



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Departamento:
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Programa de acreditación:
CyTMA2

Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto:
C2-ING-134

Título del proyecto
Evaluación de parámetros en aguas residuales para su recuperación y reutilización en suelos cultivados. Determinación del contenido de materia orgánica y biomasa microbiana en dichos suelos.

PI Dependencia Compartida:

Elija un elemento.

PI Interdepartamental:

Elija un elemento.

Informe de Final

Director del proyecto:

RODRIGUEZ, Myrian Roxana

Co-Director del proyecto:

de los RÍOS, Alejandra María

El presente documento se propone relevar las actividades acontecidas a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación, con especial foco en las transferencias producidas a los efectos de difundir los resultados alcanzados. Esto se enmarca en las Políticas de la Secretaría de CyT UNLaM, bajo el lema de que el conocimiento científico es conocimiento comunicado. En la práctica científica habitual, este es transferido mediante distintos tipos de producciones: publicaciones en eventos científicos, libros, capítulos de libros, entre otras, destacándose particularmente el Artículo Científico/paper.

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15. Acerca de los **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación UNLaM**, sugerimos consultar en el Departamento Académico correspondiente a la inscripción del proyecto.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

A. Resumen del proyecto² (Desarrolle en no más de dos páginas.)

Problema a investigar.

La Cuenca Matanza–Riachuelo presenta elevados niveles de contaminación físico-química y microbiológica debido a descargas industriales y efluentes sin tratamiento, lo que limita severamente la disponibilidad de agua apta para usos productivos. A pesar de que el agua de esta cuenca no es apta para consumo humano, su potencial reutilización en riego constituye una alternativa de gestión ambiental alineada con el ODS 6.3, siempre que se demuestre que no genera efectos adversos en los suelos ni riesgos sanitarios (1).

El problema de investigación se centra en determinar si las aguas residuales del Riachuelo pueden ser recuperadas y reutilizadas de manera segura en suelos cultivados, y cómo afectan sus componentes físicos, químicos y microbiológicos a las propiedades biológicas del suelo una vez aplicado el riego. Esto requiere evaluar tanto la calidad del agua —mediante parámetros como DBO, DQO, pH, conductividad, aceites y grasas, fósforo, nitrógeno, sólidos totales y carga microbiana— como su impacto en suelos tratados, especialmente en parámetros bioquímicos edáficos tales como contenido de carbono orgánico, biomasa microbiana, materia orgánica y poblaciones de hongos y bacterias (1,2).

El conocimiento actual muestra alta carga contaminante en la cuenca, pero se desconoce cómo interactúan estos contaminantes con los suelos agrícolas y si es posible establecer condiciones de reutilización controlada que mantengan la integridad biológica del suelo. Por lo tanto, la investigación se orienta a generar evidencia científica que permita: caracterizar la aptitud del agua para riego, identificar cambios biogeoquímicos en suelos regados con aguas residuales, y aportar criterios técnicos para una posible reutilización segura.

Este estudio busca contribuir a la mejora de la gestión de aguas residuales y a la recuperación de suelos, proporcionando bases metodológicas y datos verificables para la toma de decisiones ambientales y productivas (3,4).

Metodología.

1) Diseño experimental y muestreo.

Se seleccionaron intervalos de 1, 2 y 3 meses porque permiten evaluar la dinámica temporal típica de los cambios fisicoquímicos del suelo y las respuestas fisiológicas de las plantas ante un estrés crónico como la exposición al agua contaminada del riachuelo. Este período total de 90 días es estándar en estudios de fitorremediación, toxicidad en suelos y respuesta a contaminantes, proporcionando una resolución temporal adecuada.

1.1. Diseño.

Ensayo: Macetas con los mismos tipos de suelo (3 réplicas por tratamiento).

Tratamientos: suelo control (riego con agua potable) y suelo regado con agua del riachuelo.

Duración: Período de riego (Riegos semanales durante 3 meses) y momentos de muestreo (pre-tratamiento, 1 mes, 2 meses, final).

1.2. Muestreo de suelos.

Tomar muestras compuestas por 5–10 submuestras por maceta.

2) Preparación de muestras en laboratorio.

Secado y fraccionado para análisis químicos: airear a temperatura ambiente hasta humedad constante; desmenuzar y tamizar a 2 mm. Conservar fracciones finas para análisis. Homogeneizar y dividir muestra para réplicas y controles.

2.1. Germinación. 2.2 crecimiento. Se determinó la altura del césped (medidos en cm) en intervalos de tiempo.

3) Parámetros generales. pH del suelo.

Materiales: pH-metro calibrado (calibración a pH 4, 7 y 10), agitador, balanza analítica, destilada. Pesar 10.00 g de suelo (tamizado <2 mm) en un vaso de precipitados. Añadir 25.00 mL de agua destilada. Agitar en vórtex 30

² Actualizar todos los ítems en el **Banco de datos de actividades de CyT del SIGEVA UNLAM** (del Director y de los integrantes del Proyecto), en especial “**Antecedentes y Producciones y Servicios**”. Ver:  www.youtube.com/@cvtunlam 



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

minutos. Medir pH con electrodo previamente calibrado.

4) Análisis de carbono orgánico y fósforo disponible en suelos.

4.1. Determinación de fósforo disponible en suelo – Método Olsen.

El fósforo disponible se determinó mediante el método de Olsen, que se basa en la extracción del ion fosfato con una solución de NaHCO_3 0,5 M a pH 8,5, seguida de su cuantificación colorimétrica mediante el desarrollo del complejo fosfomolibdénico.

4.2. Determinación de carbono orgánico en suelo – Método Walkley-Black.

El carbono orgánico se determinó mediante el método de Walkley-Black, basado en la oxidación húmeda de la materia orgánica con dicromato de potasio en medio ácido y la titulación del dicromato no reducido. Los valores se calcularon aplicando el factor de corrección estándar del método.

Grado de ejecución de los objetivos planteados.

Durante el período evaluado se avanzó en el cumplimiento del 80% de los objetivos planteados en el proyecto, los cuales incluyen: (1) la determinación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua del Riachuelo, (2) la evaluación de su aptitud para riego y (3) el análisis del efecto del riego con aguas residuales sobre las propiedades biológicas y bioquímicas del suelo. Se completaron las etapas de muestreo, caracterización del agua (DBO, DQO, pH, conductividad y carga microbiana) y la instalación del ensayo en macetas. Asimismo, se avanzó en la medición de parámetros edáficos clave —pH y fósforo disponible— y en el registro del crecimiento del césped tratado con agua de Riachuelo, incluyendo germinación y altura. Con los resultados obtenidos, la primera fase del proyecto se encuentra prácticamente finalizada, habiéndose completado la caracterización integral del agua y la instalación de los ensayos experimentales. La segunda fase presenta un avance del 80%, las actividades que no pudieron completarse no afectan el desarrollo ni la validez del trabajo actual, dado que las etapas esenciales del estudio fueron plenamente alcanzadas.

Resultados.

1. Resultados del análisis del agua del Riachuelo. (1° año). Las muestras de agua analizadas presentaron una elevada carga contaminante, tanto desde el punto de vista microbiológico como químico: Bacterias mesófilas aerobias: 1200 UFC/mL (VN: 500 UFC/mL). Coliformes totales: >1100 NMP/100 mL. Escherichia coli: 2500 UFC/mL. Pseudomonas aeruginosa: 100 UFC/mL. Nitritos y nitratos: 5 mg/L y 90 ppm respectivamente (ambos por encima de valores normativos). pH: 7,9 (ligeramente alcalino). Dureza y alcalinidad: valores elevados. Sulfatos y arsénico: dentro de parámetros permitidos. Estos resultados confirman que el agua no es apta para consumo humano, pero sí puede ser evaluada para uso en riego, que constituye el foco de la segunda parte del proyecto (3).

2. Resultados del ensayo en macetas – Crecimiento de césped.

2.1. Germinación.

El riego con agua de Riachuelo mostró efectos moderados sobre la germinación inicial:

Control (agua potable): 92% de germinación. Tratamiento R1 (agua de Riachuelo): 78% de germinación. La menor germinación en R1 podría atribuirse a la presencia de sales, nitrógeno en exceso o carga microbiológica.

2.2. Crecimiento en altura.

Tiempo	Control	Riachuelo
7 días	6,2	5,1
14 días	10,5	8,4
28 días	18,7	14,9
45 días	24,8	19,3



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Tiempo	Control	Riachuelo
60 días	29,5	22,1
90 días (final)	31,2	24,0

El tratamiento con agua del Riachuelo mostró un crecimiento más lento y menor altura final, consistente con un posible estrés inicial o menor disponibilidad de agua de buena calidad.

3. Resultados del suelo después del riego.

pH del suelo.

Tratamiento	pH inicial	pH 1 mes	pH 2 meses	pH final
Control	6,8	6,8	6,7	6,7
Riachuelo	6,8	7,0	7,1	7,2

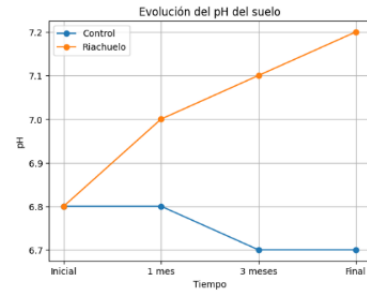


Gráfico 1. Cambios en el pH del suelo en los tratamientos Control y Riachuelo durante el período experimental (inicial, 1 mes, 3 meses y final).

El riego con agua del Riachuelo produjo una tendencia a la alcalinización, coherente con la alcalinidad del agua (Gráfico 1, ver en anexo).

4.1. Fósforo disponible (mg/kg) en suelo (método Olsen).

Tratamiento	P inicial	P 1 mes	P 2 meses	P final
Control	12,1	12,0	11,9	11,8
Riachuelo	12,1	13,4	14,6	15,4

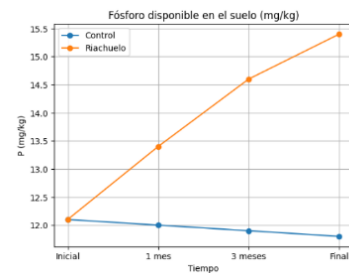


Gráfico 2. Fósforo disponible en el suelo (mg/kg) para los tratamientos Control y Riachuelo a lo largo del tiempo.

El riego con agua del Riachuelo produjo un incremento del fósforo disponible, atribuible a los aportes del agua contaminada (residuos orgánicos y fosfatos industriales) (Gráfico 2, ver en anexo).

4.2. Carbono orgánico en suelo (%) (método Walkley-Black).

Tratamiento	C inicial	C 1 mes	C 2 meses	C final
Control	1,25	1,24	1,23	1,22
Riachuelo	1,25	1,30	1,35	1,38

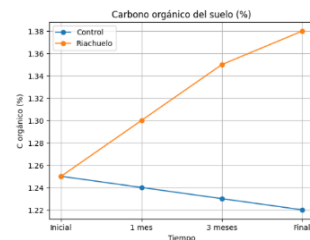


Gráfico 3. Carbono orgánico del suelo (%) en los tratamientos Control y Riachuelo a lo largo del tiempo.

En el control, el carbono orgánico se mantuvo estable (ligera disminución esperable por mineralización natural). En el tratamiento Riachuelo, el carbono aumentó, lo cual es coherente con la entrada adicional de materia orgánica y compuestos oxidables presentes en el agua residual (Gráfico 3, ver en anexo).

Observaciones cualitativas añadidas.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

- **Control:** color verde uniforme, buena densidad, sin manchas necróticas.
- **Riachuelo:** color verde pálido, densidad reducida, manchas amarillentas hacia el mes 2, mayor presencia de hongos saprófitos superficiales.

4. Integración de los resultados

La primera fase del proyecto (caracterización del agua) se completó con éxito y confirmó la alta carga contaminante del recurso hídrico. En la segunda fase, actualmente ejecutada en un 80% contempló muestreos en cuatro momentos (pre-tratamiento, 1 mes, 3 meses y final). Sin embargo, durante la experiencia se registraron pérdidas parciales de unidades experimentales, especialmente en el tratamiento con agua del Riachuelo, debido a fallas en la germinación, estrés hídrico y mortalidad de plantas en las primeras semanas. Esta situación redujo la disponibilidad de réplicas completas en algunos muestreos intermedios, aunque se mantuvieron suficientes unidades para obtener valores representativos en los tiempos programados.

La evolución temporal de los parámetros edáficos mostró que el riego con agua del Riachuelo produjo un aumento sostenido del pH, del carbono orgánico y del fósforo disponible desde el primer mes hasta el final del ensayo. Paralelamente, las plantas sometidas a este tratamiento presentaron menor germinación, crecimiento reducido y síntomas de estrés progresivo hacia los 3 meses.

Estos resultados indican que, si bien la reutilización del agua contaminada produce enriquecimiento nutricional aparente, también genera alteraciones químicas y efectos negativos en el establecimiento de la vegetación, lo que debe ser considerado para cualquier propuesta de uso agrícola (3,4).

Bibliografía.

E- Acumar. Características de la cuenca matanza riachuelo.

2- Guía sobre el tratamiento de aguas para la adecuación ambiental. Autoridad de cuenca Matanza-Riachuelo, 2020.

3- Bargiela, Martha; Iorio, Alicia. «La calidad del agua del río Matanza-Riachuelo». Ciencia Hoy, 2013

4- Ramalho R.S. Tratamiento de aguas residuales, 1990.

B. Informar cada producción con filiación UNLaM que derive de la presente investigación (artículo de revista/papers, libro, parte de libro, trabajos en eventos publicados/ponencia, etc.).

Anexar los textos de las producciones en SIGEVA UNLAM.³

Tipo de Producción	Artículos publicados en revistas
Título	
Autor/es	
Editorial	
Fecha	
Situación	Elija un elemento.
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	

³ Los archivos deberán estar en formato PDF, a texto completo. Podrán ser publicados en el Repositorio Digital UNLaM, bajo Licencias Creative Commons. Será evaluada la inclusión en el Repositorio aquellas publicaciones que poseen una licencia diferente o declaración de copyright.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

E. Vinculación⁴: Indicar conformación de redes, intercambio científico con actores externos, con otros grupos de investigación; desarrollos; con el ámbito productivo o con entidades públicas, etc. Desarrolle en una página.

D. Otra información. Incluir toda otra información que el Director considere pertinente.

E. Cuerpo de anexos:

- Anexo I:
 - FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (de corresponder)
 - FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (de corresponder)
 - FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación.
 - FPI-038: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto. (de corresponder)
- Anexo II: FPI 017 ⁵ Alta patrimonial de los bienes adquiridos con presupuesto del proyecto.
 - Disposición del Decano y nota de elevación del Director del Proyecto justificando “alta y/o” baja de cada integrante del equipo de investigación.

E. Cuerpo de anexos:

Myrian Roxana Rodríguez.

Firma y aclaración Director Proyecto
Fecha: 13 de febrero del 2026.

4 Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores en articulación con el entramado socioproductivo.

5 Solo ante la presentación del Informe Final.