

LA APORTACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS COMETAS

Josep Maria Trigo i Rodriguez

Su contribución al enriquecimiento químico de la Tierra

JOSEP M^a TRIGO
 Doctorando en Astronomía y Astrofísica por la Universidad de Valencia y divulgador científico.
 jmtrigo@ctv.es

Una intensa deposición de materia interplanetaria a nuestro planeta transcurrió durante el periodo inicial de formación de los planetas hace unos 4.000 millones de años. En esas épocas el bombardeo de asteroides y cometas fue, según se desprende del análisis de la craterización de los cuerpos del Sistema Solar, muy intenso. Sin embargo, unos investigadores de la Universidad de Iowa que analizan imágenes de satélites climáticos han propuesto una fuente externa todavía intensa. Según ellos, las imágenes evidencian la deposición en la estratosfera de inmensas cantidades de agua al desintegrarse cuerpos oscuros de tipo cometario que, de unas decenas de toneladas por término medio, estarían todavía hoy enriqueciendo la hidrosfera terrestre. A la comunidad astronómica internacional no acaba de convencer la hipótesis del Dr. Louis A. Franck aunque se piensa que en el pasado la caída de cometas a nuestro planeta enriqueció extraordinariamente la diversidad química existente en la superficie terrestre.



Figura 2. El cometa Hale-Bopp fotografiado el 5 de abril de 1997 entre las 20h05m40s-20h08m48s TU por Josep M^e Trigo con un teleobjetivo de 210mm y película Kodak Ektachrome P1600x. Tomada desde Benicàssim (Castelló). Este objeto ha aportado importantes datos sobre la composición química y origen de los cometas. Diversas colas iónicas de color azulado son claramente visibles, así como la amarillenta cola de polvo.

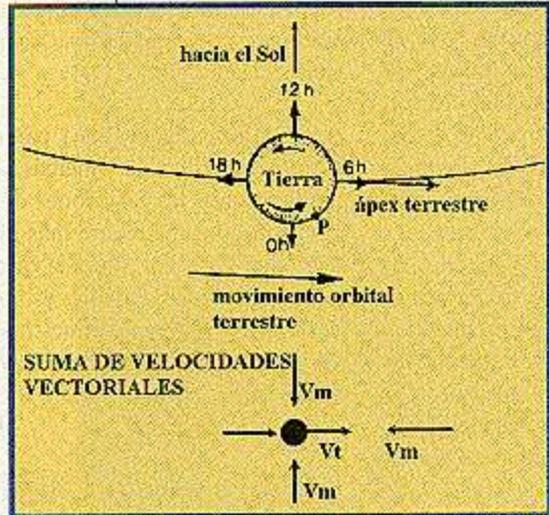


Figura 1. La geometría del encuentro meteoroides-Tierra determina la velocidad de entrada en la atmósfera del objeto. A mayor energía cinética de entrada mayor temperatura alcanzada por la conservación de la energía, siendo más factible su desintegración.

Constantemente los meteoroides interplanetarios que casualmente se encuentran atravesando la órbita terrestre, son capturados por nuestro planeta. Su velocidad de entrada en la atmósfera es variable según la geometría del encuentro con la Tierra. Es decir, dado que la velocidad orbital de los meteoroides en su marcha alrededor del Sol suele estar entre 10 y 42 km/s y que la velocidad

orbital media de la Tierra es de unos 29.8 km/s, las velocidades geocéntricas posibles se encuentran entre 10 y 72 km/s. Las mayores velocidades de entrada se producen, según se aprecia en la figura 1, en los meteoroides que encuentran frontalmente a la Tierra y las menores corresponden a aquellos que lo hacen en sentido opuesto al movimiento orbital terrestre. Al parecer según los datos obtenidos, existen

muy pocos meteoroides con órbitas hiperbólicas de origen en el espacio interestelar ya que, en general, los que se observan parecen haber sido desviados de sus órbitas previas en intensas perturbaciones gravitatorias inducidas por los planetas gigantes (Hajduková M., 1992).

átomos se ionizarán continuamente. Esta es precisamente la causa que determina la abundancia de líneas espectrales atómicas frente a las moleculares en los espectros obtenidos desde la superficie terrestre de estos trazos luminosos.

Nos hemos referido ya a aquellos

a partir de impactos con cometas y con asteroides de tipo condritico. Cabe considerar que estos cuerpos poseen además de grandes cantidades de H₂O, cadenas largas de hidrocarburos e incluso compuestos químicos todavía más complejos.

Esta aportación externa viene corroborada por los modelos del disco de acreción más aceptados de Morfill y Lewis, capaces de explicar las diferentes densidades de los planetas. La presencia inicial de carbono y agua en los planetesimales origen de los planetas interiores habría sido eliminada por las altísimas temperaturas reinantes entonces en la nebulosa solar. Esto implica por tanto como sugiere (Delsemme, 1992) que mayoritariamente estos compuestos deben tener un origen externo, principalmente cometario y condritico.

Una fracción importante de compuesto volátiles Terrestres debe haber sido aportada por los cometas

Fue Joan Oró (Oró J., 1961) uno de los primeros científicos que al analizar el espectro de cometas constató que los radicales de carbono y nitrógeno allí detectados podían haber desempeñado un gran papel en el desarrollo de la Biosfera terrestre. Con el tiempo los especialistas han ido confluyendo hacia la idea de que la Tierra poseyó en sus primeros tiempos una atmósfera primitiva no reductora rica en CO₂ y N₂, muy diferente a la reductora que se argüía en los primeros trabajos pioneros. Pese a que esta nueva visión apoya determinados aspectos, determina una más lenta producción de HCN, H₂CO y aminoácidos que podríamos considerar precursores de la síntesis prebiótica terrestre. Por ello en las últimas décadas está cobrando mayor fuerza la idea de que la aportación de material orgánico extraterrestre vía asteroidal y cometaria ha desempeñado un papel fundamental, aunque no por ello exclusivo. En conclusión, la producción endógena terrestre de compuestos orgánicos que hace unas décadas parecía ser la fuente prioritaria, hoy en día se ve enriquecida por una aportación exógena mediante la entrada en la atmósfera de materia interplanetaria: cometas, asteroides y sus fragmentos.

En la fase más primitiva de la Tierra en la que aconteció el más duro bombardeo hace 4.500 y 3.800 millones de años la deposición de material cometario a la Tierra fue extraordinariamente alta. Según los cálculos realizados en los



Figura 3. Otra imagen del Hale-Bopp tomada por el autor el 8 de marzo de 1997 a foco directo de un (T)173/1050 con seguidor fuera de eje. Se aprecia la cola de polvo originada por la reflexión de la luz solar en las partículas desprendidas del cometa junto a la cola de plasma azulado de la parte superior, con origen en la luz emitida por moléculas ionizadas.

Cuando estos meteoroides encuentran la atmósfera terrestre penetran en ella a velocidades típicas entre 10 y 70 km/s. Por lo general a su entrada con la atmósfera la estructura molecular de la superficie del meteoroides sublima y fragmenta por la continua colisión con las moléculas atmosféricas y las propias del meteoroides, sometida a gran presión por efecto de la onda de choque que forma la coma⁽¹⁾. Los procesos que tienen lugar han sido bien estudiados (Öpik E., 1958), siendo que la energía cinética de la partícula se transforma principalmente en energía térmica que eleva la temperatura del trazo luminoso a miles de grados. Esta circunstancia transforma el gas durante décimas de segundo en una especie de plasma poco denso en continua expansión que emite importante radiación luminosa en el visible e infrarrojo. Este rastro luminoso fruto de la ionización y posterior desexcitación atómica y molecular es lo que recibe el nombre de meteor o, vulgarmente, estrella fugaz.

Por lo general, meteoroides que producen meteoros en el rango fotométrico visual⁽²⁾ con masas menores de 10⁻³ g, no suelen sobrevivir a la vaporización que es casi total. Las especies químicas son sometidas a tan elevadas temperaturas⁽³⁾ y a colisiones tan frecuentes que su disociación se produce con enorme eficacia hasta el punto que sus propios

meteoroides pequeños que no sobreviven a su paso a través de la atmósfera. Aquellos de mayor tamaño pueden llegar con dimensiones apreciables a la superficie terrestre. Los estudios realizados muestran que conservan en sus zonas internas su composición intacta. Sin embargo, además de la supervivencia de este material protegido en las zonas internas de los meteoritos⁽⁴⁾, existen interesantes análisis sobre partículas de polvo interplanetario de rango micrometeoroides, denominadas IDP's⁽⁵⁾, que no sufren una disociación total. Por el contrario, se ha comprobado que existe una constante sedimentación de estas partículas en la superficie terrestre (Chyba C. et al., 1990), siendo fuente de especies químicas de origen cometario, ricas en moléculas orgánicas. He mencionado anteriormente que partículas de mayor tamaño con velocidades geocéntricas elevadas sufren un efecto degradativo pirolítico mayor, haciendo improbable su supervivencia a la ablación meteorítica a no ser que sea en el interior de meteoroides grandes.

Autores de gran prestigio (Chyba C. et al., 1990) (Sagan C. et al., 1992) son de la opinión que una fracción significativa de los compuestos volátiles que contiene la superficie y atmósfera terrestre deben haber sido adquiridas por los procesos paulatinos de acreción

(1) En el caso de meteoroides excepcionalmente grandes que producen los luminosos meteoros denominados bólidos cuya magnitud estelar es más brillante que -4, se han podido constatar en ocasiones fenómenos sonoros producidos por el movimiento del meteoroides a través de la atmósfera a velocidades supersónicas.
(2) Es decir, aquellos que podemos ver a simple vista, exceptuando grandes bólidos.
(3) varios miles de grados centígrados.
(4) El lector no debe confundirse dado que la terminología es muy clara: meteoroides es la partícula que órbita alrededor del Sol, meteorito es el trazo luminoso que produce a su entrada a la atmósfera y meteorito es cualquier resto apreciable que llega a la superficie terrestre superviviente a la ablación en la fase de meteorito.
(5) Literalmente: Interplanetary Dust Particles o partículas de polvo interplanetario.

últimos tiempos (Chyba C. *et al.*, 1990) estaría entre 1 y 100 trillones de toneladas. Esto supondría que la Tierra recibió entonces la práctica totalidad del carbono que hayamos en su superficie...incluido el que forma a los seres vivos. Una vez contestada la pregunta de si la Tierra recibió la cantidad suficiente de carbono de origen extraterrestre podemos plantearnos si este pudo sobrevivir a la ablación y llegó a la superficie en forma de complejos compuestos orgánicos. Dicho de otro modo, desde que se pro-

queños cometas del Dr. Louis A. Franck.

Hemos hablado hasta aquí de un flujo de materia bien estudiado y conocido como es el proveniente de la entrada de meteoroides en la atmósfera, un fenómeno que según ya hemos descrito es visible incluso a simple vista desde la superficie terrestre. Sin embargo, algunos investigadores de la Universidad de Iowa han sugerido que éste puede no ser el único material que nos llega desde el medio interplanetario. Su hipótesis puede constituir, por el orden de magnitud y el tipo

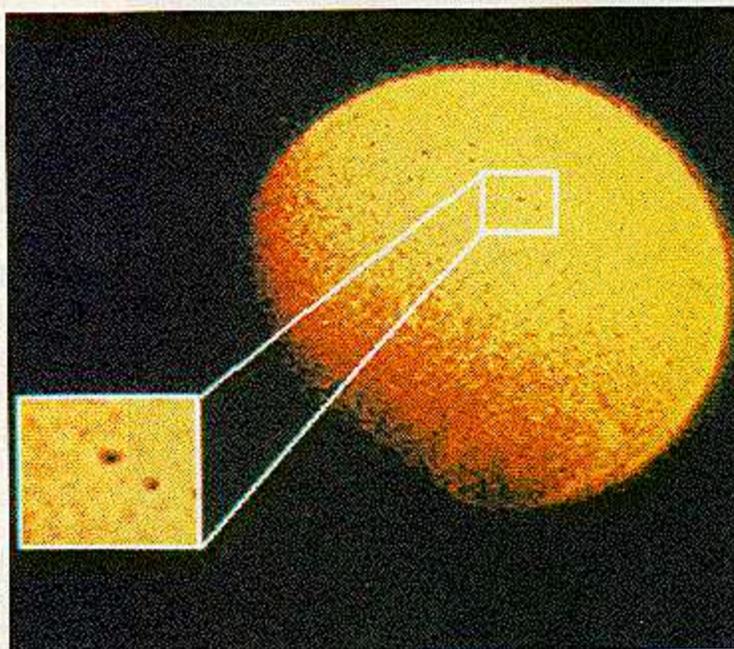
sis de las imágenes se encomendó a John Sigwarth, un estudiante de doctorado en busca de detectar cualquier interacción de ansias ondas gravitatorias en los detalles aurales. El tratamiento de las imágenes no le permitió eliminar esos agujeros sino que incluso se hacían más evidentes.

Anualmente entran a la atmósfera terrestre unas 200.000 toneladas de materia interplanetaria

Fue en 1983 cuando estos investigadores llegaron a la conclusión de que algún tipo de objeto o fenómeno desconocido absorbía la radiación ultravioleta antes de llegar a la cámara. Cuando analizaron la posibilidad de comparar en imágenes sucesivas el movimiento aparente de estos agujeros, se dieron cuenta que poseían velocidades típicas de entrada de meteoroides en la atmósfera terrestre. Sin embargo un análisis exhaustivo de las imágenes mostraba que cerca de veinte de esos grandes objetos penetraban cada minuto en la atmósfera terrestre. Dado que no existe ningún proceso meteórico que involucre masa suficiente para producir ese tipo de fenómenos, descartaron que fuese un fenómeno de ese tipo. Sin embargo todas las evidencias apuntaban a que fuesen objetos extraatmosféricos los causantes de tales detalles. Cuando estudiaron que podría obstaculizar el paso de la radiación ultravioleta, obtuvieron que debían ser grandes cantidades de vapor de agua, posteriormente confirmadas mediante tomas en diferentes rangos espectrales. Cada agujero debía estar causado por la interposición de una gran nube de vapor de agua de varios cientos de toneladas, en una región estratosférica donde no se espera que haya. Por ello, tras analizar durante un par de años todas las posibles explicaciones introdujeron, en 1985, una extraña hipótesis para la comunidad científica. Según ellos habían detectado la entrada en la atmósfera terrestre de cuerpos cometarios de pequeño tamaño que han denominado pequeños cometas.⁽⁷⁾

El escepticismo inicial con que la comunidad astronómica internacional tomó este asunto no ha cambiado significativamente. Se sugiere que es necesaria la confirmación de la veracidad de los detalles y, como no, se supone que están producidos por la entrada de grandes meteoroides que producen bólidos espectaculares. Las fantásticas imágenes que los nuevos satélites de la NASA han obtenido con sofisticados equipos de mayor

Figura 4. Las primeras imágenes obtenidas mediante la cámara de ultravioletas a bordo del satélite Dynamics Explorer contenían manchas oscuras que Franck interpretó debidas a nubes de vapor de agua producidas por la fragmentación de objetos cometarios en la atmósfera superior. Los agujeros atmosféricos que aparecen se explican dado que las nubes de vapor de agua cometaria bloquearían momentáneamente la llegada de la emisión en el ultravioleta de la atmósfera debido a la radiación solar. Sin embargo la comunidad científica se mostró reticente ante la interpretación de estos miembros de la Universidad de Iowa.



puso la aportación externa de materia orgánica se arguyó que los procesos de impacto sometían el material orgánico a enormes temperaturas en el proceso de pirólisis que los desintegrarían por completo a temperaturas entre 10.000 y 40.000° C. Sin embargo, los estudios actuales de Chyba y Sagan muestran que eso no es cierto al menos en un porcentaje de casos altamente significativo.

Hoy en día se ha calculado la magnitud del flujo meteórico que incide sobre la Tierra, pequeñísimo en comparación al que tuvo lugar en los primeros tiempos de acreción planetaria. Anualmente los cálculos indican que es cercano a las doscientas mil toneladas en todos los rangos de masas (Hughes D., 1992). Sin embargo, determinados episodios puntuales como la entrada en la atmósfera de grandes objetos asteroidales o cometarios podrían introducir grandes cantidad de material interplanetario a la Tierra. Hasta hace poco se pensaba que estos episodios eran muy esporádicos en función de las estadísticas recopiladas sobre estos procesos a lo largo de las últimas décadas. Sin embargo, unos investigadores han propuesto una nueva fuente inesperada y difícil de detectar desde la superficie terrestre: la teoría de los pe-

de materia aportada, un importante cambio en nuestro punto de vista sobre la conexión entre la Tierra y el medio interplanetario.

Corría el año 1981 cuando la NASA situó en órbita terrestre un satélite designado para examinar ciertas emisiones luminosas de la Tierra que son invisibles con instrumentos tradicionales en el rango óptico. Uno de los instrumentos era una cámara que trabajaba en el rango ultravioleta del espectro, capturando imágenes espectaculares de auroras boreales y de los denominados «dayglows»⁽⁶⁾ Sin embargo, también detectó detalles inesperados en la atmósfera superior: manchas negras en las imágenes mostraban zonas donde la emisión luminosa auroral había sido reducida enormemente. Uno de los responsables del estudio de los resultados fue Louis A. Franck (Iowa University) que junto a John Craven se dio rápidamente cuenta de estos detalles oscuros por su tremendo contraste con las zonas luminosas. En un principio pensaron que eran agujeros que se producían en el «dayglow» pero dado que no encontraron una explicación satisfactoria decidieron asumir que era ruido producido por fluctuaciones en la toma de datos de la cámara ultravioleta. El posterior análisis

(6) Este fenómeno asociado a las coronas aurales que, captado por las cámaras de los satélites en órbita terrestre parece una inmensa bola luminosa, se produce por la interacción de la luz solar con el oxígeno atómico presente en la atmósfera superior de la Tierra.

(7) Small comets.

resolución no han desvanecido las dudas. Según la opinión del Dr. Daniel Green (International Comet Quarterly) «si estos cuerpos son cometas de las dimensiones atribuidas por el Dr. Franck, por muy bajo que sea su albedo, deberían ser detectados desde Tierra». Por lo tanto, falta todavía por explicar la ausencia de imágenes de estos fenómenos obtenidas con grandes telescopios desde Tierra.

Sin embargo para el Dr. Franck el análisis de las imágenes captadas evidencia la entrada en la atmósfera de objetos de un tamaño medio que oscila en un rango de varias decenas de metros y una masa de decenas de toneladas que se desintegran a gran altura: entre 7.000 y 25.000 km. sobre la superficie terrestre. Al parecer, cuando los fragmentos fruto de la desintegración de estos frágiles y poco densos objetos alcanzan los 1.000 km. de altitud prácticamente han sido totalmente vaporizados por los rayos solares. Al desintegrarse depositarían enormes nubes de vapor de agua en la atmósfera superior que posteriormente sedimentaría gravitatoriamente hacia capas más bajas. De

Evidentemente, esto fue tomado por el Dr. Franck y colaboradores como un indicio de que si no se han podido detectar con los telescopios terrestres debe ser debido a que son objetos extremadamente oscuros. Esto vendría apoyado por la bajísima reflectividad que parecen poseer determinados asteroides y núcleos cometarios. Un pequeño cometa para no ser detectado debe ser

mente cargada atmósfera superior y también debido a las tensiones causadas por el campo gravitatorio terrestre.

Existe una confrontación importante entre ambos sectores pues de confirmarse de manera definitiva la entrada de estos oscuros objetos en la atmósfera terrestre cambiaría enormemente nuestra visión sobre la aportación actual de material interplanetario a la Tierra, Asi-

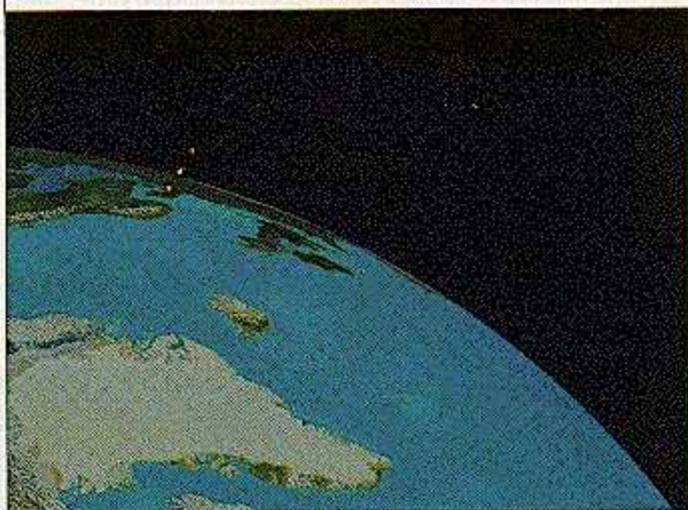


Figura 6. Todavía existen otras imágenes que muestran la entrada de grandes meteoroides en la atmósfera superior pero esta vez en el rango de luz visible. Han sido obtenidas mediante las cámaras en el visible a bordo de satélites de la NASA, mostrando glóbulos luminosos que denotan como las moléculas de agua son disociadas formando una nube de OH y átomos de O y H.

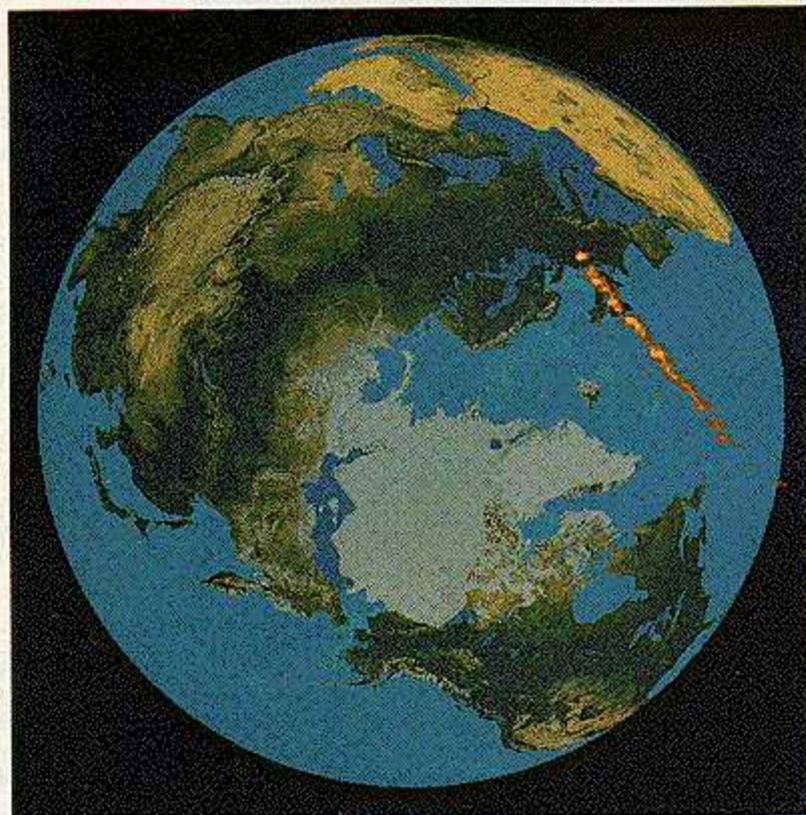


Figura 5. Una serie de imágenes espectaculares obtenidas entre 1996 y 1997 por los nuevos satélites en órbita de la NASA muestran cómo la Tierra está siendo bombardeada por grandes meteoroides diariamente. Esta imagen obtenida el 26 de septiembre de 1996 a las 22h28m TU muestra la entrada de uno de estos cuerpos. La imagen original en el ultravioleta ha sido superpuesta a otra de la Tierra en el visible donde se aprecia que el fenómeno finaliza sobre Alemania.

confirmarse la entrada de estos objetos, esta lluvia cósmica estaría nutriendo a la superficie terrestre con agua y otros compuestos orgánicos en una cantidad impensable hasta ahora.

En 1988 el telescopio Spacewatch de la mano de Clayne Yeates fue utilizado para mostrar la presencia de muy débiles trazos en el rango visible que coincidían con el tamaño, la extrema baja reflectividad y frecuencia en que estos objetos se introducen en la atmósfera terrestre.

un objeto no demasiado grande y con una reflectividad muy baja, sin rasgo alguno de emisión de gas cometaria. Para explicarlo se ha supuesto que el núcleo, compuesto principalmente de agua pero también de otros materiales livianos, estaría recubierto de una capa de carbonatos (clatratos) que preservaría este material de la radiación solar y, a su vez, evitaría que desarrollase características cometarias. Sin embargo, se fragmentaría al aproximarse a la eléctrica-

mismo, no quedaría ninguna duda de que el origen del agua presente en la superficie terrestre era totalmente cometaria. Esto ocurriría dada la inmensa cantidad de agua que se ha calculado que aportan anualmente. En efecto, según la tasa de unas 10 toneladas/segundo propuesta (Franck L., 1997), este constante flujo de pequeños cometas en la atmósfera sería capaz de mantenerse a ese ritmo de aumentar el nivel del mar en varios centímetros (con agua cometaria) cada 20.000 años. La mayoría de los científicos piensa que estas cifras son extraordinariamente exageradas.

La ausencia de observaciones telescópicas de minicometas deja la hipótesis de Franck en entredicho

Pero también importante podría ser la aportación que estos objetos hagan de compuestos orgánicos a la Tierra. En su interior helado podrían estar protegidos compuestos complejos sintetizados en el remoto sistema solar exterior donde domina la química interestelar.

El Dr. Louis A. Franck y John B. Sigwarth (Universidad de Iowa) en los últimos meses han reforzado su hipótesis a pesar de las críticas con el estudio que han realizado sobre el tamaño y el número de agujeros atmosféricos detectado. Han comprobado que éste disminuye en función de la distancia de la nave, tal y como cabría esperar de ser un

LA REBATIDA TEORÍA DE LOS MINICOMETAS

Los astrónomos no están muy de acuerdo con las ideas de Louis A. Frank. En este sentido recabamos el pasado octubre la opinión para Mundo Científico de Daniel W. Green, prestigioso director del «*International Comet Quarterly*», organismo internacional que se dedica al estudio de los cometas. Según su opinión «existen científicos no especializados en cometas que aceptan la explicación del Dr. Frank. Sin embargo, si hubiese cometas del tamaño propuesto por él impactando con la Tierra cada pocos segundos, algunos deberían aparecer en las imágenes de barrido que se realizan desde el suelo para detectar cuerpos débiles como los Eart Grazing Asteroids que son controlados por equipos muy bien equipados por suponer un peligro para nuestro planeta. Tampoco parece haber evidencia alguna desde los satélites del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Según mi opinión, debe ser debido al propio ruido de los instrumentos utilizados en la detección de las imágenes».

En este sentido han aparecido muchas críticas a la teoría de Frank en los últimos *Geophysical Review Letters*, indicando que los cálculos teóricos y las evidencias observacionales descartan la existencia de los

mini-cometas. De hecho, según los cálculos realizados por Bashar Rizk, Alex J. Dessler, Timothy D. Swindle y David A. Kring los gases nobles presentes en los cometas y que son difíciles de eliminar en procesos atmosféricos, le habrían dado a la atmósfera de la Tierra y Marte una composición considerablemente distinta a lo largo de los millones de años en que se produciría este continuo bombardeo. Además, el cielo debería mostrar nubes brillantes y relámpagos visibles durante el día cada pocos minutos. Asimismo, otro de los frentes abiertos consiste en que estos mini-cometas deberían tener un efecto detectable en la Luna. Según los estudios de Jennifer A. Grier y Alfred S. McEwen (*Arizona State University*) incluso un cometa de baja densidad dejaría un cráter de decenas de metros de diámetro, provocando la eyección de material brillante en grandes áreas. A un ritmo de caída de un cometa por minuto, se deberían detectar unos 400.000 impactos anuales pero incluso en imágenes de alta resolución de un área de la Luna tomadas por la Apollo XVII en 1972 y por la Clementine 22 años más tarde no se han encontrado huellas de estos impactos.



Figura 7. Texto de la nueva figura: Constantemente entran en la atmósfera terrestre multitud de fragmentos de cometas, especialmente cuando la Tierra atraviesa sus órbitas plagadas de escombros. Este impresionante bólido aparecido el 12 de agosto de 1993 fue producido por un fragmento de unos 200 gramos del cometa Swift-Tuttle. Así lo demuestra la órbita que el autor ha calculado para esta partícula gracias a haber sido fotografiada su trayectoria desde dos estaciones (Trigo, 1997)

efecto real puesto que el tamaño angular debería disminuir con la distancia. Además detectaron más impactos en las partes de la Tierra donde está amaneciendo que en las que está anocheciendo, debido a que al amanecer objetos de origen interplanetario entrando en la atmósfera sumarían su velocidad a la orbital de

la Tierra y serían más luminosos. Si las manchas oscuras observadas en las imágenes fueran un artificio de la cámara, su frecuencia de aparición debería ser independiente de la distancia a la Tierra y de la hora del día. Estos procesos hacen que algunos piensen que los detalles captados por Franck sean en realidad la entrada en la atmósfera de meteoroides de al menos medio metro de diámetro que crean penachos gaseosos malinterpretados como minicometas. Sin embargo, hoy por hoy, la mayoría de los científicos piensan que las manchas oscuras que aparecen en las cámaras de Franck son ruido intrínseco a ellas, es decir, no muestran detalles reales.

A pesar de que la entrada de cometas a la Tierra parece ser pequeña en la actualidad el flujo caído de estos cuerpos en los primeros tiempos de historia de la Tierra puede explicar la gran riqueza de compuestos volátiles en la superficie terrestre. J.M.T. ■

Para más información:

■ C. Chyba et al., «Cometary delivery of organic molecules to the early Earth», *Science* vol. 249, 27 July, pp.366-373, 1990.

■ C.F. Chyba, «Impact delivery and erosion of planetary oceans in the early inner Solar System», *Nature* vol.343, 11 January, pp. 129-133, 1990.

■ C. Chyba & C. Sagan, «Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: an inventory for the origins of life», *Nature* vol. 355, 9 January, pp.125-132, 1992.

■ A.H. Delsemme, «Cometary origin of carbon and water on the terrestrial planets», IAU Symposium, *Proceedings of the Astrochemistry of Cosmic Phenomena*, pp.421-422, 1992.

■ M. Hajduková Jr. «On the hyperbolic and interstellar meteor orbits», en *Meteoroids and their parents bodies*, *Proceedings of the International Astronomical Symposium held at Smolenice, Slovakia, July 6-12, 1992*. Editado por

el Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, pp.61-64, 1992.

■ D. Hughes, «Meteoroids: An overview» en *Meteoroids and their parents bodies*, *Proceedings of the International Astronomical Symposium held at Smolenice, Slovakia, July 6-12, 1992*. Editado por el Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, pp.15-28, 1992.

■ J. Kelly Beatty et al., *The New Solar System*, Cambridge University Press & Sky Publishing Corporation 1990.

■ J.M^o Trigo i R., «El flujo meteórico: aportación de materia interplanetaria a la Tierra», *Proceedings VI Congreso de Geoquímica de España*, pp.11001-11012, Soria 18-22 de septiembre 1995, Ed. Cedex.

■ J.M^o Trigo i R., «Los cometas: un análisis de su origen y composición química», *Proceedings VII Congreso de Geoquímica de España*, pp.632-641, Soria 23-26 de septiembre 1997, Ed. Cedex.