

PROGRAMA DE CURSO

CIENCIA DE DATOS PARA GEOCIENCIAS

A. Antecedentes generales del curso:

| | | | | | |
|----------------------------|-------------------------------------|--------|------------|----------|----------------------|
| Departamento | Geofísica (DGF) | | | | |
| Nombre del curso | Ciencia de datos para Geociencias | Código | GF7000 | Créditos | 6 |
| Nombre del curso en inglés | <i>Data Science for Geosciences</i> | | | | |
| Horas semanales | Docencia | 3 | Auxiliares | 1,5 | Trabajo personal 5,5 |
| Carácter del curso | Obligatorio | | Electivo | X | |
| Requisitos | GF4001: Sismología | | | | |

B. Propósito del curso:

El curso *Ciencia de datos para Geociencias* tiene como propósito que los y las estudiantes desarrollen las competencias necesarias para el procesamiento y análisis de bases de datos masivas, permitiendo así abordar desafíos en las Geociencias. Durante el curso se dará especial énfasis al uso de datos sísmicos y geodésicos. Adicionalmente, el curso entrega herramientas básicas para que los estudiantes se familiaricen con temas de inteligencia artificial, machine learning, y sus aplicaciones en Geociencias. Finalmente, los estudiantes abordarán un proyecto de investigación de su interés en el que aplicarán las herramientas vistas durante el curso para el estudio de un problema en Geociencias.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE2: Evaluar y caracterizar peligros naturales y amenazas geofísicas tales como riesgo sísmico, deslizamientos de tierra, riesgo climático, entre otros, para cuantificar y planificar medidas de adaptación y mitigación.

CE4: Caracterizar las variables geofísicas asociadas a los peligros, riesgos geofísicos y la prospección de los recursos naturales, procesando los datos obtenidos en terreno.

CE5: Interpretar los modelos obtenidos con el fin de ubicar y cuantificar las amenazas geofísicas y la disponibilidad de los recursos naturales.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG2: Comunicación en inglés

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

C. Resultados de aprendizaje:

| Competencias específicas | Resultados de aprendizaje |
|--------------------------|--|
| CE2 | RA1: Identifica el tipo de dato necesario para caracterizar diversas amenazas geofísicas, como terremotos, erupciones volcánicas, procesos glaciares, entre otros. |
| CE4 | RA2: Procesa datos sísmicos y geodésicos utilizando herramientas avanzadas de ciencia de datos. RA3: Caracteriza cuantitativamente procesos físicos registrados en los datos (ej., terremotos, erupciones volcánicas, dinámica glaciaria, entre otros) seleccionando la herramienta y/o técnica adecuada de procesamiento. RA4: Comprende conceptos de inteligencia artificial y machine learning, así como aplicaciones de los mismos en las Geociencias. |
| CE5 | RA5: Propone modelos conceptuales para explicar los resultados y observaciones obtenidos luego del procesamiento de datos. |
| Competencias genéricas | Resultados de aprendizaje |
| CG1 | RA6: Produce textos concisos sobre el procesamiento de datos, con los cuales justifica sus resultados, considerando en sus escritos precisión y claridad de las ideas. RA7: Resume resultados de un proyecto de Geociencias en una presentación oral, dando a conocer los puntos más relevantes del proyecto de forma clara y eficaz. |
| CG2 | RA8: Lee de manera comprensiva, en inglés y español, textos diversos a fin de determinar aspectos teóricos y prácticos sobre el procesamiento de datos en Geociencias. |
| CG3 | RA9: Ejecuta el procesamiento de datos de forma responsable y procurando documentar una metodología reproducible y validable por sus pares. |

D. Unidades temáticas:

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|--|-------------------|--|---------------------|
| 1 | RA1 | Introducción a la Ciencia de Datos | 1 |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 1.1. Introducción a la ciencia de datos y su relación con las Geociencias 1.2. Evolución temporal de los datos en Geociencias | | El/la estudiante: 1. Define la ciencia de datos y explica su importancia en el contexto de las Geociencias. 2. Identifica los diferentes tipos de datos utilizados en Geociencias a lo largo del tiempo. | |
| Bibliografía de la unidad | | Número de la bibliografía y capítulo [6, 7, 8] | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|--|-------------------|---|---------------------|
| 2 | RA3, RA8 | Procesos físicos y sus datos asociados en Geociencias | 2 |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 2.1. Procesos físicos asociados a terremotos, volcanes y glaciares 2.2. Revisión general de los tipos de datos usados en diferentes áreas de las Geociencias 2.3. Fuentes de datos: sismológicos, geodésicos, volcánicos y glaciológicos | | El/la estudiante: 1. Describe los procesos físicos involucrados en la generación de terremotos, la actividad volcánica y la dinámica glacial. 2. Analiza casos de estudio específicos de eventos sísmicos, erupciones volcánicas y dinámica de glaciares, identificando los procesos físicos asociados. 3. Accede a bases de datos especializadas de acuerdo al fenómeno en estudio. 4. Compara las características y limitaciones de las diferentes fuentes de datos en Geociencias. | |
| Bibliografía de la unidad | | [1, 2, 3, 4, 6] | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|-------------------|--------------------|---|---------------------|
| 3 | RA2, RA3, RA5, RA9 | Procesamiento y análisis de datos sismológicos y geodésicos | 3 |
| Contenidos | | Indicador de logro | |

| | |
|---|---|
| <p>3.1. Conceptos generales de sismología y geodesia</p> <p>3.2. Conceptos generales de análisis de señales</p> <p>3.3. Registro de procesos tectónicos usando datos sismológicos y geodésicos</p> <p>3.4. Preprocesamiento de datos sísmicos (ej., filtrado, normalización, remoción de respuesta instrumental, etc.)</p> <p>3.5. Uso de bibliotecas como ObsPy para procesamiento y análisis de datos sismológicos</p> <p>3.6. Análisis de datos geodésicos (ej., series temporales GNSS)</p> | <p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Describe los principios fundamentales de la sismología como propagación de ondas y de la geodesia como la medición de su forma y su campo de gravedad. Relacionas campos de estudio en común entre sismología y geodesia. Analiza casos de estudio donde se integra sismología y geodesia al estudio de procesos físicos de la Tierra. Utiliza herramientas computacionales para realizar análisis de señales considerando datos sísmicos y geodésicos. Implementa scripts o funciones que automatizan tareas específicas de procesamiento de datos sísmicos y geodésicos. Integra datos sísmicos y geodésicos para estudiar y comprender procesos tectónicos. Interpreta los resultados obtenidos proponiendo modelos conceptuales. |
| <p>Bibliografía de la unidad</p> | <p>Número de la bibliografía y capítulo [1, 2, 5]</p> |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|---|--|----------------------------------|---------------------|
| 4 | RA3, RA4, RA8 | Introducción al Machine Learning | 2 |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| <p>4.1. Conceptos básicos de inteligencia artificial y machine learning</p> <p>4.2. Aprendizaje supervisado y no-supervisado</p> <p>4.3. Módulos existentes para machine learning (ej., Scikit-learn)</p> <p>4.4. Conceptos de la construcción de modelos de machine learning</p> <p>4.5. Buenas prácticas para el desarrollo y uso de machine learning</p> | <p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Define y explica los conceptos fundamentales de inteligencia artificial y machine learning. Describe las aplicaciones prácticas de la inteligencia artificial en diversos campos, incluyendo las Geociencias. Diferencia entre aprendizaje supervisado y no supervisado, explicando sus características y aplicaciones. Describe el proceso de construcción de modelos de machine learning considerando buenas prácticas durante su proceso. | | |
| Bibliografía de la unidad | | [6, 8, 9] | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|------------|-------------------------|---|---------------------|
| 5 | RA1, RA3, RA4, RA5, RA9 | Aplicaciones de Machine Learning en Geociencias | 4 |
| Contenidos | | Indicador de logro | |

| | |
|--|--|
| <p>5.1. Machine learning en el contexto de las Geociencias</p> <p>5.2. Detección automática de eventos sísmicos</p> <p>5.3. Asociación de fases sísmicas</p> <p>5.4. Construcción de modelos pronosticadores</p> <p>5.5. Evaluación de modelos y optimización de parámetros</p> <p>5.6. Otras aplicaciones recientes</p> | <p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza casos de estudio donde el machine learning ha aportado al avance en la investigación de Geociencias. 2. Utiliza herramientas de machine learning para la detección automática de eventos sísmicos en registros sísmicos. 3. Evalúa la eficacia de diferentes modelos en la detección y/o asociación de fases sísmicas. 4. Describe el procedimiento para construir modelos pronosticadores usando machine learning. 4. Comprende las limitaciones y desafíos asociados con la aplicación de machine learning en el contexto Geocientífico. |
| <p>Bibliografía de la unidad</p> | <p>[6, 8, 9, 10]</p> |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|--|---|--|---------------------|
| 6 | RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8, RA9 | Integración y Proyecto Final | 3 |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| <p>5.7. Elementos de un proyecto de investigación</p> <p>5.8. Aplicación integrada de las herramientas de ciencia de datos a un problema de geofísica</p> <p>5.9. Presentación de resultados</p> | | <p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Propone un proyecto de investigación en Geociencias donde puede aplicar herramientas de la ciencia de datos. 2. Aplica herramientas de ciencia de datos para procesar datos sismológicos y/o geodésicos (u otros) en el estudio de un problema de Geociencias. 3. Interpreta sus resultados proponiendo un modelo (o modelos) conceptual/es. 4. Resume sus resultados y conclusiones en un informe y presentación oral. 5. Presenta sus resultados y conclusiones ante el curso de forma oral. | |
| <p>Bibliografía de la unidad</p> | | <p>[1, 2, 3, 4, 6]</p> | |

E. Estrategias de enseñanza- aprendizaje:

| |
|--|
| <p>El curso considera una serie de estrategias entre las que se pueden mencionar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases expositivas donde él o la docente expone brevemente los conceptos fundamentales a tratar en la clase. • Laboratorios prácticos y resolución de problemas donde los estudiantes aplican las herramientas computacionales vistas en el curso a problemas de Geociencias. |
|--|

- Lectura crítica donde los estudiantes investigan sobre aplicaciones recientes de la ciencia de datos.
- Presentaciones orales donde los estudiantes resumen resultados propios y/o investigaciones de interés relevantes para el curso.

F. Estrategias de evaluación:

Al inicio del semestre, el cuerpo docente informará el tipo y cantidad de evaluaciones que se considerarán. También se señalará la ponderación correspondiente.

Para esta propuesta, las instancias de evaluación que se contemplan son:

- Controles
- Tareas
- Presentaciones
- Examen

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Udías, A., & Buforn, E. (2017). *Principles of Seismology*. Cambridge University Press.
- [2] Torge, W., Müller, J., & Pail, R. (2023). *Geodesy*, 5th edition. De Gruyter Oldenbourg.
- [3] Zobin, V. M. (2017). *Introduction to Volcanic Seismology*, 3rd edition. Elsevier.
- [4] Cuffey, K. M., & Paterson, W. S. B. (2010). *The physics of glaciers*. Academic Press.
- [5] Mitra, S. K. (2010). *Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach*. McGraw-Hill Education.
- [6] Wang, L., Yi, Z., & Caers, J. (2023). *Data Science for the Geosciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [7] Trauth, M. H. (2022). *Python Recipes for Earth Sciences*. Springer International Publishing.
- [8] Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning* (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York: Springer.
- [9] Bishop, C.M. (2023). *Deep Learning: Foundations and Concepts*. Springer International Publishing.
- [10] Carniel, R., & Guzmán, S. (2020). *Updates in Volcanology - Transdisciplinary Nature of Volcano Science*, Chapter *Machine Learning in Volcanology: A Review*.

Bibliografía complementaria:

- [11] Udías, A., Madariaga, R., & Buforn, E. (2014). *Source mechanisms of earthquakes: Theory and practice*. Cambridge University Press.
- [12] Hooke, R. L. (2019). *Principles of glacier mechanics*. Cambridge University Press.
- [13] Igel, H. (2017). *Computational seismology: a practical introduction*. Oxford University Press.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

| | |
|-----------------|------------------------------|
| Vigencia desde: | Otoño, 2024 |
| Elaborado por: | Leoncio Cabrera, Sergio Ruiz |
| Validado por: | Validación académico par: |
| Revisado por: | Área de Gestión Curricular |