hacen que sea una alternativa interesante en nuestro país.

Esta técnica novedosa, está siendo estudiada en la actualidad y gracias a ello, se han identificado y evaluado algunas especies indicadoras e hiperacumuladoras de contaminantes que podrían ser utilizadas potencialmente en el futuro.

Otro de los conceptos que se va a aplicar en este proyecto es el de energías limpias, en donde la energía que se va a consumir durante el proyecto, será generada a través de paneles solares o generadores eólicos.

La Universidad Nacional del Oeste, como institución, entiende que dicho problema se debe abordar a través de múltiples miradas que convergen en políticas inclusivas, innovación tecnológica y desarrollo territorial. La misma se puede ver en los diversos proyectos que abarcan las diferentes problemáticas en todo el territorio mencionado.

Se desarrollará un modelo predictivo inteligente de rendimiento de los cultivos hidropónicos mencionados, a partir del procesamiento automático de imágenes y de las mediciones de las variables más representativas del problema. Los datos subirán a servidores en la nube para su posterior análisis. Se validarán los resultados obtenidos en el marco del proyecto y se ajustará el modelo predictivo de rendimiento tomando en cuenta la información censada.

7. Estado actual del conocimiento sobre el tema.

(Máximo 2500 palabras. Desarrolle brevemente el marco teórico, los antecedentes y autores más relevantes que hayan tratado la problemática del Proyecto)

La hidroponía es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. Es una técnica milenaria; en donde en la antigüedad hubo culturas y civilizaciones que la utilizaron esta metodo como medio de subsistencia. En general, se



asocia esta forma de cultivo con grandes invernaderos para el cultivo de plantas y el empleo de la más compleja tecnología. Sin embargo, en sus comienzos, esta técnica era muy sencilla de implementar. El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad.

En lo que respecta a la técnica de biorremediación, hay estudios que indican que la *Lactuca sativa* es una planta fitorremediadora por excelencia. En el presente trabajo se comenzará utilizando la misma para la puesta a punto de la técnica y posterior evaluación de otras especies fitorremediadoras con menor estudio pero con un gran potencial. Esta búsqueda involucra al saneamiento de suelos contaminados con la particularidad que el depósito de dichos contaminantes se da en órganos que no son de interés comercial. Este rasgo distintivo permite que mientras se da el saneamiento del suelo, se genere un ingreso a los trabajadores implicados en la actividad.

8. Objetivos general y específicos

Objetivos generales:

- Evaluación de la característica biorremediadora de metales pesados en *Lactuca sativa*.
- Búsqueda y análisis en hidroponía de especies que cumplan con la función fitorremediadora sin afectar su calidad para posterior comercialización.
- Desarrollo e implantación de un sistema de inteligencia artificial e IoT que permita optimizar los resultados.

Objetivos específicos:

- Puesta a punto del sistema hidropónico.
- Instalación de fuentes de energías renovables para el funcionamiento del sistema hidropónico.



9. Hipótesis de la Investigación

(Máximo 500 palabras)

- La capacidad biorremediadora de la lechuga se ve afectada por los distintos factores que alteran su crecimiento y desarrollo.
- La lechuga varía su capacidad de absorción de metales pesados con diferentes dosis nutricionales.

10. Metodología a utilizar.

(Máximo 1600 palabras)

- 1) Diseño y puesta en marcha del invernadero en la Sede Córdoba de la Universidad Nacional del Oeste.
- 2) Diseño y puesta en marcha del sistema hidropónico NFT autosustentable.
- 3) Ensayos nutricionales con diferentes fórmulas para determinar la receta que mejor se adapta al cultivo en dichas condiciones.
- 4) Exposición a diferentes dosis de metales pesados durante todo el ciclo de vida del cultivo.
- 5) Medición de las dosis almacenadas en los distintos órganos del cultivo (Hojas, tallo y raíz).
- 6) Almacenamiento de los datos medidos de las variables más importantes.
- 7) Desarrollo de un sistema de inteligencia artificial e IoT que permita el ajuste de las dosis nutricionales para optimizar los resultados.

11. Resultados Esperados

(Máximo 800 palabras)

- Disponer de un sistema hidropónico autosustentable.
- Capacitar al equipo de trabajo en las diferentes etapas del cultivo, para que estos puedan encargarse de la germinación, nutrición, cuidados fitosanitarios y la cosecha del mismo.
- Verificar la capacidad biorremediadora de la lechuga.
- Estudiar potenciales especies biorremediadoras.
- Crear una curva de absorción de los metales según la dosis a la cual es expuesto el cultivo y determinar su punto de saturación.
- Obtener informes de los valores medidos de los distintos parámetros.
- Desarrollar una herramienta basada en inteligencia artificial y alimentada por energías sustentables, a los fines de optimizar los resultados.



12. Antecedentes y funciones previstas del Grupo de Investigación en el área temática/disciplina

(Máximo 500 palabras)

El grupo de investigación se encuentra en formación y la vinculación entre los integrantes es reciente. Cada integrante tiene una trayectoria en su área que permite hacer un abordaje integral del problema a resolver.

El Director de este proyecto tiene categoría V como docente investigador del Ministerio de Educación de la Nación. Ha integrado proyectos de investigación en FI-UBA y UNO.

Ha dirigido un proyecto de extensión en la UNO. Ha actuado como evaluador y chair en diversas ediciones del CONAIISI. Ha actuado como jurado en el "rally latinoamericano de innovación 2022, sede FI-UBA".

Es autor de numerosas publicaciones en diversos Congresos, Simposios, Eventos y Revistas.

El Co-Director es Ingeniero Agrónomo recibido en la Universidad de Buenos Aires y actualmente se encuentra cursando la Maestría en Gestión de Residuos Sólidos Urbanos que se desarrolla en conjunto entre la Universidad Tecnológica Nacional-Regional Buenos Aires y la Universidad Nacional del Oeste.

13. Transferencia de Resultados.

(Máximo 800 palabras. Detalle el objeto de la transferencia, su importancia, los destinatarios concretos o posibles y los procedimientos para concretarla)

- Se planifica evaluar la capacidad biorremediadora del cultivo en hidroponía para que luego esta misma especie pueda llevarse a un suelo contaminado en el área de influencia de la Universidad Nacional del Oeste.
- Se planifica la creación del sistema autosustentable para que los futuros alumnos de las carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería en Alimentos y de Ingeniería en Energía puedan observar in situ el funcionamiento de energías alternativas.
- Se planifica transferir el modelo basado en inteligencia artificial y alimentado por energías sustentables a un organismo público.

14. Viabilidad y Factibilidad Técnica

(Máximo 500 palabras)

Se considera que el desarrollo es factible, teniendo en cuenta y controlando los peligros que existen al utilizar diferentes reactivos químicos tanto para los preparados nutricionales como para el agregado de los contaminantes a evaluar en el sistema en cuestión.



15. Aspectos Éticos.

(Si corresponde máximo 500 palabras)

El presente proyecto no va en detrimento de la ética ni constituye un riesgo para el medio ambiente.

Desde la mirada del proyecto se toma como bandera a la ética ambiental en donde plantea cuestiones acerca de la moralidad de las relaciones entre los humanos y el resto de la naturaleza, de tal manera que se establezcan las obligaciones, deberes y responsabilidades con el entorno natural.

16. Aspectos de Seguridad Laboral, Ambiental y Bioseguridad requeridos

(Si corresponde máximo 500 palabras)

Las actividades de investigación se desarrollarán teniendo en cuenta los elementos de protección y seguridad requeridos para cumplir con las buenas prácticas de investigación.

17. Intervención de terceros

(Justifique la intervención de terceros y anexe los Convenios o Acuerdos específicos requeridos para su intervención)

No corresponden al presente proyecto.

18. Cronograma de Actividades.

Detalle las actividades propuestas. Consigne separadamente cada actividad unitaria.

1^{er} Año

Actividad	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisión sistemática de la bibliografía	x	x	x	x								
Armado del invernadero y del sistema hidropónico			x	x								
Diseño y armado del sistema de control y almacenamiento de datos			x	x	x	x						
Formulado de soluciones nutricionales			x	x	x	x	x					
Crecimiento y desarrollo de la especie en estudio				x	x	x	x	x				
Verificación del funcionamiento del sistema de control						x	x	x	x	x	x	
Análisis de los rendimientos del cultivo						x	x	x	x	x	x	
Crecimiento y desarrollo de la especie con el agregado de metales pesados							x	x	x	x	x	
Subida de datos a la nube							x	x	x	x	x	
Redacción de lo obtenido con vistas a su comunicación								x	x	x	x	x



2^{do} Año

Actividad	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisión sistemática de la bibliografía	x	x	x	x								
Estudio de una especie fitorremediadora de interés comercial			x	x	x							
Análisis de datos			x	x	x							
Crecimiento y desarrollo de la especie en hidroponía					x	x	x	x	x			
Cosecha de la especie en distintas etapas fenológicas del cultivo						x	x	x	x	x		
Estudio de la captación de metales pesados en los distintos momentos de cosecha							x	x	x	x	x	
Redacción de lo obtenido con vistas a su comunicación							x	x	x	x	x	x
Generación de informes basados en los datos y predicciones							x	x	x	x	x	x

19. Presupuesto

Presupuesto del Primer año de ejecución

Rubro	Descripción	Monto
1	Bienes de consumo	\$50.000
2	Servicios no personales	
3	Servicios técnicos y profesionales	
4	Servicios comerciales y financieros	
5	Pasajes y viáticos	
6	Bienes de uso	
7	Equipamiento	\$250.000
Total 1° Año		\$300.000



Presupuesto del Segundo año de ejecución

	Rubro	Descripción	Monto
1	Bienes de consumo		\$50.000
2	Servicios no personales		
3	Servicios técnicos y profesionales		
4	Servicios comerciales y financieros		
5	Pasajes y viáticos		\$50.000
6	Bienes de uso		
7	Equipamiento		
Total 2° Año			\$100.000

Rubros

1. Bienes de consumo: insumos de laboratorio, útiles de oficina, librería, fotocopias, etc.
2. Servicios no personales: alquiler de equipos y mantenimiento, etc.
3. Servicios técnicos y profesionales: traducciones, desgrabaciones, data-entry, etc.
4. Servicios comerciales y financieros: imprenta, internet, transporte y almacenamiento, etc.
5. Pasajes y viáticos en ámbito nacional, inscripciones a congresos nacionales o internacionales.
6. Bienes de uso: libros, revistas, programas de computación, etc.
7. Equipamiento

Todos los importes están estimados a valores correspondiente a septiembre 2022.

20. Referencias bibliográficas

(Consigne la bibliografía utilizada para la formulación del Proyecto)

AL-ISAWI, Rawaa, SCHOLZ, Miklas, y AL-FARAJ, Furat. Evaluación de aguas residuales domésticas contaminadas con diésel tratadas por humedales artificiales para el riego de chiles cultivados en un invernadero. *Environ Sci Pollut Res* 23, 25003–25023 (2016).

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7706-x>.

Aprende sobre el sistema hidroponá NFT. Red de Especialistas en Agricultura. [2015].

Disponible en: <https://agriculturers.com/aprende-sobre-el-sistema-hidroponianft/>

CUBA, da Silva Renata; [et al]. Potencial de efluente de aguas residuales domésticas tratadas como fuente de agua y nutrientes en el cultivo de lechuga hidropónica. [en línea]. 2015, vol.10, n.3. pp.574-586. Disponible en:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2015000300574&lng=en&nrm=iso)

[993X2015000300574&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2015000300574&lng=en&nrm=iso). ISSN 1980-993X. <http://dx.doi.org/10.4136/ambiaqua.1575>.



E. Timothy Oppelt; February 2000. "Introducción a la fitorremediación". EPA/600/R99/107
U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio 45268

G.Coulouris, J. Dollimore y T. Kindberg, Distributed Systems, 5ta edición, 2012, Ed.
Addison-Wesley ISBN 84-7829-049-4

Gavilan, Miguel Urrestarazu 2004 .Tratado de cultivo sin suelo. Edit. ediciones Mundi –
Prensa. Barcelona España.

GONCALVES, Santos Karoline [et al] (2020). Los efluentes domésticos tratados como una
fuente de agua y nutrientes en el cultivo hidropónico de girasol. (2020). Dyna, 87(212),
112-119. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v87n212.80839>

Hromek Erik , Gómez Mauro , Olivera Lucas , Salina Mauro , Osio Jorge R. , Cappelletti
Marcelo , Morales D. Martín. Sistema de control y monitoreo remoto de variables en
aplicaciones agroindustriales. 7^{mo} Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas
de Información. Buenos Aires(2019).

Ken Evans, "Programming of CNC Machines", Industrial Press, Abril 2007, ISBN 978-
0831133160

Osio J.R., Salvatore J. E., Alonso D., Guarepi V., Cappelletti M. A., Joselevich M., Morales
D. M.: Tecnologías de la información y las comunicaciones mediante IoT para la solución
de problemas en el medio socio productivo: Workshop de Investigadores en ciencias de la
Computación, pp.153-158. Corrientes (2018)

SILVA Renatada, GASPAS Reinaldo y FONSECA Claudinei. Influencia del uso de aguas
residuales en la absorción de nutrientes y la producción de lechugas cultivadas en un
sistema hidropónico, Gestión del agua agrícola. Volumen 203, 30 de abril de 2018, páginas
311-321. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.028>

Simon Monk, "Raspberry Pi Cookbook", O'Reilly 2014, ISBN 978-1-449-36522-6



Universidad Nacional del Oeste

VASCONCELOS, John Lenon; [et al]. (2015). Crecimiento y producción de dos cultivares de lechuga mediante aguas residuales tratadas. Revista Brasileira De Agricultura Irrigada, [En línea]. 9(5), 320-325. 2015. DOI: 10.7127/rbai.v9n500322. ISSN 1982 – 7679.

<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>