

## Geofísica de la Tierra Sólida 2022 - Evaluación 1

Fecha: 10 de mayo de 2022. Tiempo: 120 minutos.

Elije 10 de las 12 preguntas. Todas las preguntas constan de 5 pts (50 pts total). Entre porcentaje y nota, la escala sigue la sugerencia del reglamento de docencia de pregrado UdeC.

Recuerden siempre escribir sus suposiciones y mostrar sus cálculos. Cuide el uso de las unidades, por ejemplo 100 [km] es 100000 [m].

---

1) [5 pts]

1. Una nebulosa de masa  $M_1$  y radio  $R_1$
2. Una galaxia espiral de masa  $M_2$  y radio  $R_2$  (se puede aproximar su forma por un disco)
3. El sistema solar de masa  $M_3$  y radio  $R_3$

(a) [2 pts] ¿Por qué se forman galaxias en una forma que es aproximadamente un disco?

(b) [3 pts] ¿Cuál de los tres (nebulosa, galaxia, sistema solar) tiene el segundo mayor momento de inercia, calculado alrededor de su eje rotacional, comparado con su masa y radio<sup>2</sup> ( $\frac{I_i}{M_i R_i^2}$ )? De una razón para su elección.

---

2) [5 pts]

(a) [2 pts] ¿Acondritos de Hierro-Piedra vienen de qué frontera de un protoplaneta? ¿Cómo pueden llegar a la superficie terrestre?

(b) [3 pts] Acondritos de Hierro-Piedra tienen que haber venido de protoplanetas bastante grandes. Explique, en detalle, por qué.

---

3) [5 pts] Una persona quiere saber la edad de una roca sedimentaria y toma las siguientes mediciones en dos minerales de la roca:

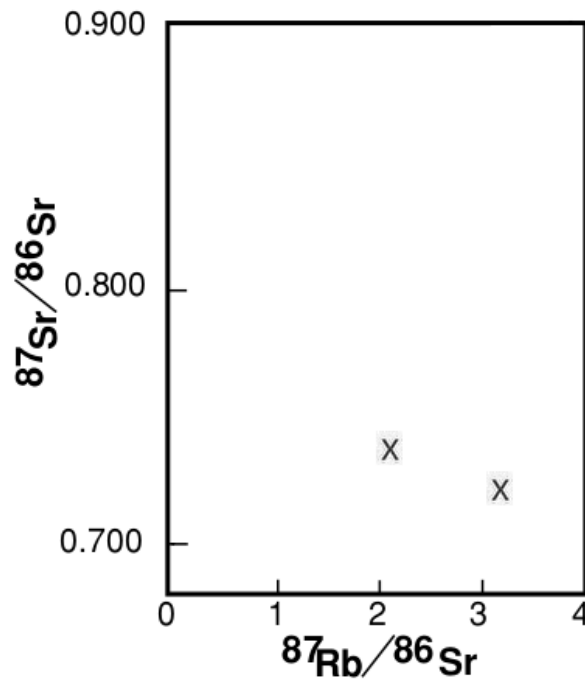


Figura 1: Intento de datación Rb-Sr para una roca sedimentaria.

(a) [1 pts] Explíqueme a la persona por qué no es posible determinar nada con estas mediciones.

(b) [4 pts] Que consejo le puede dar a la persona para que pueda determinar información acerca de esta roca sedimentaria - ¿cómo deberá mejorar su estudio? Además, que información se podría determinar?

4) [5 pts] • Potencial gravitacional  $U = -\frac{GM}{r}$  [J/kg]; • Energía cinética  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$  [J];  
 • Masa de la Tierra  $M_{\text{Tierra}} = 6.0 \times 10^{24}$  [kg]; Constante  $G = 6.67 \times 10^{-11}$  [m<sup>3</sup>/kg/s<sup>2</sup>]

(a) [2 pts] Use la conversión entre la energía gravitacional y cinética para estimar la velocidad a la cual un meteorito con masa  $m = 1000$  [kg] entra la límite de la atmósfera terrestre a un radio de 16000 [km].

(b) [3 pts] El meteorito, por la fricción, se quema en la atmósfera superior. Use la conversión de energía para calcular el aumento de temperatura del meteorito,  $\Delta T$ , con la suposición que para el meteorito su calor específico es

$$C_P \simeq 1000 \text{ J/kg/K}$$

5) [5 pts] La figura muestra cómo una variación de densidad dentro de la Tierra (áreas gris oscuro) afecta la forma del geoide.

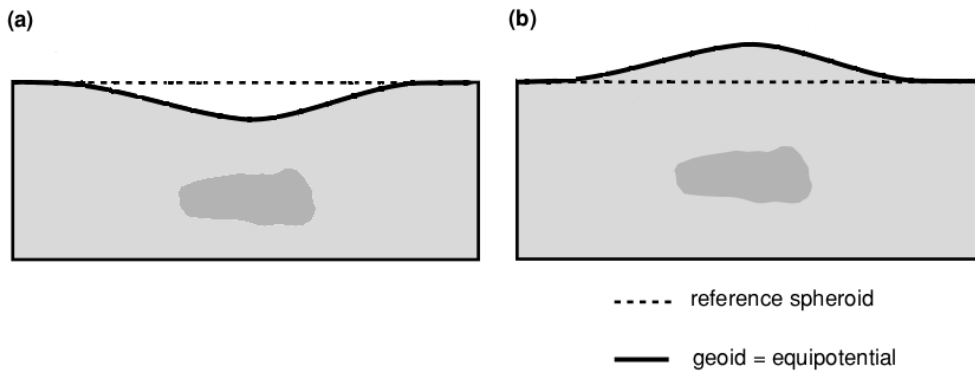


Figura 2: Efectos de cambios de densidad en la superficie equipotencial (geoide)

(a) [1 pt] De un ejemplo de una superficie equipotencial en la Tierra.

(b) [2 pts] ¿Cuál de los casos de la figura, (a) o (b), representa un exceso de masa dentro de la Tierra? ¿Y cuál representa un déficit de masa dentro de la Tierra?

(c) [2 pts] Use el hecho que  $\vec{g} = -\nabla U$  para dibujar en la figura las flechas pasando por el geoide que representan las líneas del campo vectorial  $\vec{g}$ .

6) [5 pts] Derivada en las clases, una manera de escribir un potencial gravitacional de referencia  $U$ , en una cierta posición  $P(r, \theta, \phi)$ , es:

$$U(P) = \underbrace{-\frac{GM}{r}}_{\text{masa puntual}} + \underbrace{\frac{GJ_2Ma^2}{r^3} \left[ \frac{3}{2} \cos^2 \theta - \frac{1}{2} \right]}_{\text{corrección por el "bulto ecuatorial"}} + \underbrace{-\frac{1}{2}r^2 \sin^2 \theta \omega^2}_{\text{rotación}}$$

(a) [1 pt] ¿Cómo se llama el término  $J_2$  en esta ecuación?

(b) [2 pts] ¿Cómo depende el valor de  $J_2$  en la velocidad de rotación terrestre ( $\omega$ )? Justifique su respuesta.

(c) [2 pts] ¿Si la Tierra estaba completamente fundida, cómo afectaría el valor de  $J_2$ ? Justifique su respuesta.

7) [5 pts] ¿Cómo funciona la balanza de torsión de Cavendish? ¿Para qué se usa?

8) [5 pts] Los armónicos esféricos son soluciones a la siguiente ecuación:

$$\nabla^2 U(\vec{r}) = 0$$

(a) [1 pts] Esta ecuación se aplica dentro de la Tierra? Justifique su respuesta.

(b) [2 pts] Los armónicos son funciones escritas en coordenadas esféricas  $(r, \theta, \phi)$ . ¿Cómo comparan  $\theta$  y  $\phi$  con la latitud y la longitud terrestre?

(c) [2 pts] ¿Puede los armónicos esféricos representar la parte rotacional del potencial terrestre  $(-\frac{1}{2}r^2 \sin^2 \theta \omega^2)$ ? Justifique su respuesta.

9) [5 pts] El potencial gravitacional puede ser representado en términos de armónicos esféricos como:

$$U(r, \theta, \phi) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^l \left\{ \begin{matrix} r^l \\ (\frac{1}{r})^{(l+1)} \end{matrix} \right\} [A_l^m \cos m\phi + B_l^m \sin m\phi] P_l^m(\cos \theta)$$

(a) [2 pts] ¿Qué representan  $A_l^m$ ,  $B_l^m$  y  $P_l^m$ ?

(b) [1 pts] Explique por qué se escribe la dependencia radial de esta manera.

(c) [2 pts] ¿Qué valor tienen  $A_0^0$  y  $B_0^0$  para el potencial geomagnético?

10) [5 pts] Las expresiones para las correcciones de Bouguer y de Aire Libre son:

$$dg_B = 2\pi G \rho h$$

y

$$dg_{FA} = \frac{-2hg_{n.m.}}{r}$$

con  $G = 6.67 \times 10^{-11}$  [m<sup>3</sup>/kg/s<sup>2</sup>];  $g_{n.m.} \simeq 9.8$  [m/s<sup>2</sup>];  $r \simeq 6371$  [km]

(a) [2 pts] Explique por qué una corrección es negativa y una corrección es positiva.

(b) [3 pts] Calcule la densidad a la cual estas dos correcciones se cancelan. ¿Para una densidad de corteza de 2700 [kg/m<sup>3</sup>], cuál de estos términos tiene el mayor valor absoluto?

11) [5 pts]

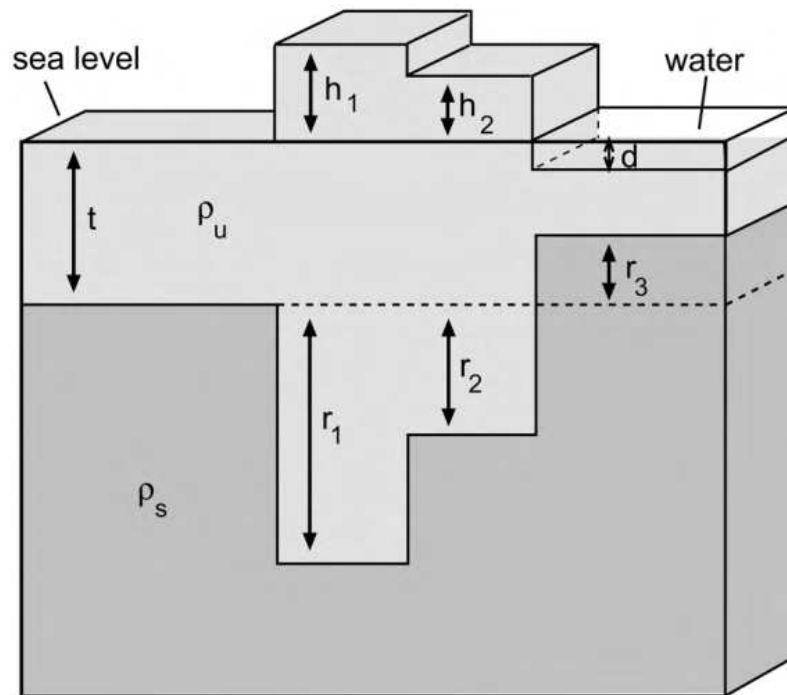


Figura 3: Esquema de la isostasia de Airy.

(a) [3 pts] Use el principio de la isostasia de Airy para calcular la reducción en el espesor de la corteza continental debajo del Mar Caspio. (Se puede usar una profundidad del Mar Caspio de 211 metros en promedio; densidad de agua =  $1000 \text{ kg/m}^3$ ; densidad de corteza continental =  $2700 \text{ kg/m}^3$ ; densidad de corteza continental =  $3300 \text{ kg/m}^3$ ).

(b) [2 pts] El Mar de Aral, cerca del Mar Caspio, ha efectivamente desaparecido durante los últimos 50 años por la desviación del agua a proyectos de irrigación. Por este cambio, esperarías que la anomalía de Bouguer de su cuenca sea positiva, negativa o cero hoy en día? Justifique su respuesta.

---

12) [5 pts]

(a) [3 pts] La figura 4 muestra la anomalía de Bouguer de un cráter en la corteza ( $\rho_{\text{corteza}} = 2700 \text{ kg/m}^3$ ) que está lleno de sedimentos pesados ( $\rho_{\text{sed}} = 2300 \text{ kg/m}^3$ ). Estime su profundidad, explique sus suposiciones.

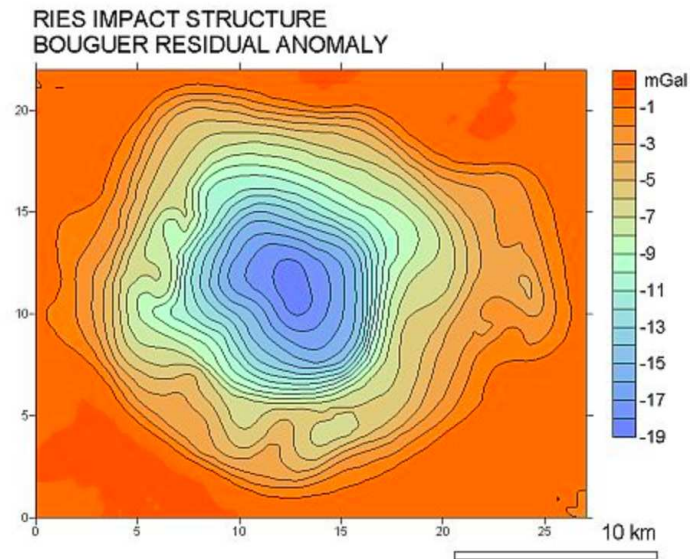


Figura 4:  $\Delta g_B$  para la estructura de impacto de Ries ( $1 \text{ mGal} \equiv 1 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ ).

(b) [2 pts] La figura 5 muestra la anomalía de Bouguer de un cráter que es asimétrica. Justifique su forma con una explicación de cómo se formó.

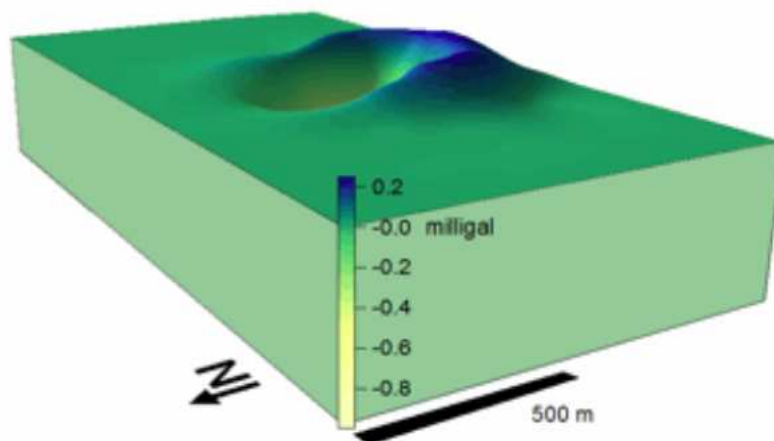


Figura 5:  $\Delta g_B$  para una estructura de impacto asimétrica.