

Mar del Plata, 28 de abril de 2023.-

## RESOLUCIÓN DEL RECTORADO N° 276/23

### VISTO:

La presentación realizada con fecha 11 de abril de 2023 que tramita bajo expediente de investigación N° 290-23, del Proyecto de Investigación "*Dinámicas espacio-temporales en la provisión de servicios ecosistémicos en cuencas del partido de General Pueyrredón*" presentado por la Facultad de Ingeniería, y;

### CONSIDERANDO:

Que dicho proyecto, se ajusta a los requisitos establecidos por Resolución de Rectorado N° 463/22 del Régimen de Investigación en su art. 26°, y;

Que el mismo se enmarca en el **Grupo de Investigación Ecosistemas** dependiente de la Línea de Investigación **Ecosistemas**, y será realizado por investigadores y auxiliares, de la **Facultad de Ingeniería**;

Que la evaluación de viabilidad y conveniencia ha sido realizada por la Dra. María Laura Zulaica y la Dra. Florencia Rositano y se ajustan a las recomendaciones realizadas;

Que conforme lo establecido en los artículos 27° y 28° del mentado Régimen, el proyecto de investigación estará bajo la responsabilidad de su **Directora, Dra. María Paula Barral, Investigadora Titular categorizada por la UFASTA** y de su **Co-Directora, Dra. Marina Ximena Sirimarco, Investigadora Adjunta categorizada por la UFASTA**, propuestos por la Secretaría de Investigación de la Facultad de Ingeniería;

Que es necesario destacar particularmente la extensa y rica trayectoria científica, profesional y académica con la que cuenta la Dra. María Paula Barral y la Dra. Marina Ximena Sirimarco;

Que atento a lo dispuesto por la Resolución del Rectorado N° 463/22, en sus artículos 7, 8, 9, 10, 14 y concordantes; y en uso de las atribuciones que le confieren los Arts. 28° inc. d) y concordantes del Estatuto Universitario:

**EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD FASTA  
DE LA FRATERNIDAD DE AGRUPACIONES SANTO TOMÁS DE AQUINO**

**RESUELVE:**

**Artículo 1°:** Aprobar el proyecto de investigación *“Dinámicas espacio-temporales en la provisión de servicios ecosistémicos en cuencas del partido de General Pueyrredón”* que se adjunta en Anexo I de a presente.-

**Artículo 2°:** Designar a la **Dra. María Paula BARRAL** (DNI 31.264.302) como Directora e Investigadora Titular categorizada por la UFASTA del Proyecto de Investigación denominado *“Dinámicas espacio-temporales en la provisión de servicios ecosistémicos en cuencas del partido de General Pueyrredón”* por el término de 24 meses a partir del 1° de mayo de 2023, según los alcances del art. 27 y cc. de la Resolución Rectoral N° 463/22.-

**Artículo 3°:** Designar a la **Dra. Marina Ximena SIRIMARCO** (DNI 33.188.987) como Co-Directora e Investigadora Adjunta categorizada por la UFASTA del Proyecto de Investigación denominado *“Dinámicas espacio-temporales en la provisión de servicios ecosistémicos en cuencas del partido de General Pueyrredón”* por el término de 24 meses a partir del 1° de mayo de 2023.-

**Artículo 4°:** Designar a la **Dra. Débora Jesabel PEREZ** (DNI 28.952.374) como Investigadora Adjunta categorizada por la UFASTA del Proyecto de Investigación denominado *“Dinámicas espacio-temporales en la provisión de servicios ecosistémicos en cuencas del partido de General Pueyrredón”* por el término de 24 meses a partir del 1° de mayo de 2023.-

**Artículo 5°** Dése a conocer, remítase copia a la Secretaría de Investigación de la Universidad FASTA, a la Secretaría de Investigación de la Unidad Académica, a los investigadores designados, archívese.



PROF. MARCELA S. GREÑA de GIACAGLIA  
SECRETARÍA GENERAL  
UNIVERSIDAD FASTA



DR. JUAN CARLOS MENA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD FASTA

ANEXO

RESOLUCIÓN DEL RECTORADO N° 276/23

Proyecto de Investigación

*“Dinámicas espacio-temporales en la provisión de servicios ecosistémicos en cuencas del partido de General Pueyrredón”*

1. EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TÍTULO O DENOMINACIÓN DEL PROYECTO**

Dinámicas espacio-temporales en la provisión de servicios ecosistémicos en cuencas del partido de General Pueyrredón

**MES Y AÑO DE INICIO:** 05 /2023

**MES Y AÑO DE FINALIZACIÓN:** 04 / 2025

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Modelado y cartografía de servicios ecosistémicos

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN:** Ecosistemas

**ÁREA DE CONOCIMIENTO** <sup>(i)</sup>: CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS - CIENCIAS DE LA TIERRA Y RELACIONADAS CON EL MEDIO AMBIENTE

**TIPO DE INVESTIGACIÓN:** APLICADA

2. INSTITUCIONES PARTICIPANTES

**INSTITUCIÓN/ES COLABORADORA/S DEL PROYECTO:**

INTA (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA)

3. DIRECTOR

**NOMBRE Y APELLIDO DEL DIRECTOR DEL PROYECTO:** Barral María Paula

**DIRECCIÓN DE CONTACTO DEL DIRECTOR** (telefónica y/o electrónica): paula\_barral@ufasta.edu.ar

**NOMBRE Y APELLIDO DEL CO-DIRECTOR** (si lo/s hubiera): Sirimarco Marina Ximena

**DIRECCIÓN DE CONTACTO DEL CO-DIRECTOR** (telefónica y/o electrónica) (si lo/s hubiera): sirimarco.ximena@ufasta.edu.ar

**4. EQUIPO DE TRABAJO**

NOMBRE Y APELLIDO	UNIDAD ACADÉMICA / INSTITUCIÓN	CATEGORÍA / FUNCIÓN	HORAS DESIGNACIÓN
MARÍA PAULA BARRAL	FACULTAD DE INGENIERÍA, UFASTA	INVESTIGADOR TITULAR	20 HORAS
XIMENA SIRIMARCO	FACULTAD DE INGENIERÍA, UFASTA	INVESTIGADOR ADJUNTO	20 HORAS
DÉBORA PEREZ	FACULTAD DE INGENIERÍA, UFASTA	INVESTIGADOR ADJUNTO	8 HORAS
ESTUDIANTE DE ING. INFORMÁTICA A DEFINIR	FACULTAD DE INGENIERÍA, UFASTA	AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN ALUMNO	6 HORAS
ESTUDIANTE DE ING. AMBIENTAL A DEFINIR	FACULTAD DE INGENIERÍA, UFASTA	AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN ALUMNO	6 HORAS
ESTUDIANTE DE ING. AMBIENTAL A DEFINIR	FACULTAD DE INGENIERÍA, UFASTA	AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN ALUMNO	6 HORAS

**5. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO**
**Descripción breve del proyecto (máximo 250 palabras):**

El enfoque de servicios ecosistémicos (SE) es cada vez más utilizado por los gobiernos en el desarrollo de políticas públicas para promover los objetivos de sostenibilidad desde diagnósticos ambientales, programas de pagos por SE o planes de ordenamiento territorial (Wong et al., 2015). Esto trajo aparejada una demanda de métodos para medir, valorar y mapear a los SE que fue acompañada por la comunidad científica (el número de publicaciones sobre SE creció exponencialmente, Lautenbach et al., 2019). El avance en el modelado y cartografía se expandió rápidamente (Pascual et al., 2021). Sin embargo, siguen existiendo brechas importantes de investigación entre el potencial que ofrecen los resultados de dichas evaluaciones y su aplicación sobre el terreno (Meraj et al., 2021). También, la literatura remarca que aún queda por mejorar la comprensión de las relaciones entre los mecanismos ecológicos y los SE para crear los productos finales realistas que los tomadores de decisiones necesitan (Wong et al., 2015). Este proyecto propone evaluar la variación en espacio y tiempo de la provisión de SE frente al cambio climático y al uso del suelo en cuencas del partido de General Pueyrredón. Los resultados esperados no solo aportarán información valiosa para el partido, sino que también servirán en el ámbito internacional aportando recomendaciones en el uso de herramientas

teniendo en cuenta las escalas, los impulsores de cambio y el contexto de implementación (Figura 1).

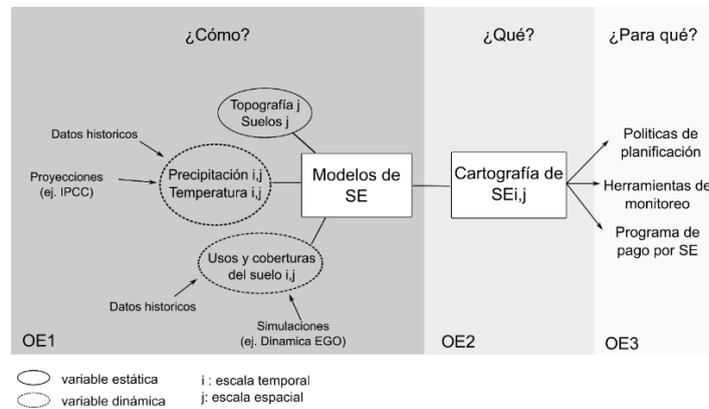


Figura 1. Esquema de abordaje planteado

**Problema o necesidad a resolver** (máximo 150 palabras de descripción) <sup>(iii)</sup>:

El ritmo del cambio global en la naturaleza durante los últimos 50 años no tiene precedentes en la historia de la humanidad y entre los principales impulsores directos se encuentran el cambio en el uso de la tierra y el cambio climático. Más de un tercio de la superficie terrestre se utiliza para agricultura o ganadería alterando la estructura y función de los ecosistemas. La frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, además de los incendios, inundaciones y sequías han aumentado (IPBES, 2019). Estos impulsores impactan sobre la provisión de servicios ecosistémicos y afectan directa o indirectamente al bienestar humano (Yin et al., 2022). Argentina no constituye una excepción en esta tendencia general, la expansión de cultivos sobre tierras dedicadas a la ganadería y un uso más intensivo de insumos agrícolas llevó a aumentos en los rendimientos, pero a expensas de una homegenización del paisaje sustancial (Mastrangelo et al., 2015). Específicamente en General Pueyrredon, área de estudio propuesta en este proyecto, se caracteriza por un entorno rural donde se realizan cultivos tanto extensivos como intensivos y donde se evidencian los impactos negativos asociados a dichas actividades productivas.

**Resumen, detallando objetivos generales y particulares** (máximo 250 palabras):

El objetivo general del proyecto es evaluar las dinámicas espacio-temporales de servicios ecosistémicos (SE) relacionados al carbono y al agua frente a impulsores de cambio en cuencas del partido de General Pueyrredón.

### Objetivos específicos

Objetivo 1. Evaluar la sensibilidad de los modelos disponibles para la cuantificación de SE (almacenamiento de carbono orgánico en suelo, regulación hídrica, control de la erosión y filtrado de nutrientes) para estudiar el efecto del cambio climático y uso del suelo (impulsores de cambio) sobre su provisión a diferentes escalas.

Objetivo 2. Cartografiar la provisión de los SE a distintas escalas espaciales (lote y cuenca) en una situación pasada, actual y bajo escenarios de cambio climático y uso del suelo con el fin de explorar las dinámicas espacio-temporales.

### **Actividades del proyecto** (máximo 250 palabras) <sup>iii</sup>:

Los objetivos del proyecto se llevarán a cabo a través de dos actividades. La primera será la *generación de cartografía de SE*, para lo cual en una primera instancia se llevará a cabo la selección de los modelos disponibles a utilizar y los mejores insumos disponibles. Se priorizará que los modelos sean sensibles a variables relacionadas con los dos impulsores de cambio que se desean estudiar (cambio climático y cambio en el uso del suelo). Luego, se procederá a la validación y calibración de los modelos utilizando diversas bases de datos disponibles. Por último, se realizará un análisis de sensibilidad. La segunda actividad consistirá en el *análisis de la cartografía* resultante para explorar el efecto de las escalas (espaciales y temporales) y los impulsores de cambio en la provisión de los SE.

### **Novedad u originalidad en el conocimiento** (máximo 250 palabras) <sup>(iv)</sup>:

En este proyecto se pretende abordar varios aspectos a mejorar en la aplicación del enfoque de SE con el fin de generar productos que sirvan en la toma de decisiones. La mayoría de los estudios que abordan relaciones entre SE se asocian a menudo con una escala espacial concreta, y sólo unos pocos han explorado los cambios en las relaciones a través de diferentes escalas espaciales (Qiu et al., 2018). Además, muchos estudios empíricos se enfocan en años puntuales y no han tenido en cuenta los cambios temporales (exceptuando algunos casos, ej. Spake et al 2017, Barral et al., 2020, Qiu et al. 2020). La provisión de SE puede verse afectada por procesos que operan a diferentes escalas espaciales y temporales, lo que da lugar a complejas interacciones entre escalas (Rose et al 2017, Gao et al., 2022). Otro aspecto importante a considerar son las interacciones con los impulsores de cambio, los modelos utilizados para caracterizar las relaciones entre SE se basan principalmente en correlaciones lineales y no tienen en cuenta los cambios no lineales, los umbrales y los puntos de inflexión en los ecosistemas (Lindborg et al., 2017, Qiu et al., 2018, Lautenbach et al., 2019). Para abordar estos retos, el uso de escenarios y la modelización se identifican como pilares fundamentales para avanzar en la comprensión de las relaciones y retroalimentaciones entre los impulsores de cambio y la provisión de SE



(IPBES, 2016).

**Resultados Esperados** (máximo 150 palabras):

Al finalizar el proyecto se espera contar con insumos (cartografía) y herramientas (modelos y guías con recomendaciones) en torno a la evaluación y cartografía de SE ajustados a distintas escalas espaciales y temporales que sean de utilidad para investigadores, gestores y tomadores de decisiones.

**Impacto de los resultados** (científico, de transferencia, económico, social, etc.) (máximo 150 palabras):

El caso de estudio a utilizar es un territorio en donde el cambio en el uso del suelo afectó la provisión de SE y donde el futuro de sus ecosistemas es incierto en un contexto de cambio climático, sumado a la falta de implementación de políticas orientadas a su conservación. Los resultados esperados no solo aportarán información valiosa para el partido de General Pueyrredon, sino que también servirán en otros ámbitos aportando herramientas y recomendaciones en para su uso dependiendo el contexto de aplicación.

**Interés para la Universidad FASTA** (máximo 150 palabras):

La implementación del presente proyecto cumple con los principios, postulados, misiones y funciones de la UFASTA. Nos proponemos, desde la dimensión de la investigación científica, contribuir al conocimiento de nuestro entorno, de los bienes comunes que ofrece a la humanidad, de valorarlos, conservarlos, protegerlos, para lo cual se torna imprescindible previamente conocerlos. Dar a conocer la importancia de los ecosistemas de nuestro entorno en cuanto a sus múltiples funciones y servicios ecosistémicos resulta necesario para el cuidado de los bienes comunes que nos provee la naturaleza, por el cuidado de nuestra casa común, tal como lo manifestara el Papa Francisco en su Encíclica Laudato Si.

## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

### Actividad 1. Generación de cartografía de SE

#### a) Selección de modelos e insumos

La disponibilidad de indicadores y modelos utilizados para cuantificar SE es amplia. Las investigadoras de este proyecto participaron en el desarrollo de un protocolo de evaluación y mapeo de SE denominado ECOSER ([www.eco-ser.com.ar](http://www.eco-ser.com.ar)) en el mismo se identificaron y evaluaron un conjunto de modelos para el mapeo de once funciones

ecosistémicas. Hasta el momento dichos modelos se aplicaron en distintos estudios de caso a distintas escalas espaciales (ej. municipal - Barral et al., 2012; cuencas - Barral et al., 2019; regiones -, Barral et al., 2020). En estos estudios sólo se analizaron cambios en la provisión de SE frente a cambios en usos de suelo (única variable dinámica utilizada). Para analizar el efecto del cambio climático es necesario utilizar modelos que sean sensibles también a variables relacionadas con el clima. La propuesta en este proyecto es enfocarse en modelos que permitan cuantificar la provisión de cuatro SE (almacenamiento de carbono orgánico en suelo (COS), regulación hídrica, filtrado de nutrientes y control de la erosión) e incorporen variables dinámicas relacionadas a ambos factores de cambio.

El SE de almacenamiento de COS representa el efecto de la cobertura vegetal en el cambio anual del contenido de COS. El SE se calcula como el contenido de COS con cobertura vegetal menos el contenido de COS con suelo desnudo y para su cálculo se trabajará con el modelo RothC (Coleman & Jenkinson, 1996). Éste es uno de los modelos de simulación de la dinámica del COS más reconocidos mundialmente debido a que ha demostrado tener un buen desempeño en una amplia gama de usos y tipos de suelos en diferentes regiones climáticas. Para su funcionamiento, este modelo divide al COS total en 5 compartimentos: materia orgánica inerte, material vegetal descomponible, material vegetal resistente, biomasa microbiana y humus. A excepción de la materia inerte, el resto de los compartimentos presentan tasas de formación y descomposición que se estiman mensualmente y dependen de la temperatura, el contenido de arcilla del suelo, la humedad del suelo, los aportes de residuos vegetales y las enmiendas orgánicas.

El SE de regulación hídrica representa el efecto de la cobertura vegetal en el cambio de escurrimiento superficial generado por los eventos de precipitación, ya que representa la diferencia de escurrimiento superficial asumiendo una cobertura de suelo desnudo y el escurrimiento teniendo en cuenta la cobertura real. Es decir, el SE representa el escurrimiento de agua superficial evitado gracias a la presencia de una determinada cobertura. Se trabajará con el modelo propuesto por Sharp et al., (2020) el cual calcula el escurrimiento mensual generado en cada píxel e integrado a escala anual. Este modelo se basa en el método del número curva (NRCS-USDA, 2007), donde en función de las propiedades hidrológicas del suelo y la cobertura se determina la cantidad de lluvia que escurre de la superficie terrestre en lugar de infiltrarse en el suelo. Además, se utilizan datos de precipitación.

El SE control de la erosión representa el efecto que ejerce la cobertura vegetal sobre el cambio de la tasa de pérdida de suelo. El SE se calcula como la tasa anual de pérdida de suelo con cobertura vegetal menos la tasa anual de pérdida de suelo con suelo desnudo. Para su cálculo se utilizará la ecuación universal de pérdida del suelo (Renard et al., 1991). Esta ecuación estima la tasa de pérdida de suelo durante un periodo de tiempo (en este caso anualmente) mediante la multiplicación de seis factores: la erosividad de las precipitaciones, la erodabilidad del suelo, la longitud y gradiente de la pendiente, la



cobertura y uso del suelo y la utilización de prácticas de conservación.

El SE de filtrado de nutrientes representa la capacidad que tiene la vegetación en “retardar” la llegada de nutrientes a los cursos de agua vía escurrimiento superficial (y por ende disminuir la carga al favorecer procesos de decaimiento). El modelo propuesto contempla el SE de filtrado que realiza la vegetación al interceptar el escurrimiento superficial en su camino aguas abajo hasta llegar a los ambientes ribereños (zona donde el sistema acuático converge con el ambiente terrestre) e identifica las áreas potenciales de filtrado en los ambientes ribereños de acuerdo a su estado de conservación.

Se correrán los modelos mencionados utilizando distintas resoluciones teniendo en cuenta el potencial de aplicación de la cartografía resultante (el ¿para qué?, figura 1) y su escala relevante. Para eso se trabajará en la búsqueda de la mejor información disponible para generar las variables de entrada (tabla 1). En el caso de las variables estáticas intentando utilizar la mejor resolución espacial. En el caso de las variables dinámicas se trabajará a distintas escalas espaciales y temporales y escenarios. Para las coberturas futuras bajo distintos escenarios de cambio en el uso del suelo, se utilizarán mapas generados en Dinamica EGO (<https://csr.ufmg.br/dinamica/>), un software gratuito el cual cuenta con amplias ventajas en la identificación de impulsores de cambio, cálculos de tasas de transición, así como en la simulación de escenarios a futuro para monitorear las trayectorias de los cambios. En el caso del cambio climático, se trabajará con las variables climáticas proyectadas bajo escenarios de cambio climáticos del IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) disponibles a nivel global (ej. NASA NEX-GDDP, Thrasher et al., 2012).

Tabla 1. Insumos potenciales a utilizar en el modelado

Insumo	Fuente	Resolución espacial	Ventana temporal disponible	Ecoregión
Cobertura	MODIS ( <a href="https://modis.gsfc.nasa.gov/">https://modis.gsfc.nasa.gov/</a> )	500m	2000-2021	Global
	MapBiomas ( <a href="https://mapbiomas.org/">https://mapbiomas.org/</a> )	30m	2000-2021	Pampa
	Mapa nacional de cultivo INTA ( <a href="http://www.geointa.inta.gob.ar/">http://www.geointa.inta.gob.ar/</a> )	30m	2018-2022	Pampa
	Copernicus ( <a href="https://www.copernicus.eu/es">https://www.copernicus.eu/es</a> )	10m	2020	Global



Clima	Copernicus ( <a href="https://www.copernicus.eu/es">https://www.copernicus.eu/es</a> )	30km	1979-actualidad	Global
	Estaciones meteorológicas	A definir	A definir	Pampa
Textura	Soilgrid / OpenLand	250m	-	Global
	SISINTA	A definir	-	Pampa
	Suelos INTA	1:500.000 / 1:50.000	-	Pampa
COS	Soilgrid / OpenLand (Hengl et al., 2019)	250m	-	Global
	Gaitán et al. (en prensa)	250m	2015-2022	Pampa
DEM	MERIT Hydro	90m	-	Global
	IGN ( <a href="https://www.ign.gob.ar/">https://www.ign.gob.ar/</a> )	30m	-	Pampa

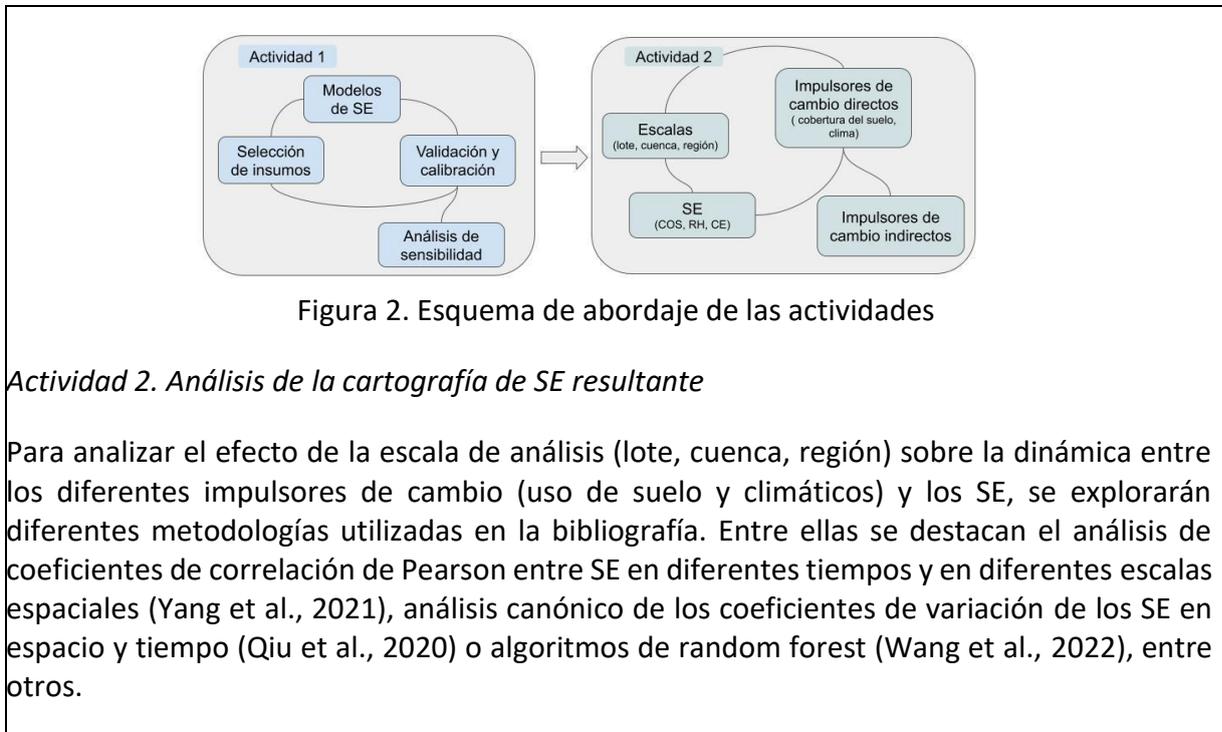
*b) Validación y calibración*

Para la validación y calibración se utilizarán datos de mediciones a campo provenientes de distintas bases de datos (artículos publicados, tesis y datos relevados en proyectos de investigación) de contenidos de COS y caudales. En el caso del SE de control de la erosión se explorarán mediciones indirectas (ej. presencia de cárcavas).

*c) Análisis de sensibilidad*

Para analizar la influencia de las variables de entrada en las respuestas de los modelos seleccionados como indicadores de SE se explorarán distintos análisis aplicados a estudios de SE y ecología del paisaje como: ventanas móviles (Hagen-Zanker, 2016), *One-At-a-Time* (Rositano et al., 2017), *sensitivity to findings* (Rositano et al., 2017), *artificial neural network* (Yin et al., 2022b) o *random forest* (Estrada-Carmona et al., 2017), entre otros.





### Actividad 2. Análisis de la cartografía de SE resultante

Para analizar el efecto de la escala de análisis (lote, cuenca, región) sobre la dinámica entre los diferentes impulsores de cambio (uso de suelo y climáticos) y los SE, se explorarán diferentes metodologías utilizadas en la bibliografía. Entre ellas se destacan el análisis de coeficientes de correlación de Pearson entre SE en diferentes tiempos y en diferentes escalas espaciales (Yang et al., 2021), análisis canónico de los coeficientes de variación de los SE en espacio y tiempo (Qiu et al., 2020) o algoritmos de random forest (Wang et al., 2022), entre otros.

## 7. **BIBLIOGRAFÍA** (consignar según normas APA)

- Adlercreutz, E. (2017). Descripción del cinturón hortícola de Mar del Plata. INTA. Mar del Plata, Argentina.
- Barral, M. P., & Oscar, M. N. (2012). Land-use planning based on ecosystem service assessment: A case study in the Southeast Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 154, 34-43.
- Barral, M. P., Lattera, P., & Maceira, N. (2019). Flood mitigation ecosystem service in landscapes of Argentina's Pampas: identifying winning and losing farmers. *Journal of environmental management*, 240, 168-176.
- Barral, M. P., Villarino, S., Levers, C., Baumann, M., Kuemmerle, T., & Mastrangelo, M. (2020). Widespread and major losses in multiple ecosystem services as a result of agricultural expansion in the Argentine Chaco. *Journal of Applied Ecology*, 57(12), 2485-2498.
- Coleman, K., & Jenkinson, D. S. (1996). RothC-26.3-A Model for the turnover of carbon in soil. In *Evaluation of soil organic matter models* (pp. 237-246). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Estrada-Carmona, N., Harper, E. B., DeClerck, F., & Fremier, A. K. (2017). Quantifying model uncertainty to improve watershed-level ecosystem service quantification: a global sensitivity analysis of the RUSLE. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(1), 40-50.
- Gaitan et al. (en prensa). Mapa de almacenamiento de C en los suelos de la República Argentina.
- Gao, J., Bian, H., Zhu, C., & Tang, S. (2022). The response of key ecosystem services to land use and climate change in Chongqing: Time, space, and altitude. *Journal of Geographical Sciences*, 32(2),

- 317-332.
- Hagen-Zanker, A. (2016). A computational framework for generalized moving windows and its application to landscape pattern analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 44, 205-216.
- Hengl, T., MacMillan, R.A., (2019). *Predictive Soil Mapping with R*. OpenGeoHub foundation, Wageningen, the Netherlands, 370 pages, [www.soilmapper.org](http://www.soilmapper.org), ISBN: 978-0-359-30635-0.
- IPBES (2016) *Guide on production and integration of assessments from and across all scales*. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn
- IPBES (2019): *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages.
- Lautenbach, S., Mupepele, A. C., Dormann, C. F., Lee, H., Schmidt, S., Scholte, S. S., ... & Volk, M. (2019). Blind spots in ecosystem services research and challenges for implementation. *Regional Environmental Change*, 19, 2151-2172.
- Lindborg, R., Gordon, L. J., Malinga, R., Bengtsson, J., Peterson, G., Bommarco, R., ... & Smith, H. G. (2017). How spatial scale shapes the generation and management of multiple ecosystem services. *Ecosphere*, 8(4), e01741.
- Mastrangelo, M. E., Weyland, F., Herrera, L. P., Villarino, S. H., Barral, M. P., & Auer, A. D. (2015). Ecosystem services research in contrasting socio-ecological contexts of Argentina: Critical assessment and future directions. *Ecosystem Services*, 16, 63-73.
- Meraj, G., Singh, S. K., Kanga, S., & Islam, M. N. (2021). Modeling on comparison of ecosystem services concepts, tools, methods and their ecological-economic implications: A review. *Modeling Earth Systems and Environment*, 1-20.
- NRCS-USDA, 2007. *National Engineering Handbook*. United States Department of Agriculture, <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/?cid=stelprdb1043063>.
- Pascual, M. A., Barral, M. P., Poca, M., Pessacq, N. L., García Silva, L., Albariño, R. J., ... & Jobbagy Gampel, E. G. (2021). *Ecosistemas acuáticos continentales y sus servicios: Enfoques y escenarios de aplicación en el mundo real*.
- Qiu, J., Carpenter, S. R., Booth, E. G., Motew, M., & Kucharik, C. J. (2020). Spatial and temporal variability of future ecosystem services in an agricultural landscape. *Landscape Ecology*, 35, 2569-2586.
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., Porter, J., 1991. RUSLE: Revised Universal Erosion Equation. *J. Soil Water Conserv.* 46, 30-33.
- Rose, K. C., Graves, R. A., Hansen, W. D., Harvey, B. J., Qiu, J., Wood, S. A., ... & Turner, M. G. (2017). Historical foundations and future directions in macrosystems ecology. *Ecology Letters*, 20(2), 147-157.
- Rositano, F., Piñeiro, G., Bert, F. E., & Ferraro, D. O. (2017). A comparison of two sensitivity analysis techniques based on four bayesian models representing ecosystem services provision in the Argentine Pampas. *Ecological Informatics*, 41, 33-39.
- Sharp, R., Douglass, J., Wolny, S., Arkema, K., Bernhardt, J., Bierbower, W., Chaumont, N., Denu, D.,

- Fisher, D., Glowinski, K., Griffin, R., Guannel, G., Guerry, A., Johnson, J., Hamel, P., Kennedy, C., Kim, C.K., Lacayo, M., Lonsdorf, E., Mandel, L., Rogers, L., Silver, J., Toft, J., Verutes, G., Vogl, A. L., Wood, S., and Wyatt, K. 2020, InVEST 3.10.2.post9+ug.g6d07a7f User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World WildlifeFund.
- Spake, R., Lasseur, R., Crouzat, E., Bullock, J. M., Lavorel, S., Parks, K. E., ... & Eigenbrod, F. (2017). Unpacking ecosystem service bundles: Towards predictive mapping of synergies and trade-offs between ecosystem services. *Global Environmental Change*, 47, 37-50.
- Wong, C. P., Jiang, B., Kinzig, A. P., Lee, K. N., & Ouyang, Z. (2015). Linking ecosystem characteristics to final ecosystem services for public policy. *Ecology letters*, 18(1), 108-118.
- Yang, M., Gao, X., Zhao, X., & Wu, P. (2021). Scale effect and spatially explicit drivers of interactions between ecosystem services—A case study from the Loess Plateau. *Science of The Total Environment*, 785, 147389.
- Yin, L.; Zhang, S.; Zhang, B. Do Ecological Restoration Projects Improve Water-Related Ecosystem Services? Evidence from a Study in the Hengduan Mountain Region. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 3860. <https://doi.org/10.3390/ijerph19073860>
- Yin, L., Zheng, W., Shi, H., & Ding, D. (2022). Ecosystem services assessment and sensitivity analysis based on ANN model and spatial data: A case study in Miaodao Archipelago. *Ecological Indicators*, 135, 108511.



