Breves en Ciencia y Tecnología

La Tierra en la sala de billar cósmica

(The Earth in the cosmic billiard hall)

CARLOS APONTE*

INTRODUCCIÓN

A pesar de que existe un cierto riesgo estimado de muerte producto de un impacto por un bólido celeste (asteroide, cometa, meteorito), [que según Tom Gehrels, este riesgo de muerte por un asteroide es de 1 entre 6.000 para una persona en un período de cincuenta años (citado en 1)] y para Melinda Beck y David Glick (*ídem*) este riesgo es relatado de la siguiente manera:

Durante la vida de un ser humano hay aproximadamente una probabilidad entre 10.000 de que la Tierra sufra el impacto de algo lo bastante grande para arrasar las cosechas en todo el mundo y obligar tal vez a los supervivientes a volver a las costumbres de los cazadores-recolectores de la Edad de Piedra (...).

O esta otra.

El mayor peligro potencial para la vida en nuestro planeta procede del espacio. La colisión con otro cuerpo espacial de gran tamaño o con un "agujero negro" podría destruir casi instantáneamente la Tierra. (...), incluso con cuerpos extraterrestres relativamente pequeños podría ocasionar daños catastróficos en la atmósfera, los océanos y la corteza superior⁽²⁾.

Sin embargo, en general, solemos pensar que nuestro planeta,

La Tierra es un lugar encantador y más o menos plácido. Las cosas cambian pero lentamente. Podemos vivir toda una vida y no presenciar personalmente desastres naturales de violencia superior a una simple tormenta. Y de este modo nos volvemos relajados, complacientes, tranquilos⁽³⁾.

Por tanto, eso de que un bólido celeste se estrelle contra el planeta Tierra y provoque un desastre de proporciones apocalípticas es simplemente impensable. Incluso es inimaginable para algunos, ya que el destino de la Tierra es de aquellos designios perfectos de Dios. ¡Por Dios! Imaginar que nuestro planeta se encuentra en una sala de billar cósmica es risible (**Fig. 1**). Claro que en el siglo XVII p.ej., no era para nada risible. Con la Biblia como esencial texto referencial y sagrado, el clérigo anglicano y matemático William Whiston en su celebre libro: **A New Theory of the Earth** (Una Nueva teoría de la Tierra) sostiene la hipótesis siguiente:

...un cometa se acercó a la Tierra al mismo tiempo señalado [aquel momento en el que el Arca de Noé encalló sobre la Montaña], y fue la causa del Diluvio⁽⁴⁾.

Aunque ya Edmond Halley, ante la "imperiosa" necesidad de explicar el Diluvio universal bíblico, expresaba en 1694:

En el Num. 190 de Transaction (refiere a los Phylosophical Transactions de la Royal Society), he propuesto que el choque casual de un cometa, u otros cuerpos transitorios (...), como una prueba para cambiar instantáneamente los Polos y la Rotación Diurna del Globo⁽⁵⁾.

^{*} Coordinador de Investigación Gerencia de Docencia e Investigación INH "RR"

Pero no sólo eso, la historia religiosa humana esta plagada de piedras caídas provenientes del espacio exterior. Como bien lo destaca Mircea Eliade, Los meteoritos no podían dejar de impresionar; venidos de «lo alto», del cielo, participaban de la sacralidad celeste⁽⁶⁾:

- La diosa Artemisa en Efeso (Turquía) tomó su forma tallada en piedra meteorítica^(7, 8). En Hechos, capítulo 19:
 - 19:1 | Mientras Apolo estaba en Corinto, Pablo atravesó las regiones altas y llegó a Éfeso donde encontró algunos discípulos;
 - 19:34 | Pero al conocer que era judío, todos a una voz se pusieron a gritar durante casi dos horas: "¡Grande es la Artemisa de los efesios!"
 - 19:35 | Cuando el magistrado logró calmar a la gente, dijo: «Efesios, ¿quién hay que no sepa que la ciudad de los efesios es la guardiana del templo de la gran Artemisa" y de su estatua caída del cielo?⁽⁹⁾
- El meteorito de Pesinunte, caído en Frigia (Anatolia, actual Turquía) en 2000 a.C., era venerado como la imagen de la Diosa-Madre Cibeles, siendo confiado al culto de las vírgenes vestales en el 204 a.C.^(6,8):
 - Durante el año 205 a.C. los oráculos (Los Libros Sibilinos) ordenaron hacerse con la piedra negra (Lapis Níger) de Pesinunte. Todo el Senado acudió al puerto para recibir al sagrado meteorito que encarnaba a la mismísima Cibeles y tuvo que resignarse (Roma) a convivir con su culto de sacerdotes castrados y sus baños de sangre de toro(10).
 - Determinante habría sido el vaticinio encontrado en Los Libros Sibilinos, «según el cual, siempre que un enemigo extranjero hubiese llevado la guerra a tierra italiana podía ser vencido y expulsado de Italia si se traía la Madre del Ida desde Pesinunte a Roma»⁽¹¹⁾.
- En el siglo III d.C., tenemos la obsesión religiosa del emperador Heliogábalo por un meteorito caído en Emesa (Siria).
 - Heliogábalo rendía culto cada día al meteorito, vestido con sedas y con las mejillas pintadas de blanco y rojo, mientras se ofrecían danzas y cantos y se sacrificaban toros y ovejas. También hizo preparar una carroza con oro y piedras preciosas para transportar cada día el

- meteorito entre dos templos. Cuatro caballos blancos tiraban de la carroza que sólo Heliogábalo podía conducir. A su paso por la ciudad, todo el mundo tenía que hacer reverencia al emperador y al meteorito⁽¹²⁾.
- Alrededor de 800.000 a 1,5 millones de musulmanes peregrinan en dirección a La Meca, lugar en donde se encuentra la Kaaba [la morada de Dios: Baitullahi-I-haram (la casa sagrada de Allah)], que en su esquina oriental se halla encastrada en plata la sagrada Piedra Negra de origen meteorítico y que fue entregada a Abraham (Ibrahim) por el Arcángel Gabriel (Yibril)^(6, 8, 12).
- En 1492, también podemos recordar el rol mágico de una piedra celeste caída en Ensisheim (Alsacia)
 - «.. cette masse planétaire s'enfonça près d'un mètre en terre, aux pieds d'un berger, dans le canton appelé Oberfeld entre 1'III et le Gissgang.. un grand nombre de curieux y accoururent et l'aérolithe fut déterré sous leurs yeux. Les assistants se jetèrent dessus et le mutilèrent; heureusement le Landvogt intervint en personne pour arrêter cet acte de vandalisme.. la météorite intéressa vivement le souverain et toute sa cour: il s'en fit donner deux pièces... ».(13) [...esta masa planetaria se hundió cerca de un metro en la tierra, a los pies de un pastor, en el Municipio llamado Oberfeld v el III v el Gissgang.. un gran número de curiosos acudieron hacia el aerolito, el cual fue desenterrado bajo sus propios ojos. Los asistentes se lazaron sobre el y lo mutilaron; felizmente el Landvogt interviene en persona para detener este acto de vandalismo.. El meteorito interesó vivamente al soberano y toda la corte. Él se hizo donar dos piezas (traducción libre realizada por el autor)]

UNA SALA DE BILLAR CÓSMICA

Como ya dijimos, para el ciudadano postmoderno, la posibilidad de que un bólido celeste se precipite contra la Tierra sólo podría verse en el cine-catástrofe hollywoodense: p.ej. *Armageddon* (1998), *Deep Impact* (1998), *Asteroide* (1997) y *Meteor* (1979). Pero ¡NO! La verdad es que nuestro planeta azul está en juego sobre una mesa de billar cósmica (**Fig. 1**). Ahora bien, ¿qué es el billar? El billar consiste en el choque, entre sí y con las bandas del tapiz verde de juego, de unas bolas de polímeros o marfil (el número, el patrón de distribución, tipo, color, diámetro y peso de las bolas es variable y depende del estilo de juego utilizado), cuya cinética de juego se inicia con



Figura 1. La Tierra en la sala de billar cósmica. El juego denominado billar consiste en el choque de bolas entre sí y con las bandas de la mesa de juego en base al impulso provocado por el movimiento preciso del taco o palo de billar. Por tanto, si sustituimos en el escenario cósmico las bolas por planetas, cometas, meteoritos y asteroides, y el taco o palo de billar por fuerzas perturbadoras gravitacionales, entonces tenemos el cóctel necesario para visualizar la posibilidad de impacto de bólidos con la corteza terrestre.

el impulso provocado por el movimiento preciso de un taco o palo de billar. Por ello, en el post *Mi espacio de las mates*⁽¹⁴⁾ se nos destaca:

Si hay un deporte en el que los ángulos juegan un papel fundamental, ese es el billar. De hecho, para los grandes billaristas lo básico para practicarlo con éxito no es tener un buen golpe de muñeca, sino poseer unas nociones básicas de geometría para saber elegir qué golpe dar.

Ahora bien, si sustituimos en el escenario del *Billiard hall* las bolas de billar por planetas, cometas, meteoritos y asteroides, y el taco o palo de billar por fuerzas perturbadoras gravitacionales, entonces tenemos los elementos de geometría suficiente para "saber elegir qué golpe dar" para impactar un bólido celeste con la corteza terrestre. Y ciertamente, esto dependerá del (a) ángulo de tiro cósmico (ángulo de llegada) utilizado por el bólido

en su encuentro con la orbita terrestre, así como también dependerá de la (b) velocidad de llegada, (c) masa, (d) densidad, (e) cohesión, (f) forma del objeto, (g) velocidad de rotación del bólido celeste sobre sí mismo (h) densidad de la atmósfera terrestre, e (i) velocidad de los vientos... (15)

Recientemente, el 15 de febrero de 2013, RIA Novosti titulaba (16) (Fig. 2):

Más de un millar de heridos tras caída de meteoritos en provincia rusa en los Urales



Figura 2. Colisión de asteroide sobre Cheliábinsk.
Como tituló RIA Novosti: Más de un millar de heridos tras caída de meteoritos en provincia rusa en los Urales.
El bólido de Cheliabinsk, como se observa en la foto proveniente de un camara/video de un transporte terrestre. 15 de febrero de 2013.

Fuente: http://launiusr.files.wordpress.com/2013/03/meteorite-explosion-chelyabinsk-russia-1.jpg

Y continúa:

Unas 1.200 personas resultaron heridas tras la caída del bólido de Cheliábinsk, informó esta noche un portavoz de Ministerio ruso del Interior.

"Los fragmentos del meteorito que cayeron en la provincia de Cheliábinsk causaron 1.200 heridos, según la información de última hora", dijo el portavoz.

Incluso la mente de los niños fue interesantemente impactada en su sensibilidad científica y artística por este espectacular evento (Fig. 3). Según Erick Galímov, del Instituto Vernadsky de Geoquímica y Química Analítica (Rusia), el meteorito pesaba alrededor de 10.000 a 18.000 toneladas y medía entre 17 y 20 metros, libero unas 500

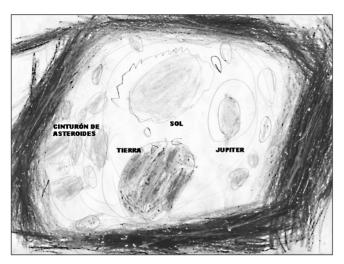


Figura 3. Cinturón de asteroides dibujado por el niño Nabucco Atzael (6 años). Incluso la mente de los niños fue interesantemente impactada en su sensibilidad científica y artística por este espectacular evento de Cheliabinsk.

toneladas de energía, lo que equivale a unas 25 bombas nucleares como las que cayeron en Hiroshima o Nagasaki^(17, 18). "Eso lo convertiría en el objeto más grande registrado para golpear la Tierra desde Tunguska", según lo expresa Margaret Campbell-Brown, astrónoma en la Universidad del Oeste de Ontario en London, Canadá⁽¹⁹⁾. ¿Qué ángulo de tiro cósmico utilizó el meteoro de Cheliabinsk? Todo parece indicar que el meteoro de Cheliabinsk entró a la atmósfera terrestre con (a) un ángulo muy plano de unos 20°; unido esto con otros parámetros como p. Ej.: (b) velocidad de entrada a la atmósfera (unos 16,0 - 17,4 Km/seg.), y (c) masa inicial (10.000 – 18.000 ton). "De todas maneras, la teoría más sencilla para describir el movimiento de un meteoro que no se fractura durante su ablación fue desarrollada por Öpik (1933, 1937) y Whipple (1938). En estas fórmulas:

$$\frac{dv}{dt} = -\Gamma A \rho_m^{-2/3} \rho m^{-1/3} v^2,$$

$$A = S m^{-2/3} \rho_m^{-2/3}$$

$$\frac{dm}{dt} = -\frac{\Lambda A}{2\xi} \rho_m^{-2/3} \rho m^{2/3} v^3,$$

m es la masa del meteoro, ρ_m es su densidad, v es su velocidad, s es el área de su sección transversal, r es el coeficiente de fricción con la atmósfera, s es la densidad de la atmósfera, s es el coeficiente de transferencia de

calor (que mide la eficiencia de la transferencia al interior del meteoro del calor ganado por fricción), ξ es la energía de ablación del meteoroide (la energía necesaria para la ablación de una unidad de masa) y A es el llamado factor de cambio de forma. Estas fórmulas son aplicables a meteoroides con velocidades entre 11,2 km/s y 72,8 km/s, donde 11,2 km/s es la velocidad de escape de la Tierra y 72,8 km/s es la suma de la velocidad de escape del Sol a la distancia de la Tierra (42,5 km/s) más la velocidad orbital de nuestro planeta (30.3 km/s)" (20). Es importante recordar a este punto, que objetos que viajen a velocidades de encuentro con la Tierra mayores que las señaladas (para el cometa Halley estaríamos hablando de unos 60 km/seg.) llevarán energías cinéticas equivalentes a 20 - 50X su peso en TNT, siendo toda esta energía liberada durante el choque⁽²¹⁾. Como podemos ver, la geometría del movimiento de un bólido celeste es compleja y predecir su llegada a la Tierra es difícil. Sin embargo, la historia del meteoro de Cheliabinsk es sólo una más de los ya múltiples impactos que el planeta azul ha recibido, en el pasado, y recibirá, en el futuro, en su trayectoria orbital alrededor del Sol.

COMETAS

La palabra cometa proviene del griego Kome que denota pelo de la cabeza, cabellera; su designación como Kometes significa estrellas con cabellera. Desde los trabajos de Fred Whipple (1906–2004), se viene considerando a los cometas como bolas de nieve sucias, una especie de iceberg cósmico compuesto de agua (H₂O), monóxido y dióxido de carbono (CO y CO₂) y polvo interestelar. Como lo demostró la sonda ESA-Giotto (1986) y la misión 1 Deep Space, los cometas reflejan no más del 5% de la luz solar (de allí lo de sucio con respecto a la nieve que refleja más del 95% de la luz) y tienen una densidad inferior a 0.5 g/cm³ y algo menos de 100.000 millones de toneladas p.ej. para el cometa Hallev(22). De manera general, los cometas pueden ser divididos en dos subclases: los cometas conocidos y los cometas nuevos. Según Cox & Chestek [1998](23) todos los años aparecen dentro del sistema solar uno o dos nuevos cometas, así tenemos que:

..., (para cometas conocidos) si bien hay que considerar(les) un margen más amplio (si comparamos las posibilidades de impacto con la Tierra para con la de los asteroides) porque su propulsión a chorro interna les da más posibilidades de comportarse de forma inesperada. Los nuevos cometas, en cambio, se internan en el sistema solar a velocidades de vértigo tras recorrer grandes distancias, y se acercan a nosotros tan rápidamente que ofrecen pocas posibilidades de detectar-los con mucha antelación.

Cuando un cometa se acerca al Sol despliega una especie de atmosfera cometaria (coma), la cual puede alcanzar unos 103 Km de extensión, y una cola de gases ionizados, producto del azote del viento solar, y siguiendo las líneas de campo magnético. Esta coma puede extenderse hasta unos 108 Km. Ciertos cometas con orbitas de período largo (de hasta 10⁴ años) tienen su origen en una especie de nube que envuelve la totalidad del sistema solar denominada Nube de Oort (Fig. 4). La Nube de Oort contiene alrededor de 0.1 a 2 trillones de cuerpos congelados (icy bodies) en órbita solar, ocupando el espacio a una distancia de entre 5.000 y 100.000 unidades astronómicas [UA (1 Unidad Astronómica //UA equivale a la distancia entre la Tierra y el Sol: 149.6×109 metros)]. La migración de estos objetos desde la Nube de Oort hacia el sistema solar dependerá de perturbaciones gravitacionales por interacción mutua entre los objetos o por influencia de estrellas cercanas, nubes moleculares gigantes o marea galáctica que disturban el disco de nuestra galaxia: la Vía Láctea. Por otro lado, los cometas con órbitas de período corto (de menos de 200 años) se originan en la denominada: Kuiper belt (Cinturón de Kuiper) (Fig. 4). Este cinturón, localizado más allá de la orbita de Neptuno (se extiende entre unos 30-55 AU), tiene forma de disco y los objetos que contiene (unos cientos de miles de icy bodies, KBO [del ingles, objetos del Cinturón de Kuiper], viajan en el plano sobre el cual muchos planetas orbitan (ver ref. 9, 12). Tanto la Nube de Oort como el cinturón de Kuiper son reconocidos como productos remanentes del periodo de formación del sistema solar (para bibliografía sobre cometas consultar: 1, 22-25).

La peligrosidad de choque de un cometa con la Tierra queda patente por dos consideraciones fundamentales: (a) la predicción de sus órbitas cambiantes es incierta; y (b): como ya habíamos sugerido, la mayoría de los cometas son completamente desconocidos para los astrónomos antes de descubrirlos en las proximidades de la Tierra⁽²⁴⁾. Sólo comentaré tres eventos imprescindibles para la comprensión de esta anunciada peligrosidad:

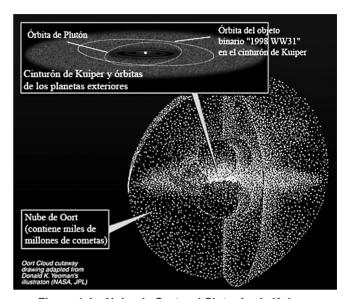


Figura 4. La Nube de Oort y el Cinturón de Kuiper.
Cuerpos congelados (*icy bodies*) reconocidos como
remanentes del periodo de formación del sistema solar
y que constituyen la fuente de cometas con órbitas
de período largo (Nube de Oort) y con órbitas de período
corto (*Kuiper belt*). Disponible en: www.nasa.gov

- 1. El evento de Tunguska, Siberia Central. Asia soviética. Junio 30, 1908. A las 7:17, hora local, una gigantesca bola de fuego se estrella en el valle del río Pogkamennaya Tunguska y arrasa, producto de una enorme onda expansiva, unos 2000 km² de bosque, calcinando miles de árboles y animales en un flash de fuego y estruendo (unos 60 MTon de TNT). Sin pérdidas humanas, un evento equivalente al de Tunguska, en una metrópoli actual [Caracas, Brasilia, México, París, New York, etc] sería de una devastación incalculable^(1, 3, 23). El evento de Tunguska fue muy probablemente causado por un helado fragmento cometario de cerca de un centenar de metros de diámetro —el tamaño de un campo de fútbol—, pesando un millón de toneladas, y moviéndose a unos 30 Km/seg⁽³⁾.
- Marzo de 1993, Carolyn Shoemaker descubre, sobre películas obtenidas por el telescopio Schmidt 0.46-m, una barra lineal, densa, en movimiento respecto al fondo de estrellas: un cometa aplastado (squashed comet). El cometa Shoemaker–Levy 9 (D/1993 F2), guiado por las enormes fuerzas gravitatorias del Sol, Júpiter y sus satélites, se fragmenta en 21 piezas cometarias (de un tamaño aproximado de 4,3 a 11 Km),

las cuales van a estrellarse progresivamente sobre la densa atmósfera joviana. La energía total liberada sobre la atmósfera de Júpiter fue de unos 10⁶ – 10⁹ MTon de TNT; compárese ésta con aquella del evento de Tunguska)^(24, 25, 26, 27, 28). Si su objetivo hubiera sido la Tierra en vez de Júpiter, probablemente no estaríamos aquí para contarlo (24).

3. A finales del período Cretáceo (límite K/T), hace unos 65 millones de años, los dinosaurios, especies dominantes del escenario biológico terrestre durante más de 100 millones de años, y una extensa variedad de otras especias (60% de las especies existentes), se extinguen súbitamente. En la década de los '70, Álvarez y colaboradores (29) trabajando con muestras geológicas localizadas en el límite K/T y provenientes de la garganta del Bottaccione, Gubbio (Italia) detectaron hasta cien veces más iridio en estas muestras que lo usual encontrado en la superficie de la Tierra. Aparentemente, este exceso de iridio y otros elementos del grupo platinum, se explica por el impacto de un bólido extraterrestre de unos 10 Km de diámetro y una masa estimada de un trillón de toneladas. En el instante de la colisión, estamos hablando de una energía liberada equivalente de unos 100 millones de MTon de TNT y de una crisis planetaria global: "... el hollín, el polvo y la ceniza que envolvió la Tierra convirtiendo el día en oscura noche, terminando enteramente con la fotosíntesis, sumiendo el planeta en un frio profundo... la oscuridad se prolongó por meses...(30). La huella de un cráter de impacto sobre la Tierra, fechado a 65 millones años atrás, y de unos 180 - 200 Km de diámetro y 16 Km de profundidad, fue localizada en la Península de Yucatán, en una zona conocida como Chicxulub. México⁽³¹⁾.

EL CINTURÓN DE ASTEROIDES

El Cinturón de Asteroides [planetsimales] (Fig. 5) es una región del espacio entre las órbitas de Marte y Júpiter [de 2 a 4 UA] que contiene los más grandes de entre los cuerpos menores del sistema solar. Algunos tienen órbitas entre Júpiter o Saturno y Urano o Neptuno, y son denominados *Centauros*. En general, se mueven con orbitas de pequeña excentricidad (orbitas casi circulares), situándose en el mismo plano de movimiento que los planetas. El primer asteroide fue descubierto por Piazzi en 1801, al cual llamó *Ceres*. Desde entonces se han re-

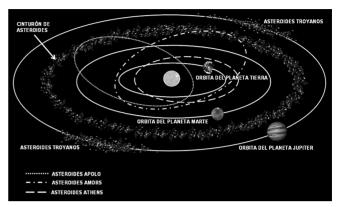


Figura 4. Cinturón de Asteroides. Es una región del espacio entre las órbitas de Marte y Júpiter [de 2 a 4 UA] que contiene los más grandes de entre los cuerpos menores del sistema solar.

gistrado más de 500.000 objetos y cerca de 5.000 nuevos objetos son descubiertos cada mes. Así, tenemos: 1 Ceres, 2 Pallas, 3 Juno, 4 Vesta..., 944 Hidalgo..., 1000 Piazzia, y un gran etcétera. Sólo en el cinturón principal de asteroides, tenemos estimado más de 106 objetos. La mayoría de estos objetos permanecen a grandes distancias de la Tierra, sin peligro de colisión directa con el planeta. Sin embargo, encuentros cercanos con los planetas Marte y Júpiter o colisión directa con otro(s) asteroide(s) pueden perturbar de manera significativa las órbitas de estos objetos. Sin duda, estas perturbaciones pueden promover a algunos asteroides a internalizarse hacia el Sistema Solar y cruzar las órbitas de algunos de sus planetas constituyentes. De los más de 500.000 asteroides conocidos, más de 7000 son de geocroiseurs (objetos que pasan a menos de 45 millones de kilómetros de la Tierra [NEA: near Earth asteroids]), con una frecuencia de detección de unos 800 cada año. Así tenemos a: (El tamaño puede variar de unos 32 Km a unos pocos metros de diámetro. Los asteroides geocroiseurs se dividen en tres familias básicas: (a) Los Atenas (6%), cuya órbita se inscriben la mayor parte del tiempo al interior de la órbita de la Tierra; (b) Los Apolos (62%), los cuales circulan orbitalmente entre la Tierra y Marte⁽³⁾, Los Amor (32%), que orbitan cerca de la Tierra sin puntos de corte con su órbita, y también se habla de los denominados⁽⁴⁾ Atiras (Apohele asteroids), con órbitas contenidas enteramente dentro de aquella de la Tierra. Los asteroides tipo Apolo son una relativa amenaza para la Tierra, con la posibilidad de presentar alguna colisión(1, 21, 32, 33).

Algunos eventos alarmantes:

- 1. El 23 de marzo de1989, el asteroide 1989-FC [(4581) Asclepius (de tipo Apolo)] (800 kms de diámetro) pasó a la distancia preocupante de 700.000 Km del planeta. La Tierra se encontraba en aquel punto [del espacio] sólo seis horas antes... Si hubiera chocado contra la Tierra habría provocado un desastre sin precedentes en la historia de la humanidad(1). Este asteroide fue descubierto sólo tres semanas después que se cruzó con nuestro planeta. ¡No dio en el blanco (planeta Tierra) por sólo 6 horas!
- Hace unos 25-50.000 años atrás, un asteroide de unos 150 mt de diámetro se estrelló sobre el desierto de Arizona (EEUU), dejando un cráter (hoy visible) de unos 1200 mts de diámetro. Se estima que la energía liberada fue de unos 5 MTon de TNT⁽²⁾.
- 3. El 19 de enero de 1991, el asteroide **1991VG** fue descubierto durante su paso excesivamente estrecho con el planeta Tierra, situándose a una distancia mínima de 0.0031 UA (1,2 veces la distancia de la Luna). A pesar de que el asteroide 1991VG tiene la frecuencia de colisión más alta, su impacto sería restringido a la atmósfera terrestre, con una onda expansiva que afectaría un área relativamente pequeña^(1,34).
- El asteroide 433Eros tiene aproximaciones de hasta 22 millones de kms de la Tierra. Es un objeto de 6,5 km de ancho y 24 de largo, en forma de balón de rugby, que gira sobre su eje más corto⁽¹⁾.
- 5. En marzo de 1932, Amor pasó a 16 millones de Km de la Tierra, mientras que Apolo lo hizo a sólo 10 millones de Km de nuestro planeta, y Adonis transitó apenas a una distancia tan cercana como 2 millones de Km (5 veces la distancia de la Luna)⁽¹⁾.
- 6. El asteroide (29075) 1950 DA (1,1-1,4 km de diámetro estimado) se perdió después de su descubrimiento, por Carl A. Wirtanen en 1950, luego se desvaneció de la vista durante medio siglo, hasta que fue redescubierto el 31 de diciembre del año 2000. Se calcula que tiene una probabilidad de impactar a la tierra, de 1 entre 300 y puede ser aún más remota, el 16 de marzo de 2880⁽³⁵⁾.
- El 18 de marzo de 2004, LINEAR [Grupo de expertos designados por la NASA para la investigación de pequeños asteroides con aproximación a la Tierra//

- Near-Earth asteroid (NEA)], anunció que un asteroide de 30 metros de diámetro, el **2004 FH**, pasaría a sólo 42 600 km (un décimo de la distancia de la Tierra a la Luna, el más cercano con un mínimo de error antes visto). Se estimó que asteroides de un tamaño similar pasan cerca de nosotros cada dos años, pero muchos de ellos son indetectables⁽³⁶⁾.
- Estrecha travesía del asteroide 2004 XP14. El 3 de marzo del 2006, nuestro planeta recibió la visita cercana del asteroide 2004 XP14. A unos próximos 400.000 km//1,1 veces la distancia a la Luna⁽³⁷⁾.
- El asteroide 99942 Apophis. Después de observaciones recientes, el asteroide 99942 Apophis, el cual se había estimado impactaría a la Tierra en el año 2029, parece que no lo hará. Pero, ciertamente, aun persiste una posibilidad de impacto con la Tierra (¿2036?) producto de perturbaciones gravitacionales⁽³⁸⁾.
- 10. El asteroide de proximidad a la Tierra (NEA) 2004 VD17. Un seguimiento impresionante de 687 telescopios durante 475 días, justifica el temor de impacto con la Tierra del asteroide 2004 VD17, con una probabilidad un poco menos de 1 en 1000. El asteroide es de unos 500 metros de diámetro y su masa es equivalente a un billón de toneladas. La probabilidad de impacto, aunque pequeña, se estima posible hacia el año 2102⁽³⁹⁾.
- 11. El 6 de junio de 2002 un objeto con un diámetro estimado en 10 metros colisionó con la Tierra. El impacto ocurrió sobre el mar Mediterráneo, entre Grecia y Libia, aproximadamente a 34°N 21°E, y el objeto explotó en el aire. La energía liberada se estimó (por mediciones infrasónicas) en un equivalente de 26 kilotones de TNT, algo comparable a una pequeña bomba atómica⁽⁴⁰⁾.
- 12. El 29 de enero del 2008 el asteroide **2007-TU24** pasó a unos 0,53 millones de km de la Tierra⁽⁴⁰⁾.

Pasar a describir las posibles alternativas tecnológicas que tendríamos que implementar para la vigilancia y defensa de nuestro planeta requeriría más páginas de este corto espacio disponible para escribir. Así que he optado por seleccionar este simpático extracto original de http://inciclopedia.wikia.com/wiki/Asteroide(41).

Gracias al séptimo arte conocemos cuáles son los peligros y las soluciones ante un hipotético impácto de un asteroide contra la Tierra. Por estas razones la ONU no se ha preocupado por buscar soluciones ya que éstas aparecerán de forma inmediata. Estados Unidos, sin tener que reunirse con nadie, irá por libre y nos salvará una vez más de ese asteroide mal avenido que habrá elegido como fecha de impacto el 4 de julio. De esta forma, mandarán cuatrocientos misiles nucleares que una vez llegados a la estratosfera caerán con gracia sobre los países del Eje del mal.

Lista de medidas que los líderes mundiales piensan tomar en caso de un posible impacto:

- Enviar a Bruce Willis (atado si es necesario).
- Amenazar al asteroide.
- Llamarle aspirante a planetucho.
- Escapar en una nave espacial y dejarnos solos (esta parece la más probable).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Cox DW & Chestek JH (1998). El asteroide del fin del mundo ¿Sobreviviremos? Grupo Editorial Ceac SA. España.
- (2) Booth B & Fitch F (1986). La Inestable Tierra. Biblioteca Científica Salvat. Salvat Editores. Barcelona. España.
- (3) Sagan C (1982). Cosmos. Editorial Planeta. Madrid España.
- Whiston W (1696). A new Theory of the Earth. Pg. 396 Disponible en http://books.google.co.ve
- (5) Halley E (1724). Some Considerations about the Cause of the Universal Deluge, Laid before the Royal Society, on the 12th of December 1694. By Dr. Edmond Halley, R. S. S. Phil. Trans. 33: 1724-1725.
- (6) Eliade M (1983). Herreros y alquimistas. Alianza Editorial. SA. Madrid. España.
- (7) González Serrano P (1997). Consideraciones iconográficas sobre la Ártemis efesia. Actas ler Congreso Español del Antiguo Oriente Próximo. "El Mediterráneo en la antigüedad: Oriente y Occidente". CSIC. Disponible en: http://pendientedemigracion.ucm.es/
- (8) Mr. Partsch (1857). Noticia sobre la piedra negra que se encuentra en la Kaaba de la Meca. Revista de los progresos de las ciencias exactas, físicas y naturales, Volume 7: 255-256.
- (9) La Biblia de Jerusalem. Hechos de los Apóstoles. Disponible en: http://bibliar.com/
- (10) Globedia. Los libros fatales. Disponible en: http://ve.m.glo-bedia.com/los-libros-fatales

- (11) Talavera FJ (2004). La figura de Cibeles en la mitografía latina: de Varrón a Isidoro de Sevilla. RELat 4: 125-151
- (12) Arroyo Martín F (2013). El Meteorito sagrado más famoso: la Piedra Negra de la Kaaba. Disponible en: http://dama-denegro.wordpress.com
- (13) Kammerer O (1994). Un prodige en Alsace à la fin du XVe siècle: la météorite d'Ensisheim. Actes des congrès de la Société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public. 25e congrès, pp. 293-315. Disponible en: http://www.persee.fr
- (14) Post: Mi espacio de las mates (2007). La Geometría y el billar... El secreto del billar esta en la geometría. Disponible en: http://jcasado.wordpress.com/2007/11/14/la-geo-metria-y-el-billar/
- (15) Henarejos Ph (2013). Une difficile enquête scientifique. Ciel & Espace. Avril: 28 - 31
- (16) RIA Novosti (2013). Más de un millar de heridos tras caída de meteoritos en provincia rusa en los Urales. Disponible en: http://sp.rian.ru
- (17) RIA Novosti (2013). Cerca de mil toneladas del meteorito de Cheliábinsk llegaron a la Tierra. Disponible en: http://sp.rian.ru
- (18) Alien W (2013). La Física del evento de Cheliabinsk. Disponible en: http://naukas.com/2013/02/19/la-fisica-del-evento-de-cheliabinsk/
- (19) Brumfiel G (2013). Russian meteor largest in a century. Nature. News. doi:10.1038/nature.2013.12438. Disponible en: http://www.nature.com
- (20) Francis (th)E mule Science's News. (2013). El infrasonido del meteoro de Chelyabinsk y cómo se estimó su energía. Disponible en: http://francisthemulenews.wordpress.com/
- (21) French BM (1998). Traces of Catastrophe: A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures. Lunar and Planetary Institute. Contribution N° 954. Houston TX 77058-1113, USA.
- (22) Hanslmeier A (2009). Habitability and Cosmic Catastrophe. Advances in Astrobiology and Biogeophysics ISSN: 1610-8957. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- ⁽²³⁾ Calder N (1985). ¡Que viene el Cometa! Biblioteca Científica Salvat. Salvat Editores. Barcelona. España.
- (24) Brunier S (2003). Los Cometas. Conocimiento /Ciencia Básica. Mundo Científico. Mensual Nº 247: 66-69
- (25) National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2009). Kuiper Belt and Oort Cloud. Disponible en: www.nasa.gov
- (26) Verschuur GL (1996). The great comet crash of 1994. En: Impact! The threat of comets and asteroids. Oxford University Press. 14: 169-181.

- (27) Shoemaker CS, Shoemaker EM, Levy DH and Bendjoya, P (Palomar) (1993). International Astronomical Union: 5725: 1993e; 1993E Disponible en: http://www.cbat.eps.harvard.edu/iauc/05700/05725.html#ltem1
- ⁽²⁸⁾ Takata T, O'Keefe JD, Ahrens TJ, Orton GS (1994). Comet Shoemaker–Levy 9: Impact on Jupiter and plume evolution. Icarus. 109: 3-19
- (29) Álvarez LW, Álvarez W, Asaro F, Michel HV (Jun. 6, 1980). Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction. Science, New Series, Vol. 208, N°. 4448., pp. 1095-1108
- (30) Verschuur GL (1996). The Killer Strikes. En: Impact! The threat of comets and asteroids. Oxford University Press. 14: 3-16.
- (31) Dieusaert T (2003). Chicxulub: el fin de los dinosaurios. Mundo Científico. 242: 68-75.
- (32) Bourdet J, Nouyrigat V & Ray B (2010). A la conquête des astéroïdes. Sci &Vie. 1118: 48-51.
- (33) Yeomans N (2012). Near-Earth Objects. Finding Them Before They Find Us. Princeton University Press.

- (34) Tancredi G (1997). An asteroid in an Earth–like orbit. Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. Volume 69, Issue 1-2, pp. 119-132.
- (35) NASA. Asteroid 1950 DA. Disponible en: http://neo.jpl.nasa.gov/1950da/
- (36) NASA Ames Research Center (2004). Nearest Asteroid (2004 FH) Passes Within 50,000 km of Earth. Asteroid and Comets Impact Hazard. Disponible en: http://impact.arc.nasa.gov
- (37) NASAAmes Research Center (2006). Close Pass by XP14 & NASA NEO Workshop. Asteroid and Comets Impact Hazard. Disponible en: http://impact.arc.nasa.gov
- (38) NASA Ames Research Center (2005). APOPHIS AND US. Asteroid and Comets Impact Hazard. Disponible en: http://impact.arc.nasa.gov
- (39) NASA Ames Research Center (2006). Asteroid 2004 VD17 classed as Torino Scale 2. Asteroid and Comets Impact Hazard. Disponible en: http://impact.arc.nasa.gov
- (40) Wikipedia. The Free Encyclopedia (2013). Near-Earth object. Disponible en: http://en.wikipedia.org
- (41) Inciclopedia (2013). Asteroide. Disponible en: http://inciclo-pedia.wikia.com/wiki/Asteroide