

Practica V

Distribución de Cráteres de Impacto en la Luna

Introducción a las Ciencias de la Tierra y el Espacio I - 2011

Índice

1. Objetivos Específicos	1
2. Conocimientos previos	1
3. Materiales	1
4. Procedimiento	2
4.1. Análisis de la Imagen	2
4.2. Medición del Diámetro	2
4.3. Distribución acumulativa de cráteres	3
4.4. Cálculo de la Energía	3
5. Análisis de los Datos	4
5.1. Tasa Promedio de Muerte por Colisión	4
6. Discusión	4

1. Objetivos Específicos

Se contarán el número de cráteres en la región de área conocida de la figura (2). Al dividir este número por el área y el tiempo de exposición de la región, se estimará la tasa de impacto por unidad de área y de tiempo. Se calcularán cuantos cráteres se formarán en la Tierra y la frecuencia de extinciones masivas. Los objetivos de la práctica son

- Analizar el rol de los impactos en la evolución de los planetas y satélites con superficies sólidas.
- Estimar la tasa de impactos en la Tierra y la Luna.
- Calcular la frecuencia de impacto de asteroide que cause una extinción masiva.

2. Conocimientos previos

- Características generales del proceso de impactos y la formación de cráteres.
- Un objeto de diámetro D produce un cráter de diámetro $\sim 10 - 50$ superior.

3. Materiales

- Imagen de la Luna en la que se aprecien varias decenas de cráteres de más de $10km$ de diámetro.

4. Procedimiento

4.1. Análisis de la Imagen

1. Para poder calibrar los diámetros de los cráteres de la imagen, primero se buscará en la misma un cráter de diámetro conocido al cual se medirá su diámetro en píxeles. El diámetro en km (conocido de la literatura) se divide por el diámetro recién medido en px para obtener la escala de la imagen s en km/px . Por ejemplo: el cráter *Tycho* que se encuentra en la parte central superior de la imagen con un pronunciado pico central tiene un diámetro de $85km$.
2. Se determinará el área total de la región a analizar. Si la imagen incluye el limbo lunar se recomienda descartar la región mas cercana al limbo, ya que la imagen queda muy deformada por la proyección. Se calculará el área en px^2 lo que luego se transformará en km^2 al multiplicarla por la escala s^2 .
3. Se medirán los cráteres en píxeles haciendo una tabla como se muestra en el cuadro (1). En caso de tener una imagen cercana al limbo, se deben medir los diámetros en la dirección aproximadamente paralela al limbo. Si un cráter cae en el borde de la imagen, se lo considera dentro si su centro cae dentro de la imagen.

4.2. Medición del Diámetro

Iniciar Matlab y setear el directorio de trabajo en la carpeta de trabajo donde se encuentra la imagen de los crateres. Luego abrir la imagen como una figura en Matlab con el siguiente comando

```
A=imread('crateres.jpg','jpg')
```

En este momento se desplegará la imagen en una ventana de una figura. Observe que la relación de aspecto entre los ejes no es la misma, esto ocasiona que la imagen se vea ensanchada o alargada. Para evitar esto y que la imagen se visualice correctamente hay que ejecutar el siguiente comando

```
axis equal
```

Ahora la imagen esta correctamente visualizada y ya podemos comenzar con las medidas de los diámetros. Para realizar esto definimos las coordenadas de 2 puntos diametralmente opuestos en el cráter con la función *ginput*.

```
[xi,yi]=ginput
```

En este instante el cursor del mouse sobre la imagen se transformará en una cruz. Para registrar las coordenadas del primer punto, hacemos un click en el lugar deseado. Luego para finalizar la tarea apretar la tecla *enter*. De manera similar, registraremos las coordenadas del segundo punto

```
[xf,yf]=ginput
```

Luego de hacer las medidas correspondientes y apretar la tecla *enter* para finalizar, tendremos las coordenadas de ambos puntos (x_i, y_i) y (x_f, y_f) . Para calcular el diámetro en píxeles utilizamos nuevamente el teorema de *Pitágoras* con la siguiente operación

```
D=sqrt((xf-xi).^2+(yf-yi).^2)
```

Luego el D es el diámetro del cráter. Esta operación debe ser realizada con cada cráter para determinar su diámetro.

# de cráter	D(px)	D(km)
...
...
...

Cuadro 1: Esquema de la tabla que se elaborará con las medidas de los diámetros de los cráteres

4.3. Distribución acumulativa de cráteres

Se cargarán la tabla en Matlab.

```
load diametro.txt
```

Se asignará un vector a los diámetros en *cm* o *px* y se lo convertirá en *km* multiplicando por el factor de escala *s*.

```
D=diametro(:,2)*s;
```

Se pretende determinar el número de cráteres mayores que un valor dado $N(> D)$. Con el comando *sort* se ordena los valores de mayor a menor,.

```
D=sort(D,1,'descend');
```

Creo un vector con los números cumulativos de crateres mayores que el correspondiente D.

```
N=1:length(D);
```

Se dividirá cada número por el área total (AL) y por 3000, con lo que se determinará la tasa de impacto por km^2 y por millón de años. Se asumió un tiempo de exposición de la superficie de $3Ga$ (3×10^9 años) (desde el fin del bombardeo final hasta el presente).

```
T=N/AL/3000;
```

La frecuencia de impacto para la superficie de la Tierra se calculará como el producto de la tasa por km^2 por el Área de la Tierra – $AT = 4\pi R^2$ ($R = 6378km$).

```
f=T*AT;
```

Finalmente el período característico entre impactos es el inverso de la frecuencia.

```
P=1./f;
```

4.4. Cálculo de la Energía

Se calculará la energía cinética de los impactos, asumiendo una serie de parámetros típicos de los impactos como se muestra en el cuadro (2)

Para calcular la Energía cinética de cada impacto, primero se determinará el diámetro del proyectil (d) con la siguiente función. ¹

```
d=crater2proy(D,rhop,v,theta,rhot,g,tipo);
```

¹Esta función fue creada basándose en el código de *Melosh y Beyer*, <http://www.lpl.arizona.edu/tekton/crater.html>, y usando el método de dimensionamiento π de *Schmidt and Holsapple* 1987.

PARÁMETRO	VALOR
Velocidad de impacto	$v = 17\text{km/s}$
Densidad del proyectil	$\rho_p = 3000\text{kg/m}^3$
Ángulo de impacto	$\theta = 45^\circ$
Densidad del blanco	$\rho_t = 2500\text{kg/m}^3$
Gravedad del blanco	$g = 1,67\text{m/s}^2$
Tipo de suelo arenoso	Tipo 2

Cuadro 2: Valores típicos de parámetros físicos y geométricos que permiten calcular, entre otras cosas, la energía cinética del impactor

Teniendo en cuenta la ecuación (1) para la masa del proyectil, la energía cinética de los mismos puede calcularse con la ecuación (2)

$$m = \frac{1}{6}\pi d^3 \rho_p \quad (1)$$

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2)$$

Finalmente podemos transformar esa energía en kilotonnes de TNT, mediante la siguiente equivalencia

$$1\text{kt} = 4,3 \times 10^{12} \text{J} \quad (3)$$

5. Análisis de los Datos

Elaborar las siguientes gráficas

- Log(frecuencia) vs Log(Energía)
- Log(Período) vs Log(Energía)

Se comparará esta gráfica con el gráfico de la estimación del período entre impactos para el presente. Discutir las causas de la diferencia entre las curvas

5.1. Tasa Promedio de Muerte por Colisión

Con los datos y gráficos obtenidos podemos calcular la Tasa Promedio de Muerte por Colisión τ . Se considera que una catástrofe global es producto de un impacto de 100000mt de TNT, lo que produciría la extinción del 25% de la Humanidad. Por lo tanto podemos calcular τ como

$$\tau = PM \times 0,25 \times f(1 \times 10^{11}\text{TNT}) \quad (4)$$

Donde PM es la población mundial y $f(1 \times 10^{11}\text{TNT})$ se estima del gráfico.

6. Discusión

Comparar las tasa presentes y pasadas, y discutir sus consecuencias para el origen de la vida en la Tierra. La bomba de *Hiroshima* tuvo una energía equivalente a 15kt . Las mayores bombas termonucleares tienen una energía de $100\text{mt} = 100000\text{kt}$

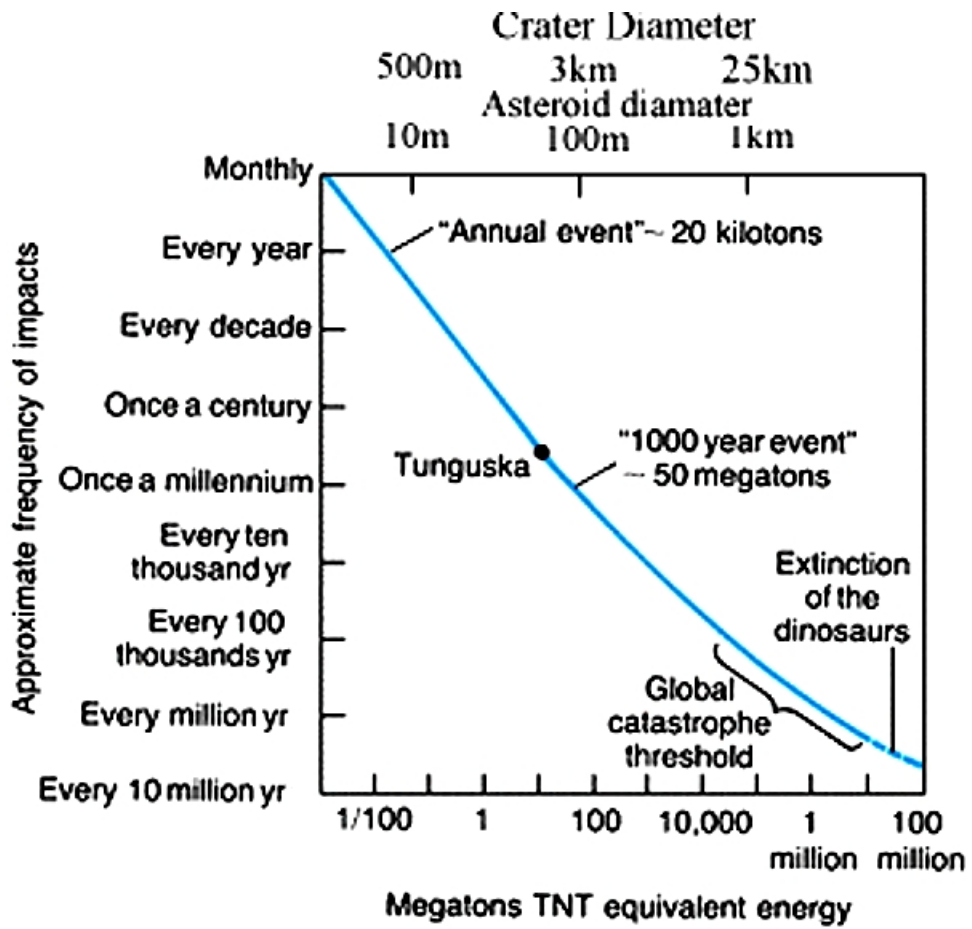


Figura 1: Frecuencia de impactos en función de la energía equivalente del mismo. Observe los diferentes escenarios de catástrofes posibles



Figura 2: Imágen de la Luna con la que se hará la práctica