View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Revistes Catalanes amb Accés Obert

"SERENDIPIA" EN GEOLOGÍA: EL MESSINIENSE Y EL CRÁTER CHICXULUB

"Serendipity" in geology: the Messinian and the Crater Chicxulub

J. Duque (*) y M. Á. Mateos (**)

RESUMEN

¿Qué es la serendipia? ¿La Geología y las Ciencias de la Tierra tienen contenidos y posibilidades de tener descubrimientos por casualidad? ¿Es la ciencia o el investigador el que tiene carácter serendípico? Se aportan dos ejemplos de serendipia en el marco del conocimiento geológico. Terminamos con unas reflexiones sobre las condiciones que se deben dar entre serendipia y creatividad.

ABSTRACT

What is the serendipy? The Geology and the Earth Sciences have contents and possibilities of having discoveries by chance? It is the science or the investigating the one which has serendipy's character? They are provided two examples of serendipy in the framework of the geological knowledge. We end with some reflections on the conditions that they should be given between serendipy and creativity.

Palabras clave: *Serendipia, casualidad, azar, Messiniense, Chicxulub, creatividad*
Keyword: *Serendipity, chance, random, Messinian, Chicxulub, creativity*

"El principal cometido del geólogo es reconocer la existencia de un fenómeno antes de intentar explicarlo."
B. M. Keilhau

"En los campos de la observación, la casualidad favorece sólo a las mentes preparadas"
Louis Pasteur

INTRODUCCION

En ocasiones, la sensación que transmitimos al intentar explicar conceptos científicos es que son verdades absolutas. Tal vez simplificamos los procesos, a través de los cuales se ha llegado a esos conceptos, para hacernos entender, o quizá nosotros mismos no los entendemos con profundidad, o bien queremos dar una imagen de claridad obviando aquellos puntos que nos parecen oscuros.

Una especie de determinismo inconsciente nos hace pensar que todo debe estar en su sitio, que todo está establecido y que debe ser explicado con la lógica del llamado "sentido común" (en este punto tienen mucha culpa los manuales y los libros de texto). Pero estaremos de acuerdo en que hay algunos conceptos científicos que se entenderían mejor de forma intuitiva y no aplicando la razón lógica. Si profundizamos en los procesos que han dado lugar a muchos de los conocimientos que reconocemos como verdades científicas, nos daremos cuenta que han influido multitud de factores, entre ellos la casualidad, el azar o simplemente la suerte, algunas veces mucha suerte. Hasta el punto de poder considerar esos factores como la causa principal o desencadenante de todo el proceso de descubrimiento. Esto no se suele explicar en los ambientes académicos porque subyace la idea de que estos golpes de suerte restan carácter científico al proceso de investigación.

En nuestra opinión, reconocer serendipias en el entorno científico no degrada a la ciencia sino que la enaltece, ya que la muestra más real. Tal vez las rígidas estructuras de los grandes proyectos y, sobretodo los eufemísticos procesos de investigación llamados I+D o incluso I+D+I con objetivos más prosaicos que el aportar nuevos conocimientos al tinglado científico, eviten las serendipias, ya que todo debe estar "atado y bien atado".

Ello nos mueve a presentar este artículo, con el propósito de ayudar a confeccionar una visión alternativa de la ciencia, en este caso con ejemplos en la geología, aunque también es aplicable a otros campos de la ciencia.

Además creemos que todo el proceso casuístico es muy importante en el conjunto de las ciencias geológicas por su propia naturaleza.

(*) Departamento de Biología y Geología. IES Politècnic de Palma de Mallorca. c/ Menorca 1. Palma de Mallorca 07011. jduque@aglocem.com Tf: 971-734175. Geólogo y Licenciado en Filosofía y Letras.
(**) Departamento de Biología y Geología. IES Arxiduc Lluís Salvador. c/ Gilabert de Centelles 6. Palma de Mallorca 07005. mmateos@aglocem.com Tf: 971-734175. Geóloga e Historiadora del Arte.

Proponemos que estas cuestiones se afronten con naturalidad a la hora de explicar ciencia, ya que no le restaran seriedad sino que la enriquecerán y la harán más cercana a los alumnos.

SERENDIPIA, HISTORIA DE UNA PALABRA QUE NO EXISTE

Si buscamos *serendipia* en el diccionario de la Real Academia Española comprobaremos que no aparece registrada, es un término no aceptado aún, si bien la Academia lo recoge en su Banco de Datos a través de tres citas del científico mexicano Ruy Pérez Tamayo, patólogo y filósofo de la ciencia. Estas citas se extraen del texto *Ciencia, paciencia y conciencia* (1991), y se utilizan en su aplicación científica:

Cita 1ª:

... "Ninguno de ellos (me refiero a los contemporáneos) objeta la existencia y el valor de la imaginación, los sentimientos, los deseos y hasta los sueños en la vida del ser humano; incluso hay una escuela de científicos (Rosenblueth era uno, Medawar es otro) que incluyen dentro de los elementos indispensables en el pensamiento generador de nuevos conocimientos a la imaginación y a la intuición. Si a esto se agrega el azar, que en los medios profesionales se conoce como "serendipia", la acusación que generalmente se hace al mesianismo científico (esto es, que afirma "la razón no sólo es necesaria sino suficiente") se disuelve en la nada"...

Cita 2ª

..."Su generalidad, o sea la extensión de la cobertura potencial de los resultados de la investigación, una vez que esté terminada. Éste es quizá el terreno más movedizo y en el que se cometen más errores, en vista de que supone el conocimiento de los resultados (el científico casi siempre tiene una hipótesis) y la manera como van a afectar a otras áreas de la ciencia. Además, ignora el importante papel desempeñado por la serendipia en la investigación científica, que tiene la perniciosa costumbre de dar al traste con todas las predicciones, al cambiar la dirección y hasta el objetivo del trabajo del investigador. Naturalmente, estoy hablando de verdaderos proyectos de investigación, en los que se examina un problema porque se ignora la respuesta; la situación es completamente distinta cuando se está jugando a "lo que hace la mano hace la tras", en vista de que el resultado se conoce de antemano"...

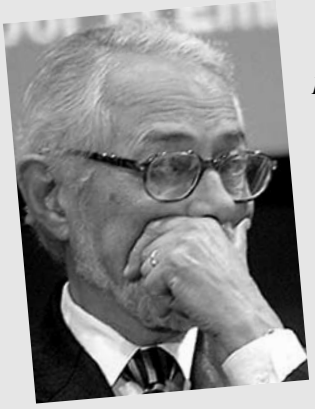

Fig.1, Ruy Pérez Tamayo, este científico mexicano ha sido el primero en utilizar el término serendipia en castellano en 1991. www.mimorelia.com/

Cita 3ª

..."Como investigador científico activo, no ignoro que con frecuencia los resultados de las observaciones o experimentos (con los que se están poniendo a prueba ciertas ideas y teorías) pueden ser sorprendentes y hasta inesperados, con lo que sirven para revisar las teorías originales o para generar nuevas ideas sobre el mismo problema, o hasta para abandonar el campo en que se estaba trabajando y emprender tareas completamente distintas. Este fenómeno es tan frecuente que los investigadores científicos hemos acuñado una bella palabra para denominarlo: serendipia. Pero cualquiera que sea el resultado de la actividad científica (confirmación o modificación de las teorías científicas originales, cambio completo de hipótesis, o hasta de campo de investigación) siempre se refiere a lo mismo: a las ideas"...

En realidad, cada día en más escritos aparece el mencionado término, haciéndose eco Manuel Seco (1999) en su *Diccionario del Español Actual*, en este caso bajo la forma de *serendipidad*: *"facultad de hacer un descubrimiento o un hallazgo afortunado de manera accidental"*.

Aceptado por la Academia de la Lengua Inglesa, se incluye en todos los diccionarios de Inglés editados con posterioridad a 1974, con la siguiente definición de *serendipity*: *"facultad de hacer descubrimientos afortunados e inesperados por accidente"*.

Haciendo un poco de historia, el reino de Serén-dip se cita en una conocida obra literaria: La historia de Simbad el marino de *Las Mil y una noches*. Reino exótico y oriental, parece ser que corresponde al nombre persa, tomado a su vez del árabe *sarandib* o *serendib*, denominación ancestral de la isla de Ceilán/Sri Lanka.

Un popular cuento anónimo narra la antigua historia de "Los tres príncipes de Serendip": dota-

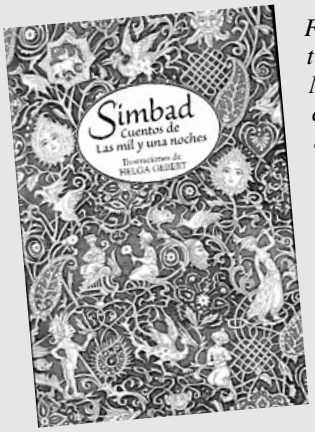

Fig 2. En el cuento de Simbad el Marino aparece citado el Reino de Serendip. De tradición oral fue traducida por primera vez al árabe en el siglo IX, introducida en Occidente por el escritor francés Antoine Galland, en el siglo XVIII. www.voxpopuli.com.ar

dos con el don del descubrimiento fortuito encuentran, sin buscarla, respuestas a problemas que no se habían planteado. Su capacidad de observación y sagacidad les hacen descubrir incidentalmente la solución a dilemas impensados.

La llegada del concepto a occidente se produce en 1754, cuando el escritor inglés Horace Walpole descubre el citado relato e inventa el término *serendipity*, que considera de gran riqueza expresiva, para describir los descubrimientos hechos por accidente y sagacidad y que aplica a algunas de sus propias creaciones literarias. Por tanto, en principio el concepto se aplica en el ámbito de las humanidades, pero poco a poco se irá introduciendo en otro tipo de literatura, la científica. En 1955, la revista *Scientific American* lo adopta como acepción técnica de referencia al descubrimiento científico casual.

Nuestra versión del concepto no intenta ni pretende ser novedosa, se enmarcaría en la noción que se ajusta a numerosos descubrimientos científicos, tanto teóricos como técnicos, que se producen por casualidad, que se encuentran sin buscarlos, pero que no se habrían realizado de no ser por la visión sagaz del investigador científico. El éxito del término y su fama científica ha crecido en los últimos años, aunque también en otros ámbitos como la literatura sobre creatividad, en heurística, uno de los proyectos de búsqueda de vida extraterrestre lleva el nombre de "serendip", incluso en una acepción acaramelada y distorsionada (relacionada con el destino) aparece en la película de 2001 dirigida Peter Chelson y protagonizada por John Cusack de título "Serendipity".

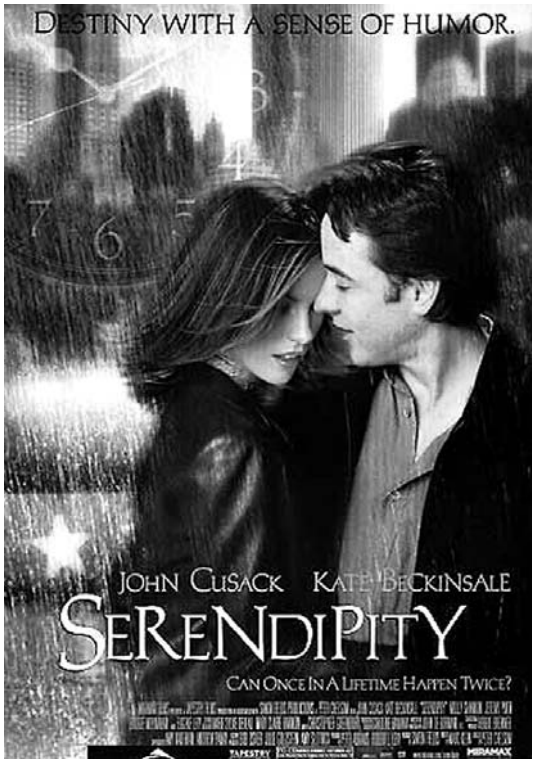

Fig 3. Cartel de la película que lleva el título de Serendipia, pero que no tiene nada que ver con la utilización del término en el ámbito científico. www.cartelia.net

Traducido al castellano es destacable el libro "Serendipia. Descubrimientos accidentales en Ciencia", de Royston M. Roberts, publicado en 1989, que recoge casi un centenar de descubrimientos serendípicos, centrados la mayoría en la industria química. Al traductor Jesús Urturbe debemos la definición en lengua castellana: "condición del descubrimiento que se realiza gracias a una combinación de accidente y sagacidad". Creemos que la condición, más que en el descubrimiento reside, en el científico.

Serendipidad, serendipiti, serendipia...

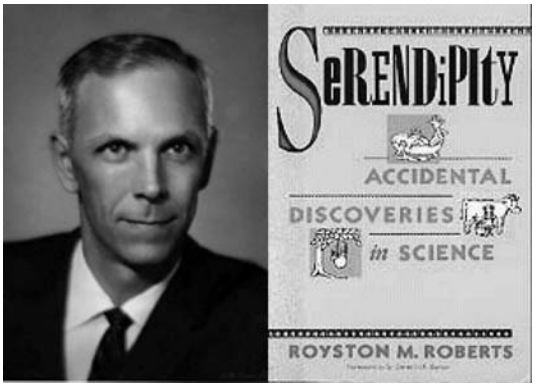

Fig 4. Único libro traducido al castellano dedicado íntegramente a los procesos serendípicos, aunque centrados principalmente en la industria química, fue publicado en 1989 en ingles y traducido al castellano en 1992. www.amazon.com

El editor del texto de Roberts, José Antonio Millán y otros autores consultados proponen esta última forma, *serendipia*, como un neologismo especial correspondiente al término inglés. En castellano existe el término *chiripa* que podría hacer las veces de traducción literal. Los autores de esta comunicación creemos que el término chiripa sería más en un lenguaje coloquial en tanto que serendipia tendría su verdadero campo expresivo en el mundo científico (Duque y Mateos 2002).

CONSIDERACIONES SOBRE EL AZAR EN LA CIENCIA

No es propósito de este artículo establecer ningún tipo de debate respecto a la epistemología de la Ciencia. Pero sí analizar de forma esquemática su estructura creadora para discernir algunos pasos donde puede darse, y de que forma, el azar en forma de accidente que produzca un resultado serendípico.

Consideramos la Ciencia como un bloque de conocimientos formado por una espesa red de cadenas entrelazadas y continuas de verdades científicas. La característica de continuidad viene dada por una necesidad: la verdad científica debe ser sistemática, en el sentido de estar conectada con otras verdades. Pero esta continuidad ha sido rota una y otra vez a lo largo de la historia de la ciencia, hasta

el punto de que no sería descabellado aceptar que la norma es la discontinuidad. Cuando se producen estos saltos, los conocimientos quedan relegados hasta que la ciencia oficial tiene la explicación para poder admitirla en su seno. Casos como el de Mendel con las leyes genéticas o la de Wegener con la deriva continental son ejemplos claros de autocensura de la propia ciencia.

Hecha esta consideración, una buena pregunta sería ¿cuántas de estas discontinuidades en los conocimientos científicos han sido resultado de situaciones serendípicas?. No podemos precisar un resultado cuantitativo, aunque intuimos que el porcentaje debe ser muy alto, sobre todo en Geología y Ciencias de la Tierra (Gould, 1991).

Pero ¿en qué nivel del trabajo científico se pueden producir esos afortunados accidentes?. En principio en cualquier nivel y de forma inesperada, pero es claro que sintetizando el método científico, podremos distinguir algunas peculiaridades sobre como puede aparecer el azar. Para ello sistematizaremos en cinco pasos el método científico:

a.- Observación, como inicio del proceso

b.- Planteamiento del problema, como motor de nuevos descubrimientos

c.- Confección de hipótesis, como propulsor empírico

d.- Experimentación, como confirmación y base de los resultados

e.- Verdad científica, teoría, ley, etc, como resultado final del proceso

La observación físico-natural hoy día nos aporta pocas probabilidades de azar, pero en comparación con las ciencias puras experimentales, las ciencias de la naturaleza tienen más capacidad serendípica. Todavía aparecen puntos geográficos y geológicos de interés como ha sido el descubrimiento, hace poco, de una cascada considerada como la segunda más alta del mundo. Esporádicamente nos llegan noticias sobre la clasificación de algún nuevo mineral o la aparición de nuevas especies biológicas (en este caso el seguimiento mediático es infinitamente mayor). En la actualidad casi la totalidad de la observación científica es instrumental, por lo que depende de la capacidad técnica que se disponga. Aquí sí se nos presenta un amplio campo para el azar, que se incrementa cuando la observación además de instrumental es indirecta. En este nivel la serendipia está ligada principalmente a accidentes técnicos, cuya probabilidad será mayor cuantos más puntos intermedios se necesiten para la observación. Así los estudios del interior de la Tierra, que se realizan mediante observación instrumental indirecta, nos ofrecen mayor campo serendípico que la observación con microscopio convencional. Ejemplos de serendipias en este nivel los encontramos en todos los campos científicos: en astronomía, el descubrimiento de Caronte, la luna de Plutón; en física, el descubrimiento de la radiactividad por Becquerel; en aplicaciones técnicas, el invento del daguerrotipo, etc. (Roberts, 1989).

El planteamiento del problema es un nivel de actuación individual, donde la creatividad se expresa en toda su grandeza. La serendipia se produce a través de la mente reflexiva humana en forma de idea luminosa inesperada y no provocada; sería el eureka de Arquímedes cuando sale, desnudo, corriendo de los baños. El azar en esta fase de la producción científica es muy interesante ya que no se puede sustituir o acrecentar, ni por grandes presupuestos ni por intereses, ya que su origen se encuentra escondido en el laberinto de la mente humana. Así, cuando un joven Newton observa la Luna, se plantea un problema nuevo que evolucionará hasta producir la Ley de la Gravitación Universal, ¿por qué todos los objetos de nuestro alrededor caen y la Luna nunca cae?. O cuando Einstein relaciona la velocidad de la luz con el límite de la materia, poniendo las bases de la Relatividad (Sánchez Ron, 2000). Estamos hablando de genialidades serendípicas, pero ¿hay alguna genialidad que no sea serendípica?. No hay nada más humano que esa capacidad puntual de romper lo establecido para crear algo nuevo. Además de los ejemplos citados y que aparecen en todos los textos de ciencia, hay otros menos conocidos que nos pueden ilustrar sobre como una observación puede plantear un nuevo problema. Éste puede ser el caso de la crisis mediterránea del Messiniense.

El nivel de la confección de la hipótesis en principio no parece ser el mejor campo para que surja el azar. Las hipótesis representan la materialización del problema planteado, y son utilizadas como instrumento eventual de trabajo, aquí se incluye la elaboración de modelos. Cuando hay varias hipótesis o modelos de alguna cuestión que no ha sido demostrada, los equipos de investigación luchan por imponer sus opiniones, que generarán desde el reconocimiento social al económico quedando relegados los factores serendípicos (Mosterín, 2001).

Junto con los dos primeros niveles, y tal vez a la cabeza, es en la experimentación donde la serendipia se muestra en todo su esplendor. Pero en este caso la implicación de la tecnología es casi total. Cientos de ejemplos se pueden aportar que tengan en la fase empírica su base serendípica, desde fallos técnicos hasta errores humanos han provocado resultados inesperados superiores a los planificados. A veces, y saliendo del laboratorio, nos podemos encontrar casos curiosos como el que se produce en el descubrimiento del cráter de impacto de Chicxulub en Yucatán, México.

Por último, la confección de la verdad científica. Hoy en día tiene mucho de gestión del conocimiento, y en ella raramente se producen efectos de azar. A este nivel, la ciencia libre, si no tiene los medios para obtener los datos elaborados por la Gran Ciencia, pierde su capacidad serendípica. Las grandes empresas de investigación, tanto públicas como privadas, cada vez son más recelosas de su producción, no ofreciendo los resultados de sus trabajos hasta que éstos han caducado o han sido superados por otras investigaciones (Gómez Romero, 2000). Hay que tener en cuenta que la infraestructu-

ra necesaria para obtener y procesar la ingente cantidad de datos puntuales que se producen en la actualidad es tan complicada, que en algunas especialidades sólo posee capacidad de gestionarlos la estructura aportada por la Gran Ciencia, quedando fuera los pequeños grupos de investigadores de la ciencia libre. La falta de datos o la documentación sesgada por intereses hace que la capacidad serendípica de la ciencia libre en este nivel sea muy pequeña e incluso hoy día se podría decir que despreciable.

¿LA EVOLUCIÓN DE LA GEOSFERA Y LA BIOSFERA TIENEN CARÁCTER SERENDÍPICO? RECORDANDO A GOULD

Según Donald Cardwel (1994), existe mayor diversidad de artefactos creados por el hombre que de especies biológicas y materiales geológicos (cristales, minerales y rocas) conocidos. ¿Cuántos de unos y de otros son el resultado de un proceso serendípico?. Según Gould las especies evolucionan de tal forma que en su devenir hay lapsos de tiempo estables y otros de grandes variaciones. Estos cambios se producen al azar, tanto las supervivencias como las extinciones.

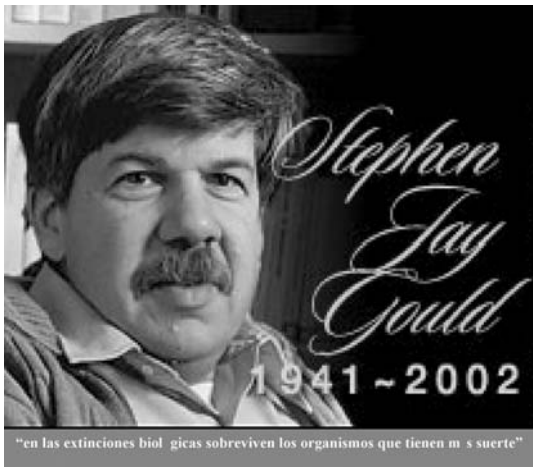

Fig. 5. Stephen Jay Gould, paleontólogo y uno de los mejores divulgadores de la ciencia del siglo XX. www.isepp.org

Sobre la evolución del planeta y la vida, Gould nos dice: "que las grandes extinciones que han ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra han sido aleatorias, por lo que la naturaleza no las pudo prever", la cita concluye "en las extinciones biológicas sobreviven los organismos que tienen más suerte". Más allá del debate ente los partidarios del azar como modelador de la evolución geológica y biológica y los que consideran el determinismo como principal mecanismo, hay que considerar que el componente serendípico en la evolución biótica y abiótica es hoy por hoy innegable. No pretendemos ser maniqueos respecto a los conceptos propuestos por Parménides (defensor del determinismo) y Heráclito (azar) sino tal vez ajustarnos a la posición de Demócrito, que realizó una síntesis de ambos. Aún así creemos que el peso específico del azar en la configuración en la actual geosfera y biosfera es cuando menos igual al que han podido aportar los factores acumulativos graduales. En otro orden de cosas, las mutaciones genéticas son consideradas aleatorias, de las cuales sobrevivirán las mejor adaptadas, ¿no es una utilización serendípica de la Naturaleza?.

En la geosfera existe un vacío de estudios respecto a procesos naturales casuísticos, lo que hace que, generalmente, no se tengan en cuenta este tipo de variables. Acontecimientos como el impacto de un gran meteorito o una gran erupción volcánica son poco probables pero sus efectos son globales relegando a la nulidad todos los demás escenarios propuestos. Piénsese en la dificultad que entraña crear un modelo del movimiento de los granos de arena en una playa, aun cuando parezca que tenemos todas las variables controladas y no acontezca nada extraordinario. En los sistemas complejos, aún cuando se tengan la mayoría de las variables controladas, puede surgir como si de una propiedad emergente se tratara, el azar, e incluso la serendipia. Tal vez, la aparición de la vida y su impacto en la evolución de la geología del planeta no haya sido más que una secuencia de serendipias, siendo los periodos que quedan entre estas cuando se producen los cambios graduales deterministas que conforman el cuerpo doctrinal de nuestra ciencia, la ciencia que hemos aprendido y enseñamos.

Muchos paleoantropólogos consideran que la mayoría de descubrimientos prehistóricos han sido accidentales, ayudados por el incremento de la capacidad mental y social del hombre. Frente a la actual tecnociencia planificada y buscada, la historia parece indicarnos que muchos de los avances técnicos anteriores a la revolución industrial fueron serendípicos. Actualmente el sistema de control de la ciencia evita que se produzcan más descubrimientos serendípicos, aún así siguen sucediendo aunque, no al ritmo natural que se deberían producir.

EL MESSINIENSE: LA DESECACIÓN DEL MEDITERRÁNEO

El Messiniense es el último piso del Mioceno. Fue definido en estratos marinos cerca de Messina en Sicilia por Mayer-Eymar en 1868. Mayer en trabajos entre 1968 y 1870 subdivide el Messiniense en tres formaciones: (de techo a muro): 3.- Margas arenosas de los alrededores de Messina, de Reggio y de Roma; 2.- Calizas de los alrededores de Messina, yesos de Barcelona y calizas cársticas de Arnés; 1.- Margas blancas con foraminíferos de los alrededores de Messina, de Reggio y de Arnés.

En 1960 Selli selecciona y describe un nuevo estratotipo expuesto entre el Monte Capodarso y Monte Pasquasia también en Silicia, aunque sigue conservando el nombre de Messiniense. Selli define el Messiniense: "Intervalo de tiempo comprendido entre el Tortoniense (estratotipo de Tortona) y el

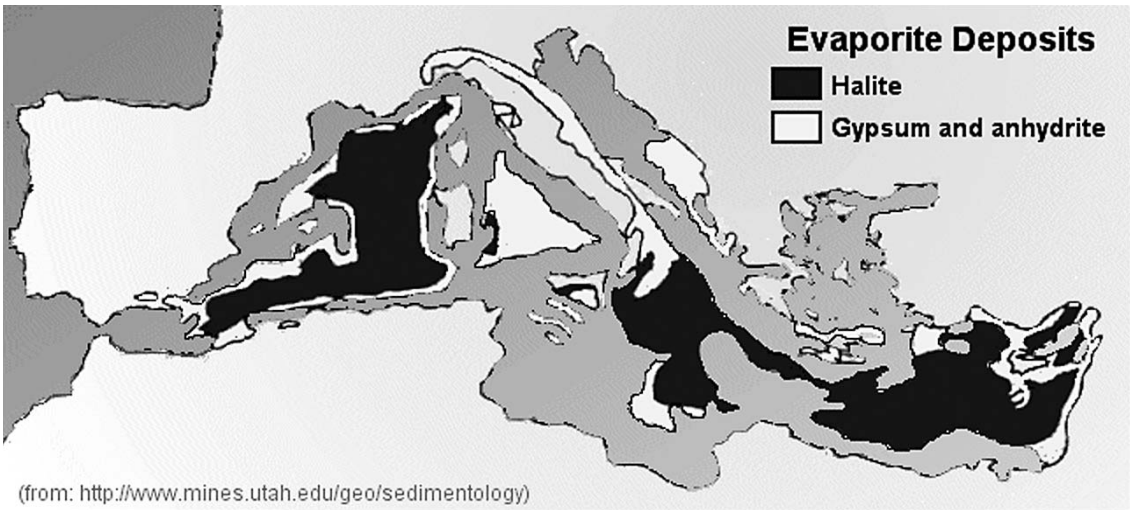

Fig 6. Distribución de las rocas evaporíticas en la cuenca mediterránea, testigos de la crisis de salinidad messiniense. www.mala.bc.ca

Plioceno (estratotipo de Tabiano), siendo característico de todo el Mediterráneo y Paratetis, dando una crisis de salinidad que se refleja en los sedimentos evaporíticos"

La edad queda completada con la biozonación de foraminíferos de D'Onofrio.

En el entorno de la geología la interpretación aceptada en la década de los 60 es la hipótesis apoyada por Selli y D'Onofrio de que no se interrumpe nunca la comunicación entre el Mediterráneo y el Atlántico. La "crisis de salinidad" se produciría en las zonas costeras y sobretodo en "lagoon". Pero sincrónicamente en otros puntos como la desembocadura de los ríos podrían darse ambientes hiposalinos (Duque, 1979).

Por otra parte, estudios en materiales arrecifales de Santa Pola y Mallorca informaban de la existencia en esa edad de una regresión marina. ¿Pero hasta dónde bajó el nivel del mar?.

Paralelamente, en esa década de los sesenta, el Egipto de Nasser propone construir una gran presa para regular el cauce del Nilo. El lugar elegido fue Assuán (Anguita, 2002). Temas muy tratados por la prensa de la época fueron los que hacían referencia al traslado piedra a piedra de algunos monumentos para evitar que quedaran sumergidos bajo las aguas.

Eran tiempos de la guerra fría y los egipcios estaban alineados con la URSS, de modo que solicitaron ayuda a un equipo de geofísicos rusos de la Universidad de Moscú con el fin de realizar un análisis previo de la zona elegida para la construcción de la presa. El trabajo fue realizado con precisión dando como resultado numerosos datos útiles para la infraestructura del proyecto.

El geólogo y geofísico I.S.Chumakov encontró que debajo de los sedimentos de la cuenca del Nilo más recientes, existía otro tipo de sedimentos correspondientes a un antiguo estrecho brazo de mar (Uriarte, 2003). La conclusión fue que en el Messiniense el cauce del actual Nilo había estado encajado, por debajo de su actual nivel, unos 200 metros. Hasta aquí nada anormal, pero de forma serendípica, el jefe del equipo Chumakov, con una gran dosis de creatividad e imaginación, escribió un artículo que poco tenía que ver con el tema geofísico que los llevó hasta Assuán. En el mencionado artículo

Fig 7. Aspecto de la presa de Assuán que se construyó en la década de los sesenta y en la que los estudios previos geológicos, llevaron a IS Chumakov a descubrir la desecación de la cuenca mediterránea en el Messiniense
La presa original de Assuán se terminó en 1902. La construcción de la nueva presa, situada 6 km más arriba comenzó en 1960, y su coste total está estimado en más de mil millones de dólares. La antigua URSS sufragó una tercera parte de los gastos de su construcción, que empleó a 400 técnicos soviéticos. Se terminó a mediados de 1968. Esta gran presa tiene 111 m de altura y una anchura de un kilómetro. El embalse se llamó lago Nasser en honor al presidente egipcio Gamal Abdel Nasser; cubre un área de 480 km de largo y 16 km de ancho, e inundó muchas poblaciones de la cuenca del Nilo. La capacidad de producción eléctrica es de 2.100 megavatios. www.rusalma.org

concluye que el Mar Mediterráneo se había desecado en el límite mio-plioceno. El razonamiento parecía lógico: si en Assuán, a más de 1000 kilómetros de la desembocadura, el río había estado 200 metros por debajo de su nivel actual, a su llegada al mar y para mantener el perfil de equilibrio, debería superar con creces los 2500 metros de encajamiento. Ello suponía que el nivel del mar debería estar por debajo otro tanto para que el río se fuese encajando. La desecación del Messiniense parecía justificada. Pero este razonamiento no fue del agrado de las autoridades rusas, que lo consideraron "burgués", por lo que su autor fue invitado a pasar unas largas vacaciones en Siberia. Esto produjo un gran debate cuyo punto álgido fue en agosto de 1970 cuando el buque oceanográfico norteamericano *Glomar Challenger*, con base en Palma de Mallorca, realizó una serie de perforaciones en los fondos de la cuenca mediterránea a más de 3.000 metros de profundidad. Encontraron en las zonas más profundas espesos estratos (que llegan a tener potencia de hasta 2 ó 3 kilómetros) de rocas evaporíticas, con yesos y anhidritas, y ciertos fósiles típicos de antiguos lagos sometidos a una fuerte evaporación, así quedó corroborado la veracidad de aquel hallazgo de raíz serendípica.

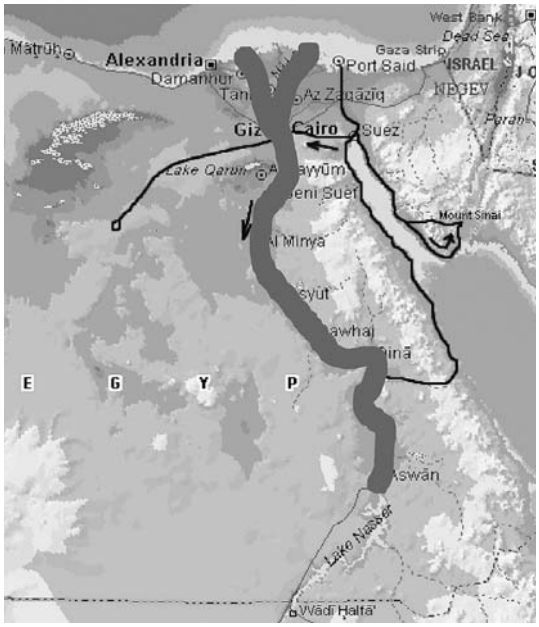

Fig 8. Situación de la presa de Assuán respecto a la desembocadura del Nilo. www.dearqueologia.com

Hoy día, la evaporación completa del Mediterráneo, si se cerrase Gibraltar, llevaría unos 1.000 años y en su fondo se formaría un sedimento de sales de 70 metros de espesor. Por tanto, para acumular los 2 ó 3 kilómetros de sedimentos del episodio messiniense se habrían necesitado 30 ó 40 ciclos de llenado y secado de la cuenca (Uriarte, 2003). Ello hace pensar a científicos que en realidad no se desecó sino que se mantuvo durante bastante tiempo con láminas de agua de mayor o menor profundidad pero en condiciones de hipersalinidad, produciéndose precipitaciones de sales de forma continua.

En este caso una serendipia produce un cambio en la visión paradigmática de una edad de la Tierra que llevará a nuevos avances y a la realización de los modelos paleogeográficos actuales.

El debate continúa como indica el 2º Coloquio sobre "The Messian salinity revisited" organizado por el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Parma (Italia) celebrado del 7 al 9 de septiembre de 2006. Si estáis interesados existe una web en la que se pueden seguir las diferentes posiciones sobre la crisis messiniense.

Esta situación nos sirve también como ejemplo de serendipia cercenada por cuestiones ajenas a la propia ciencia: la situación geopolítica de bloques vetó una idea por considerarla fuera de su ámbito ideológico. Situaciones como ésta no son extrañas hoy día, baste citar la problemática legal planteada en los trabajos de investigación con embriones (Calvo Hernando, 1994).

EL CRÁTER CHICXULUB Y LA EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS

Esta historia comienza a principios de los años 80, en los que de forma casi simultánea se dan tres acontecimientos que acabarán convergiendo de forma serendípica.

En 1980, el premio Nobel Luis Álvarez y su hijo Walter Álvarez publicaron en la revista *Science* un artículo donde hacían constar la presencia de cantidades anómalas de Iridio en el límite Cretácico/Terciario en diversas localidades del Planeta (incluidas algunas en la península Ibérica). Elemento que en esas cantidades, en su opinión, sólo aparece en meteoritos. La conclusión fue que probablemente un meteorito era el origen de dichos depósitos y dada su localización (por toda la Tierra) el tamaño debía ser enorme. Pero no todo el mundo científico estuvo de acuerdo, ya que algunos consideraron que también podrían haber sido producidos por grandes erupciones volcánicas. En contra tenían que las cantidades de iridio eran muy elevadas, pero a favor que poseían un posible origen, las grandes extensiones de rocas volcánicas del Decan en la India. Sin embargo los que abogaban por el impacto no tenían ninguna evidencia del cráter que debió dejar el supuesto enorme meteorito.

En otro orden de cosas, y también a principio de la década de los 80, Alan Hildebrand, geólogo canadiense llega a la Universidad de Arizona para estudiar con Bill Boyton. Estaba recién licenciado y tenía que buscar un interesante tema para su tesis doctoral. Eligió la frontera K/T (Álvarez, 1997). En primer lugar consideró la posibilidad de que los acontecimientos fueran producidos por un vulcanismo generado o iniciado por un impacto, que no tendría que ser de enormes proporciones y por tanto no quedar evidencias directas del cráter. Además, para todos, el impacto se debería haber producido en el océano, por tanto la búsqueda del cráter se convertía en un sueño que no pensaban materializar.

Fig 9. Alan Hildebrand junto al límite K/T. www.bbc.co.uk

Hildebrand interpretó unos sedimentos de muy alta energía en el río Brazos, como resultado del tsunami producido por el impacto, que sin lugar a duda se produjo sobre el mar. No todos estaban de acuerdo con estas apreciaciones y en toda la década la pregunta "maldita" era: ¿Dónde impactó el meteorito?

Paralelamente, en 1981, Penfield y Camargo en la Reunión Anual de Geofísicos de Explotación que se llevó a cabo en Houston (Texas) hicieron constar la presencia de una estructura circular en el borde de la península de Yucatán. La base de este estudio estaba en una serie de trabajos, incluidos sondeos que habían realizado para la empresa estatal mexicana de petróleo (PEMEX, Petróleos Mexicanos). El resultado fue que no encontraron petróleo en esa zona y sí una gran estructura circular recubierta por más de 1.000 metros de sedimentos que no tenía reflejo en la topografía superficial (posteriormente se ha visto que hay una distribución de los cenotes que recuerda la forma subterránea del cráter). Estimaron su datación aproximada en el límite Mesozoico-Cenozoico. El secreto de los datos obtenidos por la compañía petrolera no les permitió mayores precisiones respecto a la configuración de la estructura. Un periodista local, interesado en la extinción de los dinosaurios, en un artículo de divulgación en el Diario de Yucatán, planteó lo siguiente: ¿podría ser esa estructura el resultado del impacto meteorítico que provocó la gran crisis biológica del final del Mesozoico?. Por entonces estaban enfrentados los gradualistas con los catastrofistas, y como un resorte la ciencia oficial se apresuró a tachar la idea de puro sensacionalismo. La respuesta a la pregunta planteada por el humilde periodista no sólo no fue contestada sino que se hicieron todos los esfuerzos posibles para que fuera directamente olvidada.

Una década después, Alan Hildebrand, encontró en Haití un tránsito Mesozoico-Cenozoico muy anómalo: los niveles con alto contenido en Iridio, que en el resto del mundo tenían un espesor del orden de pocos centímetros, allí alcanzaban más de medio metro. La conclusión fue que el impacto debió tener lugar en la zona del Caribe. Estos datos están corroborados por la dirección del posible tsunami del río Brazos. ¡Pero alguien informó a Hildebrand sobre la comunicación, de 1981 de los geólogos de la PEMEX y de los sondeos profundos realizados en busca de petróleo que no habían encontrado!. Puesto en contacto con la empresa, ésta no le puso impedimentos aunque le informó que los sondeos fueron destruidos en el incendio de la nave que los albergaba.

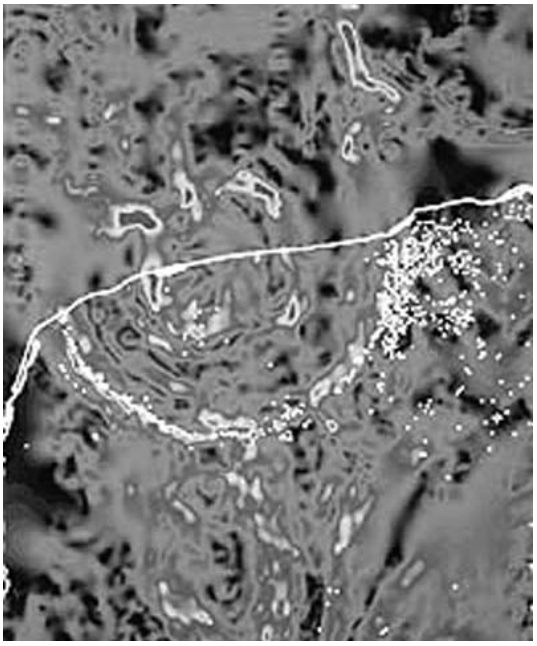

Fig 10. Mapa de anomalías gravimétricas donde se observa la estructura del cráter de Chicxulub. Los puntos blancos indican la distribución de los cenotes (depresiones cársticas normalmente llenas de agua). geophysics.ou.edu

En 1991, de forma serendípica, se encuentran en otro congreso Hildebrand y el periodista local. En una conversación informal de pasillo, éste último le comunica que un geólogo de Nueva Orleans tenía muestras de los sondeos de la PEMEX. Ahora el azar estuvo a favor de Hildebrand. Encontró los sondeos y en ellos todo el material petrográfico para definir el gran impacto que originó un cráter de 180 kilómetros de diámetro. La revista *Science* se apresuró a publicar los resultados de Alan y su

Fig 11. Localización del Cráter Chicxulub. Cubierto por 1000 metros de sedimentos está situado, en parte, bajo la actual península de Yucatán. El impacto se produjo sobre el mar en una plataforma continental carbonatada. evolution.berkeley.edu

equipo, lo cual equivalía al beneplácito de la ciencia oficial. El artículo tenía el título: *El cráter de Chicxulub: un posible cráter de impacto en la frontera del Cretácico y Terciario en la península de Yucatán, México.* Posteriores comprobaciones parecen ir ratificando las conclusiones de dicho artículo (Anguita, 2002).

En los noventa, aparecen cada vez más científicos que admiten que ese cráter ha debido estar implicado en la crisis finimesozoica. La UNAM (Universidad Autónoma de México) en colaboración con la NASA realizan campañas de sondeos en los años 1994 y 1995 de los cuales obtuvieron 2,62 kilómetros de muestras.

Comienzan a aparecer multitud de reconstrucciones artísticas, en general de dudoso valor pero que

Fig 12. Una de tantas recreaciones del impacto, la imaginación no tiene límites. www.lpl.arizona.edu

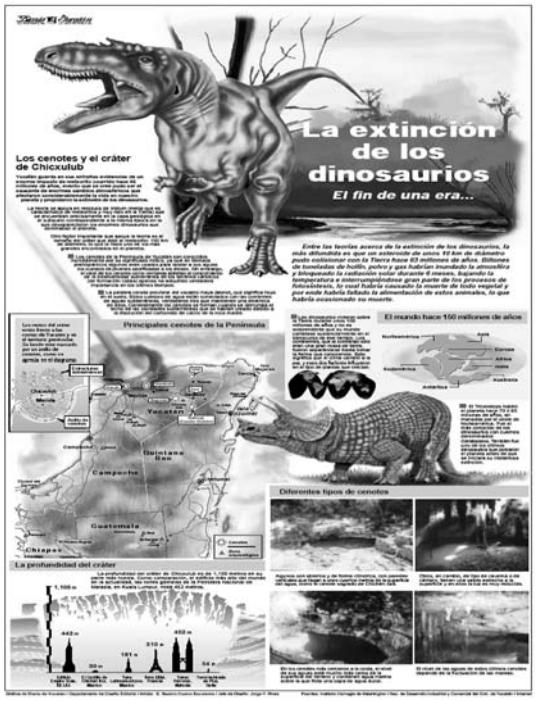

Fig 13. Uno de los carteles divulgativos del periódico Diario de Yucatán sobre la extinción de los dinosaurios y el cráter de Chicxulub. A este diario pertenece el periodista anónimo que informó a Hildebrand. www.yucatan.com.mx

llegan al gran público. La repercusión social hace ponerse en guardia a los científicos que siempre aluden a la necesidad de más datos, pero la idea de que un impacto meteorítico ha "matado a todos los dinosaurios" ya estaba instalada en la mente colectiva.

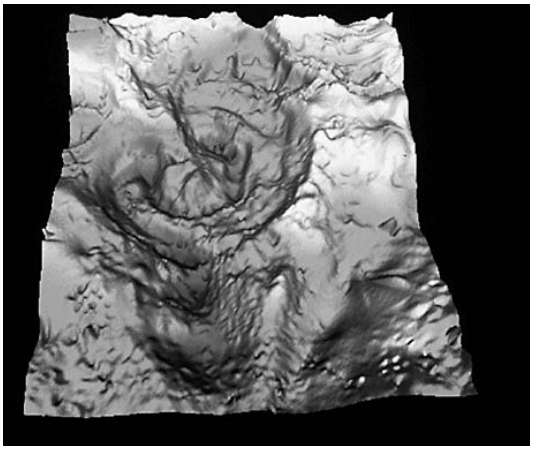

Fig 14. Reconstrucción tridimensional del impacto de Chicxulub sobre la base de los estudios de anomalías gravimétricas. Alan Hildebrand. La imágen está sureada, el sentido el impacto fue casi Sur-Norte. www.astrosurf.com

Para intentar dar seriedad al evento aparecen grupos de trabajo especializados como el Grupo de Investigación del Cráter de Chicxulub del Instituto de Geofísica de la UNAM, cuya página web se puede visitar.

En el año 2000 se han llegado a realizar debates a pie de afloramiento, como el acontecido en los sedimentos de alta energía de El Mimbral en Tamaulipas (México), entre partidarios del tsunami y los partidarios de las corrientes de turbidez (Anguita, comunicación personal). En el 2003 esos afloramientos fueron visitados por la expedición de la AEPECT a México.

En este caso, la serendipia se materializó en un personaje: el periodista anónimo, que de forma invisible va guiando al científico, que es quien tiene capacidad para aprovechar la situación. Por otra

Fig 15. Testigos de los sondeos realizados por la UNAM en la zona del Cráter de Chicxulub. Foto tomada por los autores del artículo en la expedición de la AEPECT a México en 2003. Jesús Duque Macías (JDM)

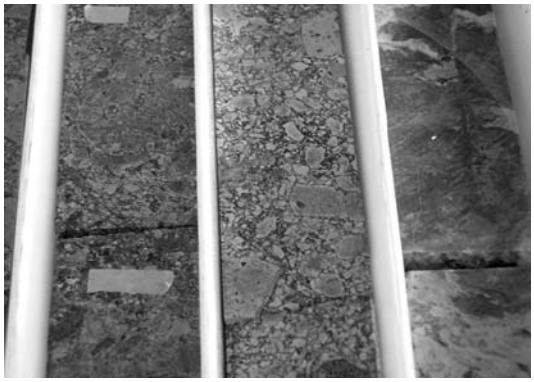

Fig 16. Detalle de brechas de impacto perteneciente a los sondeos de la UNAM. JDM.

parte, queda en evidencia el papel de ciertas empresas cuya finalidad lucrativa está un tanto al margen del desarrollo de la investigación científica.

Fig 17. Límite K/T en El Mimbral (México) donde se observa lo que se interpreta como ejecta del impacto. Los puntos son esferulitas de vidrio, actualmente están alteradas. JDM

Fig 18. Techo de una de las secuencias de El Mimbral (México) se observan trozos de cardones (cactus) que se interpretan como arrancados por el tsunami producido por el impacto de Chicxulub. JDM

SERENDIPIA Y CREATIVIDAD

Al hablar de serendipia y relacionarla con el azar, no hay que olvidar que el principal agente es el investigador científico y que éste debe estar preparado para poder recepcionar el azar y convertirlo en ciencia. Pero no sólo la capacitación técnica es necesaria, también se precisa una actitud más general, más humanista (Cardwel, 1994): la capacidad creativa. Innata en principio, además dependerá del ambiente en que se encuentre el investigador, y, en función de él, ésta se podrá desarrollar o quedar aletargada (Costa, 1993). Cuando hemos hablado de Chumakov o de Hildebrand, hemos de pensar que estaban capacitados para ello, de otra manera no habrían podido controlar la información que les llegaba y proceder al descubrimiento.

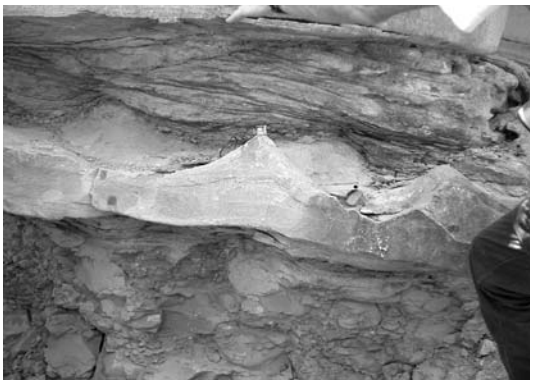

Fig 19. Megaripples en El Mimbral (México) que demuestra la alta energía de las secuencias depositadas en horas como consecuencia del tsunami. JDM

Pero la creatividad es fácil de anular. Cuando Popper nos invita a falsar hipótesis como labor principal del científico, nos está indicando la necesidad de tener una mente abierta y clara, pero en la realidad los impedimentos sociales de dentro y fuera de la ciencia evitan muchas veces que esto se lleve a cabo. Kuhn nos dice que el diletante es el motor que romperá los paradigmas para hacer avanzar la ciencia, pero para ello debe tener los medios y la repercusión necesaria para derribar el poder de la ciencia oficial, consolidada en la estructura económica del primer mundo. Numerosos son los casos de diletantes que han sufrido el castigo de la idiosincrasia del poder establecido, desde Hipatía de Alejandría hasta Giordano Bruno pasando por todos aquellos que por eso son desconocidos.

En la ciencia que se aparta de los macroproyectos generosamente regados con presupuestos desorbitados, se establece un flujo de abajo arriba y es en ella donde la capacidad de creatividad del individuo no se encuentra sobrepasada por una rígida estructura. Cuando los medios disponibles son menores y los objetivos inmediatos (que no los generales) menos ambiciosos, la capacidad de accidentalidad se incrementa. Si unimos esos factores hemos de admitir que la posibilidad serendípica de grandes logros ha de ser mayor que cuando se establece una pirámide de influencia muy estructurada y de arriba abajo, donde el investigador es una pieza más al servicio de los objetivos definidos en las altas esferas.

El bioquímico Santiago Grisolía responde en una entrevista a "El País" el 7 de agosto de 2002, a la pregunta de Miguel Alberola: "El hecho de que empresas privadas de investigación genética coticen en

Bolsa, ¿no introduce una perspectiva perversa?" La respuesta fue: *"Hace muchos años hubo una reunión para indicar la necesidad de tener una moratoria porque no se sabía qué podía pasar. Hace pocos años se volvieron a reunir los mismos y muchos de ellos aseguraban que ya no podían decir aquellas cosas porque ahora tenían acciones en compañías biotecnológicas. Antes, muchos científicos aspiraban a un Premio Nóbel de Ciencia, y ahora, además aspiran a hacerse millonarios. Es muy humano."*

Entonces ¿dónde se encuentran los científicos libres?. Siendo pesimistas podemos pensar que ya no existen, que el funcionamiento de la ciencia actual no les permite sobrevivir. Nos resistimos a ello. La universidad debe ser uno de los ámbitos donde desarrollen su labor, aunque muchos departamentos colaboren con los grandes proyectos. Nunca se debe olvidar que la capacidad creativa de los futuros científicos ha de cultivarse en la universidad, aunque ésta se esté transformando en una máquina de dar títulos y de producir elementos valiosos especializados para la industria y la gran ciencia. Fundaciones y entidades públicas de investigación suelen estar limitadas por la financiación y en algunos casos pendientes de su supervivencia.

Así, los grandes proyectos tipo I+D+I, que tienen unos objetivos muy concretos, crean un ambiente poco propicio para la creatividad, restando posibilidades serendípicas. Una labor importante a este respecto se debe dar en la enseñanza tanto secundaria como universitaria, comenzando por los profesores que deberíamos pensar ¿qué estamos explicando?.

Por cierto, nuestro descubrimiento de la serendipia fue, como no podía ser de otra forma, "serendípico".

Fig 20. Expedición de la AEPECT justo en la vertical del centro del Cráter de Chicxulub, en la localidad a la que debe su nombre. La falta de nitidez de la foto se debe a que en esos momentos estábamos disfrutando de una típica tormenta tropical. JDM

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, W. (1997). *Tirannosaurus rex y el cráter de la muerte* Ed. Crítica. Barcelona 1998

Anguita Virela, F. (2002). *Biografía de la Tierra. Historia de un planeta singular*. Ed. Aguilar, Madrid.

Bryson, B. (2003). *Una breve historia de casi todo*. RBA Libros. Barcelona.

Calvo Hernando, M. (1994). *La Ciencia en el Tercer Milenio.*Ed. McGraw-Hill, Madrid.

Cardwel, D. (1994). *Historia de la tecnología.* Alianza Editorial, Madrid.

Costa, J. (1993). *Tecnociencia y humanismo.* Discurso de Joan Costa pronunciado en el acto de recepción del Premio Fundesco de Ensayo 1993 por su obra Diseño, Comunicación y Cultura.

Duque Macías, J. (1979). *El Messiniense.* Universidad de Salamanca, *Inédito.*

Duque Macías, J. (2002). Historia de la Geología: algunos ejemplos históricos de la determinación de la edad de la Tierra. *Actas XII Simposio sobre Enseñanza de la Geología*. Univ. de Girona, AEPECT. 18-24.

Duque Macías, J. & Mateos Vázquez, Mª. Á. (2002) Serendipia, un aspecto a recordar para la revalorización de la ciencia libre frente a la gran ciencia. *Actas Congreso Internacional: "Ciencia ante el público"*. Univ. Salamanca. 127-139

Gómez Romero, P. (2000). ¿Se acabó la ciencia en el garaje?. *El País, 6 de septiembre de 2000.*

Gould, S.J. (1991). *La vida maravillosa.* Ed. Crítica, Barcelona.

Mosterín, J. (2001) *Ciencia viva.* Ed. Espasa Fórum, Madrid.

Pérez Tamayo, R. (1991). *Ciencia, paciencia y conciencia.* México.

Roberts, R. M. (1989). *Serendipia, descubrimientos accidentales en la ciencia.* Alianza Editorial. Madrid.

Sánchez Ron, J. M. (2000). *El Siglo de la Ciencia.* Ed. Taurus, Madrid.

Seco, M. et al.(1999). *Diccionario del Español Actual.*Ed. Aguilar, Madrid

Uriarte Cantolla, A (2003). *Historia del clima de la Tierra.* Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz.

Wilford, J.N. (1985). *El enigma de los dinosaurios* Ed. Planeta. Barcelona.

FORMATO ELECTRÓNICO

http://personales.ciudad.com.ar/rodrigoluna/zoomcreativodos.htm Sobre creatividad

http://www.elcultural.es/html/20020501/Ciencia/CIENCIA1168.asp Eureka por azar, conferencia de Pedro Gómez Romero en el Museo CosmoCaixa de Madrid el 7 de mayo de 2002

El Correo Unesco, mayo 1999. Nº 5. La ciencia: ¿por qué y para quién?, Federico Mayor Zaragoza Director General de la Unesco. Interesante artículo sobre epistemología de la ciencia

http://members.tripod.com/robertexto/archivo4/metodolog_invest_cientif.htm Filosofía de la Ciencia y Humanidades. Jesús Mosterín. *El País*

http://www.igeofcu.unam.mx/chicxulub/ Web del Grupo de Investigación del Cráter de Chixulub del Instituto de Geofísica de la UNAM. Es interesante. Ponen los estudios que se están realizando sobre el tema del cráter de impacto.

http://www.messinianonline.it/ Web sobre la crisis de salinidad Messiniense donde se debaten las posiciones actuales de los diferentes grupos de investigación sobre el tema.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Banco de datos (CREA) [en línea]. *Corpus de referencia del español actual.* <http://www.rae.es> 5-11-2006 ■