



## CURSO DE POSGRADO

### ***Abordando el cambio climático: herramientas para el análisis espacio-temporal de series de tiempo***

**PROFESORES/AS RESPONSABLES:** Dr. Federico Ferrelli (DGyT – IADO- CONICET) y Dra. Andrea S. Brendel (Depto Agronomía, UNS, IADO- CONICET).

**DÍAS:** 17 a 21 de marzo de 2025- ***Modalidad híbrida sin límites de inscripciones***

#### **HORAS DE CLASE**

La totalidad de las horas del curso se desarrollará de forma híbrida sincrónica, es decir, dictado desde las instalaciones del Departamento de Geografía y Turismo, utilizando las plataformas Zoom y Moodle UNS. Del total de las horas, el curso destinará la siguiente carga horaria:

Teóricas: 15 h.

Prácticas: 25 h.

Total: 40 h.

**ORIENTADO A:** Graduados de las carreras de Geografía, Oceanografía, Agronomía, Cartografía, Biología, Geología, Meteorología, Ciencias Ambientales y disciplinas afines.

#### **FUNDAMENTACIÓN**

El contexto actual del cambio climático y el inminente calentamiento global están ocasionando variaciones en los patrones térmicos y pluviométricos en todo el planeta. Ello se traduce en modificaciones en la humedad del suelo, el estado de la vegetación, las condiciones edáficas, la sucesión de eventos secos y húmedos, entre otros. Por lo tanto, el estudio de los cambios termo-pluviométricos ocurridos durante el pasado y las tendencias futuras son fundamentales para preservar la calidad de vida de la población, el ambiente y las actividades económicas. En su análisis, se deben determinar las tendencias en diversas escalas temporales y espaciales. La utilización de diversas técnicas estadísticas con diferentes series de datos meteorológicos permite comprender el comportamiento pasado, presente, como así también determinar la dinámica en un escenario futuro. Estos conocimientos son importantes para el análisis del espacio geográfico. En general, para las ciencias ambientales, estos conceptos favorecen el estudio de los diferentes fenómenos naturales y aquellos producidos por el ser humano, prestando especial atención a las interrelaciones que se dan entre ellos.



## OBJETIVOS

El **objetivo general** de la actividad curricular es evaluar técnicas estadísticas para el estudio integral del cambio climático a distintas escalas espacio-temporal. Los **objetivos específicos** son:

- Establecer conceptos teóricos relacionados con el cambio climático y el calentamiento global.
- Analizar estadísticas descriptivas de series de tiempo meteorológicas, a partir de la aplicación de tablas dinámicas.
- Interpretar fenómenos meteorológicos diarios, mensuales y anuales utilizando distintos paquetes del Software R.
- Estudiar diferentes técnicas estadísticas para identificar tendencias, correlaciones y determinaciones entre variables.
- Confeccionar mapas temáticos para la representación espacial de distintas variables meteorológicas.

## PROGRAMA SINTÉTICO

### Clases Teórico-Prácticas

- Conceptualización del cambio climático y el calentamiento global en el Hemisferio Sur.
- Estadísticas descriptivas utilizando tablas dinámicas de Excel.
- Análisis de series de tiempo meteorológicas utilizando Software R.
- Evaluación de períodos secos y húmedos e índices espectrales de vegetación.
- Diseño de mapas temáticos en un entorno SIG: análisis espacial de distintas variables.

## ACTIVIDADES

- Se realizarán trabajos grupales o individuales con puesta en común de los resultados obtenidos del análisis de series temporales a distintas escalas espacio temporales de análisis.
- Se confeccionarán gráficos y diferentes formas de representación de la información relacionada con series de tiempo diarias, mensuales y anuales.
- Se identificarán scripts y se detallará el paso a paso de cómo aplicarlo para generar un resultado coherente dentro de los distintos test que se empleen durante el curso.
- Se destinarán instancias plenarias para la puesta en común y el intercambio de opiniones de forma híbrida para que las personas que tengan dudas o no hayan obtenido resultados esperados puedan evacuar sus dudas en espacios de debate sobre la interpretación de los materiales trabajados.



---

## EVALUACIÓN

El curso se aprobará con la evaluación de cuestionarios diarios que deberán tener una calificación mayor o igual a 6 (seis) puntos, utilizando la plataforma Moodle.

## TIPO DE EVALUACIÓN

- Asistencia mínima del 80% a los encuentros sincrónicos. Se contemplarán casos de inasistencia por alguna eventualidad. En ese caso los estudiantes podrán el material de forma asincrónica a través de las clases grabadas, más los espacios de consultas e intercambios.
- Aprobación de los cuestionarios y los trabajos prácticos de cada una de las unidades (con calificación entre 6 y 10).
- Aprobación de un Trabajo Final Integrador que contemplará la generación de un documento cartográfico (con calificación entre 6 y 10).

## FECHA Y MODALIDAD

El curso de posgrado se desarrolla en modalidad presencial y virtual, con clases y espacios de consulta sincrónicos. En cuando a las fechas, se establece:

*Las Unidades se desarrollarán de la siguiente manera: Lunes a viernes 11/12 a 15/12 de 9 a 17 h. Se destina una clase sincrónica de 9 a 12 h y un espacio de consulta de 12.30 a 17.30 h que se desarrollará de forma virtual y optativo. El mismo tiene como objetivo realizar y/o completar los trabajos prácticos diarios propuestos.*

## ACTIVIDADES y METODOLOGÍA

Para abordar los contenidos y saberes se trabaja suponiendo una la articulación teoría-práctica, considerando el “aprender haciendo”, los trabajos grupales y las formas de interacción en torno a la problematización. Esto supone estrategias de acuerdo mutuo, tuteladas por los profesores, que operan combinadas en la construcción de conocimientos, competencias y sentidos para la el entendimiento de los contenidos impartidos en este curso.

## Recursos didáctico-metodológicos

- Trabajos grupales basados en problemáticas reducidas, a partir de la entrega de series de tiempo medidas in situ para determinar las señales de calentamiento global, los efectos del calentamiento global y demás temáticas de interés para el curso.
- Clases tipo exposiciones teóricas al grupo total para introducir los conceptos teóricos metodológicos necesarios para introducir a los estudiantes en las temáticas de interés. Se hará hincapié en la determinación y la utilidad de las series de tiempo diarias, mensuales y anuales.



---

## PROGRAMA ANALÍTICO

### Clases Teórico-prácticas

#### 1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CON EXCEL

- Diseño de tablas dinámicas en Excel. Análisis y procesamiento de series de datos meteorológicos diarios.
- Generación de tablas resumen (promedio, desvío estándar, mediana, entre otros).
- Determinación de series mensuales y anuales a partir de datos meteorológicos diarios.

#### 2. ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS DIARIOS CON R: EVALUACIÓN DE EVENTOS TERMO-PLUVIOMÉTRICOS DIARIOS PRESENTES, PASADOS Y FUTUROS

- Aplicación del paquete RCLimDex y RHTest V4.
- Cálculo de eventos termo-pluviométricos diarios presentes, pasados y futuros bajo diferentes escenarios de concentración de gases de efecto invernadero.
- Caracterización climática a partir de 27 índices de temperatura y precipitación definidos por el *Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCI)*.

#### 3. ANÁLISIS DE DATOS MENSUALES

- Caracterización de sequías y eventos húmedos. Frecuencia, duración, intensidad, magnitud y periodicidad.
- Cálculo de índices de sequía y humedad durante el pasado, presente y futuro. SPEI y SPI en distintas trayectorias socio-económicas compartidas.
- Análisis de series de tiempo del NDVI y EVI a partir de datos satelitales. Descarga y procesamiento.

#### 4. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE SERIES DE TIEMPO

- Cálculo de tendencias para la detección de señales de calentamiento global.
- Aplicación del test de Mann Kendall, el estimador de pendiente de Sen y de puntos de inflexión en las series de tiempo pasadas y futuras, utilizando el Software RStudio.

#### 5. ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS: DISEÑO DE MAPAS TEMÁTICOS.

- Simbología y representación de datos vectoriales y rasterizados a partir de la utilización de un SIG. Esquematización de tendencias climáticas.
- Métodos de interpolación. Generación de capas rasters.
- Diseños de mapas: escala, leyenda, sistema de coordenadas, entre otros.



---

## BIBLIOGRAFÍA

Abatan A.A., Abiodun B.J., Lawal K.A., Gutowski, W.J. (2015). Trends in extreme temperature over Nigeria from percentile-based threshold indices. *Int J Climatol* 6(6): 2527-2540. <https://doi.org/10.1002/joc.4510>.

Aliaga V.S., Ferrelli F., Piccolo, M.C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. *Int J Climatol* 37: 1237-1247. <https://doi.org/10.1002/joc.5079>.

Allan, R. P., Hawkins, E., Bellouin, N., & Collins, B. (2021). IPCC, 2021: summary for Policymakers.

Atilano-Robles, E., (2021). Cooperación legislativa entre oposición y gobierno en México. Un análisis de series de tiempo. *Perfiles Latinoamericanos*, 30 (59). FLACSO México. (doi: dx.doi.org/10.18504/pl3059-010-2022 • 2)

Barros VR, Boninsegna JA, Camilloni IA, Chidiak M, Magrín GO, Rusticucci M. (2015). Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. *WIREs Clim Change* 6: 151–169. <https://doi.org/10.1002/wcc.316>.

Bohn, V. Y., Rivas, R., Varni, M. and Piccolo, M. C., (2020). Using SPEI in predicting water table dynamics in Argentinian plains. *Environmental Earth Sciences*. 79:469. 469. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09210-0>

Bohn, V.Y. y Piccolo, M.C. (2018). Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) as a tool to determine the hydrological dynamic of plains regions (ARGENTINA). *Revista Geociencias* (37): 627 – 637.

Brendel, A. S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M. C. y Perillo, G. M.E. (2019). Assessment of the effectiveness of supervised and unsupervised methods: maximizing land-cover classification accuracy with spectral indices data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(1), 014503. doi: 10.1117/1.JRS.13.014503.

Brendel, A.S. (2020). Variabilidad climática actual y futura de una cuenca hidrográfica de la Región Pampeana Argentina. *Revista Geográfica Digital (Chaco)*, Vol.17, N°34, 30-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/geo.17344420>.

Brendel, A. S. Ferrelli, F., Piccolo, M. C. y Perillo, G.M.E. (2021). Impacto de eventos pluviométricos sobre el caudal diario de un río de la Región Pampeana Argentina. *Interespaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, 7(e202112), 1-22.

Brendel, A.S. (2021). Impactos de la variabilidad climática sobre la vegetación de la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). *Boletín Geográfico*, 43(2), 95-113. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/344/3442719002/index.html>.

Brendel, A.S.; Del Barrio, R.; Mora, F.; Orrego León, E.A.; Rosales Flores, J. y Campoy, J.A. (2021). Current agro-climatic potential of Patagonia shaped by thermal and hydric patterns. *Theoretical and Applied Climatology*, 142, 855-868. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03350-w>.

Brendel, A. S. (2024). Análisis espacial del riesgo futuro al cambio climático en el sur de la región pampeana (Argentina). *Papeles de Geografía*, 69, 155-168. DOI: <https://doi.org/10.6018/geografia.563951>.



Bronnimann, S., Luterbacher, J., Ewen, T., Diaz H. F., Stolarski, R. S., Neu, U., (2008). Climate variability and Extremes during the past 100 years. Springer, 361.

Chen A, He X, Guan H, Cai Y. (2017). Trends and periodicity of daily temperature and precipitation extremes during 1960–2013 in Hunan Province, central south China. *Theor Appl Climatol* 132:71-88. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2069-x>.

Easterling, J. L., Evans, P., Groisman, Kunkel, K.E. y Ambenje, P., (2000). Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A Brief Review, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 81, No. 3, 417-425.

Ferrelli, F., Huamantincó Cisneros, M. A., Delgado, A. L., & Piccolo, M. C. (2018). Spatial and Temporal analysis of LST-NDVI relationship for the study of land cover changes in a touristic coastal city (Monte Hermoso, Argentina). *Documents D'Analisi Geogràfica*, 64(1), 25-47.

Ferrelli, F., Brendel, A. S., Aliaga, V. S., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (2019). Climate regionalization and trends based on daily temperature and precipitation extremes in the south of the Pampas (Argentina). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 45(1), 393-416. <https://doi.org/10.18172/cig.3707>.

Ferrelli, F., Brendel, A. S., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (2020). Evaluación de eventos secos y húmedos en el contexto del cambio climático: el caso del sur de la Región Pampeana (Argentina). *Papeles de Geografía*, 66(2020), 27-46. <https://doi.org/10.6018/geografia.431671>.

Ferrelli, F., Brendel, A. S., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (2020). Tendencia actual y futura de la precipitación en el sur de la Región Pampeana (Argentina). *Investigaciones Geográficas*, Número 102. <http://dx.doi.org/10.14350/rig.59919>.

Ferrelli, F., Brendel, A. S., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (2020). Evaluación de eventos secos y húmedos en el contexto del cambio climático: el caso del sur de la región Pampeana (Argentina). *Papeles de Geografía*. <https://doi.org/10.6018/geografia.431671>.

Ferrelli, F., Brendel, A. S., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (2021). Evaluación de la tendencia de la precipitación en la Región Pampeana (Argentina) durante el período 1960-2018. *Raega - O Espaço Geográfico em Análise*, 51, 41-56. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v51i0.69962>.

Ferrelli, F., Brendel, A. S., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (2021). Warming signals emerging from the analysis of daily changes in extreme temperature events over Pampas (Argentina). *Environmental Earth Sciences*, 80, 422-435. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09721-4>.

Ferrelli, F., Pontrelli Albisetti, M., Brendel, A. S., Casoni, A. I., & Hesp, P. A. (2024). Appraisal of Daily Temperature and Rainfall Events in the Context of Global Warming in South Australia. *Water*, 16, 351. <https://doi.org/10.3390/w16020351>.

Ferrelli, F., Brendel, A.S., Mendioroz, P y Ferrelli, I. Reviewing the Heat: Exploring Global Warming Patterns in the Southern Hemisphere. (2024). *Environmental Analysis & Ecology Studies*, 12(3), 1458-1467. DOI: 10.31031/EAES.2024.12.000789.



Hernandez S., C. A., Pedraza M., L. F., Escobar Diaz, A. (2008). Aplicaciones de las series de tiempo en modelos de tráfico para una red de datos. *Scientia et Technica A*. XIV, 38, Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.

Kundzewicz, Z. W. (2016). Extreme weather events and their consequences. *Papers on Global Change*, 23, 59–69.

Mann, H.B. (1945). Non-parametric tests against trend, *Econometría*, 13.

Núñez, M.N., Ciapessoni, H.H., Rolla, A., Kalnay, E. y Cai, M. (2008). Impact of land use and precipitation changes on surface temperature trends in Argentina. *Journal of Geophysical Research*, 113, D06111.

Pohlert, T. (2017). Non-parametric trend tests and change-point detection, 4.

Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American statistical association*. 63(324), 1379-1389.

Tong, S., Bao, Y., Te, R., Ma, Q., Ha, S. & Lusi, A. (2017). Analysis of drought characteristics in Xilingol grassland of Northern China based on SPEI and its impact on vegetation. *Mathematical Problems in Engineering*, 11

Vásquez, C., Aguirre, Chocía, Guerrero, J. (2022). Variabilidad interanual de la temperatura superficial del lago Titicaca usando imágenes MODIS del invierno (2001-2014). *Revista de Investigación de Física* 25(1). (Doi: 10.15381/rif.v25i1.21xxx).

Wan L, Zhang XP, Ma Q, Zhang JJ, Ma TY, Sun YP. (2014). Spatiotemporal characteristics of precipitation and extreme events on the Loess Plateau of China between 1957 and 2009. *Hydrol. Processes* 28(18): 4971-4983. <https://doi.org/10.1002/hyp.9951>.

Wang KY, Li QF, Yang Y, Zeng M, Li PC, Zhang JX. (2015). Analysis of spatio-temporal evolution of droughts in Luanhe River Basin using different drought indices. *Water Sci.Eng.* 8(4): 282-290. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2015.11.004>.

Wang XL, Chen H, Wu Y, Feng Y, Pu Q. (2010). New techniques for the detection and adjustment of shifts in daily precipitation data series. *J. Atmos. Oceanic. Technol.* 49 (12): 2416-2436. <https://doi.org/10.1175/2010JAMC2376.1>.

Worku G, Teferi E, Bantider A, Dile YT. (2018). Observed changes in extremes of daily rainfall and temperature in Jemma sub-basin, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Appl. Clim.* <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2412-x>.

Zadrozny, B., Watson, C. D., Szwarcman, D., Civitarese, D., Oliveira, D., Rodrigues, E., Guevara, J. (2021). A modular framework for extreme weather. Generation. 34th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020), Vancouver, Canada.

Zhang Q, Li J, Chen Y D, Chen X. (2011). Observed changes of temperature extremes during 1960–2005 in China: natural or human-induced variations? *Theor. Appl. Climatol.* 106(3-4): 417-431. <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0447-3>.

Zhang X, Yang F. (2013). RCLimDex (1.1) user manual. Available at [http:// ccma. Seos. Uvic. Ca /ETCCDI/software.shtml](http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/software.shtml).



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR



DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA Y TURISMO

---

Zhou H, Aizen E, Aizen V. (2018). Constructing a long-term monthly climate data set in central Asia. *Int.J. Climatol.* 38: 1463-1475. <https://doi.org/10.1002/joc.5259>.