

Tarea 10:  
**Escala de Palermo**  
*Ciencias Planetarias*

Camilo Ospinal

Noviembre, 2023

## Introducción

La Escala de Palermo es una escala logarítmica que mide el riesgo de impacto de un cuerpo menor del sistema solar, generalmente un Near Earth Object o NEO, y ayuda a catalogar a los objetos con mayores potenciales de colisión, como los Potential Hazard Asteroids o PHA. Hay una basta cantidad de cuerpos menores rondando el Sistema Solar, muchos de ellos impactan a los gigantes gaseosos y otros, conforme avanza el tiempo, colisionan con los otros planetas o caen directamente hacia el Sol. La escala fue propuesta por primera vez por Chelsey et al. (2002) en el intento de empezar a sistematizar aún más los monitoreos de asteroides y cometas con trayectorias cercanas a la Tierra, tanto como su importancia relativa y absoluta. Para realizar la escala tomaron tres principales factores: **Fecha de impacto**, entre menor el tiempo más relevancia toma el NEO para realizar maniobras de prevención; **Energía de impacto**, no todos los impactores provocarían la misma liberación de energía, como vimos en anteriores oportunidades, habrán aquellos que solo afecten zonas específicas, ciudades, países o los que resulten en una catástrofe global; **Probabilidad de impacto**, no todos los NEO tienen las mismas posibilidades de ser impactores para la Tierra, por supuesto, entre más cercana sea su órbita de la Tierra, junto a otros factores, se determinará la probabilidad con la cual ocurra el suceso. Afortunadamente, los tiempos en los cuales puede ocurrir un impacto de magnitudes colosales son extremadamente largos, el último impacto de tal poder ocurrió hace 65 millones de años, estadísticamente es de esperarse que esto no vuelva a ocurrir en unas decenas o cientos de millones de años más. Las energías liberadas por muchos de los NEOs son relativamente bajas, muchos de los cuerpos catalogados no tienen la masa suficiente como para resultar en un evento apocalíptico, es más, miles de toneladas de roca ingresan a la atmósfera terrestre cada año y, evidentemente, no son lo suficientemente grandes para derivar a afecciones importantes, por ende, y recurriendo de nuevo a la estadística, las probabilidades de ingreso de un asteroide son mucho mayores para cuerpos muy pequeños que para cuerpos de importancia general. Por otra parte, habrá escuchado sobre la Escala de Torino, que también ayuda a visualizar la relevancia del impactor, pero en términos en los cuales el público lo pueda entender, esta va de 0 hasta 10. La Escala de Palermo es utilizada por los especialistas, y ayuda a tener una mejor visualización del riesgo del impactor, va desde los números negativos hasta los positivos. Un número de Palermo de -2 a 0 indica una probabilidad del 1 % que ocurra el evento respecto al *Background Hazard*, que es el punto de referencia tomado a partir de la probabilidad de impacto en base al historial de impactos que ha sufrido la Tierra, un número de Palermo igual a 0 tiene la misma probabilidad de impacto que el background hazard, y un número igual a 2 indica un evento 100 veces más probable que el background hazard. A continuación, la definición de la Escala de Palermo:

$$\mathcal{P} = \log_{10} R$$

$R$  es el riesgo relativo normalizado, que de hecho, como se puede ver en el artículo de Chelsey et al. (2002), es el resultado final de la deducción del modelo, no obstante, su resultado numérico

es muy pequeño, del orden de  $10^{-11}$  por lo que se decide tomar el logaritmo en base 10 para construir la escala.  $R$  está definido como

$$R = \frac{P_I}{f_B \Delta T}$$

Donde  $P_I$  es la probabilidad de impacto,  $f_B$  es la frecuencia de impactos en la Tierra de cuerpos con una energía mayor a  $E$  (en megatones) y se calcula como

$$f_B = \frac{3}{100} E^{-4/5} \text{ yr}^{-1}$$

Finalmente,  $\Delta T$  es el tiempo en años hasta el evento potencial.

## Cálculos

En lo siguiente se utilizan los datos recogidos de [cneos.jpl.nasa.gov](http://cneos.jpl.nasa.gov) para calcular su escala de Palermo  $PS$ , utilizando las ecuaciones anteriores, recogiendo los en la Tabla 1. Note que se puede encontrar la energía del impacto utilizando la ecuación de la energía cinética sabiendo la masa y la velocidad, dato que puede también ser encontrado en la página anteriormente referenciada, para calcular la escala se tomaron los valores del año más cercano a la fecha donde podría ocurrir un impacto.

Objeto	Masa [kg]	Energía [Mt]	$P_I$	$\Delta T$ [yr]	$f_B$	$PS$
2010 RF12	4.8e+5	8.6e-3	0.1	72	1.35	-2.98
2007 DX40	8.8e+7	3.8	5.4e-8	12	0.01	-6.36
2020 VV	2.3e+6	3.5e-2	5.2e-6	21	0.44	-6.25
2000 SG344	7.0e+7	1.0	2.2e-7	46	0.03	-6.79

Tabla 1: Escala de Palermo calculada para distintos NEO

## Conclusiones

La Escala de Palermo nos permite concluir que los impactos entre cuerpos menores de tamaños relativamente grandes del Sistema Solar y la Tierra son escasos comparados a los impactos que podrían sufrir los gigantes gaseosos debido a su mayor campo gravitacional. También nos ayuda a ver que de los objetos observados no existe ninguno que tenga una trayectoria cuyos puntos de intersección con la órbita de la Tierra sean lo suficientemente cercanos dentro de varios siglos que representen un peligro para la Tierra, esto no significa que no haya ninguna probabilidad de colisión ni que no exista ningún cuerpo con un grado de riesgo mayor que aún no hallamos descubierto. Esto también nos habla de la dinámica actual del Sistema Solar, donde las colisiones entre cuerpos son menos frecuentes y sus órbitas son más estables si las comparamos con el pasado. En dado caso de que exista algún cuerpo aún no descubierto que represente un peligro serio para la vida en la Tierra, la estadística nos ayuda a ver que, además de improbable, si lo hubiera, el tiempo en el que ocurriría sería lo suficientemente largo para actuar. Ante ello ya tenemos planes de defensa planetaria, la misión DART fue el primer intento exitoso de cambiar el rumbo de un asteroide, también actualmente, en puertas de una nueva carrera espacial, las agencias espaciales más importantes de todo el mundo están trabajando en sistemas de propulsión nuclear, exactamente propulsión térmica nuclear y propulsión eléctrica nuclear, métodos de propulsión espacial que prometen, además de acelerar la potencia de los viajes espaciales, poder ser utilizados para en proyectos de defensa planetaria, como propone, por ejemplo, la agencia espacial rusa<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Nota del autor: Para el lector que quiera saber más acerca de sistemas de propulsión nuclear, recomiendo leer el artículo que escribí para CODEAC acerca del tema.

## Referencias

- [1] Chesley, S. (2002). Quantifying the Risk Posed by Potential Earth Impacts. *Icarus*, 159(2), 423–432. doi:10.1006/icar.2002.6910
- [2] Palermo Technical Impact Hazard Scale [https://cneos.jpl.nasa.gov/sentry/palermo\\_scale.html](https://cneos.jpl.nasa.gov/sentry/palermo_scale.html)
- [3] <https://neo.ssa.esa.int/definitions-assumptions>
- [4] <https://cneos.jpl.nasa.gov/sentry/details.html#?des=2000%20SG344>