



Máster en Iniciación a la Investigación en Geología 60320 - Paleomagnetismo

Guía docente para el curso 2010 - 2011

Curso: 1, Semestre: 2, Créditos: 4.0

Información básica

Profesores

- **Juan Cruz Larrasoña Gorosquieta** jcl@unizar.es
- **Andrés Gil Imaz** agil@unizar.es
- **Emilio Luis Pueyo Morer** unaim@unizar.es
- **Juan José Villalaín Santamaría**
- **Belen Oliva Urcia** boliva@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

Es recomendable que los alumnos tengan unos conocimientos básicos de física general y de geología general

Actividades y fechas clave de la asignatura

Información específica

Fecha de inicio de la asignatura: 14/02/2011

Fechas de las salidas de campo: 17/02/2011

Fecha de finalización de la asignatura: 25/02/2011

Fecha prácticas de laboratorio: 18 de febrero de 2011

Fechas prácticas de análisis de datos 23 -24-25 de febrero de 2011

Fecha entrega de trabajos: 25 abril 2011

Información general

Fecha de admisión al Máster: Primera fase del 18 de junio al 12 de julio; segunda fase del 13 al 23 de septiembre.

Fecha de matriculación: Primera fase del 20 al 27 de julio; segunda fase del 1 de septiembre al 6 de octubre.

Fecha de inicio del SEGUNDO cuatrimestre: 14/02/2011

Profesorado adicional

Profesores colaboradores extraordinarios de la Universidad de Zaragoza:

Juan José Villalaín Santamaría villa@ubu.es

Departamento de Física – Escuela Politécnica Superior – Universidad de Burgos

Juan Cruz Larrasoña Gorosquieta jc.larra@igme.es

Área de Cambio Global, Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica, Instituto Geológico y Minero de España

Emilio L. Pueyo Morer unaim@igme.es

Área de Almacenamiento Geológico, Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica, Instituto Geológico y Minero de España

Contratada Juan de la Cierva

Belén Oliva Úrcia boliva@unizar.es

Área de Geodinámica Interna, Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias - Universidad de Zaragoza

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

- 1:** Conoce los fundamentos teóricos del paleomagnetismo, así como las técnicas necesarias para desarrollar sus distintos campos de aplicación.
- 2:** Ha adquirido competencia en el trabajo de campo propio del paleomagnetismo y en las técnicas habituales en paleomagnetismo y magnetismo de las rocas.
- 3:** Es capaz de determinar direcciones paleomagnéticas a partir de los resultados la desmagnetización progresiva de muestras de roca, así como realizar los análisis estadísticos para determinar direcciones medias y su incertidumbre.
- 4:** Domina las técnicas básicas de la interpretación de datos paleomagnéticos, fundamentalmente para su aplicación en tectónica, geocronología y estudios ambientales.
- 5:** Puede comprender la metodología y los resultados de un trabajo de investigación del campo del paleomagnetismo.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

En esta asignatura se pretende que los estudiantes conozcan los fundamentos del paleomagnetismo y sus aplicaciones para resolver problemas en diferentes ámbitos de las ciencias de la Tierra (tectónica, geocronología, geomagnetismo, magnetismo ambiental, etc.). La asignatura tiene un carácter práctico e incluye todas las fases de un estudio

paleomagnéticos, desde la toma de muestras y análisis en el laboratorio (en colaboración con el Departamento de Física la Universidad de Burgos) hasta el tratamiento e la interpretación de resultados.

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

Esta asignatura es de interés para estudiantes de procedencia diversa (geología, física, biología, ingeniería geológica o de minas, etc.) y con interés en la investigación en diversos campos de las ciencias de la tierra, en los que el paleomagnetismo es de fundamental aplicación. La asignatura puede aportar una base fundamental a los alumnos que pretendan dedicarse a realizar estudios paleomagnéticos, pero aporta unos conocimientos básicos que permitan a alumnos que se dediquen en el futuro a otras líneas de investigación el análisis crítico de los estudios paleomagnéticos y sus diversas aplicaciones.

Los objetivos fundamentales de la asignatura consisten en proporcionar al alumno el conocimiento de los fundamentos teóricos del paleomagnetismo, así como las técnicas necesarias para desarrollar sus distintos campos de aplicación, haciendo especial hincapié en su aplicación en tectónica de placas, tectónica regional, magnetoestratigrafía, magnetismo ambiental y fabricas magnéticas. La asignatura tendrá un importante componente práctico, familiarizando al alumno en las técnicas de muestreo, análisis de laboratorio e interpretación de datos paleomagnéticos.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Esta asignatura, junto con las de *Petrofábrica de rocas deformadas y fábrica magnética*, *Modelización analógica de procesos tectónicos*, *Análisis de paleoesfuerzos: métodos y aplicaciones*, *Cuencas extensionales*, y *Neotectónica y Sismotectónica*, permite al alumno obtener una formación específica en los métodos y técnicas de iniciación a la investigación en los diferentes campos de la Geodinámica Interna y Geología Estructural. Es también una asignatura de especial interés para los alumnos que quieran especializarse en Estratigrafía (Magnetostratigrafía) y en Geología ambiental (magnetismo ambiental).

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:
Conocer los fundamentos y técnicas de laboratorio habituales en paleomagnetismo y magnetismo de rocas.
- 2:
Realizar el trabajo de campo incluyendo la toma de muestras paleomagnéticas orientadas
- 3:
Realizar trabajo básico de laboratorio; Aislar componentes paleomagnéticas a partir de datos en bruto de desmagnetización térmica y por campos alternos.
- 4:
Analizar estadísticamente los resultados paleomagnéticos para obtener direcciones paleomagnéticas medias con su incertidumbre.
- 5:
Interpretar los resultados de las pruebas de estabilidad paleomagnética (pliegue, inversión, conglomerado).
- 6:
Interpretar los datos paleomagnéticos para su aplicación en diferentes campos de aplicación.
- 7:
Analizar la mineralogía magnética a partir de los resultados de análisis de magnetismo de las rocas.
- 8:
Comprender y analizar críticamente un estudio paleomagnético aplicado a cualquier rama de las ciencias de la tierra.

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

El paleomagnetismo es un campo de la geofísica que tiene una aplicación fundamental en distintos campos de las Ciencias de la Tierra (tectónica, geocronología, correlación geológica, arqueología, estudios paleoambientales, etc). El registro de la magnetización remanente de las rocas refleja la dirección del campo magnético terrestre del pasado. Este puede utilizarse como un sistema de referencia para estudiar la dinámica de la corteza terrestre y sus variaciones como referencia geocronológica. Además los procesos ambientales en la atmósfera, hidrosfera y litosfera fuerzan transformaciones en los minerales magnéticos que son detectados fácilmente aplicando técnicas de magnetismo de las rocas. Esta disciplina se denomina magnetismo ambiental. Por tanto los estudios paleomagnéticos y de magnetismo de las rocas son de aplicación en muchas disciplinas dentro de las Ciencias de la Tierra, como la paleontología, estratigrafía, tectónica, geocronología, arqueología, etc. Por ello este curso es de interés para estudiantes que en su futuro profesional vayan a dedicarse a alguna de estas líneas de investigación. Por otra parte los estudios paleomagnéticos tienen un marcado carácter multidisciplinar, aspecto fundamental en la formación de los estudiantes.

Evaluación

Actividades de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

- 1:** Evaluación continuada, proceso que se realizará a través de la participación en las clases teóricas y de la actividad de los alumnos en las prácticas de campo, de laboratorio y de gabinete. Esta evaluación continuada supondrá el 40% de la calificación final del estudiante en la asignatura.
- 2:** Se realizarán prácticas de análisis de datos con ordenador utilizando datos reales, algunos de los cuales se obtendrán de los análisis de laboratorio realizados por los propios alumnos en las muestras recogidas en la práctica de campo. Estas prácticas contendrán las principales aplicaciones del paleomagnetismo. Al final de la asignatura los alumnos deberán entregar un trabajo con los resultados y la interpretación de una de las prácticas elegida por ellos. Este trabajo supondrá el 30% de la calificación final.
- 2:** Durante el curso se asignará a cada alumno un trabajo bibliográfico de investigación sobre paleomagnetismo de un campo de aplicación ajustado a la especialidad o interés de cada uno de ellos. Los alumnos deberán realizar un pequeño trabajo con un análisis crítico de este artículo. Este trabajo supondrá el 30% de la calificación final.

Pruebas para estudiantes no presenciales o aquéllos que se presenten en otras convocatorias distintas a la primera

Esta asignatura está diseñada para estudiantes presenciales.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

Clases teóricas. Se dedican a la adquisición de conocimientos básicos sobre los principios y aplicaciones del paleomagnetismo. La teoría se desarrollará en tres bloques temáticos: a) Fundamentos del paleomagnetismo

(geomagnetismo, magnetismo de la materia, magnetización de las rocas y mineralogía magnética), b) Técnicas de paleomagnetismo (trabajo de campo, técnicas de desmagnetización, análisis de datos, estadística, técnicas de magnetismo de las rocas, etc) y c) Aplicaciones (aplicaciones en tectónica, geocronología, magnetismo ambiental y fábricas magnéticas).

Trabajo de campo. Se dedicará un día de trabajo de campo a las técnicas de muestreo para los distintos campos de aplicación. En concreto se realizará un muestreo paleomagnético dedicado a magnetoestratigrafía y otro a magnetotectónica. (8 horas)

Trabajo de laboratorio. Se realizará una visita al laboratorio de paleomagnetismo de la Universidad de Burgos, en el que los alumnos podrán aprender las técnicas fundamentales y aplicarlas a las muestras recogidas en el campo en la actividad anterior realizada la sesión previa. (7,5 horas)

Prácticas de gabinete con datos paleomagnéticos reales. Los alumnos se adiestrarán en el manejo de programas básicos de análisis de datos paleomagnéticos. Analizarán datos paleomagnéticos correspondientes a estudios dirigidos a la a) magnetoestratigrafía, b) tectónica de placas, c) tectónica regional, d) test de estabilidad paleomagnética, e) fábricas magnéticas. (15 horas).

Análisis crítico de un artículo de investigación sobre paleomagnetismo y realización un pequeño trabajo sobre el mismo.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

1:

Temas que se desarrollarán en las clases de teoría:

1.- El Campo Magnético Terrestre

- Sistemas de referencia. Coordenadas geomagnéticas
- Descripción del Campo Magnético Principal. Modelos del Campo Magnético Terrestre. Campo Magnético Terrestre de origen externo
- Variación Secular
- Inversiones de Polaridad

2.- Fundamentos de magnetismo de los materiales

- Propiedades magnéticas de la materia. Diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo
- Anisotropía magnética, anisotropía de forma.
- Dominios magnéticos
- Comportamiento de un grano magnético ante la aplicación de un campo externo. Histéresis.
- Efecto de la temperatura. Tiempo de relajación

3.- Mecanismos de adquisición de Imanación Remanente Natural

- Imanación termorremanente (TRM) y termorremanencia parcial (pTRM)
- Imanación remanente viscosa (VRM)
- Imanación remanente química (CRM)
- Imanación remanente deposicional y postdeposicional (DRM y pDRM)

4.- Minerales ferromagnéticos

- Óxidos de hierro: titanomagnetitas, titanomaghemitas y titanohematites
- Oxi-hidróxidos de hierro: goetita
- Sulfuros de hierro: greigita y pirrotina

5.- Técnicas de paleomagnetismo

- Hipótesis del paleomagnetismo
- Trabajo de campo
- Técnicas de desimanación: térmica y por campos alternos
- Sistemas de representación
- Tratamiento estadístico de los datos en paleomagnetismo

- Tests de campo de estabilidad paleomagnética: del plirgue, de las inversiones, del conglomerado.

6.- Técnicas de magnetismo de las rocas

- Análisis de la susceptibilidad magnética
 - Variación de la susceptibilidad con la frecuencia
 - Variación de la susceptibilidad con la temperatura
- Remanencias magnéticas adquiridas en el laboratorio
 - Magnetización remanente anhisterética (ARM))
 - Adquisición de magnetización remanente isoterma (IRM)
 - Desimanación por campos alternos de IRM
 - Desimanación térmica de IRM
 - Relación entre remanencias magnéticas
- Determinación de la temperatura de Curie.
- Ciclos de histéresis y diagramas FORC

7.- Aplicaciones en Tectónica

- Introducción
- Tectónica de Placas
- Tectónica y geología estructural a escala regional

8.- Geocronología y Estudio del Campo Magnético Terrestre

- Introducción
- Secuencia de inversiones del Campo Magnético Terrestre (Magnetoestratigrafía)
- Estudio de la Variación Secular del Campo Magnético Terrestre
- Paleointensidad y paleointensidad relativa del Campo Magnético Terrestre
- Arqueomagnetismo

9.- Fábricas magnéticas

- Introducción
- Aplicaciones tectónicas
- Aplicaciones estratigráficas

10.- Magnetismo Ambiental

- Introducción
- Estudio de procesos deposicionales. Influencia climática y del medio sedimentario
- Estudio de procesos diagenéticos.
- Estudios de contaminación
- Introducción al biomagnetismo

2:

Prácticas:

- I – Magnetoestratigrafía
- II – Tectónica de placas
- III – Rotaciones de eje vertical
- IV – Test de estabilidad paleomagnética
- V – Fábricas magnéticas

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

4 créditos ECTS:

- Horas de teoría: 15
- Horas de prácticas (laboratorio): 27
- Horas de prácticas de campo: 8
- Horas otros (Trabajo personal y actividades relacionadas): 50
- Total horas: 100

Esta asignatura dura dos semanas de curso intensivo. El horario será:

Primera semana: Lunes, martes y miércoles de 16.00 a 19.00 (Teoría en un aula del edificio C)

Segunda semana: Lunes y martes de 16.00 a 19.00 (Teoría en un aula del edificio C)

Miércoles, jueves y viernes de 9.00 a 14.00 (Prácticas en el Aula Prisma).

Fecha de inicio de la asignatura (parte teórica): 14 de febrero de 2011

Fecha de final de la asignatura: 25 de febrero de 2011

Fecha de prácticas de campo : 17 de febrero de 2011

Fecha prácticas de laboratorio: 18 de febrero de 2011

Fechas prácticas de análisis de datos 23 -24-25 de febrero de 2011

Fecha entrega de trabajos: 25 abril

Recursos

Bibliografía

(Las monografías marcadas con * son las obras fundamentales)

*- Robert F. Butler, Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes, Blackwell Science Inc 1991 (Con permiso del autor para realizar copias personales desde su página web: <http://lewis.up.edu/chp/butler/books/main.htm>)

*- Lisa Tauxe, Paleomagnetic Principles and Practice, Kluwer Academic Pub. 2002,

<http://earthref.org/MAGIC/books/Tauxe/2005/>

- M. W. McElhinny, Michael W. McElhinny, Phillip L. McFadden, Paleomagnetism: Continents and Oceans, Academic Press, 2000.

- D. H. Tarling, Palaeomagnetism, Chapman & Hall. 1983

- Ronald T. Merrill, Michael W. McElhinny, M. W. McElhinny, Michael McElhinny, Phillip L. McFadden, The Magnetic Field of the Earth: Paleomagnetism, the Core, and the Deep Mantle, Academic Press, 1998

- David J. Dunlop, Özden Özdemir, Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers, Cambridge U Press. 2001

- D. W. Collinson, Methods in Rock Magnetism and Paleomagnetism, Chapman & Hall 1983

- Rob Van Der Voo, Paleomagnetism Of The Atlantic, Tethys And Iapetus Oceans, Cambridge University Press. 1993

- Neil D. Opdyke, James E. T. Channell, J. Channell, J. G. Channell, Magnetic Stratigraphy, Academic Press. 1996

- Michael E. Evans, Friedrich Heller, Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics, Academic Press. 2003.

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Butler, Robert F.. Paleomagnetism : magnetic domains to geologic terranes / Robert F. Butler Oxford : Blackwell, Basil, 1992
- Collinson, D.W.. Methods in rock magnetism and palaeomagnetism : techniques and instrumentation / D.W. Collinson London ; New York : Chapman and Hall, 1983
- Dunlop, D.J.. Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers. Cambridge University Press, 2001
- Evans, M.E.. Environmental Magnetism: Principles and applications of Enviromagnetics. Academic Press, 2003

- McElhinny, M.W.. Paleomagnetism: Continents and Oceans. Academic Press, 2000
- Merrill, Ronald T.. The magnetic field of the earth : paleomagnetism, the core, and the deep mantle / Ronald T. Merrill, Michael W. McElhinny, Phillip L. McFadden San Diego [etc.] : Academic Press, cop. 1998
- Opdyke, N.D.. Magnetic Stratigraphy. Academic Press, 1996
- Talring, D.H.. Palaeomagnetism. Chapman & Hall, 1983
- Van Der Voo, R.. Paleomagnetism of the Atlantic, Tethys and Iapetus Oceans. Cambridge University Press