

CURSO DE POSGRADO

Geomorfología de procesos en ambientes de llanura con énfasis en la dinámica fluvial

*Válido para el Doctorado en Ingeniería y la Maestría
en Ingeniería de los Recursos Hídricos de la FICH*

Docente responsable

Dra. Daniela Kröhling (FICH-UNL y CONICET)

Docentes colaboradores

Dr. Ernesto Brunetto (CICyTTP-CONICET y UADER)

Dra. Jimena Roldán (FICH-UNL y CONICET)

MSc. María Cecilia Zalazar (Prof. independiente)

Información general	2
Objetivos	3
Programa analítico	5
Actividades prácticas	7
Bibliografía	9

INFORMACIÓN GENERAL

Fecha

3 al 7 de octubre de 2022.

Modalidad Presencial

- **Sala de conferencias FICH-UNL**
Del lunes 3 al jueves 6 de octubre, de 8.30 a 18.30 h.
- **Salida a campo**
viernes 7 de octubre, de 8 a 18 h.

Carga horaria y modalidad de dictado

45 horas presenciales.

Conocimientos previos requeridos

Contar con título de grado en disciplinas relacionadas con las Ciencias de la Tierra (Geología, Geografía, Ing. Rec. Hídricos, Ing. Agrimensura, Agronomía, Biología, Geoarqueología, Edafología, Paleontología, Ingeniería Civil, entre otras).

Tener conocimientos previos en: Cartografía y Topografía, Geología, Geomorfología y Suelos, Hidrología de Superficie Fluvial. Conocimientos básicos de sensores remotos y SIG.

Equipamiento

Se requiere contar con computadora personal.

Instancias de evaluación y aprobación

La evaluación constará de :

- **Presentación escrita del TP 1** en el plazo acordado, que será corregido y devuelto al/a la alumno/a en el caso de que requiera correcciones o ampliaciones.
- **Presentación oral y escrita del TP 2** realizado en campo (trabajo grupal de dos a tres alumnos/as).

Se dará aprobado el curso cuando el/la alumno/a entregue en tiempo y forma lo solicitado en la instancia de evaluación y cumpla con el 90 % de la asistencia (incluyendo asistencia en campo). Aprobación 7 (1 a 10).

Aranceles e inscripción

Secretaría de Postgrado de FICH-UNL: posgrado@fich.unl.edu.ar

OBJETIVOS

- Introducir a los participantes en los conceptos básicos de geomorfología de llanuras, su aplicación en diferentes problemáticas y al conocimiento de los softwares específicos de disponibilidad libre.
- Reforzar los fundamentos para entender y analizar el paisaje de forma descriptiva y cuantitativa, incorporando el concepto de tiempo/espacio en el entendimiento de los procesos que lo modelan.
- Analizar los procesos geológicos del Cuaternario en ambientes de llanuras, considerando un enfoque geomorfológico y estratigráfico.
- Entrenarse en la descripción y caracterización del relieve a través del sensoramiento remoto, incluyendo los de modelos digitales de elevación (MDE) y modelos digitales del terreno (MDT).
- Introducir al/a la alumno/a en la aplicación de nuevas técnicas geomorfológicas, sedimentológicas, geomorfométricas y cartográficas (mapeos geomorfológicos y de riesgo geológico).
- Proporcionar los elementos básicos sobre las escalas de tiempo de ocurrencia de los procesos geomorfológicos, ampliando la escala de observación instrumental (1.10² años) a las escalas geomorfológicas (1.10³ y 1.10⁴ años).
- Conocer la aplicación de herramientas geomáticas en el abordaje de problemas de procesos geomorfológicos superficiales, de geomorfología tectónica y evaluación de la amenaza hídrica. Integrar procesamientos de datos derivados de MDE en plataformas SIG.
- Aportar herramientas para el manejo de cuencas hídricas.
- Lograr un conocimiento acabado en el estudio de la erosión y sedimentación en cuencas fluviales de diferentes jerarquías y ambientes, en el análisis de la influencia de la tectónica y de los cambios en el nivel de base en los sistemas fluviales.
- Reconocer las características de los depósitos de paleoambientes continentales, en especial las áreas de aporte y análisis de cuencas, el registro fluvial, palustre y lacustre, con fines al análisis predictivo.
- Conocer y analizar los riesgos hídricos en ambientes de llanura y el grado de vulnerabilidad del paisaje.
- Aportar a la solución de problemas en superficie debido a la deformación de la corteza terrestre (geomorfología tectónica), aplicados a problemas de riesgo hídrico y manejo de escurrimiento areal, problemas de riesgo hídrico en valles fluviales, problemas de erosión: difusión e incisión.

- Volcar experiencias propias del Grupo de trabajo en Geomorfología y Geología del Cuaternario de la FICH-UNL (coordinado por la docente) en diferentes ambientes de estudio de la región, basado en diferentes problemáticas. Las mismas están avaladas por el registro de publicaciones de alto impacto en revistas internacionales y por el tipo y número de proyectos de investigación nacionales e internacionales en los que los docentes participan como investigadores.
- Entrenarse en técnicas de campo novedosas aplicadas a procesos fluviales cuaternarios en un área de detalle especialmente seleccionada.
- Señalar las incumbencias de interfaz profesional en el abordaje multidisciplinar de los problemas hidrológicos y en el caso de los enfoques desarrollados netamente por geólogos, que otras disciplinas puedan incorporar elementos para una mejor comprensión de la literatura y antecedentes. Así como propiciar el vínculo entre disciplinas en trabajos científicos y profesionales y aportar elementos para construir lenguajes en común.

PROGRAMA ANALÍTICO

La temática del curso comprende el análisis de:

- 1)** Procesos geomorfológicos superficiales fluviales, y palustres, incluyendo (cuali y cuantitativamente) los procesos de erosión, sedimentación y pedogénesis.
- 2)** Los forzantes endógenos: levantamiento y subsidencia tectónica, y los controles que ejercen los cambios en el nivel de base en los sistemas fluviales. La aplicación de herramientas geológicas, geomorfológicas, geomorfométricas y cartográficas.

Tema 1. La Geomorfología de Procesos. La Geomorfología Climática.

La Geomorfología de Procesos. Los Sistemas Geomorfológicos, magnitud y frecuencia. Escalas espaciales y temporales de observación geomorfológica. Métodos de análisis: observaciones directas, simulaciones, relaciones espacio-tiempo. Modelado digital del relieve terrestre. Variables morfométricas. Variabilidad hidroclimática en el Cuaternario. Análisis del registro geológico aplicado al Antropoceno. Climas y Paisajes de la Llanura Chaco-Pampeana y la Mesopotamia durante el Cuaternario.

Tema 2. La dinámica fluvial en cuencas sedimentarias continentales cuaternaria.

Morfometría de cuencas fluviales. Evolución de cuencas fluviales. La morfodinámica de los ríos de llanura y la influencia del entorno geomorfológico. Dinámica fluvial en cuencas sedimentarias de antepais (*foreland basins*). Sistemas fluviales distributivos (DFS). Mega-abanicos fluviales de cuencas sedimentarias del Chaco, Pampa y Pantanal. Su comparación con mega-abanicos del piedemonte oriental de los Andes Centrales. Dinámica fluvial y sedimentaria en mega-abanicos: bifurcación de canales, extensión proximal a distal de los canales, lóbulos sedimentarios, distribución de humedales en el área distal. La arquitectura estratigráfica y dinámica aplicada al entendimiento de la complejidad espacio-temporal de dichos megasistemas de dispersión fluvial. Análisis de señales climáticas y tectónicas de DFS. La Paleohidrología y su importancia como herramienta predictiva. Organización del drenaje en áreas anegables de llanuras. Riesgo de inundación en valles fluviales en diferentes ambientes. La dinámica fluvial. Gradiente, características del cauce, caudal. Perfil longitudinal, variaciones del caudal, nivel de base y perfil de equilibrio. Erosión, transporte y depósito de sedimentos. El registro sedimentario fluvial. Dinámica de los cauces respecto a los procesos de llanura de inundación. Análisis de procesos avulsivos y geoformas asociadas (*crevasse splays - terminal splays - bifurcation splays*). Llanuras de inundación cohesivas, asociadas a sistemas meandriformes, entrelazados y anastomosados. Análisis de la arquitectura sedimentaria fluvial. Terrazas fluviales. Desarrollo secuencial del paisaje fluvial. Mapeo geomorfológico de llanuras de inundación (*floodplains*), terrazas y sub-ambientes asociados (como *proxies* del cambio climático). Dinámica de deltas holocenos. Análisis de sistemas fluviales y deltaicos del NE del país.

Tema 3. Procesos vinculados a humedales.

Clasificación de humedales. Análisis mediante procesamientos de gabinete y obtención y tratamiento de datos de campo. Procesos de sedimentación lacustre y palustre en diferentes

sub-ambientes geomorfológicos. Análisis de paleo-humedales en el registro estratigráfico y sedimentario de llanuras (en especial la llanura Chaco-Pampeana), su influencia en el escurrimiento superficial.

Tema 4. Acción antrópica sobre el paisaje fluvial.

Dinámica poblacional y ocupación humana del paisaje de la llanura a lo largo del Holoceno y del Antropoceno en sub-ambientes fluviales de llanura. Presentación de casos de: 1) Ocupación humana prehispánica asociados a sistemas lacustres, deltaicos y fluviales 2) Ocupación colonial y la Pequeña Edad de Hielo (PEH), su análisis enmarcado a nivel de cuenca fluvial. 3) Explotación humana de los ambientes fluviales a partir del siglo XX y hasta la actualidad (Antropoceno).

Tema 5. Geomorfología aplicada al análisis de los riesgos geológicos.

Riesgos derivados de la dinámica externa del planeta y asociados a la dinámica fluvial y torrencial. Riesgo hídrico: inundaciones. Enfoque no estructural. Aportes del enfoque geomorfológico-geológico al análisis de las inundaciones. Tipos de inundaciones. Causas. Magnitud y frecuencia. Período de retorno o recurrencia. Método estratigráfico. Representación cartográfica de áreas de riesgo. Prevención. Geomorfología Ambiental. Aplicaciones de la Geomorfología: metodologías cartográficas y analíticas en estudios aplicados (peligrosidad y vulnerabilidad de los sistemas). La respuesta del paisaje frente al cambio climático. Aplicación de resultados del análisis digital de los modelos de elevación a diversos problemas en: geomorfología, hidrología, clima, ecología, ordenamiento territorial y riesgos naturales. Casos de estudio en la llanura Chaco-Pampeana.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Se desarrollarán dos actividades prácticas centrales, una en gabinete (TP 1) y otra en campo (TP 2).

- **TP 1. Tareas en gabinete con introducciones de fundamentos de aplicación:**

Se llevará a cabo en la Sala de Conferencias de la FICH, estrictamente supervisada por todos los docentes del Curso y con evaluación final oral y escrita. Se utilizará Free and Open Source Software for Geospatial (FSS4G) - Grass Gis y QGIS.

Objetivos específicos del TP 1:

1. Entrenar en el uso de herramientas de geomorfometría en ambientes de llanura con escurrimiento no encauzado o de baja jerarquía.
2. Entrenar en técnicas de geomorfometría e interpretación de imágenes en valles fluviales en ambientes de llanura (corrientes encauzadas jerarquizadas).
3. Detectar zonas de potencial amenaza hídrica.

Actividades del TP 1:

Introducción a la geomorfología tectónica y controles del drenaje superficial en llanuras.

Geoformas de origen estructural: colinas, pendientes y bajos estructurales. Humedales estructurales y control neotectónico sobre paleocauces. Implicancias en el drenaje.

Práctica

1. Preparación del entorno de trabajo en GRASS-GIS.
2. Preparación de DEMs. Calibración. Trabajos en escalas múltiples.
3. Relieve analítico.
4. Curvas de nivel, mapa de pendientes y de aspecto.
5. Máscaras.
6. Análisis del drenaje, simulación de redes (streams) e índices de escurrimiento (TCI) y determinación de cuencas, basados en datos de elevaciones.
7. Reconocimiento de patrones geomorfológicos (patrones de formas de pendientes).

Paleohidrología: geomorfología fluvial e indicadores de paleoinundaciones, rol de la geomorfología, sedimentología y estratigrafía en el análisis de recurrencia de largo plazo y estimación de eventos máximos. Registro preinstrumental y cambios climáticos. Rol en la evaluación del peligro de inundaciones y predicción de catástrofes hídricas.

Práctica

8. Identificación geomorfométrica de terrazas a partir de DEMs. Extracción de terrazas fluviales mediante Calculadora raster.
9. Mapa de zonas planas bajas (Mapa de costo por pendientes).

Modelos de evolución del paisaje

Procesos de erosión y sedimentación areal. Enfoque dinámico, generación de relieve por procesos endógenos y erosión sedimentación. Aportes a problemas de erosión de suelos y línea de base natural, previa a uso intensivo de suelos. Importancia de reconstrucciones de cobertura a partir de registros paleobiológicos.

Práctica

10. *Landscape evolution models* 3D.

- **TP 2. Entrenamiento en campo:**

El trabajo en campo será estrictamente supervisado por 3 docentes del Curso (DK, EB y JR) y con evaluación final oral y escrita.

Se desarrollará en un área del río Salado inmediatamente aguas arriba del puente de la ruta prov. 6 (Manucho, provincia de Santa Fe). Se controlarán geoformas fluviales detectadas mediante procesamiento de imágenes, se describirán sitios representativos, se practicará el levantamiento de perfiles estratigráficos en elementos claves. Se identificarán en campo antecedentes generados a partir de relevamientos previos aplicando técnicas novedosas (imágenes generadas a partir de vuelos con Drone, transectas con georadar, etc). El objetivo principal es interpretar la dinámica cuaternaria de un sistema meandriforme típico de la llanura a partir de la identificación de elementos vinculados al cauce, a la evolución de la llanura aluvial actual principalmente relacionada con la dinámica de inundaciones, y al análisis de terrazas fluviales.

BIBLIOGRAFÍA

Abbot, P. L., and Blodgett, R. H., 2011. *Natural disasters*, 8th ed. Mc Graw-Hill.

Baker, V.R., 2008. *Paleoflood hydrology: Origin, progress, prospects.* *Geomorphology* 101, 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.016>

Barton, C. M., Ullah, I. I., and Bergin, S., 2010. *Land use, water and Mediterranean landscapes: Modelling long-term dynamics of complex socio-ecological systems.* *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 368: 5275–5297.

Barton, C. M., Ullah, I., and Mitasova, H., 2010. *Computational Modeling and Neolithic*, 2402: 364–386.

Benito, G., Harden, T.M., O'Connor, J., 2020. *Quantitative Paleoflood Hydrology.* *Treatise Geomorphol.* 743–764. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.12495-9>

Benito, G., Hudson, P.F., 2010. *Flood hazards: The context of fluvial geomorphology*, in: *Geomorphological Hazards and Disaster Prevention.* Cambridge University Press, pp. 111–128.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511807527.010>

Bloom, AL, 1978, *Geomorphology: a systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms:* Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.

Burbank, D. & Anderson, R., 2001. *Tectonic Geomorphology.* Blackwell Science, 274 pages.

Bridge, J., 2006. *Fluvial facies models.* In: Posamentier, H.W., Walker, R.G. (Eds.), *Facies Models Revisited*, 84. SEPM (Society for Sedimentary Geology), Sp. Publ.

Bridge, J. & Demicco, R., 2008. *Earth Surface Processes, Landforms and Sediment Deposits.*

Bull, W. B., 2008. *Tectonic Geomorphology of Mountains: A New Approach to Paleoseismology.* Blackwell.

Cearreta Alejandro. 2015. *La definición geológica del Antropoceno según el Anthropocene Working Group (AWG).* *Enseñanzas de las ciencias de la tierra*, pp 263-271.

Demoulin, A., Bovy, B., Rixhon, G., Cornet, Y., 2007. *An automated method to extract fluvial terraces from digital elevation models: The Vesdre valley, a case study in eastern Belgium.* *Geomorphology* 91, 51–64. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.01.020>

Catuneanu, O. 2006. *Principles of Sequence Stratigraphy.* Elsevier.

Clapperton, C. M. & Clapperton, C., 1993. *Quaternary geology and geomorphology of South America* (Vol. 25). Amsterdam. Elsevier.

Edward, K. A. & Blodgett, R. H., 2004. *Riesgos naturales: procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes.* 3 / 6 Pearson.

- Garrison E. G.** 2003. *Techniques in Archaeological Geology*. Springer.
- Goudie, A.**, 1995. *The Changing Earth: rates of geomorphological processes*. Oxford: Blackwell.
- Goudie, A.** (Ed.), 2003. *Geomorphological techniques*. Routledge.
- Goudie, A.** (Ed.), 2006. *Encyclopedia of Geomorphology*. International Association of Geomorphologists. Taylor & Francis e-Library. Tomos I y II.
- GRASS Development Team**, 2022. *Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software, Version 8.0*. Open Source Geospatial Foundation. <https://grass.osgeo.org>.
- Grotzinger, J; Jordan, T., Press, F. & Siever, R.**, 2007. *Understanding Earth*. Freeman and Co. 5th Ed.
- Guth, P. L., Van Niekerk, A., Grohmann, C. H., Muller, J. P., Hawker, L., Florinsky, I. V., Gesch, D., Reuter, H. I., Herrera-Cruz, V., Riazanoff, S., López-Vázquez, C., Carabajal, C. C., Albinet, C., and Strobl, P.**, 2021. Digital elevation models: Terminology and definitions. *Remote Sensing*, 13: 1–19.
- Gutiérrez Elorza, M.**, 2001. *Geomorfología Climática*. Ed. Omega- Barcelona.
- Gutiérrez Elorza, M.**, 2008. *Geomorfología*. Pearson Educación.
- Huggett, R. J.**, 2003. *Fundamentals of Geomorphology*. Routledge. 2nd Ed.
- Harmon, B.**, *Geomorphometry in GRASS GIS - A tutorial on quantitative terrain analysis in GRASS GIS*.
- Harmon, B. A., Mitasova, H., Petrasova, A., and Petras, V.** 2019. *R.sim.terrain 1.0: A landscape evolution model with dynamic hydrology*. *Geoscientific Model Development*, 12: 2837–2854.
- Hofierka, J., Mitásová, H., and Neteler, M.** 2009. *Geomorphometry in GRASS GIS*. *Developments in Soil Science*, 33: 387–410.
- Iriondo, M.**, 2010. *Geología del Cuaternario en Argentina*. Edición del Museo Prov. De Cs. Nats. F. Ameghino. Sta.Fe
- Iriondo M & Kröhling D**, 2008. *Cambios ambientales en la cuenca del Uruguay-desde dos millones de años hasta el Presente*. Colección Ciencia y Técnica, Ediciones UNL.
- Iriondo, M., Paggi, J.C. & Parma, M.J.** (Eds.). 2007. *The Middle Paraná River: Limnology of a Subtropical Wetland*. Springer – Verlag Berlín Heidelberg.
- Jasiewicz, J., Stepinski, T.F.**, 2013. *Geomorphons-a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms*. *Geomorphology* 182, 147–156.
- Kondolf, G. & Piégay, H.**, 2003. *Tools in fluvial Geomorphology*. Wiley.
- Kröhling, D., Costa, C.; Carignano, C.; Brunetto, E.; Piovano, E. & Cordoba, F.** 2013. *Guía de Entrenamiento de Campo y Taller del Sam-GeoQuat Int. Focus Group INQUA: "From the Pampean Ranges to the North Pampa: Tectonic and Climatic Forcing on the Late Quaternary landscape evolution of Central Argentina"*. INQUA Proj. 1311. 80 pp.

- Kröhling, D.**, 2017. (Editor). *Analysis of the Quaternary climatic and tectonic forcing along some different tectonic settings of South America*. *Quaternary International*, Volume 438, Part A, 200 págs.
- Miall, A.** 1996. *The Geology of fluvial deposits (Vol. 575)*. Berlin: Springer.
- Montgomery, C., 2011. *Environmental Geology*, 9th Ed. Mac Graw Hill.
- Mitasova, H., Barton, M., Ullah, I., Hofierka, J., and Harmon, R. S.**, 2013. *GIS-Based Soil Erosion Modeling*. 228–258 pp.
- Monroe, J. & Wicander, R.**, 2012. *The Changing Earth: Exploring Geology and Evolution*. Brooks/Cole. 6th Ed.
- Nicols, G.**, 2009. *Sedimentology and Stratigraphy* Wiley-Blackwell.
- Olaya Ferrero, V.**, 2004. *Hidrología Computacional y Modelos Digitales del Terreno- Teoría, práctica y filosofía de una nueva forma de análisis hidrológico*.
- Pelletier, J.D.**, 2008. *Quantitative Modeling of Earth Surface Processes*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Olaya, V.** 2014. *Sistemas de Información Geográfica*. 798 pp.
- Piovano E., Ariztegui D., Córdoba F., Cioccale M. & Sylvestre F.** 2009. *Hydrological variability in South America below the Tropic of Capricorn (Pampas and eastern Patagonia, Argentina) during the last 13.0 ka*. En: Vimeux F, Sylvestre F, Khodri M (Eds) *Past climate variability from the Last Glacial Maximum to the Holocene in South America and Surrounding regions*. Springer- Developments in Paleoenvironmental Research Series.
- Rapp G. & C. L. Hill.** 1998. *Geoarchaeology. The Earth science approach to archaeological interpretation*. Yale University Press. Londres.
- Russell, H. S.**, 2001. *Landscape erosion and evolution modeling*. Kluwer Publ. Schumm, S. A., 1977. *The fluvial system*. Wiley-Interscience.
- Summerfield, M.**, 1991. *Global geomorphology: an introduction to the study of landforms*. Longman Scientific & Technical. Wiley. Smith, J. & Rogers, J., *Fluvial Sedimentology*. Sp. Publ. Blackwell Sc.
- Suprit, K., Kalla, A., Vijith, V.**, 2010. *A GRASS-GIS-Based Methodology for Flash Flood Risk Assessment in Goa*. Dona Paula, Goa: National Institute of Oceanography (CSIR) 1–74.
- Thompson & Turk**, 2009. *Introduction to Physical Geology*. Saunders Series.
- Tarback, E., Lutgens, F. & Tasa, D.**, 2005. *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la Geología Física*. Editorial Prentice Hall.
- Whol E.** 2013. *Wilderness is dead: Whither critical zone studies and geomorphology in the Anthropocene? Anthropocene Journal*. Elsevier.



**UNL • FACULTAD
DE INGENIERÍA Y
CIENCIAS HÍDRICAS**