

## PROGRAMA DE CURSO

### MAGNETISMO DE ROCA Y PALEOMAGNETISMO: APLICACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA

#### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Geología (DGL)				
Nombre del curso	Magnetismo de Roca y Paleomagnetismo: aplicaciones en Ciencias de la Tierra	Código	GL6008	Créditos	6
Nombre del curso en inglés	<i>Rock Magnetism and Paleomagnetism: applications in Earth Sciences</i>				
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal 5,5
Carácter del curso	Obligatorio			Electivo Especialidad X Semestre	X
Requisitos	GL5314: Geología andina, GL5301: Geotectónica				

#### B. Propósito del curso:

Este es un curso electivo que tiene como propósito principal entregar a las y los estudiantes las herramientas básicas que les permitan definir y describir las principales propiedades magnéticas de la materia y de los minerales magnéticos presentes en la naturaleza y clasificarlos de acuerdo con estas. Además, el estudiante será capaz de aplicar estos conocimientos, y reconocer la importancia del magnetismo y paleomagnetismo, en estudios medioambientales y (paleo)climáticos, así como en el desarrollo de modelos de tectónica de placas y evolución de orógenos. Además, el estudiante se familiarizará con las distintas técnicas usadas en el laboratorio. Finalmente, se fomentará el trabajo en equipo, el comportamiento ético y habilidades comunicacionales de las y los estudiantes mediante el análisis de casos y presentación de informes.

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

CE1: Caracterizar e interpretar las estructuras geológicas de una zona, a distintas escalas para proyectos de investigación científica y aplicada.

CE2: Modelar la cinemática y dinámica de los sistemas estructurales de una región, mediante soportes tecnológicos computacionales, para comprender los procesos de deformación de rocas y para la toma de decisiones en proyectos aplicados a peligros geológicos, agua y obras ingenieriles.

CE5: Caracterizar las rocas y depósitos sedimentarios para establecer sus condiciones físico-químicas de formación.

CE6: Analizar y evaluar los procesos geológicos (volcánicos, geoquímicos, hidrogeológicos, sedimentológicos y geomorfológicos) con fines científicos y aplicados respecto a la

planificación del territorio, diseño, construcción y mantenimiento de estructuras ingenieriles.

**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 variados tipos de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos de acuerdo 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.

**CG4: Trabajo en equipo**

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

**CG5: Sustentabilidad**

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

**C. Resultados de aprendizaje:**

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2, CE6	RA1: Comprende y aplica los conceptos de magnetismo de roca y paleomagnetismo para estudios medioambientales, modelos de tectónica de placas y evolución de orógenos, evaluando las ventajas y desventajas del método
CE2, CE5, CE6	RA2: Utiliza técnicas de laboratorio para obtener datos y determinar las principales propiedades magnéticas de los minerales.

CE2, CE5	RA3: Define y explica las principales propiedades del campo magnético terrestre y de las propiedades magnéticas de la materia en función de su composición y tamaño.
CE5	RA4: Describe, clasifica y compara los principales minerales magnéticos en función de sus propiedades magnéticas, utilizando técnicas de laboratorio.
<b>Competencias genéricas</b>	<b>Resultados de aprendizaje</b>
CG1, CG2	RA5: Lee en inglés y de manera analítica, textos y artículos científicos, sobre aspectos teóricos de magnetismo de roca y paleomagnetismo y sus aplicaciones en ciencias de la tierra
CG3, CG4	RA6: Actúa, a nivel personal y con su equipo, de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en un marco del respeto para cumplir con las actividades asignadas.
CG3, CG5	RA7: Evalúa el impacto y reconoce las aplicaciones que ha tenido el magnetismo terrestre y paleomagnetismo en geociencias y otras áreas del conocimiento, en particular paleoclima y medioambiente.

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Principios básicos del Magnetismo	3 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
1.1. Evolución histórica y aplicaciones del magnetismo terrestre. 1.2. Fundamentos del Magnetismo. 1.3. Comportamiento magnético de los materiales y principios básicos del magnetismo en materiales terrestres.		El/la estudiante: 1. Argumenta sobre el impacto que ha tenido el magnetismo terrestre y paleomagnetismo en geociencias y otras áreas del conocimiento 2. Explica de forma empírica la relación entre electricidad y magnetismo. 3. Explica las diferencias entre Diamagnetismo, Paramagnetismo y Ferromagnetismo. 4. Describe las propiedades de los diferentes tamaños de partículas magnéticas y contrastarlas entre ellas. 5. Comprende la relación entre magnetismo y la orientación de los minerales magnéticos.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Dunlop, D. J., & Ozdemir, O., 1997. Rock Magnetism, 573 pp. Chapter 1: Magnetism in nature. Dunlop and Ozdemir, Chapter 2: Fundamentals of magnetism.	

	<p>Tauxe, L., 2005. Essentials of Paleomagnetism. University of California Press. Chapter 1: The physics of Magnetism.</p> <p>Butler, R. F., 1992. Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes. Boston: Blackwell Scientific Publications. Chapter 2: Ferromagnetic Minerales</p> <p>Lanza, R., &amp; Meloni, A., 2006. The Earth's magnetism. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Capítulo 2.1, 2.2: Magnetic properties of solids, Magnetic Remanence</p> <p>Evans, M.E., Heller, F., 2003. Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics. vol. 86 Academic Press. Chapter 2: Basic Magnetism</p>
--	--

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA4, RA5, RA6, RA7	Mineralogía Magnética, técnicas y estudios complementarios	2 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
<p>2.1. Principales características y propiedades magnéticas de:</p> <p>2.1.1. Formación de minerales magnéticos en ambientes exógenos.</p> <p>2.2. Técnicas de laboratorio utilizadas para medir parámetros magnéticos.</p> <p>2.3. Interpretación de los parámetros magnéticos.</p> <p>2.4. Técnicas complementarias en estudios de magnetismo ambiental.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifica y describe los principales minerales magnéticos y sus propiedades.</li> <li>2. Maneja técnicas de laboratorio para medir parámetros magnéticos</li> <li>3. Interpreta los parámetros magnéticos de forma adecuada para comprender el comportamiento magnéticos de los minerales.</li> <li>4. Valora y reconoce el uso de técnica complementarias a las propiedades magnéticas de las rocas.</li> <li>5. Lee en inglés artículos científicos, exponiendo con claridad sobre temas asociados a magnetismo de roca y paleomagnetismo.</li> <li>6. Trabaja en equipo de forma responsable y ética, reconociendo la importancia de su labor para obtener un buen resultado.</li> </ol>	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		<p>Evans, M.E., Heller, F., 2003. Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics. vol. 86 Academic Press. Chapter 3: Enviromagnetic Minerals; Chapter 4: Measurement and Techniques; Chapter 5: Proecesses and Pathways</p> <p>Tauxe, L., 2005. Essentials of Paleomagnetism. University of California Press. Chapter 8: Applied rock magnetism.</p> <p>Dunlop, D. J., &amp; Ozdemir, O., 1997. Rock Magnetism, 573 pp. Chapter 3: Terrestrial Magnetic Minerals</p>	

Maher, B. A., & Thompson, R. (Eds.); 1999. Quaternary climates, environments and magnetism. Cambridge University Press. Contribution 5"

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA2, RA5, RA6, RA7	Aplicaciones del uso de propiedades magnéticas -Magnetismo Ambiental - Otros campos de las ciencias de la Tierra	3 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
3.1. Uso de propiedades magnéticas en estudios ambientales. 3.2. Uso de propiedades magnéticas en otros campos de las Ciencias de la Tierra.		El/la estudiante: 1. Identifica, reconoce y aplica los parámetros magnéticos en estudios de magnetismo ambiental y de otros campos de ciencias de la Tierra. 2. Lee en inglés artículos científicos, exponiendo con claridad sobre temas asociados a magnetismo de roca y paleomagnetismo. 3. Reconoce las aplicaciones e impacto del estudio de propiedades magnéticas en estudios ambientales. 4. Trabaja en equipo, de forma responsable y ética, reconociendo la importancia de su labor para obtener un buen resultado.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Evans, M.E., Heller, F., 2003. Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics. vol. 86 Academic Press. Chapter 7: Magnetoclimatology and Past Global Change, Chapter 10: Magnetic monitoring of Pollution. Maher, B. A., & Thompson, R. (Eds.); 1999. Quaternary climates, environments and magnetism. Cambridge University Press. Contributions 7 and 8.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA3, RA4	Fundamentos de magnetismo terrestre y magnetización de las rocas	2 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
4.1. Campo magnético terrestre: Origen y modelos y propiedades. 4.2. Magnetización Remanente natural y característica: principales características.		El/la estudiante: 1. Explica el origen y propiedades del campo magnético terrestre y sus aplicaciones. 2. Describe los distintos tipos de magnetización. 3. Lee en inglés artículos científicos, exponiendo con claridad sobre temas asociados a magnetismo de roca y paleomagnetismo.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Merril and McElhinny, 1983. The Earth's Magnetic Field: Its History, Origin and Planetary Perspective. Chapter	

	<p>Two. The Present Geomagnetic Field: Analysis and Description from Historical Observations; Chapter Five. Reversals of the Earth's Magnetic Field; Chapter Five. Reversals of the Earth's Magnetic Field; Chapter Seven. Origin of the Earth's Magnetic Field 1: Introduction and Physical Insight.</p> <p>Butler, R. F., 1992. Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes. Boston: Blackwell Scientific Publications. Chapter three Origins of Natural Remanent Magnetism</p> <p>Tauxe, L., 2005. Essentials of Paleomagnetism. University of California Press. Chapter Five, How rocks get and stay magnetized.</p>
--	--

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA2, RA5, RA6, RA7	Estrategias de Muestreo, Técnicas de Laboratorio y Análisis de Datos	1 semana
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
5.1. Técnicas de terreno y laboratorio. 5.2. Origen de la magnetización. 5.3. Medida de NRM y Gráfica de datos de demagnetización.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reconoce las buenas prácticas necesarias para realizar estudios paleomagnético.</li> <li>2. Maneja técnicas de terreno y laboratorio para producir datos paleomagnéticos</li> <li>3. Grafica y analiza datos paleomagnéticos, a partir de estos es capaz de reconocer el origen primario o secundario de la magnetización.</li> <li>4. Lee en inglés artículos científicos, exponiendo con claridad sobre temas asociados a magnetismo de roca y paleomagnetismo.</li> <li>5. Trabaja en equipo de forma responsable y ética, reconociendo la importancia de su labor para obtener un buen resultado.</li> </ol>	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Butler, R. F., 1992. Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes. Boston: Blackwell Scientific Publications. Chapter four Sampling, Measurements and Display of NRM	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Aplicaciones en paleogeografía y Tectónica	3 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
6.1. Aplicaciones en Paleogeografía. 6.2. Aplicaciones en tectónica.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Extrae y analiza datos paleomagnéticos y desarrolla modelos paleogeográficos a partir de ellos.</li> <li>2. Comprende los conceptos de rotación y traslación y los aplica para explicar la construcción de diferentes tipos</li> </ol>	

	<p>de orógenos.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Lee en inglés artículos científicos, exponiendo con claridad sobre temas asociados a magnetismo de roca y paleomagnetismo.</li> <li>Trabaja en equipo de forma responsable y ética, reconociendo la importancia de su labor para obtener un buen resultado.</li> <li>Reconoce el impacto de las reconstrucciones paleogeográficas para estudios paleoclimáticos y otras áreas de ciencias de la tierra y biológicas</li> </ol>
Bibliografía de la unidad	<p>Butler, R. F., 1992. Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes. Boston: Blackwell Scientific Publications. Chapter Seven, Paleomagnetic poles; Chapter 10, Applications to Paleogeography; Chapter 11, Applications to regional tectonics.</p>

### E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera una serie de estrategias entre las que se pueden mencionar:

- **Clases expositivas:** donde se entregan al estudiante las bases teóricas para el desarrollo de las actividades a realizar durante el curso. Las clases expositivas se desarrollarán en hora de cátedra y auxiliar.
- **Trabajo práctico (auxiliar):** Consistirán en experimentos realizados en el laboratorio de paleomagnetismo, análisis de datos reales y desarrollo de modelos paleogeográficos y tectónicos. En función de la actividad, estos trabajos pueden ser grupales o individuales.
- **Análisis de casos:** Estos se realizarán en grupos y consistirá en la investigación sobre un caso en particular de aplicación en magnetismo ambiental y otro en paleogeografía o tectónica.
- **Análisis de artículos científicos:** Se analizarán artículos científicos de interés a lo largo del semestre.

### F. Estrategias de evaluación:

El curso se estructura en base a las siguientes metodologías de evaluación:

- *Sumativas:*

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controles de cátedra donde se evaluarán aspectos teóricos del curso.</li> </ul>	<p>Con estas actividades se evalúan los resultados de aprendizaje: RA1, RA2, RA3, RA4</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se realizarán dos presentaciones en el semestre donde las y los estudiantes presentarán el análisis de casos.</li> </ul>	<p>Con estas actividades se evalúan los resultados de aprendizaje: RA5, RA6, RA7</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informe de Laboratorio a partir del trabajo práctico en laboratorio de paleomagnetismo considerando análisis de muestras</li> </ul>	<p>Con estas actividades se evalúan los resultados de aprendizaje: RA3, RA6, RA7</p>

• **Formativas:**

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
<ul style="list-style-type: none"> <li>Minicontrols al inicio de cada semana (u otra periodicidad determinada por el profesor)</li> </ul>	Con estas actividades se evalúan los resultados de aprendizaje: RA1 a RA4

**G. Recursos bibliográficos:**

**Bibliografía obligatoria:**

- [1] Dunlop, D. J., & Özdemir, Ö. (1997). Rock magnetism: fundamentals and frontiers (No. 3). Cambridge university press.
- [2] Tauxe, L. (2005). Paleomagnetic principles and practice (Vol. 17). Springer Science & Business Media
- [3] Butler, R. F., & Butler, R. F. (1992). Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes (Vol. 319). Boston: Blackwell Scientific Publications.
- [4] Lanza, R., & Meloni, A. (2006). The Earth's magnetism (Vol. 280). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [5] Evans, M.E., Heller, F., 2003. Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics. vol. 86 Academic Press
- [6] Maher, B. A., & Thompson, R. (Eds.); 1999. Quaternary climates, environments and magnetism. Cambridge University Press.
- [7] Merrill, R. T., & McElhinny, M. W. (1983). The Earth's magnetic field: Its history, origin and planetary perspective (Vol. 401). London: Academic Press.

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

Vigencia desde:	Otoño, 2023
Elaborado por:	Hector Pizarro y Fernando Poblete
Validado por:	Revisión académico par: Francisco Delgado
Revisado por:	Área de Gestión Curricular