

LOS ANILLOS PLANETARIOS: UNAS ESTRUCTURAS MUY SOFISTICADAS

Dolores Maravilla

El sistema solar está compuesto por ocho planetas que se han clasificado en dos grupos: los planetas terrestres, que son Mercurio, Venus, Tierra y Marte, y los planetas gigantes, que son Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Recientemente Plutón que se consideraba el noveno planeta, ha pasado a formar parte de los planetas enanos que no cumplen con las características físicas como el resto de ellos.

Mientras que los planetas terrestres son cuerpos rocosos formados básicamente de silicatos, los planetas gigantes son cuerpos gaseosos formados principalmente de hidrógeno y helio, además de que no poseen una superficie sólida como es el caso de los planetas terrestres.

Una particularidad de los planetas gigantes es que poseen anillos de rocas y/o polvo ubicados sobre el plano ecuatorial planetario, sobresaliendo los anillos de Saturno ya que forman el sistema más grande, espectacular y complejo de los sistemas de anillos planetarios.

Los anillos de Saturno han sido clasificados en dos grandes grupos de acuerdo con las observaciones de las sondas Viajero que pasaron cerca de este planeta entre 1982 y 1989. Estos grupos se llaman: anillos clásicos y anillos etéreos. Los primeros son anillos formados principalmente de rocas que tienen un diámetro desde algunos milímetros hasta decenas de metros, se ubican cerca de Saturno y fueron bautizados con las letras A, B, C y D de acuerdo con el orden de su descubrimiento. Estos anillos poseen una población pequeña de partículas de polvo también llamadas granos que forman estructuras enigmáticas como los famosos spokes, que son nubes de polvo cargado eléctricamente que se forman sobre la superficie del anillo B, o bien, forman anillos muy delgados (anillos tenues)

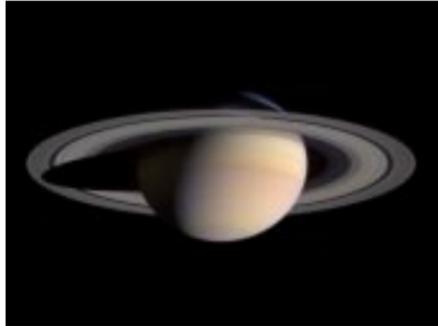


Fig.1 Saturno y el sistema de anillos clásicos. Básicamente se observan el anillo A (externo) y el B (interno) separados por una banda oscura conocida como la División de Cassini (<http://www.nasa.gov>).

cerca de la orilla externa del anillo A o dentro de las brechas como la División de Cassini.

Los anillos etéreos E, F y G son estructuras formadas de granos de tamaño micro y submicrométrico que se localizan después de los anillos clásicos. De los tres, el anillo F presenta una estructura altamente dinámica porque el material que lo forma, no sólo está cargado eléctricamente, sino que la interacción electromagnética que se produce con el plasma magnetosférico saturniano y la interacción gravitacional que se genera con los satélites pastores Prometeo y Pandora generan regiones onduladas, torcidas o trenzadas. Un dato curioso asociado a este anillo, es que el material de la orilla interna se está difundiendo hacia el anillo A probablemente por resonancias gravitacionales o de Lorentz.

En cuanto al anillo E, su origen fue postulado en la década de los años ochenta, cuando las sondas Viajero descubrieron esta estructura ubicada entre 3 y 8 radios saturnianos (Rs) con respecto al centro del planeta (1 Rs = 60,268 Km). De acuerdo con los geólogos planetarios, la fuente era el satélite Encelado ya que la máxima densidad del anillo estaba en la órbita de este satélite. Esta propuesta fue corroborada recientemente con las imágenes de la sonda Cassini, donde se pudieron observar los géiseres de Encelado y las fallas a través de las cuales está fluyendo el material al espacio saturniano. De las imágenes infrarrojas, también fue posible saber cual es la temperatura del material que escapa del satélite, así como la composición química del mismo y hoy se puede afirmar que este anillo está formado principalmente de hielo de agua (Fig.2).

Del tercer anillo etéreo se sabe muy poco y la hipótesis actual, basada en las observaciones de la nave Cassini, dice que este anillo bien podría ser material acumulado entre el satélite Mimas y el anillo F por una resonancia gravitacional.

Júpiter también tiene sus anillos, en este planeta existen cuatro estructuras formadas de polvo que han sido nombradas como: anillo principal, anillos tenues y halo (Fig. 3).

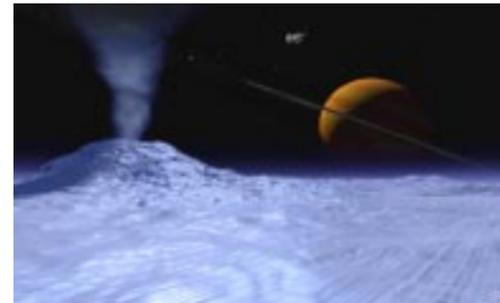


Fig. 2 Encelado mostrando uno de los géiseres que alimentan al anillo E de Saturno.

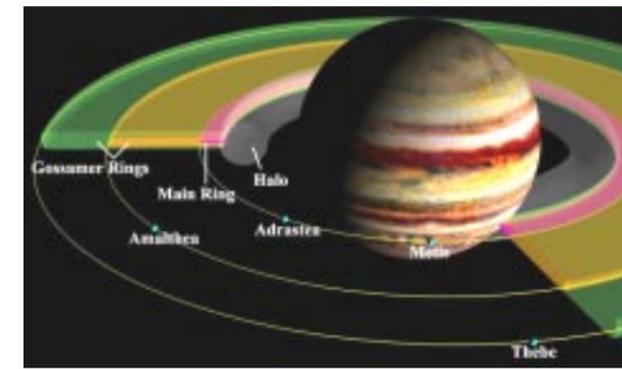


Fig. 3 Los anillos de Júpiter y los satélites pequeños: Tebe, Amaltea, Adrastea y Tebe.

Estas estructuras fueron descubiertas por las sondas Viajero excepto el anillo tenue externo, que fue observado por la sonda Galileo. Se cree que este segundo anillo tenue es de formación reciente ya que no existía cuando las sondas Viajero pasaron cerca de Júpiter y se propuso que su formación está asociada a las colisiones que se producen entre la superficie de los satélites pequeños inmersos en los anillos y los micrometeoritos interplanetarios que ingresan en la magnetosfera de Júpiter a

grandes velocidades. Como producto de las colisiones, salen eyectadas grandes cantidades de polvo que son redistribuidas alrededor del planeta formando los anillos.

En los otros dos planetas gigantes, Urano y Neptuno, también existen anillos de polvo muy delgados y muy oscuros, por lo que su estudio desde la Tierra es muy difícil, aun así, las observaciones realizadas en las dos últimas décadas con el telescopio Hubble han permitido descubrir más anillos alrededor de estos planetas, suceso que ha propiciado la creación de nuevos modelos para explicar su origen, formación y dinámica basándose en el argumento de que los anillos de polvo son estructuras de formación reciente como también es el caso de los anillos tenues de Júpiter y de los anillos etéreos de Saturno. Este argumento también propone que los anillos podrían tener un periodo de vida de decenas a centenas de años, por lo que probablemente tenderán a aparecer y desaparecer, hecho que los convierte en estructuras muy sofisticadas de los planetas gigantes y por lo consiguiente del sistema solar exterior.

Si te interesa saber más sobre anillos planetarios y el sistema solar, acércate al departamento de Investigaciones Solares y Planetarias del Instituto de Geofísica.

uN viStazo a los auTores

Dolores Maravilla

(dmaravil@geofisica.unam.mx)

Oscar Campos

(ocampos@geofisica.unam.mx)

Su primera profesión fue el Magisterio (1997) y durante varios años fue profesora de Primaria, trabajo que combinó con los estudios de Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Al terminar, en 1989, continuó con su maestría en el área de Física Espacial en el Instituto de Geofísica de la UNAM, la cual culminó en 1991 y posteriormente estudió el doctorado en Física Espacial en la UNAM y en la Universidad de California en San Diego. En 1996 ingresó como investigadora en el Instituto de Geofísica, en donde trabaja con la Física de los Plasmas Polvosos, y en especial sobre los anillos planetarios.

Actualmente está adscrita al departamento de Investigaciones Solares y Planetarias y recientemente realizó una estancia sabática en el Laboratory for Atmospheric and Space Physics de la Universidad de Colorado.

En 1970 terminó sus estudios en la Preparatoria Tecnológica Industrial y Comercial No. 16 en la ciudad de Puebla.

Continuó con su carrera de Ingeniero Geofísico en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA), del Politécnico Nacional, en Zacatenco, graduándose en 1975. Posteriormente realizó su doctorado en Geofísica en el "Institut de Physique du Globe", Universidad Louis Pasteur, en Estrasburgo, Francia y al terminar se incorporó al departamento de Geomagnetismo y Exploración Geofísica del Instituto de Geofísica de la UNAM, en donde actualmente realiza investigación relacionada con prospección y exploración geofísica.

charlas de divulgación

"SISMOS, LO QUE LA TIERRA INTENTA DECIRNOS"

XYOLI PÉREZ CAMPOS
SEPTIEMBRE 7

"TORMENTAS SOLARES Y CLIMA ESPACIAL"

ALEJANDRO LARA
OCTUBRE 5

"CRÓNICA DE LA ERUPCIÓN DEL CHICHÓN EN 1982"

MANUEL MENA
NOVIEMBRE 9

"LAGOS, CLIMA E IMPACTO HUMANO"

MARGARITA CABALLERO
DICIEMBRE 7

INSTITUTO DE GEOFÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA
AUDITORIO TLAYOLOTL 12:00HRS.
(ENTRADA LIBRE)

EDICIÓN

Dra. Margarita Caballero
Miranda
Tel. 56 22 42 33
maga@geofisica.unam.mx

Dra. Ana Ma. Soler
Tel. 56 22 42 34

anesoler@geofisica.unam.mx

los que lo hacemos

Impreso en la Unidad de Apoyo
Editorial del Instituto de
Geofísica, UNAM

DISEÑO
Alberto Centeno Cortés

La Unidad de Educación Continua y a Distancia en Ciencias de la Tierra le invita a las proyecciones que se llevarán a cabo los viernes a las 13:00 hrs. en el Auditorio Tlayolotl en el Edificio Anexo del Instituto de Geofísica de la UNAM, en Ciudad Universitaria

Entrada Libre

Génesis

29 Septiembre

Viaje al centro de la Tierra

27 Octubre

videocine
2006

EDICIÓN TÉCNICA
François Graffé Schmit
Freddy Godoy Olmedo

DISTRIBUCIÓN
Aída Sáenz

GEOFISICOSAS

¡HOLA!

EN ESTE NÚMERO TE PRESENTAMOS DOS ARTÍCULOS

MUY INTERESANTES:

EL CRÁTER DE CHICXULUB:
EJEMPLO DE LA FORMULACIÓN Y MADURACIÓN DE UNA
HIPÓTESIS

Y
LOS ANILLOS PLANETARIOS: UNAS ESTRUCTURAS MUY
SOFISTICADAS

NO TE OLVIDES DE VER LAS FECHAS DE LAS CHARLAS DE
DIVULGACIÓN Y DEL VIDEOCINE



INSTITUTO DE GEOFÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA, CIRCUITO EXTERIOR
DELEGACIÓN COYOACÁN
C. P. 04510 TEL. 56 22 41 15

Num. 28, septiembre 2006



EL CRÁTER DE CHICXULUB: EJEMPLO DE LA FORMULACIÓN Y MADURACIÓN DE UNA HIPÓTESIS

Oscar Campos

En la década de los 80's el estudio de las inversiones del campo magnético de la Tierra se había establecido firmemente como uno de los campos de investigación más interesantes en la comunidad de las Ciencias de la Tierra. En una primera aproximación el campo magnético de la Tierra se asemeja al de un gran imán aproximadamente paralelo al eje de rotación de nuestro planeta y con sus polos coincidiendo también aproximadamente con sus polos de rotación. Sin embargo, la polaridad del campo geomagnético no ha sido constante en la historia del planeta, el polo norte del campo magnético terrestre no siempre se ha ubicado en el polo norte geográfico, sino que se ha encontrado también en el polo sur, y a esto se le conoce como una inversión del campo geomagnético. El establecimiento de este paradigma ha tenido un papel decisivo en el desarrollo de las Ciencias de la Tierra, y en especial de la Geofísica.

La formación de una hipótesis

Desde entonces muchos de los trabajos de investigación se enfocaron a explicar cómo operan estos cambios de polaridad del campo geomagnético (paleomagnetismo). Para alcanzar este objetivo era necesario documentar con detalle todas estas inversiones, es decir establecer la escala de polaridades del campo geomagnético. En este contexto, los afanes de Walter Álvarez, geólogo de la Universidad de California, eran detallar los cambios de polaridad que tuvieron lugar durante el Cretácico (K) y el Terciario (T). La transición de estas dos etapas de la histórica geológica de la Tierra representa el límite entre dos eras geológicas, el Mesozoico y el Cenozoico, y que comúnmente se le denomina límite K/T.

Walter Álvarez realizaba sus estudios paleomagnéticos en uno de los mejores afloramientos del Cretácico y el Terciario en el mundo, en la localidad de Botaccione cerca de la ciudad medieval de Gubio en Italia. En la frontera entre el Cretácico y el Terciario (el límite K/T) se encontró una conspicua capa de arcilla de unos centímetros.

¿Cómo determinar en qué tiempo se depositó esta capa de arcilla?. Su padre, Luis Álvarez, emigrado republicano español laureado con el Premio Nobel en Física, sugirió usar el iridio (Ir), como un método posible para determinar el tiempo en que se depositó esta capa. La base científica de esta sugerencia era que el Ir pertenece a una familia de elementos químicos que tienen poca afinidad con el oxígeno, pero son solubles en hierro fundido; por lo que actualmente la corteza terrestre está agotada en este elemento y en la Tierra sólo se le encuentra en su núcleo, que es rico en hierro. El Ir también está presente en las fases metálicas de los asteroides. Por lo tanto, la principal fuente de Ir en la corteza terrestre es el espacio exterior, y el mecanismo es la lluvia constante de microasteroides. Bien, pues si esta lluvia es constante, y si se puede medir el contenido de Ir en la capa de arcilla, entonces se podría determinar el tiempo en que se depositó la capa de arcilla (tendría más Ir mientras más tiempo hubiera tomado su depósito). Cuando se determinó experimentalmente el contenido de Ir en esta capa de arcilla que marca el límite K/T, se llevaron una gran sorpresa, ya que constataron una cantidad anómalamente elevada de este elemento. A los estudios en Italia siguieron otros en Dinamarca, Nueva Zelanda, etc. y actualmente se ha determinado en más de 75 localidades donde aflora el límite K/T, (Fig. 1) distribuidas en todo el planeta, que esta capa de arcilla sí está caracterizada por un anómalamente alto contenido de Ir. Los Álvarez explicaron esta concentración tan elevada de Ir postulando que el depósito de esta capa de arcilla había estado asociado con el impacto de un asteroide que cayó en la Tierra justo en el límite K/T, trayendo con él las altas cantidades de Ir detectadas. Los Álvarez postularon, además, que los efectos

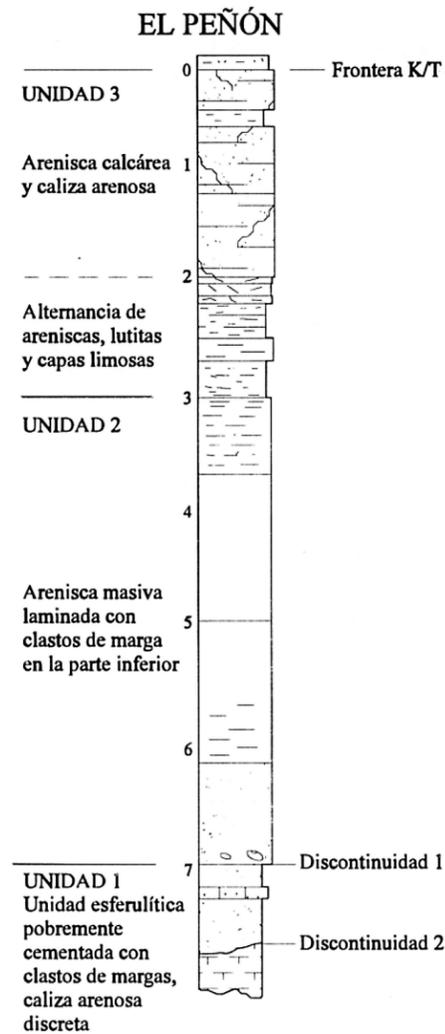


Fig. 1.- Afloramiento de la secuencia Cretácico-Terciario en la localidad del Peñón (noroeste de México).

secundarios (como cambios climatológicos mayores) fueron la causa de la marcada extinción de la biota (y en particular de los dinosaurios) que caracteriza el límite K/T.

Pero, un asteroide de estas dimensiones debía haber dejado una marca, un cráter ¿y dónde estaba este cráter?

La geofísica mexicana y la formulación de otra hipótesis

Contemporáneamente a los estudios de los Álvarez, PEMEX exploraba la península de Yucatán en búsqueda de hidrocarburos. En el marco de sus campañas de prospección geológica y geofísica se realizaron estudios gravimétricos y magnetométricos en el norte de Yucatán. En estos estudios los campos gravimétrico y magnético presentaban una forma circular, con su centro coincidiendo aproximadamente con el puerto de pescadores de Chicxulub (Figs. 2 y 3). Estando la península cubierta por sedimentos carbonatados amagnéticos (que no dan una señal magnética), y carente de estructuras volcánicas, era difícil explicar el origen de estos patrones concéntricos detectados en los campos gravimétricos y magnéticos. Antonio Camargo y Glen Penfield, geofísicos de PEMEX, asociaron estas formas circulares con la existencia de un cráter de impacto en el subsuelo de Yucatán. Esta hipótesis fue presentada en la 51 Convención Internacional de la Society of Exploration Geophysicists de los EE.UU. Hay que reconocer la cultura científica de estos dos geofísicos que los llevó, en un contexto enfocado a la exploración petrolera, hasta este planteamiento. Qué no se menosprecie esta contribución, sin la cual no se hubiera documentado la existencia de este cráter de impacto. ¿Qué le habría pasado a la hipótesis de los Álvarez?

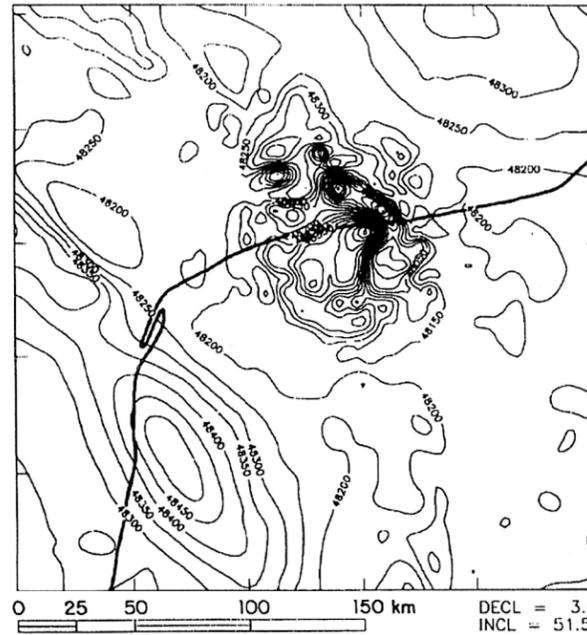


Fig. 2.- Plano aeromagnético de la porción norte de la península de Yucatán. Los valores están dados en nT. Obsérvese la existencia de una anomalía magnetométrica circular.

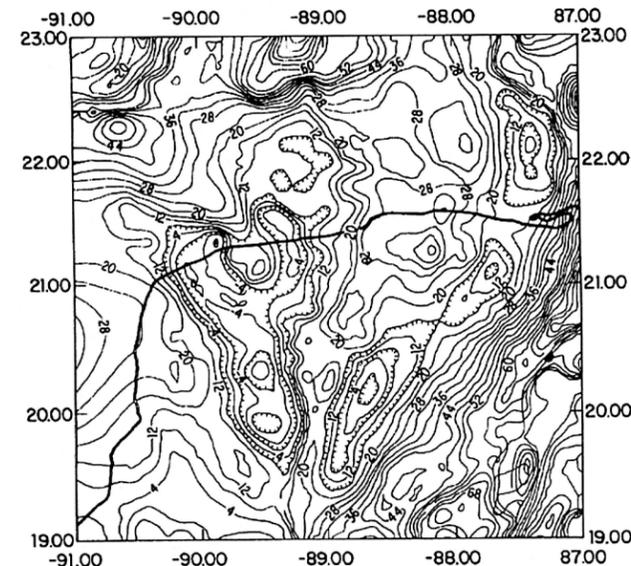


Fig. 3.- Plano gravimétrico de la porción norte de la península de Yucatán. Los valores están dados en miligals. Obsérvese la existencia de una anomalía magnetométrica circular.

La búsqueda del cráter, o la confluencia de hechos independientes

A raíz de la propuesta de los Álvarez, se inició una búsqueda sistemática del cráter de impacto. Se delimitó, con base en las características de las rocas en las localidades donde aflora el límite K/T, que el área donde se podría encontrar el cráter era la región del Caribe. Fue Alain Hildebran, geólogo del Servicio Geológico Canadiense, quien relacionó las dos hipótesis previamente comentadas. La búsqueda había terminado, pero restaba convencer a la comunidad de Ciencias de la Tierra.

La madurez de la hipótesis

Inmediatamente se iniciaron estudios en varias disciplinas de las Ciencias de la Tierra. En la

década de los 90's se llevaron a cabo muchos estudios tendientes a confirmar la existencia misma de la estructura del cráter, así como de la edad geológica del subsuelo de Yucatán en donde se preserva el mejor ejemplo en la Tierra de un cráter de impacto. Estas investigaciones incluyeron perforación de pozos, fechamientos radiométricos y paleomagnéticos, estudios petrológicos y geoquímicos. Estos estudios confirmaron la edad K/T de la estructura y de la naturaleza de impacto del cráter. Estos estudios se llevaron a cabo por diversas instituciones, entre las que destacan la UNAM, PEMEX, el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), la NASA, el Geological Survey of Canadá, el Lunar and Planetary Science Institute de Houston, el Jet Propulsion Laboratory, de la Universidad de California, la Brown University, el Geoforschung Zentrum de Postdam Alemania, etc. Con estos esfuerzos se consiguió el consenso de la comunidad de Ciencias de la Tierra.

Nuestros afanes en el Instituto de Geofísica, nuestras contribuciones

Los estudios geofísicos fueron útiles en la determinación de la forma, es decir tipo de cráter, y de sus dimensiones (el más grande sobre la Tierra). Estas investigaciones incluyeron estudios gravimétricos, magnetométricos, estudios de magnetismo de rocas, magnetoteluria, flujo de calor, estudios sísmicos activos y pasivos (incluyendo sísmica de reflexión y de refracción). Muchos de estos estudios se realizaron por expertos del Instituto de Geofísica de la UNAM.

En una segunda etapa, se han llevado a cabo perforaciones someras (Instituto de Geofísica, UNAM), y profundas en la parte continental del cráter (Instituto de Geofísica, UNAM y Continental Scientific Drilling Program). En la parte marina se tienen planes para perforar dos pozos profundos en un futuro cercano. Con la información obtenida de estos pozos se prevé analizar los diferentes modelos hasta ahora propuestos sobre el tipo, dimensiones, y características del cráter de impacto. Más información sobre estos proyectos se puede obtener en la página web del Instituto de Geofísica: <http://www.geofisica.unam.mx>.

Termino del relato y digresiones

Este relato nos ha permitido ver cómo se formuló una hipótesis de trabajo, cómo maduró y cómo se consolidó. Intuimos que los caminos de la ciencia sino aleatorios son extraños, pero recordemos a Einstein quién dijo que Dios no juega a los dados. El relato también nos permite ver más allá del método científico y de los paradigmas operantes. De hecho el descubrimiento y documentación de las inversiones de la polaridad del campo geomagnético, realizadas gracias a la geofísica, representa un hito en un camino que se inició con los estudios geomagnéticos de Gilbert en el siglo de la ilustración (siglo XVIII). Podemos vernos ahora en este contexto, y pensar humildemente en nuestra contribución. Somos privilegiados al poder imaginarnos en este contexto, y poder ponderar, quizá ilusoriamente, nuestra contribución al avance de la humanidad en estos caminos. También podemos vernos no ya cómo científicos, sino como personas en la entramada, ya no de la ciencia, sino de la vida misma. Qué privilegio, aun si fallamos en nuestra concepción.

Invitación

En la geofísica, para no mencionar las ciencias de la Tierra, y no considerar todo el espectro de la ciencia en general, hay muchos caminos semejantes a este. ¿Te puedes ver entretejiendo tu vida al quehacer científico en los campos de la geofísica? Te recomiendo una lectura: P.B. Medawar, Consejos a un joven científico, Breviarios, Fondo de Cultura Económica, pp. 156.

Posdata

Ah, casi olvidaba mencionar que el estudio de esta estructura de impacto es sumamente importante porque contribuye a entender los mecanismos de formación de cráteres de impacto (Figura 4) y a determinar los cambios ambientales que un impacto semejante puede ocasionar sobre la Tierra.

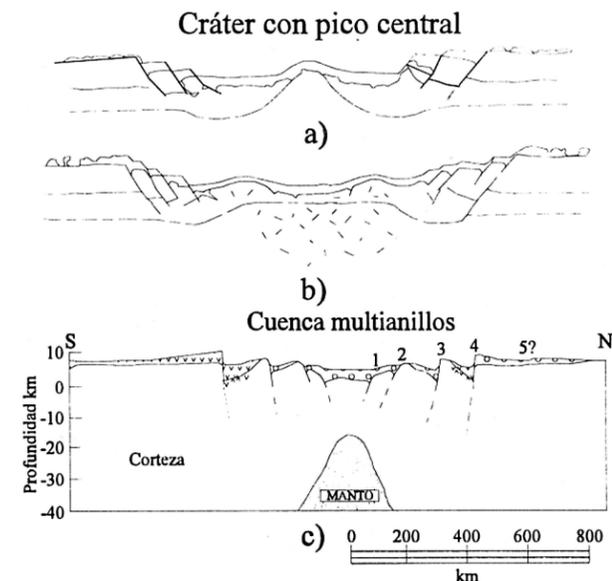


Fig. 4.- Esquemización de varios tipos de estructuras de impacto.