

PROSPECCIÓN MAGNETOMÉTRICA



Unidad 3 · Geofísica

Cátedra de Geofísica · Tercer año
Facultad de Ingeniería · Universidad Nacional de Jujuy
Licenciatura en Ciencias Geológicas

Comprender el campo geomagnético, sus fuentes internas y externas.

Relacionar susceptibilidad, magnetización inducida y remanente con rocas y minerales.

Interpretar mapas, perfiles y anomalías magnéticas.

Evaluar aplicaciones en minería, reservorios y cartografía bajo cubierta.

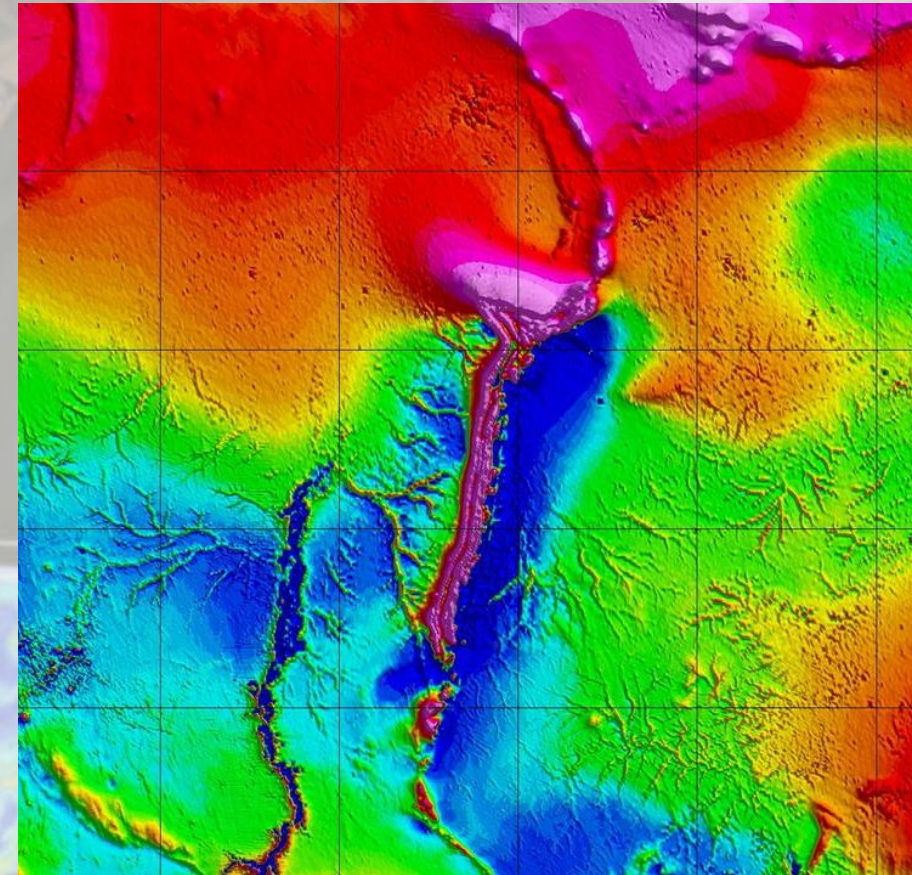


Imagen de contexto

El magnetismo detecta contrastes de susceptibilidad y remanencia.

La magnetometría mide variaciones del campo magnético causadas por rocas y minerales magnéticos, además de variaciones temporales externas.

Campo total

Magnitud del campo magnético medido por magnetómetros.

Declinación

Ángulo horizontal entre norte geográfico y magnético.

Inclinación

Ángulo del campo respecto del plano horizontal.

Susceptibilidad

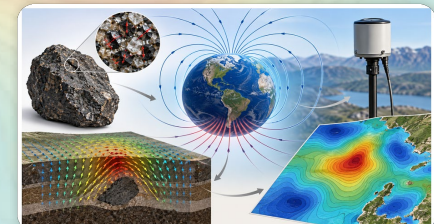
Facilidad de una roca para magnetizarse.

Remanencia

Magnetización conservada aun sin campo actual.

IGRF

Modelo de referencia del campo geomagnético principal.



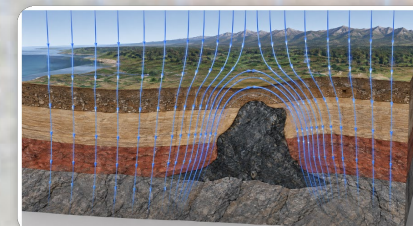
Lo que mide el método

Intensidad del campo magnético total o sus componentes.
Susceptibilidad magnética y magnetización remanente.
Cambios laterales asociados a litología, alteración, estructuras o cuerpos mineralizados.

Lo que interpreta la geología

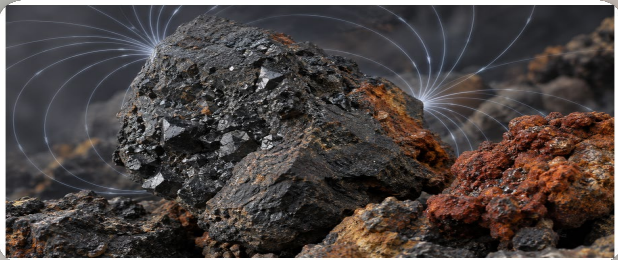
Contactos litológicos, diques, fallas y lineamientos.
Cuerpos con magnetita, pirrotina, rocas máficas o ultramáficas.
Basamento bajo cubierta y arquitectura regional.

Regla didáctica: propiedad física + geometría + contexto geológico





Propiedad	Método asociado	Contraste buscado	Ejemplo
Susceptibilidad	Magnetometría	Magnetización inducida	Basaltos, magnetita
Remanencia	Paleomagnetismo	Memoria magnética	Volcanitas, diques
Permeabilidad	Respuesta magnética	Concentración del flujo	Minerales ferromagnéticos
Campo externo	Corrección diurna	Variación temporal	Tormentas magnéticas
Dirección I/D	Reducción al polo/equador	Forma de anomalía	Latitud magnética



La utilidad prospectiva aparece cuando el contraste físico es suficiente respecto del ruido y la escala del objetivo.

Relaciones básicas

$$\mathbf{B} = \mu_0(\mathbf{H} + \mathbf{M})$$

$$\mathbf{M} = \kappa \cdot \mathbf{H}$$

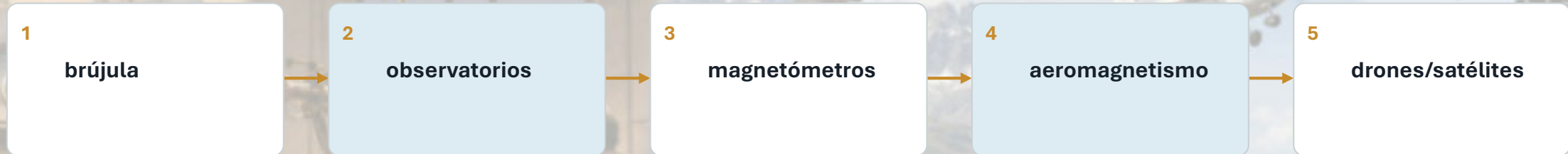
$$T = 1 \text{ nT} = 10^{-9} \text{ tesla}$$

$$\text{Anomalía} = T_{\text{obs}} - T_{\text{ref}} - T_{\text{diurna}}$$



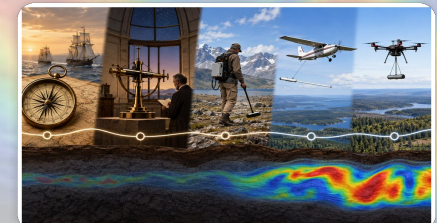
Relación dato-modelo

La anomalía magnética depende del cuerpo y también de la dirección del campo terrestre.



La brújula reveló que la Tierra se comporta como un imán; luego el campo se transformó en herramienta de cartografía geológica.

El aeromagnetismo permitió cubrir grandes regiones y detectar estructuras bajo cubierta.



Escala y plataforma

Terrestre: alta resolución local.

Aérea: cobertura regional y rápida.

Dron: detalle en áreas difíciles.

Marina/satelital: tectónica y escala litosférica.

Diseño de levantamiento

Definir altura de sensor y espaciamiento de líneas.

Planificar línea base o estación magnética fija.

Evitar cercos, vehículos, cables, chatarra y objetos metálicos.

Alinear líneas según objetivo y rumbo estructural.

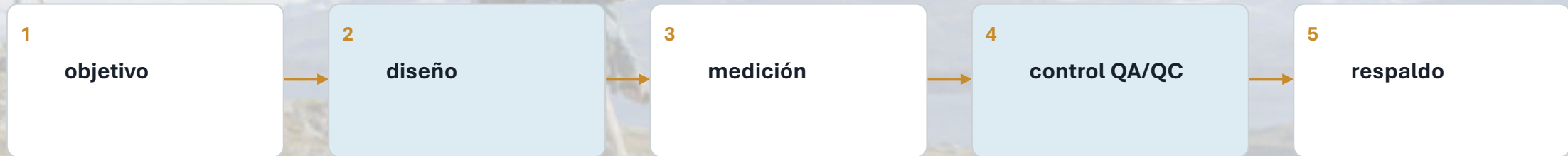


Magnetómetro de protones, vapor de cesio o Overhauser.
Estación base para variación diurna.
Susceptibilímetro de campo o laboratorio.
GPS, brújula no magnética y registro de objetos metálicos.

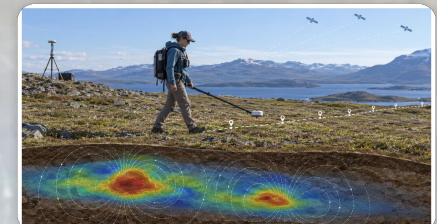


Trabajo de campo

La calibración, la repetibilidad y el registro de metadatos son tan importantes como la medición.



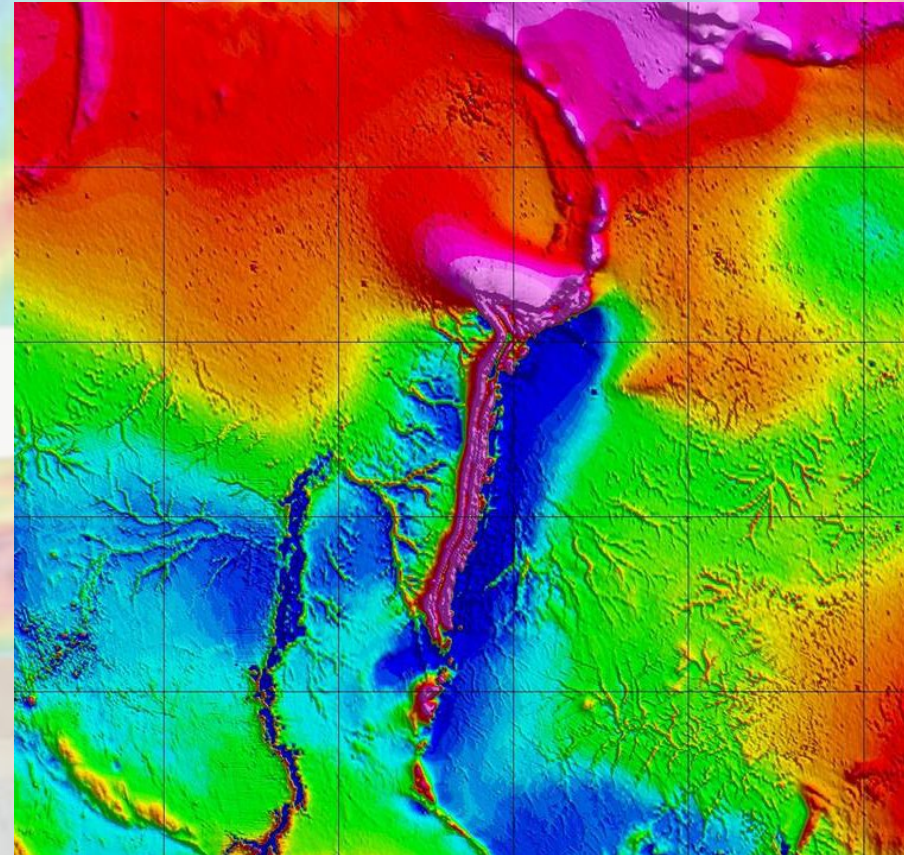
Medir con sensor alejado del operador y objetos metálicos.
Registrar hora precisa para corrección diurna.
Controlar repetición en líneas de enlace.
Suspender o marcar datos durante tormentas magnéticas.



Corrección	Problema que reduce	Comentario
Diurna	Variación temporal externa	Requiere estación base
IGRF	Campo regional principal	Modelo de referencia
Heading/lag	Efecto de dirección y retraso	Crítico en aéreo
Nivelación	Diferencias entre líneas	Tie-lines
Topografía/altura	Distancia al objetivo	Control de vuelo o dron



Edición de picos culturales y datos espurios.
Corrección diurna e IGRF. →
Nivelación y micronivelación en datos aéreos.
Filtros: derivadas, reducción al polo/equador, señal analítica.



Mapas, perfiles y modelos

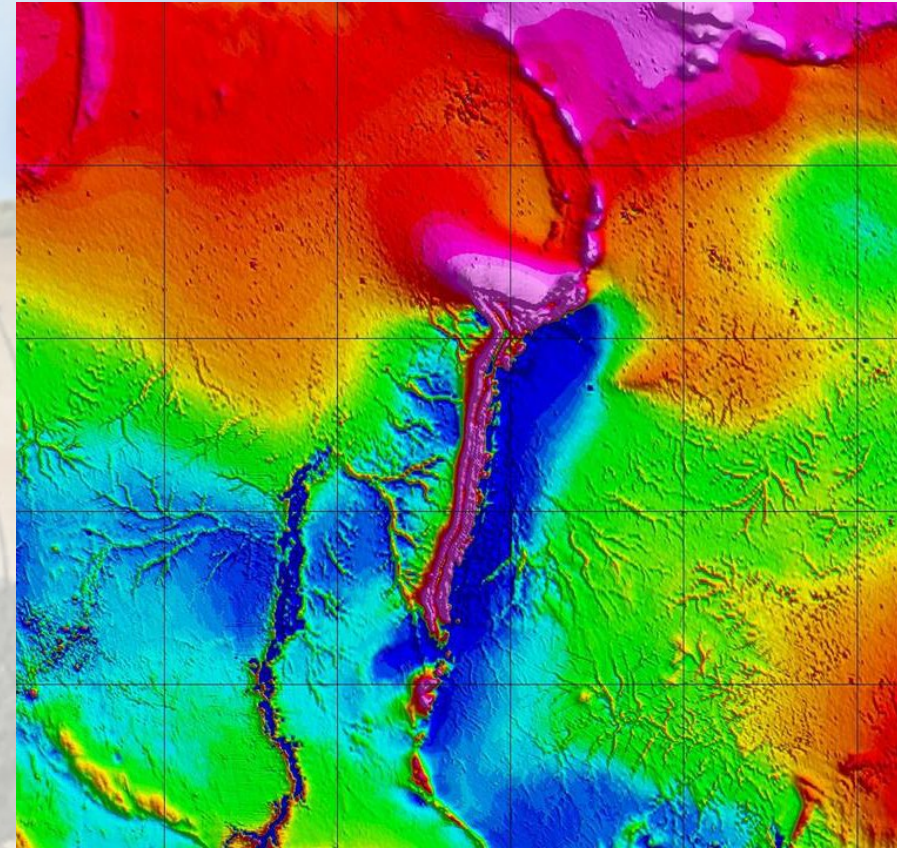
Objetivo: pasar de dato crudo a modelo interpretable

Una anomalía magnética es una variación local del campo magnético causada por contrastes de magnetización inducida o remanente.

La anomalía puede ser dipolar y desplazada respecto del cuerpo.

La latitud magnética modifica la forma de la respuesta.

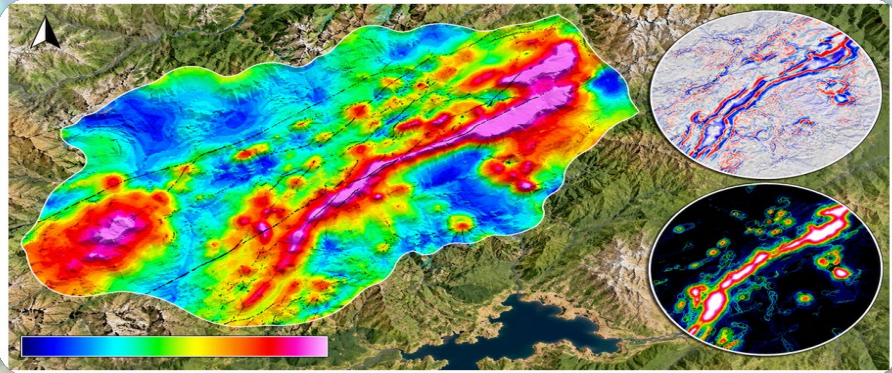
La remanencia puede invertir o distorsionar la interpretación simple.

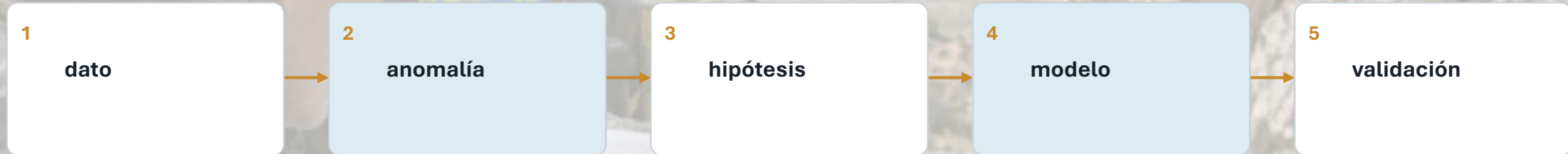


Anomalía como contraste medible

Anomalía ≠ mineralización automática

Producto	Qué muestra	Uso geológico
Mapa TMI	Campo magnético total	Dominios y tendencias
RTP/RTE	Anomalía centrada corregida	Ubicación de fuentes
Derivada vertical	Alta frecuencia	Bordes y lineamientos
Señal analítica	Amplitud independiente de dirección	Contactos magnéticos





Identificar dominios magnéticos y lineamientos.
Contrastar con litología, alteración y estructuras.
Separar ruido cultural de fuentes geológicas.
Evaluar remanencia antes de estimar geometría.



Hierro, magnetita, skarns, IOCG, VMS con pirrotina.
Diques y estructuras controlantes de mineralización.
Cartografía bajo cubierta en cinturones volcánicos.
Mapeo de alteración destructiva de magnetita en pórfidos.



Exploración de recursos

Basamento magnético y profundidad aproximada.
Lineamientos estructurales y fallas heredadas.
Diques, intrusivos y dominios tectónicos.
Complemento de gravedad y sísmica regional.



Cuencas sedimentarias

Detección de objetos ferrosos enterrados.
Localización de tambores, chatarra, ductos y estructuras metálicas.
Cartografía rápida no invasiva en superficies amplias.
Limitada para objetivos no magnéticos.



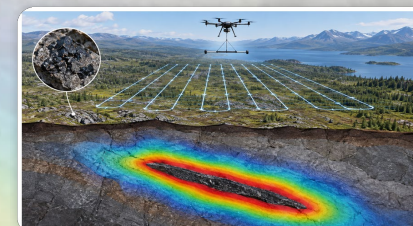
Subsuelo somero

Conviene cuando...

Rocas con magnetita, pirrotina o fuerte susceptibilidad.
Objetivos lineales o contactos extensos.
Cobertura regional con bajo costo relativo.
Terreno accesible o posibilidad de vuelo/drone.

Conviene ser prudente cuando...

Ruido cultural metálico intenso.
Remanencia desconocida o compleja.
Objetivos profundos y pequeños.
Tormentas magnéticas o base deficiente.



No distingue por sí sola entre litologías con susceptibilidad similar.

Respuesta desplazada según inclinación/declinación.

Sensibilidad a ruido cultural.

Interpretación ambigua sin propiedades magnéticas de muestras.



Incertidumbre de interpretación

La no unicidad se reduce integrando información independiente

Geología

Asocia dominios magnéticos con unidades mapeadas o inferidas.

Geoquímica

Relaciona alteración y geoquímica con destrucción o enriquecimiento de magnetita.

Geofísica

Aporta continuidad estructural y profundidad relativa bajo cubierta.

La magnetometría es un mapa estructural y litológico indirecto: poderosa, rápida y muy sensible al contexto.



Levantamientos aeromagnéticos de SEGEMAR para cartografía regional.

Macizos volcánicos: dominios magnéticos y lineamientos.

Puna y Sierras Pampeanas: basamento bajo cobertura sedimentaria.

Exploración de hierro, skarns y sistemas hidrotermales.

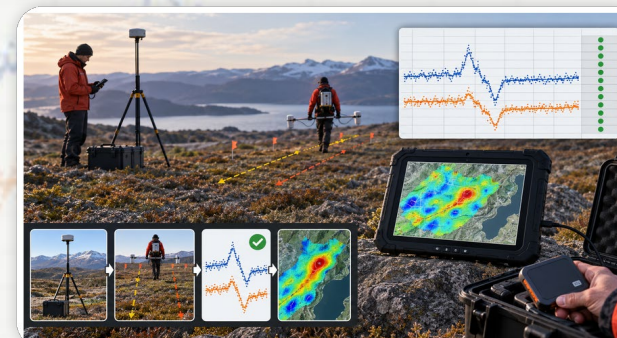


Contexto andino

Etapa	Decisión clave	Entregable
Diseño	Altura y espaciamiento	Malla/líneas
Base	Corrección temporal	Registro continuo
Campo	Ruido cultural	Datos filtrados
Gabinete	RTP/derivadas	Mapa interpretado



Estación base funcionando todo el día.
Repeticiones en líneas de control.
Registro de objetos metálicos cercanos.
Pruebas de ruido con vehículo/equipo.
Control de picos espurios antes de interpolar.



Cuidado con líneas eléctricas, alambrados y tránsito.
No volar drones sin permisos y evaluación meteorológica.
Comunicar ingreso a propiedades y caminos internos.
Proteger baterías, sensores y operadores.



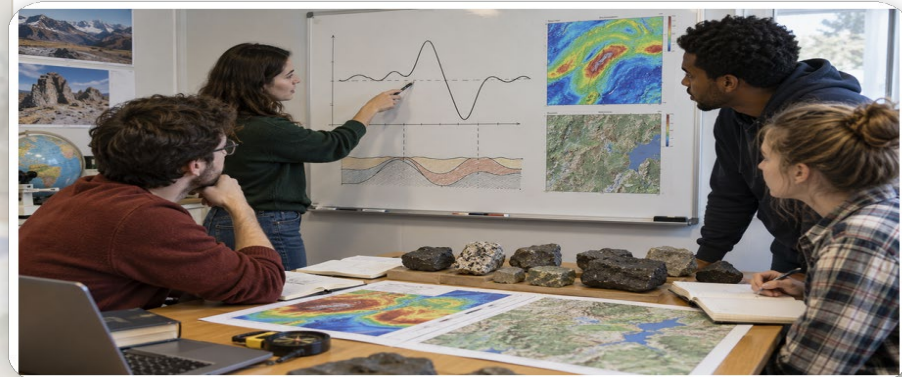
Trabajo con comunidades y equipos

Interpretar un perfil magnético simple

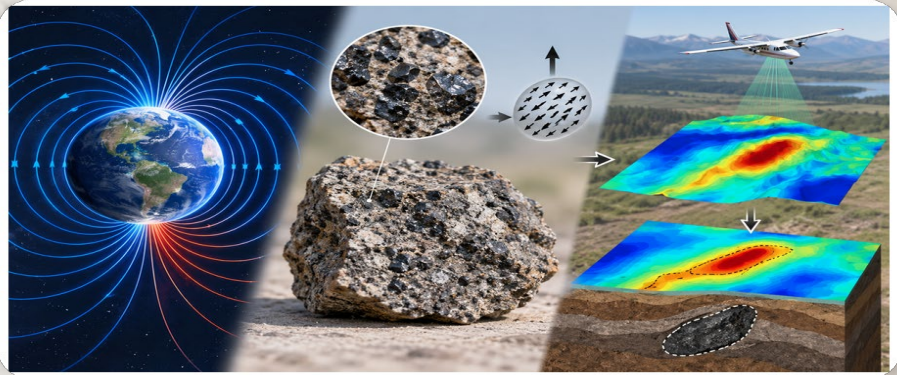
Dado un perfil con anomalía dipolar.
Indicar posible ubicación del cuerpo y efecto de inclinación.
Proponer correcciones necesarias.
Decidir si el blanco merece mapeo o muestreo.

Producto esperado

Croquis interpretativo.
Lista de controles de campo.
Hipótesis litológica.
Método complementario recomendado.



Tema	Idea central	Pregunta crítica
Campo geomagnético	Referencia + variaciones	¿Se corrigió la diurna?
Susceptibilidad	Propiedad clave	¿Qué minerales controlan la señal?
Remanencia	Memoria magnética	¿Desplaza la anomalía?
Aplicaciones	Cartografía y blancos	¿Hay ruido cultural?





Bibliografía indicada en el programa y textos históricos de consulta

Autor / evento	Título	Editorial	Año
Udías y Mezcua	Fundamentos de Geofísica	Alianza	1997
Parasnis y Orellana	Geofísica Minera	Paraninfo	1971
V. Olhovich	Curso de Sismología Aplicada	Reverté	1959
Siñeriz, J. G.	Interpretación geológica de mediciones geofísicas	Inst. Geol. Min. Madrid	1949
Howell, B. F.	Introducción a la geofísica	Omega	1962
SEGEMAR / congresos	Actas y publicaciones geológicas y geofísicas	SEGEMAR / AGA / UNLP	1995–1999

Uso recomendado: contexto, fundamentos y terminología clásica



Fuentes modernas sugeridas para actualizar la clase

Telford, W. M.; Geldart, L. P.; Sheriff, R. E. (1990). Applied Geophysics, 2nd ed. Cambridge University Press.

Kearey, P.; Brooks, M.; Hill, I. (2002). An Introduction to Geophysical Exploration, 3rd ed. Blackwell Science/Wiley.

Reynolds, J. M. (2011). An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, 2nd ed. Wiley-Blackwell.

Milsom, J.; Eriksen, A. (2011). Field Geophysics, 4th ed. Wiley.

Society of Exploration Geophysicists, SEG Wiki: términos y conceptos de geofísica de exploración.

USGS Circular 1310: uso de geofísica superficial para caracterizar el subsuelo.

SEGEMAR: repositorio de levantamientos geofísicos, magnetometría y espectrometría gamma en Argentina.

FI UNJu: página oficial y recursos institucionales de logos.

Hinze, W. J.; von Frese, R. R. B.; Saad, A. H. (2013). Gravity and Magnetic Exploration. Cambridge University Press.

Blakely, R. J. (1996). Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications. Cambridge University Press.

SEGEMAR: levantamientos aeromagnéticos y espectrométricos de rayos gamma de la República Argentina.

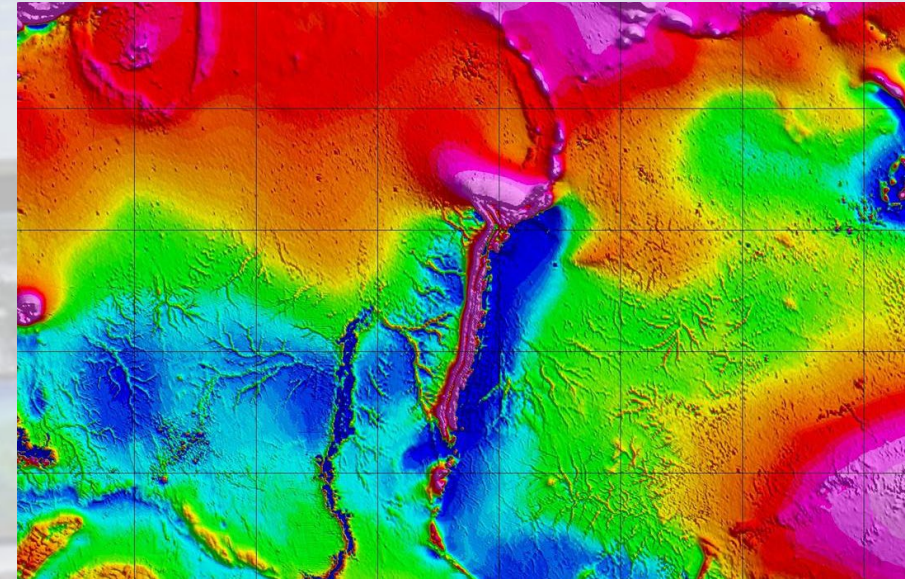


Figura de apoyo didáctico

Criterio de actualización

Combinar textos clásicos en español con manuales modernos de geofísica aplicada.

Priorizar fuentes institucionales para procedimientos, datos y definiciones operativas.

Usar la bibliografía digital como apoyo, no como reemplazo del trabajo de campo y gabinete.

Tres ideas para llevarse

La señal magnética depende de susceptibilidad, remanencia y dirección del campo.

Las correcciones temporales y el control de ruido cultural son esenciales.

El aeromagnetismo es clave para cartografía regional bajo cubierta.



Preguntas guía para el próximo encuentro

¿Cómo distinguir un cuerpo magnético de chatarra enterrada?

¿Qué aporta la susceptibilidad de mano al modelo?

¿Por qué una anomalía magnética puede no estar centrada sobre su fuente?

Cátedra de Geofísica • FI UNJu
Licenciatura en Ciencias Geológicas • 3er año

Siguiente paso: práctica con datos, perfiles y mapas