



Educación a distancia

MÓDULO 3

Análisis de datos espaciales y sus aplicaciones

Unidad integradora

Instancia integradora – Trabajo práctico grupal

Autoría: Antonella Galetto y Sofía Viotto

Índice

Caso Integrador: Análisis espacial de precipitaciones del NOA

1. Introducción	2
2. Introducción al caso de estudio	2
3. Consigna de trabajo	4
4. Base de datos	7
5. Guía para el desarrollo y avance	7
5.1. Modalidad de trabajo grupal	7
5.2. Formato de presentación	8
5.3. Fecha de entrega	9
6. Materiales ampliatorios	9
7. Referencias	10
¿Cómo citar este material?	10

Caso Integrador:

Análisis espacial de precipitaciones del NOA

1. Introducción

¡Hola! Hemos recorrido un gran camino explorando el universo del Análisis de Datos Espaciales y sus Aplicaciones. Desde los fundamentos de la estadística descriptiva hasta las complejidades de la autocorrelación espacial y el kriging, han adquirido un conjunto de herramientas poderosas para comprender y modelar fenómenos en nuestro territorio.

Ahora, es el momento de poner todo ese conocimiento en acción. Esta sección final integradora está diseñada para que aborden un caso de estudio real, aplicando la secuencia completa de análisis que hemos aprendido. Este no es solo un ejercicio; es su oportunidad de experimentar cómo se aborda un problema geoespacial de principio a fin, tal como lo harían en un proyecto profesional.

Su tarea principal y obligatoria para completar este módulo, será desarrollar un informe completo de manera grupal. Este informe presentará sus resultados y documentará cada etapa del proceso, demostrando su comprensión profunda de la metodología. Abordarán todos los pasos de un análisis de datos espaciales, incluyendo el desarrollo de la estadística descriptiva, el análisis de la distribución de frecuencias, el análisis espacial exploratorio y finalmente el abordaje de la estadística inferencial y predicción (kriging). Esta instancia les brindará una visión completa y robusta de un flujo de trabajo estadístico, consolidando significativamente su proceso de aprendizaje y sus habilidades prácticas en el campo.

2. Introducción al caso de estudio

Esta instancia integradora consiste en abordar un **“Análisis espacial de precipitaciones en el Noroeste Argentino (NOA)”**. Esta región se ubica entre las latitudes 23° y 24° y abarca las provincias de Salta y Jujuy.

Las precipitaciones en el Noroeste Argentino (NOA) son un fenómeno complejo y de gran relevancia, que influye directamente en los ecosistemas, la actividad socioeconómica y la gestión de riesgos en la región. Históricamente, el NOA se caracteriza por una marcada variabilidad climática, con un gradiente de precipitación marcado, pasando de las zonas húmedas de las yungas a los ambientes áridos y semiáridos de la

Puna y el Altiplano. Esta heterogeneidad geográfica crea un mosaico de condiciones que sustentan una amplia diversidad de biomas, desde bosques subtropicales hasta desiertos de altura (Minetti, 2005).

La variabilidad climática actual, exacerbada por el cambio climático, ha introducido desafíos significativos en la región. Se observan cambios en los patrones de lluvia, con eventos extremos más frecuentes, como sequías prolongadas o lluvias torrenciales (Viale et al., 2018). Estos fenómenos tienen un impacto directo y severo en la producción de cultivos clave para la economía del NOA, como la caña de azúcar, el tabaco, los cítricos y los cereales, al condicionar su crecimiento y rendimiento. De la misma manera, la distribución de la vegetación y las especies animales están directamente ligadas a la disponibilidad hídrica, por lo que cualquier alteración en el régimen de precipitaciones puede modificar el equilibrio ecológico, afectando la biodiversidad local (Izquierdo et al., 2016).

Además de los efectos productivos y ecológicos, los cambios en la dinámica de las precipitaciones incrementan la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Las lluvias intensas en cortos períodos pueden desencadenar eventos de inundación y aludes de barro, particularmente en las zonas montañosas y de laderas escarpadas. Un ejemplo de esto lo constituye el alud que sepultó parte de la localidad de Volcán (Provincia de Jujuy) en el 2017 y dejó un saldo de 4 personas fallecidas (Fuente: [Todo Jujuy-Portal Noticias](#)).

La comprensión y el monitoreo de los patrones climáticos son cruciales para la gestión de riesgos y la planificación territorial, buscando mitigar los impactos sobre la población y la infraestructura (Nuñez et al., 2019).

3. Consigna de trabajo

Como equipo de procesamiento de datos, nuestra misión es tomar los datos geolocalizados de las precipitaciones en el Noroeste Argentino y analizar su distribución espacial. Los principales **objetivos** de este desafío son:

- Identificar si existe un patrón espacial o un gradiente general en la distribución de las precipitaciones del NOA.
- Predecir sus valores en los sitios no muestreados.
- Reconocer los posibles factores que controlan ese gradiente en las precipitaciones.
- Analizar de qué manera esa distribución observada y predicha condiciona las características de cada subregión del NOA.

Para el análisis de los datos, deberán basarse en las etapas del proceso estadístico y seguir el orden de las tres etapas consecutivas propuestas:



A. Descripción del problema:

Utilizando las herramientas que provee la estadística descriptiva (histogramas, media, mediana, desvío, diagramas de caja, entre otros), se sugiere indagar acerca de los siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el rango de valores de precipitación más frecuente en la región?
- ¿Cuál es el promedio de precipitación anual? ¿Cómo se compara este resultado con promedios históricos o con bibliografía específica de la región?
- ¿Cómo es la dispersión o varianza de la precipitación? ¿Existe una gran variabilidad en los valores registrados?

B. Análisis espacial de los datos:

En relación a los resultados obtenidos en el paso anterior, los interrogantes que proponemos como guía son:

- ¿La distribución de las precipitaciones sigue algún patrón espacial? ¿Se observan agrupamientos o regiones con valores similares? 
- ¿Se observa alguna **tendencia espacial** clara (por ejemplo, un gradiente que disminuye o aumenta en una dirección específica)? ¿Se podría sugerir que esta tendencia es leve o marcada? 
- ¿La variable en estudio se ajusta a una distribución normal? En caso de que no lo haga, ¿qué tipo de transformaciones podrían aplicarse para garantizar el cumplimiento de los supuestos estadísticos requeridos en el análisis geoestadístico?

C. Análisis geoestadístico:

En este paso, deberán generar un mapa de predicciones para el caso. Los interrogantes que proponemos como disparadores son:

- ¿Qué modelo de **variograma teórico** se ajusta mejor a la estructura espacial de los datos? ¿Cómo se interpretan los parámetros del modelo (efecto pepita, meseta y rango)?

- En lugares no muestreados, ¿cómo es la variabilidad espacial de las precipitaciones? ¿Se pueden identificar las zonas con mayor o menor incertidumbre en la predicción?
- En base a los resultados obtenidos, ¿qué conclusiones se pueden extraer sobre la distribución de las precipitaciones en el NOA? ¿Cómo podría esta información ser utilizada para la planificación agrícola, la gestión de riesgos (como sequías o inundaciones) o el estudio de la biodiversidad en la región?

D. Análisis integrado en GIS:

Por último, los desafiamos a abordar un **análisis integrado** de los resultados. En esta etapa, deberán importar todas sus visualizaciones georreferenciadas en el software **QGIS**.

El objetivo es superponer y comparar sus resultados con la información de los materiales ampliatorios que consisten en archivos complementarios y fuentes de información para investigar (Sección 6). Esto les permitirá indagar sobre los siguientes puntos:

- **Correlación de patrones:** ¿Existe una relación entre los patrones de distribución de las precipitaciones que predijeron y la topografía del NOA (altitud, presencia de cordilleras, etc.)? ¿Cómo influyen estas características en la distribución de las lluvias?.
- **Distribución de cultivos:** ¿Cómo influye la variabilidad espacial de las precipitaciones en la ubicación y el tipo de cultivos predominantes en la región? ¿Existen patrones claros que vinculen la demanda hídrica de los cultivos (por ejemplo, caña de azúcar, arroz, soja, maíz) con las zonas de mayor o menor precipitación observada o proyectada?
- **Distribución de vegetación autóctona:** ¿Cómo influye la variabilidad espacial de las precipitaciones en la ubicación y el tipo de vegetación autóctona (yungas, arbustos y cactus) en la región?
- **Análisis de incertidumbre:** Al superponer el mapa de predicciones con el de varianzas, ¿se puede identificar si las zonas de mayor incertidumbre en la predicción de precipitaciones coinciden con áreas de alta variabilidad topográfica o con zonas de interés agrícola?

La meta de esta etapa es que logren **integrar toda la información** para comprender de forma holística cómo la precipitación, como variable clave, interactúa con el entorno geográfico y las actividades humanas en el Noroeste Argentino.

Como resultado de este análisis, les desafiamos a generar un **mapa final exportado desde QGIS** que visualice y exprese las reflexiones obtenidas. Pueden crear uno o varios mapas, siguiendo los [pasos de exportación desde QGIS](#), y asegurándose de que cada uno incluya los [elementos cartográficos](#) esenciales (título, leyenda, escala, norte y fuente) para que sea claro, completo y profesional.

Recuerden que, para abordar cada etapa, será necesario recurrir al material de las unidades abordadas en este módulo. Para el abordaje del proyecto en RStudio, los scripts desarrollados en cada tutorial les servirán de guía. Asimismo, recuerden que siempre pueden acudir a nuestra ayuda a través del foro de consultas de la unidad integradora.

4. Base de datos

En este trabajo, utilizaremos un conjunto de datos geoespaciales para analizar la distribución de las precipitaciones en el NOA. Los datos obtenidos de la plataforma mapa.poblaciones.org, nos permitirán aplicar una secuencia completa de herramientas de análisis espacial. A través de la estadística descriptiva, la visualización exploratoria y la geoestadística (kriging), buscaremos modelar y predecir los patrones de precipitación en la región, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informada.

Específicamente, la base de datos contiene datos de precipitaciones anuales (mm) de localidades (departamentos/comunas) de las provincias de Jujuy y Salta. Estos datos de precipitaciones provienen del Atlas Climático Digital de la República Argentina, generado por INTA-Salta (Bianchi C. y Cravero, 2010). Cada medida de precipitación tiene coordenadas asociadas (latitud y longitud, correspondientes a los centroides de cada departamento). Como datos complementarios se detallan los valores de altitud (elevación promedio de cada departamento estimada a partir de SRTM), temperatura promedio anual (°C) y superficie (km²).

Para acceder a la base de datos para el desarrollo de este trabajo, pueden acceder a la sección integrador del aula virtual. Les compartimos el link de acceso directo [aquí](#).

5. Guía para el desarrollo y avance

5.1. Modalidad de trabajo

Para abordar este trabajo práctico integrador deberán conformar grupos de un **máximo de 4 personas y un mínimo de 2 personas**. Esta instancia es de carácter grupal,

por lo que se sugiere evitar presentar trabajos de manera individual. Pueden acceder a la planilla de conformación de grupos haciendo [clic aquí](#). Para definir los grupos de trabajo pueden hacer uso de los medios de comunicación provistos en este módulo: mensajería privada y foro de consultas de la sección integrador. También pueden acceder a la sección de participantes del aula virtual, para ver los perfiles de sus compañeros y compañeras, y seleccionar compatibilidades de modo tal de enriquecer la instancia de trabajo grupal.

IMPORTANTE: Esta instancia es de carácter **obligatoria** y es **indispensable para poder completar el Módulo 3**.

5.2. Formato de presentación

El producto final a generar (informe), debe ser el eje de las respuestas para identificar la distribución espacial de precipitaciones en el NOA. El mismo, deberá seguir la estructura planteada en la siguiente [plantilla](#).

El documento final se entregará en formato **PDF** a través del buzón de entrega por **todos** los miembros del grupo. El archivo debe ser **idéntico para todos**, ya que la calificación será grupal y no se aceptarán modificaciones individuales. El archivo PDF deberá contener el los **mapa/s finales**.

Para cada una de las secciones planteadas en la plantilla, se sugiere incluir los siguientes elementos a fin de lograr integrar y consolidar los contenidos de este módulo. Las devoluciones a realizar por el equipo de tutores estarán basadas en estos aspectos:

- Salidas gráficas: Presenta las salidas gráficas necesarias con las referencias que permiten su interpretación. Se sugiere presentar la salida gráfica en un tamaño adecuado para su correcta visualización.
- Metodología y orden: Utiliza la metodología enseñada en clase con criterio y orden.
- Herramientas: Uso correcto de las herramientas estadísticas presentadas en clase.
- Interpretación: Realiza una interpretación lógica de los diferentes análisis y herramientas utilizadas.

Por último, si consideran necesario, pueden hacer otros procesamientos (en R u otro software de procesamiento), incluso que no se haya visto, siempre que sea factible de realizar y justificar por el equipo de trabajo. Es importante que esos aportes no resulten una complicación, sino una facilidad para plantear los resultados obtenidos, según los pasos propuestos para resolver el problema.

5.3. Fecha de entrega

IMPORTANTE: La fecha límite de entrega del trabajo será el **domingo 7 de septiembre a las 23.59 hs Argentina.**

6. Materiales ampliatorios

A continuación se detallan algunos materiales que podrás utilizar para enriquecer sus introducciones al caso de estudio, discusiones y conclusiones. Recuerden que pueden investigar otras fuentes para mayor profundidad.

Para profundizar en la correlación de patrones:

- Modelo de Elevación Digital ([Acceso al DEM](#)) del NOA: Copernicus DEM de resolución 30 m, con adquisiciones realizadas en el 2012. Para el análisis de este material complementario pueden aplicar sus conocimientos en el procesamiento de DEMs a partir del [análisis de pendientes](#) y [creación de curvas de nivel](#).

Para profundizar sobre la distribución de cultivos:

- Libro: [El clima del noroeste argentino](#)
 Autor: Minetti, Juan Leónidas
 Publicación: Editado por el autor (2012).
 Resumen: Este libro es una obra de referencia en la climatología del NOA. Ofrece una visión global y detallada de las variables climáticas de la región. Excelente punto de partida para cualquier estudio que busque vincular las precipitaciones con otras dinámicas, como la distribución de los cultivos.
- Artículo: [Monitoreo de cultivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos](#)
 Autores: Vale Laura, Elena Hernán, Noé Yanina. INTA
 El artículo se enfoca en el uso de la tecnología de sensores remotos para el monitoreo de los principales cultivos del Noroeste Argentino (NOA). Este tipo de monitoreo es fundamental para la toma de decisiones en el sector agroindustrial, ya que permite obtener información actualizada y precisa sobre el estado de los cultivos a gran escala.
- Mapas: [Mapa Nacional de Cultivos Extensivos](#)
 Autor: INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)

Publicación: MapBiomias Argentina (últimas campañas disponibles, por ejemplo, 2023/24).

Resumen: Los mapas de cultivos del INTA son un recurso invaluable. Se elaboran anualmente mediante el procesamiento de imágenes satelitales (sensores remotos) y muestran con gran precisión la distribución espacial de los principales cultivos extensivos. Comparar estos mapas con tus resultados de predicción de precipitaciones te permitirá visualizar de manera directa la correlación entre la disponibilidad hídrica y la ubicación real de los cultivos.

Otras fuentes:

- **Atlas climático:** [Atlas Climático Digital de la República Argentina](#)

Autores: Bianchi C. y Cravero S. INTA Salta.

El objetivo principal de este atlas es proveer una herramienta geoespacial para la planificación y el manejo del territorio en Argentina. A diferencia de los atlas climáticos tradicionales, este fue diseñado en formato digital y con la capacidad de ser utilizado en un entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG).

7. Referencias

- **Allmendinger, R. W., Jordan, T. E., Kay, S. M., & Isacks, B. L.** (1997). The evolution of the Altiplano-Puna Plateau of the Central Andes [Journal Article]. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 25 (Volume 25, 1997), 139-174. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.earth.25.1.139> . DOI: 10.1146/annurev.earth.25.1.139
- **Antonoglou, N., Balidakis, K., Wickert, J., Dick, G., de la Torre, A., & Bookhagen, B.** (2022). Water-Vapour Monitoring from Ground-Based GNSS Observations in Northwestern Argentina. *Remote Sensing*, 14 (21). Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/21/5427> . DOI: 10.3390/rs14215427
- **Minetti, J. L.** (2005). El Noroeste Argentino y su Clima. Tucumán: Editorial de la Universidad Nacional de Tucumán.
- **Viale, M., S. M. Nuñez, R. M. P. Silvina, y A. M. H. Tagle.** (2018). Observed changes in extreme rainfall events in the northwest of Argentina. *Journal of Hydrology*, 558, pp. 248-261.
- **Izquierdo, M. I., S. E. Ibañez, y C. V. Saravia.** (2016). Patrones de distribución de la biodiversidad en las Yungas de la Argentina. *Ecología Austral*, 26, pp. 1-13.

- **Núñez, L. N., M. S. L. R. C. García, y A. V. S. U. Ruiz.** (2019). Riesgo de inundación en la provincia de Tucumán: un análisis espacial multiescalar. *Revista Geográfica Venezolana*, 60(1), pp. 83-104.
- **mapa.poblaciones.org**: Plataforma que integra datos de poblaciones y variables ambientales.
- **INDEC (Censo 2022)**: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina.
- **Ramos, V.** (2000). Las provincias geológicas del territorio argentino. *Geología Argentina*. 29. 41-96.

¿Cómo citar este material?

Galetto, A., Viotto, S., & Equipo de Educación a Distancia Mario Gulich. (2025) Análisis espacial de precipitaciones del NOA. Diplomatura Universitaria en Geomática Aplicada. Instituto Superior de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich. CONAE. Universidad Nacional de Córdoba.

Los materiales del Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich se producen de manera colaborativa e interdisciplinaria entre distintos equipos de trabajo.

Este material está bajo una licencia Creative Commons ([CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/))

