99942 Apophis: ¿Trayectoria de impacto o marketing?

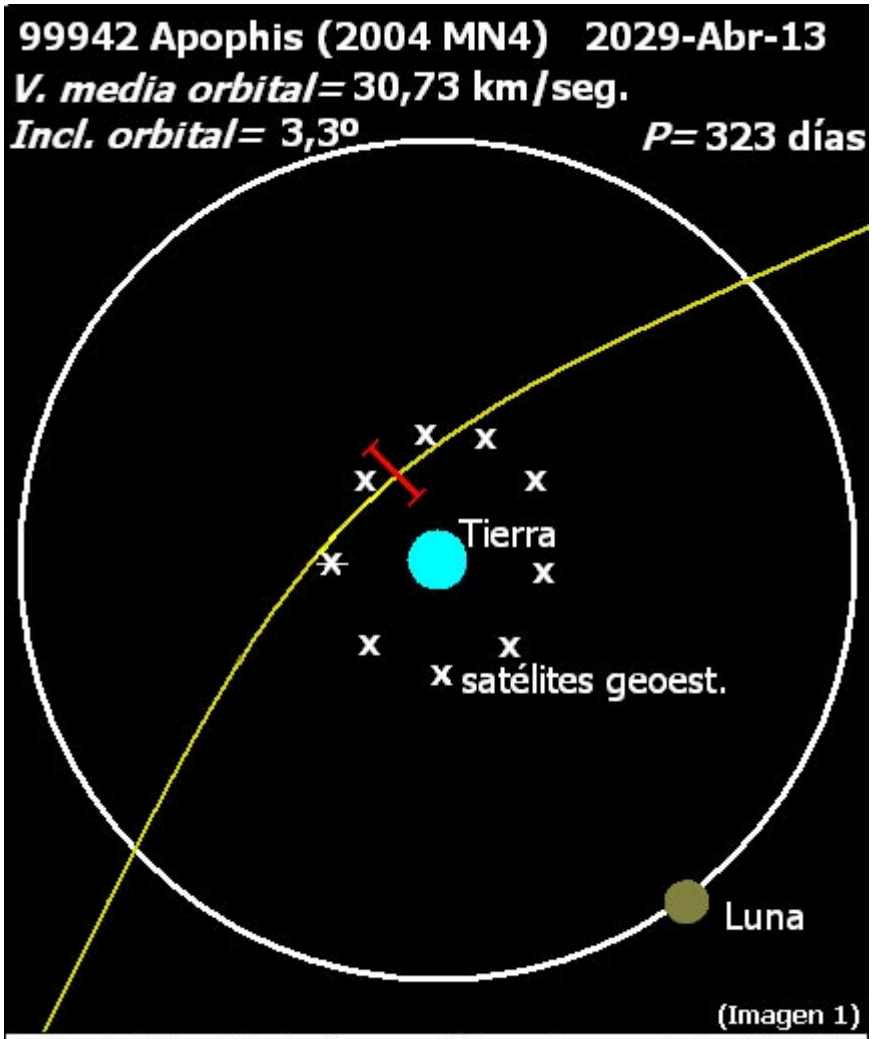
Josep Emili Arias
cel_ras@hotmail.com

Si existe un asteroide al que el hombre no le inquiete verlo surcar en su firmamento más próximo ese, sin duda, es el pequeño asteroide B612. Un asteroide árido y volcánico habitado por un tierno Principito. Y que, ambos, tanto orbitaron en la imaginación poética de Antoine Saint-Exupèry.

El pasado marzo durante una conferencia sobre -Defensa y sector aeroespacial- organizada por *Fax Press* en el *Palace* (Madrid), nuestro astronauta en excedencia Pedro Duque, sentado junto al ministro de Defensa -José Antonio Alonso-, afirmó, a bombo y platillo, que España podría liderar una misión para desviar la amenazante trayectoria del asteroide 99942 *Apophis* con un cálculo de impacto virtual para el 13 de abril del 2036, exponiendo: «Los científicos tienen "la certeza matemática absoluta" de que *Apophis* transitará en el 2029 a una distancia muy corta de la Tierra, más cerca de lo que orbitan nuestros satélites geoestacionarios. Los daños que esa trayectoria provocará en las telecomunicaciones de la Tierra serán tremendos. Pero el peligro real para los humanos vendrá apenas siete años después, cuando esta roca de 300 metros de diámetro en la siguiente tra-

yectoria de colisión (tras quedar encaminada su órbita por absorción de la gravedad terrestre) se precipite, muy previsiblemente, sobre el océano originando un inmenso y devastador tsunami».

El ingeniero Pedro Duque, tras configurar un total escenario de alarmismo y sensacionalismo, bien lo supo aprovechar para publicitar su incipiente empresa *Deimos Imagin*, creadora de software aeroespacial (filial de la empresa española de innovación y aplicaciones tecnológicas, *Deimos Space*) anunciando que son poseedores del requerido soporte-software con el cual liderar la misión *Quijote- Sancho* que proyecta la ESA con el objetivo de interferir la posible trayectoria de colisión del *Apophis.*

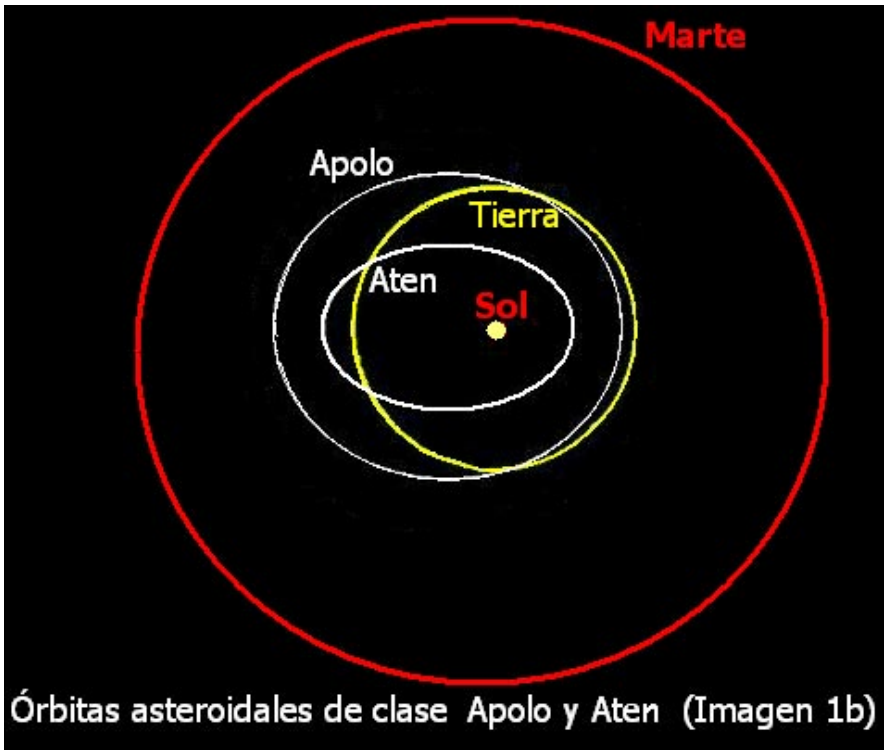


Franja de incertidumbre (no resuelta) para el acercamiento orbital del 13/abril/2029, estimada en ~8.000 km.

Las actuales predicciones para este cercanísimo encuentro del 13/abr/2029 sitúan al *Apophis* (dios egipcio *Apep*, "el Destructor") a sólo 34.700 km (0,0002318 UA), cruzando la estratosfera y sorteando los satélites geoestacionarios (Imagen 1). No exentos de inquietud, será éste el primer gran asteroide que los humanos avistemos, a ojo desnudo, como cruza nuestro firmamento más próximo con una máxima velocidad angular de 42º por hora y con un débil brillo de magnitud 3,3. Este acercamiento del 13/abr/2029 sentenciará si *Apophis* adquirirá trayectoria de colisión en su siguiente encuentro del 2036.

Una lotería encima de nuestras cabezas

Cierto es que con el paso del tiempo se va incrementando la cifra de objetos asteroidales potencialmente peligrosos para la Tierra, los PHA's (*Potencially Hazardous Asteroids*), objetos asteroidales con órbitas elípticas de clase *Apolo* y *Aten* (Imagen 1b), y que en ciertos tramos orbitales coinciden con la misma órbita terrestre, acercándose a la Tierra a menos de 0,05 Unidades Astronómicas (7,5 millones de km) y llegando a cruzarse por la misma autopista que transita la Tierra. Hoy, el global programa del NEOP, *Near Earth Object Program* (JPL-NASA) integra a toda la red de alertas de los siete principales observatorios con telescopio robotizado y destinados, exclusivamente, al rastreo sistemático para la búsqueda de NEO's (*Near Earth Objects*), tanto conocidos como desconocidos. Estos NEO's, ya sean asteroides, pequeños cometas muertos o meteoroides, son objetos con tránsito cercano a la Tierra. El NEO-Program, de JPL-NASA, también lleva el seguimiento y vigilancia de los 138 asteroides PHA's con suficiente capacidad de destrucción y que mantienen un riesgo real de colisión con la Tierra. Debemos reseñar a nuestro astrónomo amateur, Josep Julià Gómez (AAS, Gandía), quien es descubridor de dos asteroides NEO's. Uno de ellos, el 2005TK50 (de clase *Apolo*), el 10/oct/2005 se acercó a 123.000 km (0,00082 UA), a tan sólo ⅓ la distancia Tierra-Luna. Este asteroide 2005TK50 fue



Órbitas asteroidales de clase Apolo y Aten (Imagen 1b)

catalogado de Impactador Virtual (VI) y quedó registrado, dentro del listado de riesgos del programa NEOP (JPL-NASA), como el noveno PHA con mayor aproximación a la Tierra y con una baja probabilidad de impacto para su futuro paso del 07/mar/2100, estimándole un bajo riesgo de impacto de -9.76 en la escala técnica de Palermo.

Pero la mayor alerta por acercamiento de un NEO a la Tierra la dio el asteroide 2004FH, descubierto el 16/mar/2004 por el sistema robotizado LINEAR (*Lincoln Near Earth Asteroid Research*), telescopio de rastreo sistemático emplazado en Socorro (Nuevo México) y vinculado a la red de rastreo del NEO-Program. Esta roca de 30 m de diámetro y designada como 2004FH, el 18/mar/2004 (a las 22:08 UTC) tuvo la osadía de sobrevolar las órbitas más externas de nuestros satélites geoestacionarios, pasando a 49.000 km (0,000328 UA) sobre nuestras cabezas. Su rápida trazada pudo ser contemplada con unos simples prismáticos, visto desde Europa, Asia occidental y todo el hemisferio meridional Atlántico. Al equipo que custodiaba el LINEAR, tras el cálculo astrométrico de su trayectoria, sólo les cupo la expresión: *Ouch!*. Este 2004FH no volverá a acercarse a la Tierra hasta el 2044, cuando ya pasará mucho más lejos de nuestro planeta, a 1,4 millones de km (0,00936 UA). Aunque nos puede quedar el consuelo que una gran mayoría de estos PHA's, como el 2005TK50 y este 2004FH, son de tipo rocoso (no de bloque ferroso) y que al no sobrepasan los 30 m de diámetro, prácticamente, se desquebrajan en su totalidad en la atmósfera en una lluvia de bolas de fuego (bólidos incandescentes) que se volatizan por fricción térmica sin llegar a colisionar contra el suelo.

La mejor imagen testimonial de impactos asteroidales (y de meteoroides) nos la muestran las prístinas superficies exentas de erosión de la cara oculta de la Luna y del planeta Mercurio, superficies densamente acribilladas por cráteres de impacto. Este oculto hemisferio lunar que nunca contemplamos, porque siempre orbita de espaldas a la Tierra, nos ha filtrado y parapetado de potenciales colisiones. La superficie de la Luna, de Mercurio y de Marte,

Telescopio 691 Spacewatch (izquierda). En el complejo de Kitt PeaK National Observatory (Arizona), 2096 m de altitud. Cortesía de Jim Scotti. (Imagen 2)

nos recuerdan lo peligroso que es vivir en la parte interna del Sistema Solar, en plena convivencia con estas rocas de órbita muy perturbable y provenientes del Cinturón de Asteroides.

1997XF11 y los líos falderos de Clinton

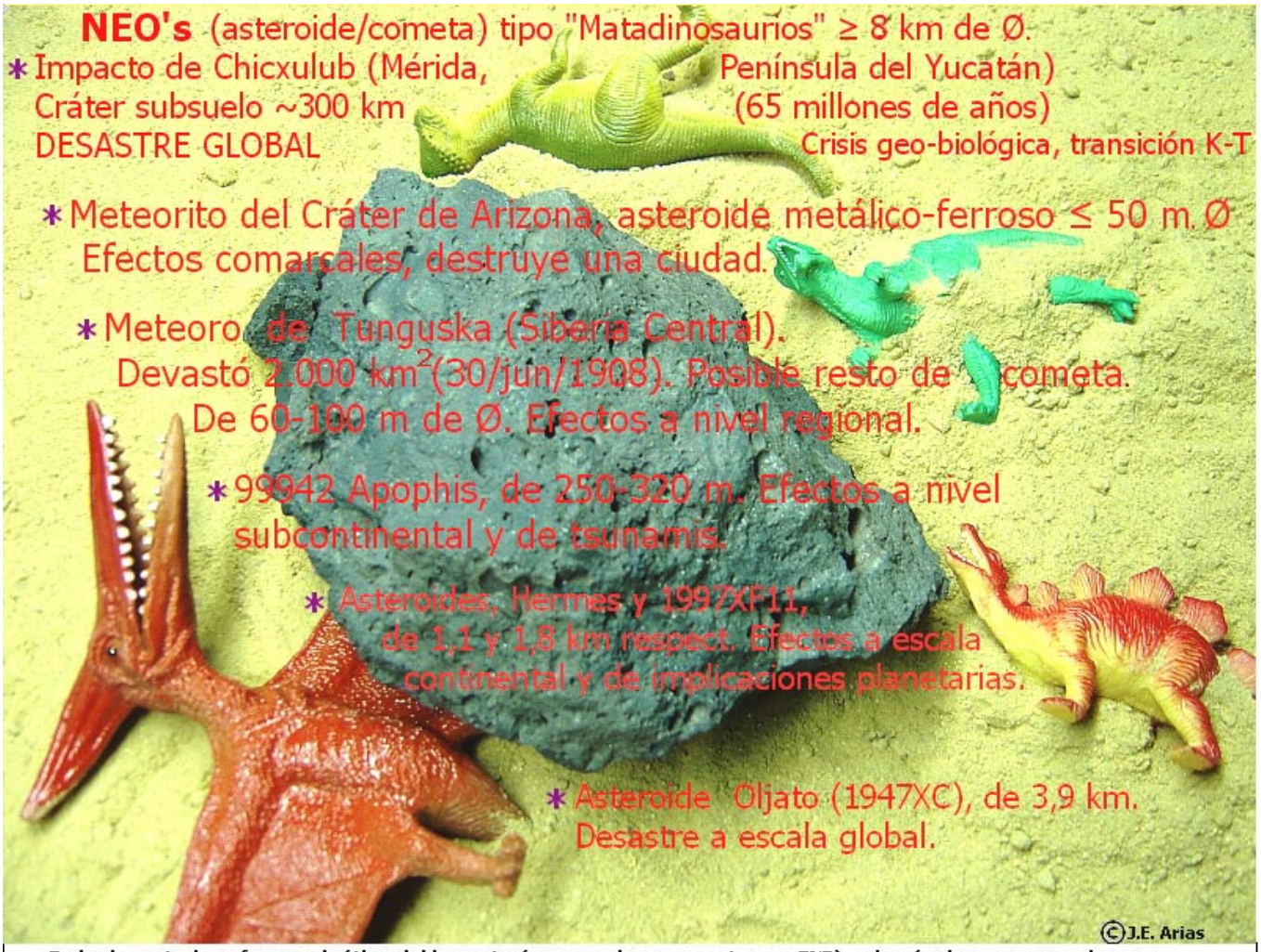
Si en nuestra reciente historia tuviésemos que considerar el paso asteroidal de un NEO como el de mayor revuelo mediático y de mayor sensacionalismo ese fue, sin duda, el asteroide 1997XF11. En abril de 1998, nuestra revista del famoseo *HOLA* llegó a dedicarle un inquietante y extenso artículo.

El 6/dic/1997 el astrónomo Jim Scotti descubrió este 1997XF11 desde el telescopio *691 Spacewatch* del *Kitt Peak National Observatory* en Arizona (Imagen 2) y configurado en la red de rastreo del NEO-Program.

En fecha, 11/mar/1998, Brian Marsden, director del *Minor Planet Center* (Universidad de Harvard) y responsable de comunicados de la IAU (Unión Astronómica Internacional), firmó esta nota de prensa: «El reciente asteroide NEO, designado como 1997XF11, a finales de octubre del 2028 pasará muy cerca de la Tierra, cruzando por el plano interlunar, y existiendo un cierto nivel de incertidumbre en el cálculo de las efemérides, advertimos de la existencia de serias probabilidades de impacto con la Tierra para esas mismas fechas». Esta alarmante noticia prediciendo para el octubre del 2028 una seria amenaza de colisión contra un asteroide de casi 2 kilómetros de diámetro (~1,8 km) y de consecuencias de devastación a nivel continental, recibió una cobertura masiva en todas las agencias y de rotativos a nivel planetario. Bien es cierto que, en EEUU, la prensa y los canales de TV afines al partido Demócrata, bien supieron aprovechar dicha noticia con una desmesurada promoción y alarmismo. ¿Qué mejor que unos impactantes titulares de esta anunciada catástrofe planetaria para desviar la presión judicial que soportaba un presidente de los EEUU?. En ese intento desesperado por eclipsar el macro juicio político que se le avecinaba al presidente Bill Clinton al quedar imputado, judicialmente, por el delito de acoso sexual en las demandas presentadas por Paula Jones y Mónica Lewinsky al inicio del año 1998.

Unas semanas después, ante la inquietud por precisar los futuros acercamientos orbitales del 1997XF11, se aprestaron a buscar imágenes de su posible anterior acercamiento a la Tierra que debiese acaecer en marzo de 1990. Para ello, se revisó el registro de películas del pionero programa de rastreo sistemático que antaño realizaba la Cámara *Schmidt* de 0,46 cm de Monte Palomar (California), *The Planet-Crossing Asteroid Survey*. Y, efectivamente, allí, en las tomas fotográficas de los días 22 y 23 de marzo de 1990 hallaron el tan «escondido», y no descubierto, asteroide 1997XF11. Con toda esta valiosísima aportación de nuevas efemérides astrométricas (una mayor configuración de segmentos orbitales) ya se pudo definir, de forma concluyente, cual sería el futuro paso orbital de mayor proximidad a la Tierra que realizara el 1997XF11. Mostrando que para

Complejo astrofísico del Kitt Peak National Observatori (Arizona). Altitud 2096 m. **(Imagen 3)**



En la devastadora fuerza cinética del impacto (expresada en megatones, TNT), además de su masa-volumen, también computan la velocidad del objeto y su ángulo de entrada en la atmósfera. (Imagen 4)

el reencuentro del 26/oct/2028, el 1997XF11 tendría su mayor aproximación a la Tierra, pero a una tranquilizante distancia de 960.000 km (0,0064 UA), dos veces y media la distancia de la órbita lunar.

La comunidad científica se mantuvo perpleja ante esta pifiada científica. ¿Por qué un científico serio como Brian Marsden se precipitó tanto en lanzar el alarmante comunicado de que un asteroide de tamaño considerable se acercaría a menos de 48.000 km de la Tierra con serio riesgo de colisión, y basándose sólo con unas escasísimas observaciones astrométricas que sólo resolvían un minúsculo segmento de órbita?. Seguramente, este alarmista e irresponsable comunicado de Brian Marsden nunca tuvo la intención de armar el gran revuelo y, sí, provocar una llamada de atención a los observadores habituales de asteroides, tanto profesionales como amateurs (J. J. Gómez, "Asteroides", *Huygens*, vol. 12, 1998, 20). En cualquier caso sirvió para que, *a posteriori*, se incrementasen los fondos para potenciar los sistemas de alerta y los programas de rastreo en la vigilancia de NEO's.

La trayectoria de colisión del *Apophis* es incierta

El 99942 *Apophis* (2004 MN4) fue descubierto el 19/jun/2004 por un equipo de astrónomos del *Kitt Peak National Observatory* (gestionado por la Universidad de Arizona, Imagen 3), resultando ser un NEO de órbita elíptica tipo *Aten*, es decir, una órbita cuasi inmersa dentro de la órbita terrestre, salvo cuando la sobrepasa durante el tránsito de su afelio, momento en que se entrecruza con la orbita terrestre.

Posteriores imágenes espectroscópicas de rango infrarrojo fijaron su tamaño diametral entre los 250 y 320 metros, con una masa mínima estimada de 21 millones de Tm, y de consecuencias de devastación a escala supra-regional o de maremotos y tsunamis. El *Apophis* está lejos de adquirir la consideración de un asteroide «matadinosaurios»

99942 Apophis (2004 MN4)
Earth Impact Table

Date	Distance	Width	Impact Probability	Impact Energy	Palermo Scale
YYYY-MM-DD.DD	(r_{Earth})	(r_{Earth})		(MT)	
2036-04-13.37	0.53	1.19e-03	2.2e-05	4.02e+02	-2.52
2037-04-13.64	0.63	1.11e-03	8.1e-08	4.01e+02	-4.97

Extracto Tabla del NEO-Program (19/oct/2006). Cotesía NEO, JPL-NASA (Imagen 5)

(Imagen 4), rememorando al ancestral asteroide o cometa caído en Chicxulub, Mérida (Península del Yucatán) hace, aproximadamente, 65 millones de años. Cuyas drásticas consecuencias derivaron en una crisis geo-biológica global con una masiva extinción de especies y la crisis geológica que marcaría la transición del Cretácico al Terciario (estrato de transición K-T).

Destacar que la devastadora fuerza cinética por impacto de un asteroide o cometa, expresada en megatones (TNT), además de los valores de volumen y masa-densidad del objeto, también computan la velocidad del objeto en su entrada en la atmósfera y su ángulo de incidencia.

Entrando en la Web de *NEO-Program*, (//neo.jpl.nasa.gov/risk/a99942.html) vemos la tabla: *Earth Impact Table, 99942 Apophis (2004 MN4)* y, allí (Imagen 5), observamos que este asteroide tiene pronosticados dos impactos virtuales contra la Tierra para las efemérides del 13/abr/2036 y del 13/abr/2037 y con una velocidad de entrada en la atmósfera de 12,59 km/seg. Donde en sus respectivas casillas de *Distance rEarth* arroja valores de 0,53 y 0,63. Este valor expresa la distancia de proximidad, en radios terrestres, al paso cercano del asteroide. Siendo ambos valores de 0,53 y 0,63 siempre inferiores a la unidad. Donde el valor 1 es la equivalencia de un radio terrestre, 6.420 km. Por tanto, estos valores de la tabla expresan y otorgan dos certeros impactos con la Tierra. De la misma tabla, confeccionada el 19/oct/2006, se extraen las siguientes probabilidades de impacto (*Pi*). Para el 13/abr/2036 el *Pi* es de 1 entre 45.000, y para su siguiente paso del 13/abril/2037 la probabilidad ya cae de 1 entre 12,3 millones. Aunque, aquí, no se nos dice, ¿cuál es el margen de error sobre el que se asientan estos cálculos?.

En la opinión de Don Yeomans

Tal es, así, que Donald Yeomans, jefe del programa NEOP (JPL-NASA) y experto calculista de órbitas, aconseja tomar con cautela los valores de estas tablas y esperar al próximo acercamiento del *Apophis* en el 2013, para obtener las máximas observaciones astrométricas (resolver más segmentos orbitales) con las cuales poder predecir con mayor exactitud si la órbita post-2029 tomará una peligrosa "resonancia orbital" con la Tierra (por absorción de la gravedad terrestre) que acreciente las probabilidades de impacto para el siguiente acercamiento del 2036. Por tanto, todas las actuales predicciones del *Apophis*, para el encuentro orbital del 2036, mantienen mucha incertidumbre. Pero, sin duda, será el encuentro del 13/abr/2029 el que sentenciará, de forma concluyente, si *Apophis* adquirirá trayectoria de colisión con la Tierra para el siguiente encuentro del 2036.

Un inquietante -2.52 en la escala Palermo

En la otra tabla adyacente: *Earth Impact Risk Summary, 99942 Apophis*, de la NEOP (JPL-NASA), nos sitúa el riesgo potencial de impacto en un inquietante nivel -2.52 en la Escala Técnica de Palermo (*Palermo Technical Impact Hazard Scale*). Esta Escala técnica de Palermo es una complicada escala de cálculo logarítmico utilizada por los astrónomos para cuantificar el nivel de riesgo y alarma sobre

potenciales impacto de NEO's, pero nunca evalúa las consecuencias post-impacto (que sí lo cuantifica la otra escala de Torino). Los valores que toma la escala Palermo, en riesgo ascendente, se inicia con el valor -10 y concluye con el índice +2, siendo éste el nivel de alarma máximo. Su fórmula de cálculo para cuantificar el nivel de riesgo está en función, principalmente, de las acumuladas probabilidades de impacto y del tiempo (periodo, T) que falta hasta el evento. A *grosso* modo, decir que los NEO's con valores inferiores a -2 no conllevan probabilidades reales de impacto. Los NEO's situados dentro de la orquilla entre los niveles -2 y 0 (*Apophis* está a las puertas) ya mantienen probabilidades reales de colisión y merecen de un seguimiento y supervisión cuidadosa. Cuando el nivel alcanza índices positivos entramos en unos niveles muy preocupantes que requieren de la imperiosa obtención de nuevas observaciones con las cuales dejar bien definido el máximo trazo de su órbita. Decir que en las preliminares y paupérrimas observaciones astrométricas del *Apophis* tomadas el 24/dic/2004 (inmediatas a su redescubrimiento) éstas situaban para el acercamiento del 13/abr/2029 una probabilidad de impacto (*Pi*) del 1,6% (de 1 probabilidad entre 62), llegando alcanzar, sin precedentes históricos, el nivel +1 en la escala Palermo. Aunque, posteriormente, fueron descartadas todas las probabilidades de colisión para el 2029, tras haber resuelto nuevos tramos o segmentos adicionales de su órbita.

El índice máximo de +2 manifestaría una certera colisión muy próxima o inminente. Entonces, ¿por qué en la estimación del nivel de riesgo de la escala Palermo tiene tanta consideración el periodo de demora hasta el suceso de la probable colisión?. La sabiduría popular es muy juiciosa: «Todo riesgo inmediato siempre es peor que otro riesgo distante en el tiempo, aunque éste último ostente una mayor probabilidad de acontecer». Otra razón, más argumentada, es que las órbitas de estos NEO's y pequeños planetoides son muy perturbables a cualquier influjo gravitatorio que ejerza el sistema Sol-Tierra-Luna e, incluso, el mismo Júpiter. Tales influjos terminan por desestabilizar la órbita de algunos NEO's. También cabría, y como caso muy circunstancial, que el propio azar y el paso del tiempo jueguen a nuestro favor para confabular el choque entre dos NEO's catalogados de PHA's y con un nivel de riesgo +1.65 en la escala Palermo.

Etimología y semántica de meteoro, meteorito, aerolito y meteoroide

-Meteoro, (gr. μετέωρος; lat. *meteōrus*, *mete+oros*. Elevado o suspendido en el aire [cielo, atmósfera], como los monasterios de Meteora). **1.** *METEOROLOGÍA*, en su semántica más genérica: Todo fenómeno natural surgido dentro de la atmósfera de la Tierra. Ejemplos: La precipitación de lluvia, de nieve, de pedrisco, el rayo, el Fuego de Santelmo, el Arco Iris y el viento. Los famosos «aerolitos» de hielo, lanzados o caídos desde una aeronave, no son considerados meteoros por tener un origen y una procedencia artificial. **2.** *ASTR.* Todo fenómeno luminoso de naturaleza cósmica que se pueda observar en toda la vasta amplitud de la atmósfera, tanto si transita con movimiento propio o permanece inmóvil. Ejemplos: La traza luminosa de una estrella fugaz (lluvia de estrellas), un bólido incandescente. Pero, también, las auroras boreales y australes (partículas de alta energía que, generadas por las tormentas solares, se precipitan ionizadas por los polos magnéticos de la Tierra). La contemplación del paso de un bello cometa sería «meteoro» si tuviese la osadía de introducirse (por unos pocos segundos) dentro de la capa alta de la atmósfera terrestre.

-Meteorito, (lat. *meteor-ito*, caído del aire, caído del cielo). Siempre como sinónimo de post-impacto, es decir, que ha alcanzado la superficie terrestre. Vocablo de acepción únicamente astronómica. Todo cuerpo sólido de naturaleza cósmica y de procedencia exoplanetaria (asteroide, cometa, meteoroide) que tras haber sobrevivido al paso por la atmósfera terrestre, sus restos o fragmentos se precipitan colisionando sobre la superficie terrestre. Ni el pedrisco ni la lluvia de ranas obtienen la consideración de meteorito, pues responden a procesos climáticos terrestres. La premisa esencial que exige la condición de -meteorito- es el hallazgo del remanente (o resto) meteórico. Por tanto, es un *crasso* error hablar del -Meteorito de Tunguska- (Siberia Central, 1908). Si será más correcto decir, -Meteoro de Tunguska-, ya que nunca se han

hallado ningún tipo de remanente del material cósmico del probable trozo de cometa que debió explosionar a baja altura. Sin embargo, en el llamado Cráter del Meteorito de Arizona (Cráter de Barringer) si se hallaron, *in situ*, trazas y fragmentos ferrosos del propio meteorito.

- Aerolito, (No debemos confundirlo con el vocablo, meteorito). Adquiere la acepción como de origen artificial y siempre de procedencia doméstica o cercana (troposfera). Todo lo que se precipita a la superficie terrestre y no es de naturaleza cósmica ni natural, ni de procedencia exoplanetaria. Son objetos de origen no natural y de procedencia troposférica (biosfera), en la baja atmósfera. Ej.: Desprendimiento de placas de hielo del casco de los aviones. También se le aplica a la caída de todo tipo de chatarra aeroespacial. Dentro del propio vocablo de aerolito, también incluye a los llamados «manolitos», objetos lanzados por el hombre intencionadamente.

-Meteoroide**,** *ASTR.* Toda partícula o fragmentos del espacio interplanetario que orbita alrededor del Sol. Fragmentos minúsculos de asteroides (tamaños entre milésimas de milímetros a muy pocos metros), al igual que los granos y el polvo cometario que desprenden y dispersan la cola de los cometas en sus acercamientos al Sol, y convertidos en potenciales meteoros para futuras trazas de estrellas fugaces.

-Objetos asteroidales. Aquí, en esta expresión, se incluyen los meteoroides de mayor tamaño y los cometas muertos (de núcleo sin actividad gaseosa), como son los objetos: *Ícaro*, *3200 Phaeton* y *1995CR*.

-Planetoide: La consideración mayor de asteroide y la menor de planeta.

-Planetesimal o planetésimo. *ASTR.* Cuerpo primitivo y desperdigado que formó parte del disco de acreación de un planeta y al que nunca se agregó.

- 1 UA**:** Unidad Astronómica = Distancia media Tierra-Sol, 149.597.871 km

Bibliografía:

-Mark R. Kidger, “La Tierra en peligro”, *Tribuna de Astronomía* nº 152-153 (1998) pp. 28-43.

-Josep Julià Gómez, “Asteroides”, *Huygens*, vol. 12 (1998) pp. 20-21

- Web del NEO-Program, (//neo.jpl.nasa.gov/risk/a99942.html)